



HAL
open science

Des hommes pour prendre soin des machines : étude de l'activité de maintenance de l'agent de lubrification au sein des industries de flux

Gaëtan Godefroy

► **To cite this version:**

Gaëtan Godefroy. Des hommes pour prendre soin des machines : étude de l'activité de maintenance de l'agent de lubrification au sein des industries de flux. Sociologie. Université de Nanterre - Paris X, 2023. Français. NNT : 2023PA100109 . tel-04500967

HAL Id: tel-04500967

<https://theses.hal.science/tel-04500967>

Submitted on 12 Mar 2024

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

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

Membre de l'université Paris Lumières

Gaëtan Godefroy

Des hommes pour prendre soin des machines.

*Etude de l'activité de maintenance de l'agent de lubrification
au sein des industries de flux.*

Thèse présentée et soutenue publiquement le 05/12/2023
en vue de l'obtention du doctorat de **Sociologie** de l'Université Paris Nanterre
sous la direction de M. François Vatin (Université Paris Nanterre)

Jury * :

| | | |
|------------------|----------------------|---|
| Rapporteur-e : | Mme Sylvie CELERIER | Professeur des universités : Université Paris 1 Sorbonne |
| Rapporteur-e : | M. Thierry Pillon | Professeur des universités : Université Paris 1 Sorbonne |
| Membre du jury : | Mme Alexandre Bidet | Chargée de recherche : CNRS |
| Membre du jury : | Mme Caroline Moricot | Maître de conférences : Université Paris 1 Sorbonne |
| Membre du jury : | M. Mathieu Grégoire | Professeur des universités : Université Paris Nanterre |

* Vous pouvez rajouter ou enlever des lignes au tableau, ou modifier les fonctions (remplacer Membre du jury par Rapporteur-e par exemple).
N'oubliez pas de supprimer ces deux lignes de texte à la fin de votre rédaction.

Remerciements

La recherche universitaire peut apparaître comme un exercice solitaire mais tout doctorant ou enseignant-chercheur connaît sa dimension collective. Les travaux de recherche s'appuient sur les précédents et sont critiqués lors de présentations en vue de leur amélioration. En se lançant dans sa thèse, le doctorant engage aussi sa famille et ses amis dans son aventure. Tous attendent avec impatience la page des remerciements.

Mes premiers remerciements sont adressés à ma famille. En priorité à mon père qui m'a sans cesse soutenu de mille façons dans ce périple de sept ans. Mécanicien automobile de métier et de passion, il peut regretter de n'avoir transmis son intérêt pour le sport mécanique à aucun de ses enfants. Mais les lecteurs les plus assidus des pages suivantes le rassureront, en lui disant qu'une certaine sensibilité pour la technique s'est perpétuée chez le petit dernier. Ma seconde pensée est en direction de Léa, ma compagne, qui a vécu cette thèse avec moi et l'a relu plus que de raison. A ma fille Alba qui en guise de protestation contre cet exercice accaparant n'a trouvé le sommeil qu'au bout de seize mois. A mon fils, qui normalement sera prêt une fois que tout sera fini. Pas d'inquiétude, on trouvera un prénom d'ici la soutenance. Je remercie l'ensemble des membres de ma famille pour l'expression, à leur manière, de leur soutien. Une pensée pour Aurélien, indéfectible ami.

Ma seconde salve de remerciements est à l'attention du monde universitaire. Cette thèse n'aurait certainement pas eu cette forme sans la direction de François Vatin qui m'a offert un espace intellectuel stimulant, imposé une exigence remarquable, et consacré de son temps sans ménagement. Je le remercie profondément. Dans cette dynamique, j'en profite pour dire merci à chacun des doctorants qui ont participé au séminaire de recherche « Penser Ensemble » où j'ai régulièrement présenté mes textes de travail. Merci à Sylvia, Marie, François, Steeve, Benoît, Roger, Vincent, Bastien, Maxime et Louis. Une mention spéciale pour Léo Reynes qui a eu la gentillesse de m'héberger à maintes reprises pour que j'assiste à ce séminaire.

Je tiens aussi à remercier Gwenaële Rot qui m'a inclus dans le groupe de travail « Le travail en chantier », dans la perspective de la construction et de la publication d'un ouvrage. Cette expérience a été fort enrichissante pour la rédaction de ce manuscrit. Merci à Thierry Pillon et David Lepoutre qui ont suivi l'évolution de mon travail lors de mes comités de thèse et ont été force de proposition.

Je remercie également l'équipe pédagogique de la licence bi-disciplinaire d'Économie-Sociologie de l'Université Toulouse - Jean-Jaurès qui m'a donnée l'occasion d'animer des cours

de licence et m'a mis à disposition un bureau pour mes activités de recherche. Merci à Mireille Bruyère, Françoise Pécoup et Benjamin Saccomano. Merci également à Rémi et Adonija, mes amis doctorants avec qui on a partagé le bureau et l'avancement de nos recherches.

Mes derniers remerciements sont à l'attention des agents de lubrification et personnel d'encadrement de l'entreprise d'accueil qui m'ont accompagné depuis maintenant 7 ans dans cette enquête. J'ai une pensée particulière pour Christopher, Nicolas, Sébastien, Julien et Tony qui m'ont appris le métier ainsi que pour Olivier, Keenan, Rosélito, Christophe, Jimmy, Dimitri, Brahim, Ibrahim et Anne-Laure qui ont rendu cette enquête agréable

Sommaire

| | |
|--|------------|
| Introduction | 6 |
| 1. La maintenance dans les industries de flux | 7 |
| 2. Une enquête de terrain en immersion..... | 12 |
| 3. Plan de la thèse | 19 |
| Première partie | 23 |
| Chapitre 1. Une enquête de terrain en immersion | 24 |
| 1. Une ethnographie d'une entreprise prestataire en lubrification industrielle | 25 |
| 2. Une journée d'arrêt-machine à la papeterie de Saint-Gaudens | 55 |
| 3. Conclusion..... | 80 |
| Chapitre 2. De l'importance du mouvement rotatif : les fonctions techniques de la lubrification | 82 |
| 1. La chaîne cinématique ou comment transmettre le mouvement rotatif | 85 |
| 2. De la machine à double effet au moteur électrique, extension puis réduction de la chaîne cinématique..... | 100 |
| 3. Les fonctions techniques et les pratiques de lubrification..... | 114 |
| 4. Communiquer le mouvement rotatif : un problème énergétique | 130 |
| 5. Conclusion..... | 148 |
| Chapitre 3. Des infrastructures du flux et leurs fragilités techniques | 151 |
| 1. Description d'une industrie de flux | 155 |
| 2. Des flux industriels dans une industrie de flux | 165 |
| 3. Quelles maintenances pour les infrastructures du flux ?..... | 190 |
| 4. Conclusion..... | 209 |
| Seconde partie..... | 211 |
| Chapitre 4. Le « Grand arrêt » : un chantier de restauration | 212 |

| | | |
|--|---|------------|
| 1. | Quand l'usine de flux devient chantier | 214 |
| 2. | L'organisation de chantiers dans une industrie automatisée : le cas de la lubrification | 222 |
| 3. | Le temps du lubrificateur | 237 |
| 4. | Le « Grand arrêt » : la temporalité du « bon boulot » pour l'agent de lubrification ? | 252 |
| 5. | Conclusion..... | 259 |
| Chapitre 5. Le « Stop and Go » | | 263 |
| 1. | Organiser un chantier sous pression..... | 264 |
| 2. | La « machine », lieu d'une temporalité de maintenance singulière..... | 271 |
| 3. | La temporalité du « graisseur » : une chasse programmée..... | 282 |
| 4. | Ordonnancement technique, place dans la hiérarchie professionnelle et gestion des aléas | 293 |
| 5. | Le bon boulot de l'agent de lubrification..... | 302 |
| 6. | Conclusion..... | 308 |
| Chapitre 6. « En marche » : surveiller et maintenir les conditions d'écoulement futur du flux | | 311 |
| 1. | Organiser une ronde | 312 |
| 2. | Les industries de flux : un environnement matériel singulier | 317 |
| 3. | Surveiller, lisser et attendre : les techniques de chasse à l'aléa mécanique | 330 |
| 4. | Valorisations du travail « En marche » | 347 |
| 5. | Conclusion..... | 355 |
| Conclusion..... | | 357 |
| 1. | Saisir l'environnement productif des industries de flux..... | 358 |
| 2. | Donner du sens à son travail | 362 |
| 3. | Organiser la maintenance des industries de flux | 367 |
| Bibliographie..... | | 375 |
| Glossaire..... | | 384 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| Résumé | 389 |
| Table des figures..... | 390 |
| Table des tableaux | 392 |
| Table des matières | 393 |

Introduction

« Je comprends pas les jeunes d'ici, ils veulent pas faire le graissage. Pourtant, c'est pas ingrat comme boulot, graisseur... »

René, ouvrier en papeterie, Vizille, 2022

A certains égards, l'architecture d'une industrie de process à flux continu peut évoquer l'image d'un *downtown*¹. Des cuves et des cheminées illuminées surplombent de grands hangars métalliques à l'instar des gratte-ciels se décrochant au-dessus des centres urbains. Tout comme les grandes villes, les industries à flux continu ne dorment jamais. La matière y circule à tout instant par l'intermédiaire de tapis, de tables à rouleaux, de conduites et de tuyaux, d'une cuve à une autre, sans jamais s'interrompre. Dans ses *Chroniques de jeunesse*, Guy Delisle relate en images ses premières expériences professionnelles estivales dans ce type d'industrie, la papeterie où travaillait son père. Engagé tout d'abord au poste de bobineur de nuit, il a la charge de préparer et de manutentionner des bobines de papier de plusieurs centaines de kilogrammes produites par l'une des machines à papier de l'usine. Il choisit de la représenter sous les traits d'une locomotive à vapeur, rendant grâce au mouvement rotatif de ses cylindres sécheurs, aux dégagements brumeux qui emplissent le hangar et au bruit assourdissant du travail mécanique sur la matière. Il communique ses sentiments et ressentis face à l'étrangeté de cet environnement de travail tout en décrivant finement les gestes techniques du poste. Des gestes en apparence simples mais qui se révèlent redoutables à réaliser.

Cet auteur témoigne des désagréments sensoriels que peut ressentir un individu se trouvant à proximité d'une papeterie, d'une aciérie ou d'une fabrique de levure, s'il n'est pas accoutumé à ces environnements de production. Les odeurs de bois en putréfaction, d'acier porté à chaud ou de levure déliée perturbent son odorat. Les bruits de laminage des brames de métal, de détonation des pompes à vide et de dégagement de vapeur sous pression heurtent ses oreilles. Il peut être inquiet à la vue des nuages de fumée colorés sortant des cheminées et des torchères de plusieurs mètres de haut éclairant la nuit. Ses repères sensoriels sont brouillés devant l'environnement de ces systèmes productifs. Certaines de ces sensations correspondent à des représentations

¹ Un *downtown* est un centre-ville américain où se concentre le quartier des affaires et les activités commerciales de masse. Il est caractérisé par une grande verticalité des infrastructures urbaines. Cette analogie entre une papeterie et un *downtown* figure notamment au fil des illustrations de Guy Delisle, dans ses *Chroniques de jeunesse*, Paris, Delcourt, 2021.

familiales exacerbées, d'autres ne s'associent à rien de communément connu. Ces sites industriels renferment un environnement productif particulier, une facette spécifique de la culture matérielle contemporaine², dont les sensations singulières renvoient à des représentations de tâche accomplie, de danger, d'anomalie ou de fonctionnement normal du système productif.

1. La maintenance dans les industries de flux

L'automatisation des systèmes productifs passe par la confection ou le perfectionnement de machines-outils de façon à atteindre une plus grande continuité de la production³. Elle ne se concrétise pas par une amélioration des gestes des opérateurs, ou de leur ordonnancement le long d'une chaîne de production, il s'agit de repenser l'ensemble du système de production. L'utilisation du mouvement rotatif est l'une des principales voies empruntées pour atteindre une plus grande continuité de la production, avec celle du recours plus large à la chimie dans les processus productifs. On observe dans ces industries automatisées une mise à distance entre l'homme et le lieu de transformation de la matière ainsi qu'une décorrélation entre le temps de travail humain et la productivité, conduisant à repenser l'organisation sociale induite par ces systèmes productifs⁴. Ce mouvement d'automatisation se matérialise dans les industries dites de « process » et conduit à la mise en flux de la matière⁵.

1.1. *La division du travail étendue dans les industries de process*

Les organisations du travail qui s'articulent avec ces industries de process visent à la pérennité de l'écoulement de la production et ont vocation à perdurer. Le personnel de production réalise un travail de surveillance-contrôle du processus productif, attendant la survenue d'un aléa, c'est-à-dire une rupture imprévue du principe de continuité. Le chantier en bâtiment, entendu ici comme une organisation temporaire de travail regroupant un ensemble d'activités programmées à finalité définie, vise à changer la fonction d'un écosystème circonscrit. Il n'interviendrait, dans cet espace productif continu, qu'en amont de cette même production, lors de la construction de l'usine. Ces deux organisations se succéderaient l'une à l'autre, le chantier suivi de la continuité, comme deux temporalités de travail distinctes. En effet, la construction d'une turbine sur un site papetier, d'une chaudière sur un site pétrochimique ou d'une ligne de métro automatique en

² Jean-Pierre Warnier, *Construire la culture matérielle. L'homme qui pensait avec ses doigts*, Paris, Presses Universitaires de France, 1999.

³ Émile Belot, « Les nouvelles applications du principe de continuité. Quelques exemples de fabrication continue considérés du point de vue de leur adaptation à d'autres fabrications industrielles », *La Technique Moderne*, 1925, vol. 17, no. 19, pp. 577-582.

⁴ Pierre Naville, *Vers l'automatisme social ? Problèmes du travail et de l'automation*, Paris, Gallimard, 1963.

⁵ François Vatin, *La fluidité industrielle*, Paris, Méridiens Klincksieck, 1987.

milieu urbain, a tous les aspects du chantier BTP et peut être rapprochée d'une « industrie de prototype »⁶. Ce n'est qu'une fois achevé, dès lors que l'espace en chantier a été transformé en espace de production automatisé, que l'organisation durable de la production peut s'y développer.

La séparation établie par Peter Drucker entre la production à produit unique et celle de l'industrie de process semble ainsi respectée par ce cloisonnement temporel⁷. Cependant, comme dans l'espace urbain, un travail de maintenance des infrastructures du flux y est déployé afin de répondre à la panne, à des dégradations, dysfonctionnements ou usures dues aux conditions normales de fonctionnement⁸. Paradoxalement, cette recherche de la continuité induit nécessairement des ruptures du flux de production afin d'assurer la maintenance des infrastructures et des phases de nettoyage⁹. Adopter le point de vue de la maintenance pousse à réinterroger cette bipartition organisationnelle et par extension la division du travail qui a lieu dans les industries de flux. Il faut maintenir les installations, se prémunir face à l'aléa et la casse mécanique en organisant, sur des durées plus ou moins longues, une « chasse à la panne » sous la forme d'opérations de maintenance programmées et planifiées, c'est-à-dire des chantiers et des rondes de maintenance. Ces organisations de la maintenance sont une réponse à une certaine fragilité technique¹⁰, dissimulée sous l'appellation « d'industrie lourde », de ces industries de process. Étudier la maintenance préventive*¹¹ permet d'enrichir les études portant principalement sur la panne et les opérations curatives qu'elle provoque, *i.e.* l'activité de réparation¹². L'entretien des installations n'a pas seulement lieu lorsque le processus productif « échappe » à l'emprise des pilotes d'installation, il a lieu tous les jours sur ces sites industriels. Il apparaît alors comme essentiel, pour comprendre le fonctionnement des industries automatisées, de mettre en lumière l'organisation de la maintenance qui s'y déroule¹³.

Pour Jean-Marie Faverge, les opérations de maintenance, tout comme le travail de surveillance-contrôle, consistent en des activités de récupération, c'est-à-dire à « *œuvrer pour remettre à la*

⁶ Marcelle Duc, *Le travail en chantier*, Toulouse, Octarès Éditions, 2002.

⁷ Peter F. Drucker, *La nouvelle pratique de la direction des entreprises*, Paris, Éditions d'Organisation, 1977.

⁸ Stephen Graham, Nigel Thrift, « Out of Order. Understanding Repair and Maintenance. », *Theory, Culture & Society*, 2007, vol. 24, no. 3, pp.1-25.

⁹ François Vatin, *Le travail, sciences et société. Essais d'épistémologie et de sociologie du travail*, Bruxelles, Université de Bruxelles, 1999.

¹⁰ Jérôme Denis, David Pontille, « Maintenance et attention à la fragilité », *SociologieS*, Dossiers, Du pragmatisme au méliorisme radical, 2020.

¹¹ Le signe * signifie que le terme précédent est répertorié dans le glossaire pour toute consultation ultérieure.

¹² Stephen Graham (dir.), *Disrupted Cities. When Infrastructures Fail*, New-York, Routledge, 2010, pp. 1-26.

¹³ Susan Leigh-Star, « The Ethnography of Infrastructure », *American Behavioural Scientist*, 1999, vol. 43, no. 3, p. 377-391.

valeur qu'elle doit avoir une variable qui s'en écarte, pour rétablir sur ses rails un processus qui tendrait à dérailler, pour faire disparaître des dysfonctionnements, des perturbations, ou des déviations, pour remettre en marche après une panne ou un incident. »¹⁴. L'activité des contrôleurs de flux a fait l'objet de nombreux travaux, comme ceux d'Yves Clot, Jean-Yves Rochex et Yves Schwartz¹⁵, qui analysent l'activité de régulation du flux par les opérateurs, ou bien les travaux de Gilbert De Terssac et Benjamin Coriat, portant sur les nouvelles qualifications et l'évolution des savoirs faire des opérateurs qu'entraînent l'introduction de la micro-électronique dans les systèmes productifs automatisés¹⁶. Les activités de maintenance réalisées par des ouvriers spécialisés sont elles aussi documentées. La difficulté réside à les lier aux enjeux de la continuité de la production. Elles recouvrent divers corps de métier, qui vont du nettoyage à la mécanique de précision, en passant par la maçonnerie. C'est en s'intéressant à ces maintenanciers du flux qu'une description fine de la division du travail étendue nécessaire à la production en continue pourra être formulée. A l'instar des travaux de Pierre Fourier dans le secteur nucléaire¹⁷, cette analyse doit prendre en considération le milieu dans lequel se déroulent ces opérations de maintenance, afin de rendre compte des contraintes spécifiques de cette maintenance. Etudier l'activité de maintenance à partir d'une entreprise sous-traitante* permet de se libérer d'une approche essentiellement organisationnelle qui adopte le point de vue de l'entreprise exploitant le système productif automatisé¹⁸.

1.2. *L'externalisation de la maintenance : le cas de la lubrification industrielle*

La lubrification industrielle s'insère dans la division du travail visant la maintenance des machines-outils automatisées. Elle consiste à remplacer les volumes d'huile et de graisse dans les capacités des mécanismes de transmission du mouvement* et à surveiller les systèmes de lubrification automatisés. Pour le dire simplement, cela consiste à ajouter de la graisse ou de l'huile dans les rouages afin d'éviter des casses mécaniques. L'ordonnancement des tâches de maintenance situe l'activité de lubrification en fin de chaîne opératoire. Elles doivent avoir lieu une fois les opérations de maintenance curatives* réalisées, c'est-à-dire après que les autres

¹⁴ Jean-Marie Faverge, « Le travail en tant qu'activité de récupération », *Bulletin de psychologie*, 33, 344, 1980 p. 203.

¹⁵ Yves Clot, Jean-Yves Rochex, Yves Schwartz, *Les caprices du flux : les mutations technologiques du point de vue de ceux qui les vivent*, Vigneux, Éditions Matrice, 1990.

¹⁶ Gilbert de Terssac, Benjamin Coriat, « Micro-électronique et travail ouvrier dans les industries de process », In *Sociologie du travail*, 26^e année n°4, Octobre-décembre 1984. *Nouvelles technologies dans l'industrie. L'enjeu des qualifications*, pp. 384-397.

¹⁷ Pierre Fourier, *Travailler dans le nucléaire. Enquête au cœur d'un site à risques*, Paris, Armand Colin, 2012.

¹⁸ Pour une approche organisationnelle de la maintenance sur arrêt annuel se référer, entre autres, aux travaux de Mathilde Bourrier, « Maintenance, risque et fiabilité organisationnelle : une première exploration », In De Terssac G., Boissières I., Gaillard I (coord.), *La sécurité en action*, Toulouse, Octarès Edition, 2009, pp. 101-119.

maintenanciers ont achevé leurs propres travaux, et lors de rondes quotidiennes le long des installations en fonctionnement. Ce travail est jugé comme peu technique et non essentiel par les mécaniciens et périphérique à la production par les conducteurs d'installations. A cela s'ajoute une certaine révolte face à la souillure¹⁹ provoquée par la manipulation du lubrifiant, matière glissante et collante, ni liquide ni solide, qu'il est difficile à catégoriser et à appréhender. Ce double mouvement de rejet se traduit par des disputes portant sur la répartition des tâches de lubrification entre les mécaniciens et les conducteurs d'installation, pouvant amener à la concentration de ces tâches vers un métier spécialisé et/ou externalisé : l'agent de lubrification²⁰.

Ce mécanisme d'externalisation de l'activité de lubrification vers une entreprise de services* spécialisée dépend de plusieurs facteurs, comme la gestion d'un pic d'activité pour la maintenance, la fragilité des infrastructures du flux et la coopération involontaire entre plusieurs entreprises de production. L'insertion territoriale ou géographique de l'entreprise de production* dans un environnement économique favorable, c'est-à-dire dans des grappes d'entreprises²¹ ou dans un *cluster*²², permet de mutualiser des prestataires de services entre plusieurs firmes qui sont en concurrence sur le marché du travail. Ce phénomène d'économie d'échelle constitue un facteur déterminant dans le mécanisme conduisant à la mise en sous-traitance des activités de maintenance.

L'externalisation des tâches de maintenance dessine différemment l'organisation du travail et l'opposition entre personnel de production et personnel de maintenance systématisée par Michel Crozier²³. Les entreprises exploitant le site industriel se concentrent sur leur cœur de métier et externalisent tout ce qui n'a pas directement trait à la production²⁴. Elles deviennent des entreprises utilisatrices* qui vont commander des travaux à des entreprises sous-traitantes ou extérieures. Il en résulte une segmentation formelle entre un centre et une périphérie, c'est-à-dire, entre le personnel de production « maison » et le personnel de maintenance « étranger ». Cette segmentation a des conséquences sur les liens de solidarité, et plus particulièrement sur les chaînes d'imputation des fautes qui ont lieu sur ces sites industriels²⁵.

¹⁹ Mary Douglas, *De la souillure. Essai sur les notions de pollution et de tabou*, Paris, La Découverte, 2005.

²⁰ Everett Hughes, *Le regard sociologique*, Paris, EHESS, 1997.

²¹ Alfred Marshall, *Principles of Economics*, Londres, Palgrave Macmillan, 2013 (éd. originale 1890).

²² Michael E. Porter, « Cluster and the New Economics of Competition », *Harvard Business Review*, 1998, vol. 76, no. 6, pp. 77-90.

²³ Michel Crozier, *Le phénomène bureaucratique*, Paris, Seuil, 1963.

²⁴ François Vatin, 1999, *op. cit.*

²⁵ Nicolas Dodier, *Les hommes et les machines. La conscience collective dans les sociétés technicisées*, Paris, Métailié, 1995. Plus spécifiquement sur la notion de chaîne d'imputation : Nicolas Dodier, « Causes et mises en cause. Innovation sociotechnique et jugement moral face aux accidents du travail », *Revue française de sociologie*, 1994, vol. 35, no. 2, pp. 251- 281.

1.3. Une approche sensorielle

L'analyse des activités de surveillance-contrôle et de maintenance des systèmes de production automatisés renverse et complexifie la notion de prolongement qui lie le couple corps-objet²⁶. Le maintenancier est un maillon de la division du travail étendue nécessaire à la production. Il appartient à un groupe d'ouvriers qui est prolongé par le système de production automatisé. Dans son étude sur la mécanologie, Jacques Lafitte nous invite à penser l'automatisation comme « une machine réflexe » qu'il oppose à deux autres types primaires d'organisations des machines que sont les « machines actives » et « les machines passives »²⁷. Cet auteur présente les machines réflexes comme « *les plus composées qui s'observent dans la série mécanologique ; qui jouissent de la propriété remarquable de voir leur fonctionnement se modifier selon les indicateurs, qu'elles perçoivent elles-mêmes, de variations déterminées dans certains de leurs rapports avec le milieu qui les entoure* »²⁸. Plus une machine est automatisée, moins elle a besoin d'assistance de l'homme et plus elle est autonome pour accomplir la fonction qui lui a été assignée. Le servo-régulateur apparaît comme une combinaison technique permettant l'extériorisation du langage et la programmation d'une mémoire mécanique. Cette mémoire comprend une chaîne opératoire spécialisée ainsi que l'ensemble des aléas et moyens de régulation acquis et partagés par le groupe de production²⁹.

L'activité du personnel de production se situe alors aux limites de cette mémoire mécanique afin de réaliser des opérations de régulation du système productif automatisé. Le tableautiste* ou conducteur d'installation prolonge le servo-mécanisme par sa faculté à faire face à des situations nouvelles, dépassant les boucles de régulation préétablies. Les activités de maintenance visent à pérenniser le système de production automatisé. Le maintenancier vient prolonger le système de production en palliant une des limites de l'automatisation, en l'occurrence la capacité à subsister ou à se conserver, en réalisant des opérations de maintenance préventives et curatives. On peut alors tisser une comparaison entre l'activité de maintenance, et plus spécifiquement ici celle qui a trait à l'industrie lourde, avec celle du soin à la personne³⁰. Il faut prendre soin de « la machine » * afin de repousser l'aléa technique et ainsi maintenir l'installation en état.

²⁶ André Leroi-Gourhan, *Milieu et technique. Évolution et techniques*, vol. 2, Paris, Albin Michel, 1945 (réimpr. 1973, 2012).

²⁷ Jacques Lafitte, *Réflexions sur la science des machines*, Paris, Vrin, 1932, p. 68.

²⁸ *Ibid.*, p. 68.

²⁹ André Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole. La mémoire et les rythmes*, tome 2, Paris, Albin Michel, 1965.

³⁰ Pour approfondir cette thématique, on peut se reporter aux travaux de Maria Puig de la Bellacasa, (2010) « Matters of Care in Technoscience: Assembling Neglected Things. », *Social Studies of Science*, 2010, vol. 41, no 1, pp. 85-106 ; et de A. Mol, I. Moser I. et J. Pols (éds.) : *Care in Practice. On Tinkering in Clinics*, Allemagne, Bielefeld,

Des travaux sur les industries de flux se situent au plus près de l'activité de production et de ses *stimuli* sensoriels³¹. Ils couvrent aussi bien l'activité du conducteur d'installation face aux signaux lumineux et sonores du tableau de contrôle que celle du rondier qui détermine la santé de l'installation en fonctionnement « en posant la main sur un tuyau ». Ce chasseur de panne mobilise ses sens afin de détecter et repousser l'aléa mécanique qui induirait une rupture du flux de production. Cette activité sensorielle est une activité spontanée du corps qui engage un schéma de représentations en vue de réaliser une action de régulation ou de correction du système productif automatisé³². L'activité de maintenance ne se borne pas seulement au chantier sur arrêt de production, elle a lieu quotidiennement lors d'opérations de surveillance des installations. Les maintenanciers sont aux prises avec deux environnements matériels distincts en fonction de ces phases de travail : l'usine automatisée en production et l'usine automatisée à l'arrêt. C'est particulièrement le cas pour l'agent de lubrification qui effectue son activité de maintenance au cours de ces deux phases.

C'est l'analyse de cette activité de maintenance en train de se faire³³, au plus proche de l'environnement matériel des installations automatisées, qui va retenir notre attention car elle permet d'interroger cette relation sensori-motrice du maintenancier avec la culture matérielle des industries de flux. Cette approche exprimée en termes de sensori-motricité permet d'éclairer le renversement du prolongement corps-outil et d'examiner la ligne de démarcation entre personnel de production et service de maintenance. L'activité sensorielle doit être considérée comme une clef d'analyse des mécanismes de la division du travail, de l'organisation des modalités temporelles de la maintenance et de la formation d'identités professionnelles³⁴. Il s'agit du cœur de notre travail de recherche.

2. Une enquête de terrain en immersion

Ce travail de recherche s'appuie sur une observation participante de six ans, réalisée au sein d'une entreprise de maintenance industrielle spécialisée en lubrification. L'entreprise d'accueil est nommée Care dans cette thèse. Ce choix d'anonymisation est issu d'une demande de l'entreprise d'accueil. Le nom Care est inspiré de celui de l'entreprise de maintenance I-Care, qui en 2022

2010. Travaux synthétisés par Jérôme Denis et David Pontille : « Material Ordering and the Care of Things », *Science, Technology & Human Values*, 2013, vol. 40, no. 3, pp. 338-367.

³¹ Gwenaële Rot, François Vatin, *Au fil du flux. Le travail de surveillance-contrôle dans les industries chimique et nucléaire*, Presses des Mines, Paris, 2017.

³² Jakob Von Uexküll, *Milieu animal et milieu humain*, Paris, Rivage, 2010 (1^{ère} éd., 1934).

³³ Alexandra Bidet (dir.), *Sociologie du travail et activité. Le travail en actes, nouveaux regards*, Toulouse, Octarès, 2006.

³⁴ Jean-Michel Berthelot, « Une sociologie du corps a-t-elle un sens ? », *Recherches sociologiques*, 1982, XIII, 1-2, pp. 59-65.

est présente sur le marché français de la maintenance prédictive* des mécanismes de transmission. J'ai détourné le nom de cette entreprise car il joue explicitement avec le discours de « prendre soin des machines » qui est abordé dans ce travail de recherche. Care intervient en tant que sous-traitant sur une vingtaine de sites industriels en France. Cette enquête en immersion a été rendue possible par le dispositif CIFRE administré par l'ANRT.

2.1. *Genèse de l'enquête*

Ma relation avec cette entreprise de maintenance est préalable à cette recherche doctorale. Lors des vacances universitaires de mes années d'études en Licence et en Master, j'ai accompli des missions pour cette entreprise en tant qu'agent de lubrification. C'était mon « boulot étudiant ». Pendant l'été, les entreprises de production planifient leurs arrêts de maintenance, et les maintenanciers souhaitent partir en vacances. Il y a donc un besoin en main-d'œuvre pour assurer les remplacements, et surtout faire des déplacements sur des sites éloignés des grandes agglomérations. J'ai fait « mes premières armes » sur les sites papetiers de Mimizan et de Descartes à l'âge de vingt-ans. J'ai immédiatement été marqué par l'environnement de travail et par ces immenses machines de production qui semblaient si complexes. Je me souviens que ces missions me paraissaient difficiles physiquement et nécessitaient une dextérité spécifique à ce métier.

Dans le cadre de mes études de Master à l'Université Paris Nanterre, je poursuis mes recherches en sociologie des outils de gestion, et plus particulièrement sur l'Impact Investing, sous la direction d'Eve Chiapello³⁵. Cette première recherche devait donner lieu à une thèse CIFRE avec un fonds d'investissement anglo-saxon très présent sur les marchés à impact, mais le Brexit a contrarié ce projet. Des ralentissements, rebondissements et autres tergiversations m'ont conduit et contraint, pour patienter et avoir un revenu, à retourner travailler pour cette entreprise de maintenance.

2.2. *Une coopération sur 6 ans*

En discutant de mes déboires avec la direction* de l'entreprise, un nouveau projet s'est présenté : effectuer une recherche sur la lubrification industrielle dans les industries à forte automatisation. L'entreprise Care a besoin d'une ressource polyvalente pour, d'un côté, être un renfort lors des arrêts de production, de l'autre, construire un système administratif permettant l'amélioration de

³⁵ Je remercie madame Chiapello pour son encadrement et pour la publication conjointe du résultat de cette recherche : Ève Chiapello, Gaëtan Godefroy, « The Dual Function of Judgment Devices: Why Does the Plurality of Market Classifications Matter ? », *Markets and Classifications. Categorizations and Valuations as Social Processes Structuring Markets, Historical Social Research*, 2017, vol. 42, no. 1, pp. 152-188.

la qualité de ses prestations de maintenance. La modalité d'une convention CIFRE permet à cette entreprise de m'embaucher à moindre frais pour réaliser ces missions, et de mon côté, cela m'ouvre la possibilité de conduire une recherche doctorale. Je me permets de contacter François Vatin, dont j'ai suivi les enseignements en Master, et lui expose ce projet de recherche. Il se montre intéressé par ce sujet qui fait écho aux nombreuses recherches qu'il a mené sur les industries de flux. Avec l'aide de l'entreprise Care qui m'embauche en septembre 2016 en tant que chargé de certifications sécurité et qualité, je monte le dossier CIFRE pour l'ANRT et le dépose en octobre 2016. En avril 2017, je suis informé de la validation de mon projet de thèse, la CIFRE peut débuter.

Pendant trois ans, l'équilibre entre temps de recherche et temps de travail n'a pas posé de difficulté car j'ai toujours essayé de mutualiser les deux objectifs. Ma méthode pour arriver à ce compromis consiste à me présenter comme un « acteur de changement ». Pour insuffler un mouvement d'amélioration des pratiques de travail en termes de sécurité et de qualité, je devais être au plus proche des agents de lubrification, c'est-à-dire aller sur le terrain et travailler avec eux. La direction de l'entreprise Care s'est montrée réceptive à ce qu'elle a formulé comme un « changement par l'exemple ». J'ai considéré comme des matériaux d'enquête toutes les visites de terrain, les missions de maintenance, les actions de prévention et les réunions internes ou avec des interlocuteurs extérieurs. Cette coopération s'est prolongée au-delà de la durée de la CIFRE du fait de l'atteinte de mes objectifs professionnels et du renouvellement de mes prérogatives.

Ce prolongement de l'enquête a été plus mouvementé. L'équilibre entre temps de recherche et temps de travail a été plus difficile à trouver. J'ai pu continuer à enrichir mon enquête de terrain en continuant à participer à des opérations de maintenance, mais surtout en accédant à la fonction de chef de chantier. Cette fonction m'a ouvert un angle de vue sur la gestion du personnel, l'activité de responsable de chantier* et m'a donné accès à des interlocuteurs clés, comme les préparateurs de chantier* des entreprises utilisatrices. Cette expérience de six ans, alliant recherche universitaire et opérations de maintenance préventive m'a permis de me forger une expertise singulière en maintenance industrielle. Elle a été mise à profit par l'entreprise Care lors de projets de développement économique. J'ai mis en lumière l'importance du travail mécanique dans les processus productifs et la concentration d'industries de flux sur un territoire afin d'aiguiller le service commercial vers des types de processus qui pouvaient devenir des débouchés, et sur des zones géographiques attractives. En m'appuyant sur la logique de prolongement des organes sensoriels, j'ai développé l'usage du contrôle à ultra-son lors des

graissages et des contrôles des roulements afin d'améliorer la qualité des prestations de l'entreprise Care.

2.3. Une enquête se déroulant sur plusieurs sites industriels

Cette enquête en immersion s'est déroulée sur plusieurs sites industriels où intervient l'entreprise Care. Disposant d'une expérience technique, j'ai pleinement participé à ces opérations de lubrification industrielle et me suis facilement intégré dans le collectif de travail. La fonction de responsable sécurité m'a permis de naviguer sur les sites et d'entrer en contact avec des responsables de la maintenance ou de la sécurité des entreprises de production. Cette entrée sur le terrain des industries à risque par l'angle de la sécurité renvoie à toute une tradition sociologique portant sur l'histoire de la sécurité dans les industries pétrochimiques, pharmaceutiques et nucléaires³⁶. Ces approches cherchent à organiser la fiabilité de ces industries à risque³⁷ et s'intéressent à ce travail de mise en sécurité³⁸ mais ne font que peu état de l'activité de maintenance. Mon entrée sur le terrain par un poste qui a trait à la sécurité ne représente donc pas une originalité. Je l'ai davantage utilisée comme un outil pour me fondre dans l'organisation de l'entreprise prestataire de services, que comme un angle privilégié pour cette recherche. Mon approche se distingue aussi des travaux de Fanny Girin, portant sur la maintenance d'une installation de raffinage pétrolier³⁹, où elle occupe un poste en charge de la sécurité et de l'organisation des opérations de maintenance pour le compte de l'entreprise utilisatrice*. Néanmoins, ma recherche raisonne avec ses travaux, particulièrement lorsqu'elle analyse comment les procédures de sécurité participent à l'organisation des différentes modalités temporelles de maintenance et lorsqu'elle observe, à travers des mécanismes de coopérations, la création d'un *collectif diffus* : les maintenanciers.

³⁶ Pour approfondir sur cette thématique, se référer entre autres aux travaux de Benoît Journé, *Les organisations complexes à risques : gérer la sûreté par les ressources. Etude de situations de conduite de centrales nucléaires*, Thèse en sciences de gestion, Paris, Ecole polytechnique 1999 ; Cynthia Colmellere, *Quand les concepteurs anticipent l'organisation pour maîtriser les risques. Deux projets de modifications d'installations sur deux sites classés Seveso 2*, Thèse en sociologie, Compiègne, Université de Technologie de Compiègne, 2008 ; François Chevreau, *Maîtrise des risques industriels et culture de sécurité. Le cas de la chimie pharmaceutique*, Thèse en génie des activités à risques, Paris, Mines de Paris, 2008 ; Ivanne Merle, *La fiabilité à l'épreuve du feu. La prévention des risques d'accidents majeurs dans une usine Seveso II*, Thèse en sciences politiques, Paris, Institut d'études politiques, 2010 ; Stéphanie Tillement, *La sécurité en action dans les projets de modernisation d'installations ferroviaires. Étude du rôle des dynamiques intra et inter – groupes professionnels dans la maîtrise des risques.*, Thèse en sociologie, Grenoble, Université Pierre Mendès France, 2011.

³⁷ Mathilde Bourrier (dir.), *Organiser la fiabilité*, Paris, L'Harmattan, 2001.

³⁸ Gilbert De Terssac (dir.), *La théorie de la régulation sociale de Jean-Daniel Reynaud*, Paris, La Découverte, 2003

³⁹ Fanny Girin, *La « sécurité » en fuite : la construction du contrôle à partir des relations entre groupes dans une raffinerie*, Thèse de doctorat en sociologie, Aix-Marseille Université, 2017.

L'entreprise de maintenance qui m'accueille pendant cette recherche est une PME de moins de 40 salariés, spécialisée dans la lubrification industrielle depuis 2002. Tous les salariés sont en contrat à durée indéterminée et sont regroupés en petites équipes sur des sites industriels où il y a une prestation de maintenance annuelle. Le département administratif de l'entreprise est composé de trois salariées à temps partiel et se situe à Albi. Elles occupent respectivement les postes de directrice des ressources humaines, d'assistante administrative et d'assistante sécurité, santé et environnement (SSE). Tous les salariés de l'entreprise ont leur domicile personnel à proximité de leur lieu de travail. En effet, lors de chaque ouverture de contrat annuel de maintenance, la direction de l'entreprise Care recrute des agents de lubrification résident sur place. Les phases de lancement de prestation nécessitent l'envoi de personnel aguerri pour former les nouveaux agents de lubrification et « *tenir le lancement du contrat* ». Le personnel travaillant pour Care est donc attaché à un espace géographique où est situé un ou plusieurs sites industriels.

L'organisation des équipes sur les sites est assez horizontale. Elle est décomposée en deux postes, le responsable opérationnel*, qui a la fonction de chef d'équipe, et les agents de lubrification qui sont des ouvriers. Les agents de lubrification forment un collectif masculin solidaire face aux autres maintenanciers et, plus particulièrement, face au personnel de l'entreprise de production. Ce sont souvent des primo-accédants au marché du travail qui cherchent à acquérir une expérience technique après des études en maintenance. Il n'existe pas de formation débouchant directement sur la lubrification industrielle. Ce sont des jeunes diplômés de niveau Bac pro à BTS en mécanique automobile, poids lourds ou encore engins agricoles qui constituent la principale ressource en main-d'œuvre. Plus rarement, des diplômés en BTS maintenance des équipements* industriels postulent, mais leur faible formation en technique de démontage et remontage est un frein à leur embauche : « *Il m'a demandé dans quel sens on visse... Il sait pas bricoler !* »⁴⁰.

L'originalité de mon enquête est qu'elle se déroule sur dix-sept sites industriels. Je suis intervenu en tant qu'agent de lubrification sur les sites papetiers situés à Saint-Gaudens (31), Mimizan (40), Descartes (37), Lalinde (24), Tarascon-sur-Rhône (13), Saint-Séverin (16), Stenay (55), Vizille (38), Pont-Evêque (38), Le Pontet (84) ou encore La Rochette (73). J'ai très fréquemment travaillé sur les sites métallurgiques implantés à Fos-sur-Mer, particulièrement sur le train à bandes de la Solmer à Fos-sur-Mer (13), et sur le site de magnétisation situé à Saint-Chély-d'Apcher (48) ainsi que, dans une moindre mesure, dans la tréfilerie de Bornel (60). J'ai aussi

⁴⁰ Christophe, Chargé de chantiers, Care, 2020

participé à des activités de lubrification à la fabrique de plâtre de Vaujours (93) et à la fabrique de levure de Marcq-en-Barœul (59). Les cartonneries font aussi partie de ce corpus et plus particulièrement une cartonnerie implantée à Nantes (44).



Figure Erreur ! Argument de commutateur inconnu. : Carte des terrains d'enquête

Le travail de lubrification industrielle peut apparaître à première vue comme assez semblable sur les quinze sites étudiés. Toutefois, les différents types de process et de secteurs de production influencent les techniques, les pratiques et l'organisation de la lubrification. On ne graisse pas une machine de production de levure alimentaire comme on graisse un laminoir à acier. On remarque que la lubrification industrielle est une activité qui n'est pas bornée à un secteur de production. Elle est davantage liée à la mécanisation des systèmes productifs et à la mise en flux de la matière.

2.4. Une démarche ethnographique

Ma démarche met particulièrement en relief les dimensions sensorielles et techniques de l'activité⁴¹, voire des techniques du corps⁴². L'environnement de travail ne permettant pas la prise de notes directes, les carnets de terrain ont été rédigés *a posteriori*, au plus proche des

⁴¹ Thierry Pillon, *Le corps à l'ouvrage*, Paris, Stock, 2011.

⁴² Se référer à Marcel Mauss, « Les techniques du corps » *Journal de Psychologie*, 1936, XXXII, no. 3-4 et à Jean-Pierre Sérís, *La technique*, Paris, PUF, 1994.

observations. Il en résulte un aspect rédigé des verbatims de terrain ici retranscrites mais néanmoins prises sur le vif. La forme de ces retranscriptions s'inspire des travaux de Donald Roy portant sur le travail ouvrier⁴³. Cette démarche descriptive de l'activité s'appuie également sur les enseignements dispensés par David Lepoutre dans le cadre de mon Master⁴⁴. Pour m'insérer dans le collectif de travail des agents de lubrification, j'ai particulièrement utilisé les moments de convivialité qui se déroulent en périphérie des chantiers de maintenance⁴⁵.

Je n'ai pas eu besoin de dissimuler mon travail d'étude sociologique auprès des membres du groupe : « *Docteur en sociologie ? Je croyais qu'y avait que les médecins qui étaient docteurs. Et ça consiste en quoi ?* ». ⁴⁶ Il apparaît que les recherches doctorales en sociologie du travail suscitent peu d'émoi de la part des maintenanciers : « - *Tu fais de la scientologie ?!* - *Non, de la sociologie, c'est pas pareil...* ». ⁴⁷ J'ai davantage rencontré une méconnaissance de la discipline, et beaucoup de confusions, que des réserves ou des réticences à participer à mon étude. J'ai pu mener mon enquête à visage découvert avec l'ensemble des acteurs rencontrés. Cette enquête semble répondre aux conditions méthodologiques énoncées par Jean Peneff quand il traite de l'observation participante :

On appelle observation participante en usine le fait, pour un sociologue, de participer, en tant que salarié, à la production dans l'entreprise pour en tirer l'information et la documentation la plus proche des faits et du travail concret. Cette participation se déroule généralement sur une longue période (trois mois à un an [...]) de manière à s'intégrer dans le collectif de travail, à se familiariser avec la forme spécifique de l'activité et à contrôler sur un grand nombre de cas les analyses dégagées. ⁴⁸

Factuellement, l'enquête en tant que maintenancier de terrain comprend 327 jours d'observation participante répartis sur dix-sept sites industriels français au cours de six ans d'enquête. Du point de vue du nombre de jours d'enquête, les secteurs industriels de la papeterie et de la métallurgie sont les plus fortement représentés dans le corpus. Care étant spécialisée dans la maintenance de l'industrie papetière, j'ai pu accéder à 11 sites papetiers.

⁴³ Donald Roy, *Un sociologue à l'usine*, Paris, La Découverte, 2006.

⁴⁴ David Lepoutre, *Cœur de banlieue. Codes, rites et langages*, Paris, Odile Jacob, 1997.

⁴⁵ Cette méthode m'a été conseillée par Daniel Welsler-Lang qui l'utilise pour pénétrer dans ses terrains d'enquête : Daniel Welsler-Lang, *Les nouvelles hétérosexualités*, Toulouse, Érès, 2018.

⁴⁶ Grégory, préparateur chantier annuel, Saint-Gaudens, 2020.

⁴⁷ Discussion avec un agent de lubrification, Saint-Chély-d'Apcher, 2018.

⁴⁸ Jean Peneff, « Les Débuts de l'observation participante ou les premiers sociologues en usine », *Sociologie du travail*, 1996, 38-1, pp. 25-44.

| Type d'industrie | Nombre de sites industriels | Jours d'enquête |
|------------------|-----------------------------|-----------------|
| Papeterie | 11 | 189 |
| Métallurgie | 3 | 118 |
| Divers | 3 | 20 |
| Total | 17 | 327 |

Tableau 1 : Récapitulatif des jours d'enquête sur le terrain

A cette approche essentiellement qualitative s'ajoute une analyse quantitative à partir de la base de données du logiciel métier de l'entreprise Care. Sur cette base de données est enregistrée chaque opération de lubrification réalisée sur un site industriel. Etant en charge du projet qualité visant à l'exploitation statistique de cette base de données, j'ai eu un libre accès à ces informations de première main.

Cette immersion de longue durée m'a permis d'accéder pleinement au collectif de travail, d'acquiescer l'ensemble des gestes techniques de l'agent de lubrification, voire d'un chef de site, et d'être confronté à de nombreuses situations de travail. J'ai pleinement eu accès à des conflits, portant sur des relations dans le groupe ou avec d'autres groupes professionnels, ou bien sur la répartition de la responsabilité en cas de casses mécaniques ou d'accidents du travail. J'ai développé une expertise technique sur les problèmes attenants à la lubrification industrielle et aux conditions de sécurité nécessaires à la réalisation d'un chantier de maintenance. Lors des dernières années de cette recherche, je suis devenu un rouage du fonctionnement normal de Care. Cette seconde phase de l'enquête permet d'adopter la démarche que Pierre Naville nomme l'observation directe, c'est-à-dire « *que l'observateur appartient au système étudié* »⁴⁹. Cette démarche d'enquête par immersion a rendu la réalisation d'entretiens formels superflue, voire contre-productive, au profit de la réalisation directe de l'activité par l'enquêteur et son insertion dans le groupe professionnel. De temps à autres, cette insertion sur le terrain a certainement fait vaciller mon regard de sociologue pour défendre mon groupe de maintenanciers. Néanmoins, l'analyse présente dans cette recherche a gardé à l'esprit la nécessité de rester objectif afin de déterminer les mécanismes sociaux à l'œuvre.

3. Plan de la thèse

Cette thèse se découpe en six chapitres regroupés en deux parties qui mettent en scène une dualité homme-machine. La première partie expose les données de ma recherche de façon à ancrer le

⁴⁹ Georges Friedmann, Pierre Naville, *Traité de Sociologie du Travail*, Librairie Armand Colin, 1961, p. 52

lecteur dans la matérialité de ces systèmes productifs et de leur maintenance.

Le premier chapitre consiste à présenter l'entreprise Care et l'activité de lubrification. Il donne un aperçu au lecteur des conditions dans lesquelles ont été réalisées ce travail de recherche. Il se décompose en deux mouvements. Le premier expose l'insertion territoriale de Care et l'organisation d'une circulation de la main-d'œuvre au sein et entre des clusters industriels. Cette présentation propose un état des lieux du corpus de terrains d'enquête qui a alimenté cette recherche. Le second mouvement consiste à retranscrire l'activité de l'agent de lubrification pendant un arrêt-machine sur un site papetier. Cet extrait de terrain a vocation à montrer la démarche de recueil des données sur le terrain. Il permet d'insister sur l'importance des stimuli sensoriels pour comprendre l'activité et les gestes techniques du travail du maintenancier.

Le second chapitre adopte une perspective historique pour étudier le lien entre le mouvement rotatif et la mise en continuité de la production. Il permet de présenter l'accumulation des fonctions techniques du préposé à la lubrification. Son activité et les matières lubrifiantes qu'il utilise, ont évolué au fur et à mesure de la mécanisation des systèmes productifs. Ce chapitre repose sur l'opposition entre les perspectives cinématiques* et énergétiques. La première perspective consiste en une présentation historique du recours aux mécanismes de transmission et de transformation du mouvement dans les systèmes productifs. La seconde s'intéresse davantage à la question du rendement énergétique et particulièrement au coût de la mécanisation au travers de la notion de monnaie mécanique. La nature du frottement des mécanismes de transmission devient alors centrale, et la tribologie permet de tisser un trait d'union entre ces deux perspectives.

Le troisième chapitre propose de différencier les infrastructures du flux en fonction des systèmes mécaniques de mise en mouvement de la matière. Il s'agit de montrer que les « usines tuyaux » ne sont qu'une modalité infrastructurelle de mise en flux de la production parmi d'autres. Deux nouvelles infrastructures du flux sont présentées. Il convient d'analyser les circuits productifs dans leur intégralité pour comprendre l'articulation des différentes infrastructures du flux et analyser leurs caractéristiques mécaniques, de tolérance de gabarit, d'automatisation et de fragilité. Chaque infrastructure comporte un degré de fragilité technique qui va induire une organisation de sa maintenance. A partir des données du logiciel métier de l'entreprise d'accueil, on peut croiser le type d'infrastructures du flux avec les données de l'activité de l'agent de lubrification, afin de mettre en évidence trois temporalités de maintenance.

La seconde partie propose de mettre en relief l'activité de l'agent de lubrification en fonction des trois temporalités de maintenance observables dans les industries de flux. Elle expose

l'organisation de la maintenance de ces systèmes productifs.⁵⁰ A chaque temporalité de maintenance correspond une activité de récupération des systèmes productifs automatisés. Les appellations de ces trois temporalités sont construites par les acteurs, seul un travail de systématisation a été nécessaire pour les différencier de façon saillante.

Le quatrième chapitre analyse la temporalité du *Grand arrêt**, soit l'arrêt annuel pour maintenance que connaissent toutes les industries de flux. Pendant une quinzaine de jours, l'ensemble du système productif est arrêté pour réaliser des opérations de maintenance sur l'ensemble du site de production. La coactivité est importante pendant ce chantier de restauration du site où des centaines de maintenanciers viennent mener à bien leurs opérations. Les agents de lubrification ont pour mission de remplacer l'ensemble de l'huile de lubrification présente dans les carters* des mécanismes de transmission de l'usine. De multiples manutentions, vidanges et remplissages s'enchaînent pendant toute la durée de l'arrêt.

Le cinquième chapitre porte sur la temporalité *Stop and Go*. Il s'agit de l'organisation, toutes les six semaines, de courts arrêts de production d'un secteur de l'usine afin de pouvoir réaliser des opérations de maintenance. Pendant ces quelques heures, le flux est suspendu, retenu en amont, pour que les maintenanciers puissent s'insérer au plus proche des mécanismes encore chauds de la « machine ». L'agent de lubrification doit effectuer des opérations de graissage sur les mécanismes de transmission et subir la pression du flux, c'est-à-dire de « la production » qui souhaite redémarrer au plus tôt les machines-outils du secteur. Il s'agit d'une opération de maintenance sous pression.

Enfin, le dernier et sixième chapitre traite de la temporalité *En marche**. Cette temporalité correspond au travail quotidien de l'agent de lubrification au sein des industries de flux. Il fera état de la défiance mutuelle entre le personnel de l'entreprise utilisatrice et le personnel de l'entreprise sous-traitante. C'est pendant la marche des installations que les aléas et dysfonctionnements techniques surviennent, c'est-à-dire que la qualité des opérations de maintenance préventives sont révélées. La question de l'attention sensorielle devient prégnante. L'agent de lubrification est aux prises avec l'environnement de la production qui est hostile pour l'homme, mais il doit néanmoins mobiliser pleinement ses sens pour réaliser ses opérations de contrôle et détecter les dysfonctionnements du système productif.

Pour plus de clarté, il a été choisi de nommer différemment cet agent de lubrification en fonction

⁵⁰ Pour un article de synthèse portant sur l'organisation de la maintenance en lubrification industrielle, se référer à mon article : Gaëtan Godefroy, « *Maintenir une industrie de flux, chantier vs process* », in *Travailler aux chantiers*, dir. G. Rot, Paris, Hermann, 2023.

des temporalités de maintenance, respectivement *lubrificateur**, *graisseur** et *rondier**. Si l'appellation de « graisseur » est communément utilisée par les acteurs pour désigner le technicien de maintenance en lubrification⁵¹, les autres appellations renvoient à l'activité technique réalisée par cet agent au cours des différentes temporalités.

⁵¹ On retrouve d'ailleurs cette appellation pour désigner le préposé à la lubrification dans le film d'Henri Verneuil, *Cent mille dollars au soleil* (1964). L'appellation de *graisseur* renvoie aussi au « graisseur », c'est-à-dire à la vanne vissée sur les mécanismes de transmission permettant leur graissage.

Première partie

Chapitre 1. Une enquête de terrain en immersion

Cette recherche prend appui sur une enquête de terrain utilisant la méthode de l'observation participante dans le cadre d'une coopération avec une entreprise de maintenance en lubrification industrielle. Cette enquête est donc située au sein d'un cadre déterminé qui est celui de l'entreprise Care. Il s'agit d'une ethnographie portant sur une entreprise de maintenance où je m'attache à décrire son organisation et l'activité technique de ses ouvriers. L'aspect le plus restrictif de cette démarche est qu'elle ne permet pas d'établir un propos général pour la maintenance des industries de flux. Seule une enquête menée dans plusieurs entreprises de maintenance aurait permis cette montée en généralité. La seconde limite est que le corpus de terrains d'enquête est borné aux sites industriels des clients de l'entreprise Care, c'est-à-dire à des entreprises de production qui sous-traitent la maintenance des installations.

Malgré ces deux limites, le point de vue de l'entreprise sous-traitante est intéressant car il permet d'observer l'envers du décor de la relation de sous-traitance entre une entreprise utilisatrice et une entreprise prestataire de services. Il ne s'agit plus de décrire une relation descendante entre un préparateur de chantier, appartenant à une entreprise utilisatrice, et ses chaînes ou cascades de sous-traitants formant une pyramide. Inversement, cette enquête permet d'observer comment une entreprise sous-traitante essaye de tirer parti des effets de concentrations industrielles sur des territoires géographiques. Et comment elle réalise un travail logistique qui vise à la mise en circulation de sa main-d'œuvre entre plusieurs sites clients. Lors de mon enquête, je me suis positionné comme un salarié mobile, ce qui m'a permis de travailler sur dix-sept sites industriels. L'entreprise Care intervient particulièrement dans le secteur papetier, ce qui est aussi une limite de l'enquête. Néanmoins, le travail de l'agent de lubrification est semblable quel que soit le type de production étudié. Il s'agit d'une activité de maintenance qui peut être réalisée pendant le fonctionnement ou les arrêts de production. Elle consiste à graisser et lubrifier les mécanismes de transmission de mouvement.

Le premier développement présentera l'enquête d'un point de vue géographique, en insistant sur le travail logistique réalisé par l'entreprise Care et en décrivant l'ensemble des terrains du corpus. Dans un second mouvement, un carnet de terrain d'une opération de maintenance sera retranscrit afin d'immerger le lecteur dans le travail de maintenance en lubrification industrielle et d'illustrer la circulation de la main-d'œuvre orchestrée par l'entreprise Care.

1. Une ethnographie d'une entreprise prestataire en lubrification industrielle

La mise en sous-traitance n'est pas le résultat d'une organisation autonome d'une entreprise de production. Il s'agit d'un processus où plusieurs facteurs et acteurs interviennent. Le premier facteur déterminant est celui de la concentration industrielle dans un secteur géographique, c'est-à-dire les effets d'un cluster, et ce particulièrement sur la dimension du marché de l'emploi⁵². Deux autres facteurs sont importants pour comprendre les opportunités de mise en sous-traitance des tâches de lubrification industrielle des sites de production. Tout d'abord, il y a la notion de qualité du cluster industriel⁵³. En effet, le type de processus industriel utilisé dans le cluster est un facteur sur lequel il faut s'arrêter. En l'occurrence, pour la lubrification industrielle, un cluster de qualité comporte des sites industriels au processus continu et fortement automatisé. Ensuite, il faut aussi prendre en considération la fragilité mécanique des infrastructures du flux permettant la mise en continuité de la production.

Les entreprises prestataires de services sont actives dans les relations de sous-traitance. Elles s'adaptent à la situation géographique des entreprises utilisatrices et cherchent à bâtir un réseau d'entreprises clientes afin de mettre en place un sureffectif pour répondre aux variations de l'activité. Les entreprises de services essaient de bénéficier au mieux des avantages économiques que leur procure les concentrations industrielles. Plus l'entreprise utilisatrice est en périphérie du cluster industriel, plus l'entreprise de services négocie des coûts de déplacement importants.

Tout l'intérêt de notre démarche est d'analyser comment les entreprises utilisatrices et les entreprises prestataires de services industriels utilisent les effets du cluster. Le premier développement présentera, à partir d'une carte, l'activité contractuelle de l'entreprise Care pour la mettre en relation avec la thématique des clusters. Le second développement mettra en lumière le corpus de terrains sur lesquels j'ai pu mener mes observations participantes. Le dernier développement exposera comment l'entreprise Care cherche à bâtir un réseau d'entreprises clientes dans un secteur géographique donné et organise une circulation de son personnel.

1.1. Une mise en carte des terrains d'enquête

La situation géographique d'un site industriel est une donnée primordiale pour comprendre ses choix d'organisation en termes de sous-traitance. Les installations industrielles pétrochimiques, métallurgiques et alimentaires sont difficiles à déplacer. Un contexte environnemental ou

⁵² Alfred Marshall, *Principles of Economics*, Londres, Palgrave Macmillan, 2013 (éd. originale 1890).

⁵³ Michel Porter, « Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy », *Economic Development Quarterly*, vol. 14, no. 1, 2000.

politique a déterminé leur lieu d'installation et favorisé la pérennisation des sites de production. Les facteurs environnementaux, comme la présence d'une force hydraulique importante, la proximité de ressources minières, de cultures agricoles spécialisées ou de matières premières de qualité, sont déterminants pour le développement d'un tissu industriel sur un territoire. Plus récemment, l'accès à des flux maritimes via des ports en eau profonde a joué un rôle déterminant pour le développement et l'installation des industries chimiques et métallurgiques.

1.1.1. Les rôles d'un sous-traitant dans un district ou cluster industriel

Ce phénomène de concentration industrielle due à des facteurs géographiques a très tôt été remarqué par les économistes, tels que Alfred Marshall : « *Bien des causes diverses ont mené à la localisation des industries ; mais les principales ont été les conditions physiques, telles que : caractères du climat et du sol, existence de mines et de carrières dans le voisinage, accès facile par terre ou par eau. Ainsi les industries métallurgiques se sont installées généralement près des mines ou dans les lieux où le combustible était bon marché.* »⁵⁴.

Alfred Marshall insiste particulièrement sur la constitution d'un marché du travail spécialisé dans lequel peuvent puiser les industriels. La main-d'œuvre qualifiée est attirée vers ces concentrations industrielles, qu'il nomme « districts », où le marché de l'emploi est dynamique.

« *De plus, toujours, sauf aux époques primitives du développement économique, une industrie localisée tire un grand avantage du fait qu'elle est constamment un marché pour un genre particulier de travail. Les patrons sont disposés à s'adresser à un endroit où ils ont des chances de trouver un bon choix d'ouvriers possédant les aptitudes spéciales qu'il leur faut ; de leur côté les ouvriers cherchant du travail vont naturellement dans ces endroits où se trouvent beaucoup de patrons ayant besoin d'ouvriers de leur spécialité et où ils ont, par suite, des chances de trouver un marché avantageux.* »⁵⁵

Le pouvoir politique peut être moteur pour favoriser l'immigration d'une main-d'œuvre qualifiée. Il se développe un ensemble d'entreprises de production intermédiaires autour d'un site de production central. La spécialisation procure des avantages économiques à l'ensemble du district. Une synergie se déclenche par le mécanisme de la division du travail souligné par Adam Smith⁵⁶ qu'Alfred Marshall décortique dans ses cas pratiques de la banlieue de Birmingham. Alfred Marshall ne décrit pas seulement les avantages de la concentration industrielle. Il expose

⁵⁴ Alfred Marshall, *Principles of Economics*, Londres, Palgrave Macmillan, 2013 (éd. originale 1890), p. 117.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 119.

⁵⁶ Adam Smith, *Recherches sur la nature des causes de la richesse des nations*, 1776.

les difficultés que présente la gestion en direct d'une main-d'œuvre sur un marché de l'emploi non dynamique car situé en périphérie de la concentration industrielle :

« Le propriétaire d'une fabrique isolée est souvent mis dans de grands embarras lorsqu'il a subitement besoin d'ouvriers d'une certaine spécialité, et un ouvrier spécialisé, qui cesse d'être employé par lui, a du mal à se tirer d'affaire. Les forces sociales coopèrent ici avec les forces économiques il y a souvent des liens étroits entre patrons et ouvriers mais ni les uns ni les autres n'aiment à sentir que s'il vient à survenir entre eux quelque incident désagréable, ils seront obligés de subir les frottements qui pourront exister entre eux ; les uns et les autres aiment pouvoir aisément briser ces liens lorsqu'ils deviennent pénibles. Ces difficultés sont encore aujourd'hui un grand obstacle au succès de toute entreprise ayant besoin d'une main d'œuvre spéciale, qui ne se trouve pas dans le voisinage d'autres entreprises du même genre : elles vont pourtant en diminuant grâce au chemin de fer, à l'imprimerie et au télégraphe. »⁵⁷

Alfred Marshall semble déjà mettre en avant la nécessaire circulation de la main-d'œuvre entre le centre du district, où le marché de l'emploi est dynamique et spécialisé, et sa périphérie. Ma recherche peut confirmer cette intuition et la compléter en ajoutant que cette circulation est présente au sein du district pour les opérations discontinues, mais aussi entre différents districts. Le prestataire de services assure le suivi de cette circulation en se substituant au marché du travail. Les entreprises utilisatrices n'ont ainsi plus à gérer les « *frottements* » issus de la gestion de cette main-d'œuvre mobile et ne doivent pas entretenir une coopération entre elles afin d'assurer l'emploi de cette main-d'œuvre spécialisée⁵⁸. C'est à la charge de l'entreprise de services industriels de lubrifier les frottements de la demande de main-d'œuvre en bâtissant une clientèle, un réseau, lui permettant de faire circuler ses salariés sur un territoire.

Dans son analyse, Alfred Marshall laisse de côté les mécanismes de coopération et de confrontation qui peuvent se nouer entre les différentes entreprises de production et prestataires de services localisés sur un même territoire⁵⁹. Michel Porter, dans la suite des travaux sur les

⁵⁷ Alfred Marshall, 2013, *op.cit.*, p. 119-120.

⁵⁸ Pour un travail approfondi sur la relation entre mise en continuité des systèmes productifs et lubrification de la gestion de la main-d'œuvre, se référer à la thèse de Benoît Gautier intitulée *Le détour par l'atelier. La sociologie entre les mains des DRH (1970-2015)*, soutenue en juin 2022 à l'Université Paris Nanterre.

⁵⁹ Pour une perspective historique sur le concept de cluster, se référer à l'article : Divya Leducq et Bruno Lusso, « Le cluster innovant : conceptualisation et application territoriale » *Cybergeo : European Journal of Geography, Espace, Société, Territoire*, 2011.

districts italiens⁶⁰, systématiser ces relations pour former et populariser la notion de cluster⁶¹, ou de « grappe d'entreprises », pour tendre vers la terminologie de « grappes d'innovations » de Joseph Schumpeter⁶². On peut regretter que cette approche soit principalement centrée sur les sites de production qui sont le point de référence de l'ancrage géographique. Cette enquête montre comment le sous-traitant, c'est-à-dire l'entreprise de services, a tout intérêt à favoriser, voire à instaurer, une coopération entre des entreprises utilisatrices non coordonnées.

L'entreprise de services en lubrification industrielle joue donc deux rôles qu'il convient d'exposer pour expliciter au mieux les liens entre ces firmes. Celui d'intermédiaire entre les entreprises de production et le marché du travail afin de faciliter la gestion d'une main-d'œuvre spécialisée. Dans ce cadre, on se situe pleinement dans les travaux initiés par Ronald Coase dans son article de 1937, « The nature of the firm », où il expose les coûts de transaction qu'engagent des relations directes sur le marché du travail et les avantages de recourir à des entreprises intermédiaires⁶³. Le second rôle porte sur l'instauration d'une coopération entre les entreprises présentes dans un cluster, mais aussi inter-cluster par la circulation de la main-d'œuvre. L'entreprise de services construit un réseau d'entreprises utilisatrices à deux échelles, district et interdistrict. Ces réseaux sont compris dans des clusters industriels.

Selon Michel Porter, l'insertion de l'entreprise de production dans une grappe d'entreprises à processus semblables ou proches, détermine sa possibilité de rencontrer une offre de services industriels mutualisée et de lier des coopérations⁶⁴. La qualité du cluster industriel détermine si l'entreprise de services peut établir un réseau d'entreprises exploitantes sur un territoire. Le nombre de sites industriels, et donc de clients potentiels, est un critère important pour évaluer le cluster. A cela, il faut ajouter une analyse portant sur les types de processus industriels. Dans le cas de la lubrification industrielle, le degré d'automatisation de la production et d'atteinte du principe de continuité sont des critères déterminants pour évaluer la cohérence du cluster. Certains processus industriels nécessitent davantage d'opérations de lubrification pour maintenir les infrastructures du flux de matière, c'est particulièrement le cas pour le secteur papetier. Certains processus productifs sont fragiles et incitent les entreprises exploitantes à sous-traiter

⁶⁰ Voir les travaux de Giacomo Becattini, *Lo Sviluppo Economico della Toscana*, Firenze, Guaraldi, 1975 et Sebastiano Brusco, « The Emilian Model: Productive Decentralisation and Social Integration », *Cambridge Journal of Economics*, 1982, vol. 6, no. 2, 167-84.

⁶¹ Michel E. Porter, « Cluster and the New Economics of Competition », *Harvard Business Review*, 1998, vol. 76, no. 6, pp. 77-90.

⁶² Joseph A. Schumpeter, *Capitalism, socialism, and democracy*, Londres, Allen and Unwin, 1976.

⁶³ Ronald Coase, « The nature of the firm », *Economica*, 4, 1937, pp. 386-405.

⁶⁴ Michel Porter, 2000, *op. cit.*

leur maintenance. Cette relation entre mise en continuité, infrastructure du flux* et fragilité technique est détaillée dans le chapitre trois de cette thèse. L'entreprise Care peut développer de réseau d'entreprises utilisatrices que s'il y a une concentration d'usine de flux sur le territoire.

1.1.2. Clusters, réseaux et circulation de la main-d'œuvre

Comme le préconise Michel Porter, cette présentation des clusters, où intervient l'entreprise Care, s'appuie sur une limite organisationnelle combinée à une délimitation spatiale⁶⁵. A partir de cette double grille de lecture, on peut croiser le positionnement géographique des sites clients de l'entreprise Care avec les modalités organisationnelles de la mise en sous-traitance. Ce croisement permet d'exposer les réseaux d'entreprises construits par l'entreprise prestataire de services et de proposer des sphères d'influences entre le centre du district et sa périphérie.

La carte ci-dessous représente l'activité de l'entreprise Care selon cette double grille. (Fig. 51). Les sites clients où une équipe d'agents de lubrification est présente à l'année figurent en vert sur la carte, tandis que les sites sans équipe résidente, où les prestations sont réalisées par à-coups, plusieurs fois par an, ou une fois par an, sont représentés respectivement en jaune et en rouge. Les différents clusters sont mis en valeur par des cercles à trait continu et leurs sphères d'influence par des cercles à traits discontinus. Cinq clusters peuvent être ainsi délimités, ils sont composés à chaque fois d'un ou deux sites clients avec une équipe présente à l'année et des sites clients à interventions ponctuelles. Ces interventions ponctuelles sont réalisées grâce à la circulation du personnel de l'entreprise de services à plus ou moins longue distance du centre du cluster. Ces réseaux d'entreprises sont appelés « *business unit* »* par l'entreprise Care.

Une première concentration se situe au niveau de la forêt des Landes (entourée en vert sur la carte). Cette forêt de pins est la plus grande forêt artificielle d'Europe. Elle a été peu à peu constituée et optimisée en vue de multiples débouchés industriels, en particulier pour les dérivés de la résine de pin maritime, pour fournir des mâts de bateau pour la reconstitution de la flotte militaire sous Napoléon III, mais aussi, pour fixer les dunes de sables qui ont tendance à gagner sur les terres⁶⁶. L'entreprise en lubrification intervient à l'année sur le site papetier de Mimizan, et ponctuellement sur trois sites industriels à proximité immédiate : la sacherie de Mimizan, l'usine de panneaux de bois de Rion-des-Landes et l'usine d'essence de pin située à Saint-Girons. La proximité immédiate entre ces différents sites clients facilite la circulation de la main-d'œuvre de l'entreprise prestataire de services. La circulation est plus complexe pour les sites papetier de

⁶⁵ Michel Porter, 2020, *op. cit.*

⁶⁶ Jacques Sargos, *Histoire de la Forêt Landaise. Du désert à l'âge d'or*, Bordeaux, L'horizon chimérique, 1997.

Saint-Gaudens et de Descartes situés en périphérie, c'est-à-dire dans le cercle représenté en pointillés verts. Dans ces cas, les agents de lubrification sont en déplacement pour plusieurs jours, ce qui nécessite la mise en place d'un sureffectif structurel prévu pour ces déplacements au sein du cluster. Une prestation annuelle sur un site papetier situé à Lalinde vient récemment renforcer cette organisation.



Figure 2 : Clusters et réseaux d'entreprises utilisatrices

Le réseau d'entreprises de production établi dans le district de la région parisienne (entouré en jaune) est composé de deux sites clients où une équipe réside à l'année et de cinq sites clients qui commandent des prestations ponctuelles. Les activités industrielles vont de la métallurgie à la cartonnerie, en passant par la production de plâtre. Plus qu'une coordination industrielle autour d'une matière première unique, c'est le dynamisme économique de la région parisienne qui est

déterminant. Les salariés circulent entre les différents sites en fonction des variations de l'activité de maintenance dans le réseau.

L'entreprise Care articule sa prestation de services sur la concentration industrielle s'étendant de Fos-sur-Mer à l'étang de Berre et le long du Rhône (entourée en rouge), à partir d'un réseau de trois prestations à l'année et deux sites à intervention régulière. Le tissu industriel autour du port en eau profonde de Fos-sur-Mer et de l'étang de Berre présente une diversité de secteurs industriels, allant de la métallurgie lourde à l'industrie papetière pour les prestations annuelles et ponctuelles. La circulation de la main-d'œuvre est ici nécessaire pour répondre aux fréquentes et importantes fluctuations de la charge de travail sur les contrats de prestation annuelle.

Deux situations montrent encore ce travail de mise en réseau de sites industriels où ont lieu des prestations à l'année avec une prestation complémentaire. Elles restent en relation avec la présence d'un district industriel. Le district des Alpes, entouré en bleu, possède comme avantage économique d'être situé à proximité de forts courants d'eau qui sont utilisés par différentes industries, et plus particulièrement par l'industrie papetière. L'entreprise intervient sur l'ensemble des sites papetiers du secteur avec trois prestations annuelles et une prestation mensuelle. Cette *business unit* coopère avec celle située plus proche de la mer pour répondre à des demandes de prestations d'un site isolé situé dans le massif de la Lozère. En l'occurrence, il s'agit d'une usine de magnétisation de bobines d'acier.

Dans une moindre mesure, dans l'Est de la France, une prestation ponctuelle s'articule avec une prestation de maintenance annuelle sur un site papetier (entouré en violet). Le développement d'une coopération plus importante sur ce territoire est possible du fait de la présence de nombreuses industries à proximité. Fin 2022, un nouveau site produisant de la laine de roche vient compléter cette *business unit*.

L'entreprise intervient aussi ponctuellement sur des sites industriels isolés. Ils sont situés en périphérie des clusters où l'entreprise de services a structuré un réseau d'entreprises clientes. Ces sites industriels ne profitent pas pleinement des avantages économiques des concentrations industrielles. Ces entreprises périphériques sont parfois contraintes de conserver la maintenance quotidienne de leur installation en interne et de ne sous-traiter que certaines opérations de maintenance car elles ne bénéficient pas d'un marché du travail spécialisé. Le site papetier situé à Saint-Séverin se trouve dans cette situation. Des sites implantés à la périphérie immédiate d'un cluster peuvent bénéficier d'une partie des avantages économiques créés par cette coopération. C'est typiquement le cas des sites industriels situés à Saint-Gaudens, Descartes et Saint-Chély-

d'Apcher, qui bénéficient de la main-d'œuvre disponible dans les clusters de la forêt des Landes, de Fos-étang de Berre et de la région lyonnaise. Des sites plus éloignés, en l'occurrence situés dans l'ouest de la France, ne peuvent pas bénéficier des effets des réseaux d'entreprises de Care car aucune prestation annuelle n'est sous-traitée à proximité. Ces clients sont contraints d'endosser le coût de la circulation de la main-d'œuvre spécialisée et l'entreprise prestataire réalise alors une coopération inter-cluster. L'entreprise Care va mutualiser des ressources de différentes *business unit* pour répondre à cette demande. Les salariés circulent sur de longues distances, et pendant une à deux semaines, pour réaliser les travaux commandés. Dans un second temps, l'entreprise prestataire de services a tout intérêt à essayer de bâtir un réseau d'entreprises dans les zones géographique où un cluster industriel existe afin de pérenniser son activité et se développer. Il s'agit de l'un des projets de développement de l'entreprise Care pour la région nantaise.

Lors de l'enquête, j'ai particulièrement été mobilisé comme sureffectif pour palier à la fragilité organisationnelle qu'induit cette circulation de main-d'œuvre à la périphérie et au-delà des limites des clusters où intervient l'entreprise. J'ai aussi été déplacé pour construire des projets de coopération entre firmes et lancer des prestations annuelles. Cette position m'a permis d'explorer de nombreux sites industriels et de revêtir le rôle de chef de chantier pour la prestation récurrente de lubrification sur le site papetier de Saint-Gaudens. Le développement suivant se propose de présenter les différents terrains d'enquête qui composent le corpus de cette recherche.

1.2. *Présentation du corpus*

L'une des particularités de cette enquête de terrain est de se dérouler dans plusieurs sites industriels au processus différent. La distinction entre secteurs industriels rend difficilement compte des singularités observées en termes de processus productif. Il convient de davantage présenter les sites industriels en fonction de leurs infrastructures du flux et de leur positionnement géographique afin d'explicitier leur cohérence dans les clusters industriels. Étant intervenu dans chaque site où il y a une prestation annuelle, tous les centres des réseaux d'entreprises peuvent être présentés. Au fil des présentations, une relation tripartite va se dessiner, liant le responsable du chantier, l'agent de lubrification et les préparateurs de chantiers de l'entreprise utilisatrice. A cette relation sur le terrain, il convient d'ajouter la direction de l'entreprise sous-traitante qui réalise le travail de gestion et d'organisation de la mise en circulation de la main-d'œuvre. Il apparaît que plus les prestations de maintenance sont fréquentes et pérennes dans le temps, plus les agents de lubrification sont intégrés au collectif de travail de l'entreprise utilisatrice et peuvent

multiplier les interlocuteurs clients. Peu à peu, ils font partie intégrante de l'organisation de la maintenance interne du site industriel.

1.2.1. Le réseau du cluster situé dans la forêt des Landes

Il s'agit de la zone géographique où je suis le plus fréquemment intervenu au cours de l'enquête. Mes interventions se sont concentrées sur quatre sites industriels papetiers. Il s'agit des sites de Mimizan, où une équipe réside à l'année, de Saint-Gaudens qui prend une large part dans ce travail, de Descartes, où j'ai fait mes premières armes, et de Lalinde dont le contrat a débuté à la fin de ma thèse.

1. La papeterie de Mimizan

Il s'agit de l'un des contrats de sous-traitance les plus anciens de Care. Cette relation commerciale lie l'entreprise utilisatrice et l'entreprise de services depuis plus de quinze ans. Les différents changements de propriétaires n'ont pas mis à mal cette situation contractuelle. Cette papeterie comprend l'ensemble du processus de production de papier kraft. Il débute par la mise en copeaux de troncs d'arbres acheminés par des camions, les copeaux sont ensuite défibrés à l'aide de produits chimiques et les bobines de papiers sont enfin produites et redécoupées dans des ateliers par des lignes de machines-outils automatisées⁶⁷. Cette installation est équipée de quatre machines à papier, ce qui est le signe que le site industriel est de grande envergure et sensible aux aléas mécaniques. Les tapis d'acheminement et les tuyauteries forment un réseau d'infrastructures complexes et denses qui transpercent les bâtiments.

L'équipe d'agents de lubrification est composée de six personnes. Le chef d'équipe occupe le poste de responsable opérationnel du site et gère quotidiennement et en autonomie le contrat de lubrification. Les agents de lubrification disposent de locaux dans les ateliers de mécanique de l'usine, situés près de l'huilerie, où ils peuvent utiliser des vestiaires et un bureau mis à disposition par l'entreprise utilisatrice. Cette mise à disposition des locaux est une marque de l'implantation de cette équipe dans les murs de l'entreprise utilisatrice. Le responsable opérationnel et les agents de lubrification sont pleinement intégrés dans l'organisation de l'entreprise cliente. Ils ont de multiples interlocuteurs, comme le responsable maintenance*, les conducteurs d'installations ou encore l'acheteur en charge du contrat. Je suis intervenu sur ce site pendant dix jours en tant qu'agent de lubrification et responsable sécurité et qualité. Le nombre important d'agents et le caractère établi de la prestation ont limité les besoins d'intervention.

⁶⁷ Ce processus papetier intégré fait l'objet d'une description fine dans le chapitre 3 de cette thèse.

II. La papeterie de Saint-Gaudens

Le contrat de maintenance de Saint-Gaudens comprend toutes les phases d'arrêts planifiés de l'installation. Ce site industriel important se niche au creux de la chaîne des Pyrénées et subit un fort isolement industriel. A l'instar de Mimizan, le processus productif de ce site débute par la réduction en copeaux des troncs d'arbres. Les copeaux sont défibrés dans un lessiveur de grande verticalité à l'aide de produits chimiques et la pâte ainsi produite est par la suite transmise par des canalisations vers un « presse-pâte ». Comme son nom l'indique, cet ensemble de machines-outils de grande taille va presser la pâte à papier et une cisaille rotative viendra, par la suite, la découper en ballots réguliers. En effet, à Saint-Gaudens, ce n'est pas du papier qui est produit mais ce sont des ballots de pâte à papier qui sont ensuite envoyés dans des papeteries dépourvues de parc à bois.

Ce contrat a débuté aux prémices de ma thèse, lors d'un arrêt annuel. Je faisais partie de l'équipe d'agents de lubrification déployés pour lancer le contrat. Par ma proximité géographique avec ce site, j'ai été très régulièrement mobilisé pour les interventions. Je suis progressivement devenu responsable de ce chantier situé à la périphérie du cluster des Landes. J'estime à quatre-vingt-quinze jours le temps d'enquête passé sur ce site industriel, dont vingt en tant que « chef de chantier ». N'intervenant que ponctuellement, les agents de lubrification sont moins intégrés dans le collectif de travail de l'usine, même si, progressivement, des vestiaires personnels et un bureau ont été installés. La relation avec le client passe par deux responsables de la maintenance qui se partagent l'usine en fonction des secteurs de production. Ils ont tous deux la charge de la gestion et de l'exécution des tâches de lubrification quotidiennes.

III. La papeterie de Descartes

Cette papeterie est le lieu de l'enquête préliminaire et des débuts de cette thèse. C'est sur ce site que j'ai appris les rudiments du graissage et de la lubrification avec des agents de lubrification basés à Mimizan et un membre de la direction qui venait organiser la prestation. J'étais employé pendant les vacances universitaires pour, justement, remplacer des agents de lubrification partis en vacances. La prestation s'est arrêtée au début de ma thèse et je m'y suis déplacé dix fois pour un total de douze jours d'intervention sur le terrain. Le changement d'interlocuteur, en l'occurrence de responsable maintenance, a mis un terme à ce terrain d'enquête.

Ce site papetier ne comporte pas de parc à bois et utilise du papier recyclé afin de produire de la pâte à papier. Tout un processus chimique de « désencrage » est utilisé et constitue une spécificité de ce processus industriel. Les papiers recyclés sont préalablement mouillés et défibrés

mécaniquement et chimiquement. Deux machines à papier sont utilisées sur ce site pour produire des bobines de papier aux caractéristiques différentes. L'une des deux machines est réputée plus flexible et adaptable tandis que l'autre, plus rapide, permet de produire de gros volumes de papier.

IV. La papeterie de Lalinde

Une nouvelle prestation annuelle vient de débiter sur le site papetier de Lalinde. Je m'y suis rendu à deux reprises afin de lancer la prestation. Cette situation a été récurrente car ma position d'effectif non attribué à un site principal rend propice ma mobilisation pour démarrer un chantier. En l'occurrence, il s'agissait des premières opérations sur arrêt pour évaluer la capacité de l'entreprise Care à réaliser la prestation. Il y a, dans ce contexte, un souci d'évaluer la capacité du prestataire de services à se sortir de situations délicates. On peut rapprocher cela à une épreuve d'admission dans le collectif de travail. Désormais, une prestation annuelle avec un agent de lubrification en autonomie est en place pour assurer les opérations de lubrification quotidiennes. Il est pleinement intégré dans l'organisation de la maintenance du site.

Cette papeterie utilise des ballots de pâte fabriqués dans une « usine de pâte », comme celle de Saint-Gaudens, pour produire des papiers d'emballage alimentaire. Les ballots sont défibrés mécaniquement et la pâte traitée avec des produits chimiques pour arriver à une qualité de pâte souhaitée. La pâte circule vers deux machines à papier pour finaliser la production.

1.2.2. Le réseau du cluster situé à proximité de Fos-sur-Mer et de l'étang de Berre

Le réseau d'entreprises clientes situé à proximité de Fos-sur-Mer et de l'étang de Berre correspond à la deuxième aire géographique où j'ai effectué le plus d'opérations de maintenance. Il est composé de deux sites industriels à prestation annuelle et d'un site à intervention ponctuelle.

I. Le train à bande de la Solmer à Fos-sur-Mer

Il s'agit du site industriel le plus impressionnant du corpus. L'usine intégrée de production de bobines d'acier située à Fos-sur-Mer est un site de grande taille à l'environnement paradoxal. Des bobines d'acier y sont produites à partir de minerai de fer. Le process comprend des haut-fourneaux, une fonderie, une cokerie, un train à bande et des ateliers de finissage. Chaque phase de ce process est une usine à part entière, reliées les unes aux autres par des tuyaux et des routes. Cet ensemble industriel se situe dans un espace naturel où la végétation se déploie sans restriction et où l'on peut croiser des animaux sauvages et domestiques. Care intervient seulement sur le secteur du train à bandes. Cette phase du process consiste à laminier à haute vitesse un lingot de métal de grande taille, appelé brame, en un seul passage. La brame, après avoir été réchauffée dans des fours, passe successivement sous plusieurs laminoirs aux fonctions différentes, puis

vient s'enrouler sur un mandrin pour former une bobine. Une ligne incandescente se déplace, s'allonge et accélère. Au fur et à mesure de son laminage et des détonations, la brame se transforme en une longue feuille. La vitesse maximale de la feuille est en bout de ligne car elle s'étend progressivement, et atteint les quarante kilomètres heure. Sans nul doute, ce système productif automatique est celui qui m'a le plus marqué.

L'entreprise Care intervient en tant que sous-traitant de second rang sur ce site. Au début de la thèse, la prestation concernait uniquement les arrêts de production. Puis une prestation annuelle s'est structurée afin de fidéliser une main-d'œuvre sur le site. La prestation s'articule autour d'un responsable opérationnel attaché au site et de deux agents de lubrification. Même avec ce contrat annuel, les fluctuations d'intensité de travail entre le travail quotidien et les travaux prévus sur arrêts m'ont conduit à venir très régulièrement sur ce site industriel. Je peux dénombrer quatre-vingts jours d'intervention au cours de l'enquête. Cette prestation est le seul cas de figure où l'entreprise Care intervient en tant que sous-traitant de rang deux sur un site industriel. Il en résulte que le responsable opérationnel du site a principalement des contacts avec le chargé d'affaires de l'entreprise sous-traitante de rang un. Ce dernier rend des comptes au chargé de contrat de lubrification de l'entreprise utilisatrice.

II. La papeterie de Tarascon-sur-Rhône

Ce site papetier est l'usine jumelle de Saint-Gaudens. Le process est similaire, tout comme le degré d'automatisation de la lubrification. Se situant au cœur d'un cluster industriel, ce site a pu sous-traiter l'ensemble des opérations de maintenance. Seule différence, ce site industriel est le résultat de la combinaison de deux anciennes papeteries, ce qui semble compliquer la maîtrise du processus de production. Les difficultés économiques de l'entreprise utilisatrice ont mis un terme au contrat de sous-traitance pendant l'enquête, ce qui a limité mes interventions et mon enquête à huit jours. L'équipe était composée d'un responsable opérationnel et de deux agents de lubrification. Ils étaient en étroite collaboration avec un préparateur de chantier dédié à la lubrification, ancien mécanicien de piètre qualité. La faible maîtrise technique de l'interlocuteur dénote le peu d'intérêt et la faible valorisation des tâches de lubrification par les mécaniciens de ce site papetier.

III. La papeterie située à Le Pontet

Cette prestation vient d'être ouverte par l'entreprise Care. Pour cette raison, je ne m'y suis rendu qu'une fois pour remplacer le responsable opérationnel et découvrir le site. Il s'agit d'une petite papeterie qui fabrique un papier d'emballage à partir de papier recyclé. Le papier recyclé est

acheminé par camion et stocké sur le site. Le papier est introduit par des engins dans le système productif, où il est transporté par un tapis vers un broyeur qui permet de trier les déchets métalliques et plastiques. Le papier recyclé est sommairement défibré chimiquement afin de produire une pâte brune. Cette pâte est par la suite transformée en bobine par une unique machine à papier. Cette production a pour principal débouché les cartonneries. Le processus de production est simple et s'articule autour d'un flux unique. Le responsable du contrat de lubrification est pleinement inséré dans l'organisation de la maintenance du site. Son bureau se situe en face de celui du responsable de la maintenance de l'entreprise utilisatrice. Il est sollicité par les mécaniciens et participe aux opérations de maintenance en urgence.

IV. La ligne de magnétisation à Saint-Chély-d'Apcher

Le site métallurgique de Saint-Chély-d'Apcher est composé d'un laminoir à froid et d'une ligne de magnétisation. Je ne suis intervenu que sur ce deuxième secteur. L'usine métallurgique de Saint-Chély-d'Apcher s'inscrit dans l'histoire de l'industrie de la magnétisation par ses ressources minérales. Sa relative proximité géographique avec la Solmer facilite son approvisionnement, par le réseau ferroviaire, en bobines d'acier. Cette ligne de magnétisation utilise des bobines d'acier retravaillées par le laminoir à froid, qu'elle déroule, réchauffe, traite, magnétise et enrôle à nouveau. Ce système à double étage fait circuler à faible vitesse la bande d'acier sur une ligne de quatre cents mètres.

L'isolement géographique de ce site industriel rend difficile l'installation d'une équipe d'agents de lubrification à l'année. Les opérations de lubrification sont organisées sous la forme de commandos partant plusieurs semaines une fois par an pour remettre à un point 0 le site industriel. J'ai été intégré à trois de ces commandos pour un total de trente jours d'intervention. Lors de ces interventions, la coordination des travaux a été organisée par un responsable maintenance de l'entreprise utilisatrice. L'un de ses adjoints était notre interlocuteur principal en cas de difficultés techniques et organisationnelles.

1.2.3. Le réseau du cluster situé dans les Alpes

Les conditions environnementales des Alpes sont propices au développement d'une industrie papetière sur ce territoire. La force hydraulique disponible est très importante, les massifs montagneux favorisent l'exploitation forestière et la qualité de l'eau est avantageuse. Ce réseau d'entreprises clientes a été bâti pendant mon temps de thèse. Il a débuté par une cartonnerie, puis par une usine papetière intégrée pour enfin se développer sur deux autres sites papetiers du

secteur. J'ai particulièrement été mobilisé pour lancer les contrats et pour parer la fragilité organisationnelle des interventions sur arrêts sur le site de Vizille.

I. La papeterie de La Rochette

Il s'agit de la seule papeterie du corpus dont le processus de production consiste à défibrer le bois mécaniquement, sans recours à un produit chimique. Cette technique de transformation du bois en cellulose est utilisée principalement en Europe du Nord et demande beaucoup d'énergie motrice. Elle ne peut donc être appliquée que si de forts courants d'eau sont disponibles. Cette usine fabrique donc des bobines de papier à partir de troncs d'arbres. Les troncs sont injectés dans le processus de production automatisé par des engins et sont broyés, déchiquetés, lavés et épurés mécaniquement jusqu'à extraire la cellulose des copeaux de bois et ainsi former une pâte par l'ajout progressif d'eau. Cette pâte est ensuite transformée en bobine de papier par deux machines installées en parallèle. Ces bobines sont ensuite transportées par des chariots automatiques vers quatre lignes de dimensionnement de la bobine installées, elles aussi, en parallèle.

Quatre personnes travaillent à l'année sur ce site papetier, dont un responsable opérationnel, auxquels vient s'ajouter en renfort un agent de lubrification intervenant à l'année sur la cartonnerie voisine. Le renfort structurel permis par la proximité immédiate entre les deux usines facilite la gestion des pics d'activité de maintenance de cette papeterie. Le responsable opérationnel est en contact avec les différents responsables de maintenance des secteurs de l'usine pour répondre à leur demande et faire état de ses difficultés. Je me suis rendu huit jours sur ce site. Particulièrement au moment du lancement du contrat, lorsque l'équipe n'était pas stabilisée et qu'il manquait de la main-d'œuvre sur arrêt, mais aussi pour formaliser les tournées de contrôles quotidiens.

II. La papeterie de Pont-Évêque

Ce site industriel est spécialisé dans le papier qui sert de support aux étiquettes autocollantes. Si la partie chimique de cette usine n'est pas impressionnante, car l'usine utilise des ballots de pâte à papier prêts à l'emploi, il en est tout autrement de la ligne de fabrication de la bobine de papier. En effet, la machine à papier est surprenante par ses dimensions, hauteur, largeur et longueur, ainsi que par sa vitesse de rotation. Une machine à papier unique qui produit des volumes importants d'un unique produit. Les bobines de papier qui sortent de la machine ont des dimensions et un poids tels que des chariots automatiques roulant sur des rails ont la charge de les manutentionner vers d'imposantes lignes de traitement à calandres. Ces calandres vont donner

les propriétés spécifiques à ce papier. Ce processus étant plus lent que celui de la machine à papier, deux lignes de calandres sont prévues et raccordées à la machine à papier par un petit réseau de chemin de fer interne à l'usine. Classiquement, cette phase des calandres est intégrée dans la machine à papier mais les propriétés particulières de ce papier en font un atelier spécifique et stratégique. Les bobines sont automatiquement déroulées, passent entre les calandres et sont rembobinées en plus petites bobines. Elles sont ensuite manutentionnées par des chariots automoteurs vers des lignes de redimensionnement. Une personne travaille à l'année sur ce site. Je ne m'y suis rendu que deux jours, par curiosité pour ce processus de production et pour mener des actions de prévention. L'agent de lubrification est dans ce cas particulièrement intégré au collectif de travail de l'entreprise utilisatrice. Il rend des comptes quotidiennement au responsable de la maintenance de l'entreprise utilisatrice et ne peut intervenir sur l'installation qu'avec son aval. Un renfort de deux agents est nécessaire pour réaliser les arrêts de production, ce qui nécessite un travail d'organisation important dans ce réseau.

III. La papeterie de Vizille

Ce site papetier est niché dans la vallée de la Romanche qui est un des sous-affluents de l'Isère. La papeterie utilise l'eau d'un canal de détournement de la Romanche pour faire fonctionner des turbines électriques qui alimentent l'usine en énergie motrice. Cette papeterie ne comporte pas de parc à bois et utilise des ballots de pâte à papier pour alimenter une machine à papier. Le personnel de Care n'intervient sur ce site que lors des arrêts de production sur la machine à papier. Un « graisseur » en interne s'occupe des tâches de lubrification quotidiennes. Il s'agit d'un grand homme à la carrure imposante et à la bonhomie attachante. Mécanicien sans grandes compétences techniques, il s'applique à graisser les machines et à faire quelques vidanges, mais il peut s'éclipser quand l'intensité de travail est plus exigeante. La rusticité de cette machine induit un fort besoin en maintenance lors des arrêts de production. C'est dans ce cadre que je me suis rendu à huit reprises sur ce site industriel. L'effectif disponible dans ce réseau ne permet pas de couvrir complètement le besoin en main-d'œuvre, d'autant plus que ces arrêts de lignes sont programmés le même jour que ceux du site principal. La direction réalise un travail de circulation de la main-d'œuvre particulièrement important pour la maintenance de ce site. Elle a comme principal interlocuteur le responsable de la maintenance du site et comme relai de terrain le « graisseur » local.

1.2.4. Les autres sites d'intervention appartenant à un réseau d'entreprises

Pour plus de clarté, je me permets de regrouper les réseaux situés dans l'Est, le Nord et la région parisienne en un seul sous-développement. Je ne me suis rendu que sur les sites principaux de

ces réseaux clients. Mes interventions ont été de nature diverse sur ces sites à prestation annuelle. Elles vont du lancement de prestation, à Stenay et à Vaujours, à l'accompagnement sécurité et qualité pour les sites de Lille et de Bornel.

I. La papeterie de Stenay

Ce contrat de prestation annuelle a débuté peu ou prou en même temps que cette enquête. Care a ramené le pion à une entreprise concurrente, détentrice du contrat de lubrification sur ce site papetier et a intégré les deux agents de lubrification de son concurrent dans son effectif. Avec un membre de la direction, je suis allé effectuer les premiers arrêts de production du contrat afin de « sécuriser » la prestation et de diffuser nos pratiques de travail. Les deux agents ont pris un malin plaisir à nous tester lors de ces premières interventions en nous laissant les parties les plus ingrates et techniques de la machine à papier. Rapidement, la prestation de service a été mise en place. Les deux agents de lubrification, déjà particulièrement intégrés dans la papeterie, connaissent l'ensemble du personnel de production et de maintenance. Le premier y travaille depuis plus de vingt ans et le second a fait son apprentissage de mécanique sur le site. Ce dernier a pris les rênes du contrat et de tout le réseau d'entreprises qui s'est peu à peu constitué. Il m'a beaucoup appris d'un point de vue technique et accompagné dans mon enquête.

Cette papeterie de petite taille utilise des ballots de pâte comme matière première de son processus. Ces ballots sont broyés mécaniquement et la pâte mélangée avec des produits chimiques afin de produire du papier d'emballage alimentaire. Deux machines à papier, installées en parallèle, permettent d'adapter la production de papier aux demandes des clients. L'usine fonctionne selon un régime de campagnes s'étalant sur plusieurs semaines. Ces machines sont équipées d'instruments, appelés « coucheuses », qui permettent de coucher sur le papier un revêtement plastique ou glacé.

II. La fabrique de levure située à Lille

Il s'agit de l'un des contrats historiques de l'entreprise Care. Cette usine fabrique des levures alimentaires en utilisant le sucre contenu dans les betteraves. Les betteraves arrivent sur le site par camion, elles sont broyées, lavées puis utilisées comme « nourriture » pour les levures dans de grosses cuves de fermentation. La pâte de levure extraite par un réseau de tuyauteries est séchée dans des fours rotatifs. Une fois séchée, la pâte est broyée en poudre puis convoyée par des tapis vers des lignes automatiques d'ensachement.

Le site est tenu par un responsable opérationnel qui a une formation avancée en mécanique. Il est assisté par deux agents de lubrification. Son bureau est intercalé entre celui du responsable de la

maintenance du site et le bureau des méthodes. Cette insertion dans le collectif du site et dans l'organisation de la maintenance s'est faite peu à peu, année après année. La spécificité de la prestation de Care sur ce site est que la prestation comprend aussi la réparation des pompes du site. En effet, le responsable opérationnel réalise principalement des réparations de pompes industrielles et vient en renfort de ses deux équipiers pendant les pics d'activité. J'ai réalisé des opérations de maintenance sur ce site à quatre reprises afin de participer à l'amélioration des pratiques de travail des agents de lubrification.

III. La tréfilerie de Bornel

Le site de Bornel fait aussi partie des contrats de maintenance annuels établis avant l'enquête. Ce contrat comprend le graissage et la lubrification des installations ainsi que la surveillance du réseau aéraulique du site. Il s'articule avec plusieurs sites annexes, dont une cartonnerie à proximité et plusieurs sites métallurgiques de faible ampleur. Le contrat est tenu par un responsable opérationnel qui est en lien avec les conducteurs de ligne et le responsable maintenance du site. Il est aidé par deux agents de lubrification dont l'un est davantage rattaché à la cartonnerie.

Contrairement aux autres sites industriels du corpus, cette tréfilerie a un processus productif à faible continuité. La matière est transportée par des chariots automoteurs de lignes en lignes et des stock tampons se forment à leurs entrées et sorties. Cette tréfilerie produit des fils d'alliage précieux à partir de lingots de métaux. Les lingots sont versés à proportion de l'alliage souhaité dans un four à gaz, puis l'alliage, sous forme liquide, est coulé dans un moule afin de former un lingot. Ce lingot est acheminé par un chariot automoteur vers un laminoir à froid où, par des laminages successifs, il prend la forme d'une feuille. Cette feuille est ensuite enroulée en bobine pour faciliter sa manutention. Cette bobine est transportée, toujours par des chariots automoteurs, vers des lignes de cisailles rotatives qui vont la découper en long, tout en la déroulant et ainsi obtenir des fils d'alliage. Les fils sont enroulés en bobines et passent vers des lignes à tréfiler qui vont tirer sur le fil pour lui donner des propriétés. Je me suis rendu à huit reprises sur le site dans une perspective de contrôle et d'amélioration des pratiques de travail de l'équipe sur place lors des opérations de maintenance.

IV. La fabrique de plâtre située dans la région parisienne

Il existe des mines de gypse encore en activité dans l'est parisien qui fournissent directement une usine de plâtre de grande envergure. Des tapis de plusieurs kilomètres peuvent relier les mines à l'usine de fabrication afin d'acheminer cette pierre de plâtre. Le gypse, une fois à l'intérieur de

la fabrique, subit des traitements mécaniques visant à le broyer et le purifier. Des tapis acheminent cette poudre blanche, de lignes de fabrication en lignes de fabrication, où elle est raffinée et chimiquement traitée, jusqu'à des fours rotatifs pour la cuire et produire le plâtre. Le plâtre est ensuite transporté, toujours par des tapis d'acheminement, vers des ensacheuses automatiques pour former des sacs de plâtre qui sont mis sous forme de palettes par un palettiseur automatique. Les chariots automoteurs peuvent ainsi saisir la palette et la stocker à proximité.

Deux agents de lubrification sont employés sur ce site industriel. Ils disposent d'une autonomie pour réaliser leurs opérations planifiées mais ils sont aussi à la disposition du responsable maintenance du site de production qui les surveille. Je suis intervenu pour lancer le contrat lorsque Care l'a pris à un concurrent. Mon intervention se limite à six jours car l'effectif est dimensionné pour répondre aux pics d'activité. Le client souhaite qu'un agent de lubrification soit présent tous les jours de la semaine, week-end compris, ce qui induit des phases de récupération où le second agent est seul sur le site. La charge de travail quotidienne peut être réalisée par un seul intervenant. Pour les arrêts importants, la direction organise l'équipe de manière que les deux agents soient présents sur le site.

1.2.5. Les sites se situant en périphérie des réseaux d'entreprises clientes

Dans ce dernier développement consacré à la présentation de mes terrains d'enquête, j'ai regroupé le site papetier situé à Saint-Séverin et la sacherie de Nantes. Ces deux sites, auxquels j'aurais pu ajouter le site de Saint-Gaudens, sont situés en périphérie d'un réseau d'entreprises clientes et nécessitent donc une organisation spécifique pour répondre à leur demande de maintenance. Il n'y a pas d'équipe présente à l'année sur ces sites, les interventions y sont ponctuelles. Cette organisation consiste à la mise en circulation de la main-d'œuvre attachée aux autres réseaux d'entreprises vers ces sites clients isolés. Cette logistique est assurée par la direction qui est partie prenante dans ces expéditions. N'étant pas directement attaché à un site client, j'ai été mobilisé pour réaliser ces opérations.

I. La papeterie de Saint-Séverin

Cette papeterie est installée au beau milieu de la campagne, sans autre site industriel à proximité. Le service d'hôtellerie aux alentours est davantage destiné à des excursions le long de la Dordogne qu'à des ouvriers en industrie, ce qui complique l'organisation des chantiers. Pourtant, cette papeterie est le premier producteur de papier sulfurisé d'Europe et commercialise ses produits à l'échelle internationale. Pour faire son papier, l'usine importe des ballots de pâte en provenance du Brésil. L'usine est équipée d'une « *petite cuisine* »* où les ballots sont broyés et

rendus à l'état de pâte, puis la pâte passe par une machine à papier des plus simples et est réduite pour former des bobines. Le processus devient par la suite plus original. A la place de petites lignes de redimensionnement, l'usine est équipée de quatre appareils à sulfurisation qui s'étendent chacun sur une centaine de mètres. La bobine est déroulée en début de ligne, et la feuille passe par de multiples bains de solution sulfurique avant d'être séchée à vive allure par de nombreux cylindres sécheurs. Après ces traitements chimiques et thermiques, le papier sulfurisé est conditionné en bobine. Toutes les manutentions qui ont lieu à l'entrée et à la sortie des lignes sont réalisées à l'aide de chariots automoteurs.

Un « graisseur » interne est présent à l'année sur le site et réalise au quotidien les opérations de graissage et de lubrification. Le personnel de Care n'intervient qu'une fois par an pour réaliser une opération délicate et éreintante physiquement, soit la vidange des paliers* des cylindres sécheurs des sécheries. Chose intéressante, cette opération n'est à réaliser que sur ce site spécifique, car parmi le corpus de papeteries de l'enquête, la lubrification des paliers des cylindres sécheurs des machines à papier est automatisée. Les paliers sont lubrifiés par de l'huile qui circule dans un réseau de tuyauteries. A Saint-Séverin, le responsable de la maintenance du site ne fait pas confiance aux systèmes de lubrification automatiques et souhaite que les paliers soient vidangés et contrôlés manuellement chaque année. Pour couper court à toute polémique interne, il a décidé de sous-traiter cette opération. Il est le principal interlocuteur de l'équipe d'agents de lubrification dans le cadre de ce contrat avec son « graisseur » qui nous est « *partiellement mis à disposition* »⁶⁸. Je suis intervenu pour cette opération délicate pendant trente-cinq jours répartis en quatre séjours.

II. La sacherie située à Nantes

Seule sacherie du corpus, la sacherie de Nantes combine les caractéristiques de lancement de prestation et d'isolement au regard des réseaux d'entreprises constitués par l'entreprise Care. La situation est différente de celle de Saint-Séverin car la région nantaise abrite plusieurs sites industriels compatibles avec des prestations annuelles. Il s'agit de la première phase de la construction d'un réseau d'entreprises dans un cluster industriel. L'entreprise Care commence par une prestation ponctuelle et cherche à s'implanter progressivement sur le territoire. J'ai participé à deux campagnes de graissage et de vidange sur ce site pour un total de dix jours de travail. Notre interlocuteur est le responsable de la maintenance du site de production, il nous a laissé une large autonomie lors de nos opérations.

⁶⁸ Extraits d'un mail de commande du responsable maintenance du site papetier de Saint-Séverin, 2023.

Le processus productif se rapproche de celui des lignes de finissage et de redimensionnement d'une papeterie. Des bobines de papier kraft sont déroulées simultanément sur la « tubeuse ». Il s'agit d'une ligne de trente mètres de long sur laquelle deux feuilles de papier sont collées entre elles pour former un tube de papier. Ce tube est ensuite cisailé en fin de ligne par une cisaille rotative pour obtenir la hauteur du sac. Ces produits semi-finis sont dirigés par des tapis vers une autre ligne, la « bottomeuse », qui forme les sacs en refermant un côté du cylindre de papier. Les sacs sont ensuite convoyés vers des palettiseurs qui les conditionnent automatiquement sur une palette en vue de leur expédition.

1.2.6. Synthèse des sites de l'enquête

Le tableau ci-dessous récapitule les terrains d'enquête et les associe avec le nombre de jours d'observation participante réalisée en milieu industriel, que j'estime à trois cent vingt-sept jours. La durée de cette enquête en immersion exprime le choix stratégique de l'entreprise Care de me recruter en CIFRE. Elle a ainsi pu bénéficier d'un sureffectif non lié à un site client et à un réseau d'entreprises afin de « lancer des prestations » et répondre à des demandes de clients situés en périphérie de ses réseaux. Pour ma recherche, cette possibilité d'accéder régulièrement à de nombreux sites industriels est une opportunité sur laquelle je me suis appuyé et que j'ai prolongé dans le cadre de ma fonction de chargé de certifications sécurité et qualité. Cette fonction m'a permis de poursuivre l'enquête en dehors des murs des usines afin d'analyser comment l'entreprise de services industriels organise ses prestations. Grâce à cette fonction administrative, j'ai été en contact permanent avec la direction de l'entreprise pendant toute la durée de ma recherche. Cette partie de l'enquête a été réalisée au long court, à mesure de mon intégration aux processus décisionnels de l'entreprise Care et en tant que chef de chantier à Saint-Gaudens. La durée de ce volet de l'enquête est plus difficile à évaluer, on peut souligner les réunions formelles mensuelles avec la direction et celles avec tous les responsables opérationnels des sites clients, mais cela ne rend pas compte des échanges qui ont eu lieu au cours de ces sept ans de thèse.

| Site | Type d'industrie | Cluster | Jours d'enquête |
|---------------|------------------|---------------------|-----------------|
| Mimizan | Papeterie | Landes | 10 |
| Saint-Gaudens | Papeterie | Landes et mutualisé | 95 |
| Descartes | Papeterie | Landes | 12 |
| Lalinde | Papeterie | Landes | 2 |
| Fos-sur-Mer | Métallurgie | Fos-étang de Berre | 80 |
| Tarascon | Papeterie | Fos-étang de Berre | 8 |
| Le Pontet | Papeterie | Fos-étang de Berre | 1 |

| | | | |
|----------------------|-------------|-----------------------------|------------|
| Saint-Chély-d'Apcher | Métallurgie | Fos-étang de Berre et Alpes | 30 |
| La Rochette | Papeterie | Alpes | 6 |
| Pont-Evêque | Papeterie | Alpes | 2 |
| Vizille | Papeterie | Alpes | 8 |
| Stenay | Papeterie | Est | 10 |
| Lille | Alimentaire | Nord | 4 |
| Vaujours | Plâtre | Bassin parisien | 6 |
| Bornel | Métallurgie | Bassin parisien | 8 |
| Saint Séverin | Papeterie | Mutualisé | 35 |
| Nantes | Sacherie | Mutualisé | 10 |
| 17 sites | Multiplés | France | 327 |

Tableau 2 : Synthèse du corpus

1.3. *Bâtir un réseau : mutualiser les coûts et gérer les fragilités*

L'insertion de sites de production dans un cluster économique et industriel favorise la mise en place de contrats de sous-traitance portant sur la maintenance annuelle des installations. Cette stratégie permet aux entreprises utilisatrices de ne gérer qu'un seul type de personnel et de se délester de la gestion des variations de la charge d'activité, tout en externalisant le risque de casse mécanique vers des entreprises de services. Cette solution est coûteuse pour l'entreprise utilisatrice. Celles qui empruntent le chemin de la mise en sous-traitance de leur maintenance, éprouvent des difficultés à opérer un demi-tour organisationnel. La circulation des savoir-faire sur les équipements et leur maintenance fonctionne entre l'entreprise utilisatrice et le prestataire, l'inverse est plus délicat. Elles peuvent seulement changer de prestataire, au risque d'une perte de savoir-faire sur leurs équipements de production.

L'entreprise de services est active dans cette relation de sous-traitance et cherche à multiplier ses clients. Elle doit bâtir son réseau d'entreprises clientes afin de profiter des avantages du cluster, c'est-à-dire gagner en compétitivité par la mutualisation de ses coûts de structure, et ainsi obtenir des contrats de maintenance annuels. Ce réseau d'entreprises clientes permet à l'entreprise de services de dégager un sureffectif pour répondre aux fluctuations de la charge de travail de la prestation annuelle en mobilisant moins de main-d'œuvre temporaire. Ce réseau lui permet de structurer une identité professionnelle propre à ses salariés.

1.3.1. Gérer un seul type de main-d'œuvre : une solution coûteuse pour l'entreprise utilisatrice

Les entreprises de production cherchent à resserrer leur personnel sur le cœur de l'activité productive et de se séparer des activités qu'elles considèrent comme périphériques⁶⁹. La maintenance, le nettoyage, la sécurité ou encore le gardiennage sont autant d'activités dont les entreprises utilisatrices sont promptes à sous-traiter car elles ne font pas directement partie du processus de production. Elles préfèrent se concentrer sur la gestion d'un seul type de salarié, le personnel de production, et avoir recours à la relation contractuelle commerciale pour tous les autres aspects de la division du travail nécessaire au fonctionnement de l'installation. On passe alors d'une gestion du personnel qui repose intégralement sur la subordination salariale, à une gestion qui articule subordination salariale et relation commerciale. La relation commerciale permet d'externaliser la gestion d'une main-d'œuvre spécifique et indirectement liée à la production, qui connaît de fortes fluctuations d'intensité de travail. L'entreprise utilisatrice se déleste ainsi de responsabilités en cas de casse mécanique, d'intrusion sur le site ou de charge disciplinaire afférente à la sécurité et à la qualité. En effet, l'enquête montre que parmi les sites industriels qui contractent une prestation de maintenance annuelle, plusieurs combinent une forte variabilité de la charge de travail en maintenance et une fragilité importante de leurs infrastructures productives. Les papeteries comptant plusieurs machines à papier sont un exemple de ces situations, mais c'est aussi le cas pour le train à bande de la Solmer. La fréquence et le volume des opérations de maintenance sur des infrastructures fragiles est un critère motivant le recours à un sous-traitant. En plus de faciliter la gestion d'une main-d'œuvre interne, cette mise en sous-traitance permet d'externaliser le risque de casse mécanique vers le prestataire de services. Cette externalisation du risque de l'entreprise utilisatrice vers l'entreprise de services induit un surcoût par rapport à un maintien en interne de ces tâches de maintenance. Les entreprises utilisatrices fidélisent une entreprise de services et une main-d'œuvre en se détachant de la gestion des tâches de maintenance quotidiennes de leurs installations.

Sous-traiter des pans d'activités périphériques à la production induit un surcoût pour l'entreprise de production. En effet, l'entreprise de production, en payant une prestation à une entreprise de services, en plus des coûts d'assurance, couvre les coûts salariaux de la main-d'œuvre mise à disposition, une part des charges de la structure administrative, les coûts du matériel et des

⁶⁹ Sur cette notion entre centre de l'activité productive et tâches périphériques, se référer aux travaux de Jacques Broda, *Problématique de la sous-traitance et du travail temporaire, analyse d'un cas, la zone de Fos et le système Solmer*. Thèse de troisième cycle, Aix en Provence, 1977 ; et pour une systématisation plus approfondie à François Vatin, 1999, *op. cit.*, pp. 145-153 et Jean-Pierre Durand, *La chaîne invisible. Travailler aujourd'hui : flux tendu et servitude volontaire*, Paris, Éditions du Seuil, 2004.

équipement dédiés, le profit que génère l'entreprise prestataire, etc. D'autant plus que la rémunération du personnel des entreprises sous-traitantes est assez semblable à celle du personnel interne à l'entreprise utilisatrice. Il semble que le coût de la mise en sous-traitance et le mode de gestion de ce personnel réputé indiscipliné sont des facteurs déterminants dans le choix organisationnel de l'entreprise de production. Dès lors, l'entreprise de production peut se concentrer sur la gestion de son personnel réalisant une activité de surveillance-contrôle caractérisée par une régularité dans la charge de travail et une réactivité face à l'aléa de production. L'externalisation du personnel de maintenance n'est pas gage d'une amélioration de sa discipline. Les maintenanciers continuent à ne pas respecter les règles de sécurité des sites. On peut les observer en train de fumer dans les parcs à bois des papeteries, à ne pas porter les EPI réglementaires, à se cacher ici ou là, à ne pas respecter les procédures d'accès ou les modes opératoires et de « brayer » en travaillant. L'externalisation permet seulement de créer un échelon de management entre l'entreprise de production et le personnel de maintenance.

Cette organisation de la mise en sous-traitance des activités périphériques peut être analysée comme une manœuvre politique du patronat visant à diviser les travailleurs et à réduire leurs pouvoirs de négociation⁷⁰, mais cela ne permet pas de rendre compte des spécificités organisationnelles des industries de flux. Michel Foucault développe, dans son cours au Collège de France intitulé « Il faut défendre la société »⁷¹, le mécanisme d'opposition entre un groupe « intérieur » et un groupe « extérieur », comme moyen de créer un sentiment d'appartenance. François Vatin semble reprendre ce mécanisme pour proposer une analyse de cette organisation de la sous-traitance comme un moyen de fédérer, autour d'une identité commune, un groupe de travailleurs réputés productifs et de le conserver au sein de l'entreprise de production face à des salariés appartenant à des entreprises extérieures. Il présente la mise en sous-traitance d'activités périphériques comme une flexibilité nécessaire à la fluidité sociale⁷².

« Au terme de cette étude, la sous-traitance apparaît dans un rapport contradictoire à la fluidité : elle constitue son corollaire et aussi son complémentaire (...) :

- *corollaire : la sous-traitance constitue une composante nécessaire d'une politique de fluidité ; elle est destinée à « extérioriser » ce qui risquerait d'introduire des blocages sociaux ;*

⁷⁰ Danielle Kergoat, *Industrie de pointe, revendications gestionnaire et classes(s) ouvrière(s). Le cas de la raffinerie Antar de Donges*, Paris, Groupe de sociologie des organisations, 1978.

⁷¹ Michel Foucault, « *Il faut défendre la société* », Cours au Collège de France, 1976, Gallimard Seuil, 1997.

⁷² Raymond Galle, François Vatin, « Production fluide et ouvrier mobile. Procès de production et organisation du travail dans le raffinage pétrolier », In *Sociologie du travail*, 23^e année n°3, Juillet-septembre 1981, pp. 275-293

- *complémentaire : elle intervient pour compenser un manque de fluidité, sociale, technologique ou économique (...)*

La sous-traitance apparaît alors comme une « fluidité secondaire », soit une « flexibilité » dont la nécessité souligne l'interruption de la fluidité principale. Ainsi, le principe de fluidité favorise d'un côté la sous-traitance et de l'autre la rejette. »⁷³

Cette analyse reste néanmoins centrée sur la stratégie de gestion du personnel interne de l'entreprise de production et présente les entreprises de services, en position de sous-traitance, comme une variable d'ajustement. Le point de vue adopté dans cette recherche permet de rendre compte de l'adaptation des entreprises de services aux besoins structurels des industries de flux en maintenance. Elles sont actrices dans cette relation économique et répondent aux problématiques de gestion du personnel que pose la fluidité. C'est bien de cette « fluidité secondaire » dont il sera question dans la suite de ce chapitre.

1.3.2. Mutualiser en interne et en externe le coût de la sous-traitance : laisser circuler la main-d'œuvre

L'entreprise prestataire de services articule son activité de maintenance autour d'un site principal où une équipe intervient et réside tous les jours de l'année. Ce type de contrat court sur trois ans renouvelable et induit une certaine autonomie de l'entreprise sous-traitante vis-à-vis de l'entreprise utilisatrice. Dans le cas de l'entreprise Care, le contrat de sous-traitance porte sur la lubrification de l'ensemble des mécanismes de transmission et de transformation du mouvement rotatif ainsi que sur la surveillance et le maintien des centrales de lubrification automatiques. Lors des négociations sur le contrat, les deux entités négocient le nombre d'intervenants nécessaires pour réaliser la charge de travail planifiée. L'entreprise de services cherche à obtenir un contrat lui permettant de répondre au pic d'activité qu'induit la maintenance du site de production. Inversement, l'entreprise utilisatrice cherche à sous-traiter à moindre coût. Cette négociation reste informelle car le préparateur de chantier ne peut pas imposer les moyens de réalisation de la prestation de services. Pour parvenir à pérenniser son contrat de maintenance annuelle, l'entreprise prestataire de services cherche à bâtir un réseau d'entreprises de production autour de l'entreprise utilisatrice. Un tissu industriel important et cohérent permet à Care d'organiser la circulation de sa main-d'œuvre et de répartir, entre plusieurs clients, les coûts fixes de structure et de profit, et ainsi de pérenniser son activité dans le cluster. Cette pérennisation du contrat de sous-traitance engage l'entreprise utilisatrice dans une perte d'autonomie vis-à-vis de

⁷³ François Vatin, *op. cit.*, 1999, p. 153.

son prestataire. En effet, il lui apparaît comme difficile de réintégrer dans le giron de son personnel des opérations de maintenance préalablement sous-traitées.

I. La circulation du personnel au sein d'un cluster industriel

Cette mise en circulation de la main-d'œuvre dans le réseau permet à l'entreprise Care d'optimiser ses coûts et ainsi engager des économies d'échelle. Les entreprises utilisatrices mutualisent involontairement les ressources de cette entreprise de services industriels. Il ne s'agit pas d'une coopération volontaire, mais d'un travail logistique assuré par le département administratif et la direction de l'entreprise de services. Ce travail logistique baisse les coûts des prestations annuelles et des prestations sur commande ponctuelle au sein du cluster. Les maintenanciers des entreprises de services vont naviguer entre différents sites industriels en fonction de la fluctuation des besoins des clients. Cette circulation participe à la formation de leur identité professionnelle en les détachant des sites clients et en les confrontant plus régulièrement à des épreuves professionnelles de maintenance. Il ne faut pas écarter que ce type d'organisation de la sous-traitance entre plusieurs sites industriels permet de légaliser et d'optimiser la pratique du prêt de main-d'œuvre entre des industries géographiquement proches et d'éviter le travail à la tâche. Il permet aussi de fidéliser une main-d'œuvre malgré le caractère saisonnier de l'activité de maintenance sans avoir recours systématiquement au marché du travail. Plus les entreprises sont situées en périphérie de ces clusters industriels, plus elles endossent l'ensemble des coûts logistiques de recours à cette prestation de services. Au coût de déplacement s'ajoute les coûts d'hébergement, de matériel et d'organisation de la tenue des contrats du centre du cluster.

Les entreprises de services vont aussi chercher à étendre leur activité de maintenance sur les sites industriels où elles ont une équipe à l'année afin de lisser les pics d'activité et de mutualiser des contrats de maintenance internes au site. Les entreprises spécialisées en mécanique industrielle tentent d'obtenir les opérations de lubrification, même si ces opérations leur apparaissent secondaires, et des contrats de réparation d'outillage*. De leur côté, les entreprises spécialisées en lubrification sollicitent leurs clients afin d'obtenir des contrats portant sur la réparation de pompes, la maintenance du réseau aéraulique ou sur les changements de filtres. Les prestataires essayent de grappiller des activités de maintenance à réaliser quotidiennement, ou hors des ateliers de production, afin d'occuper le plus possible leur personnel pendant les phases de production car la charge de travail est plus faible. Ils cherchent à acquérir ces opérations pour rentabiliser le coût journalier de leurs salariés. Les entreprises utilisatrices situées au centre du cluster laissent ces opérations périphériques journalières à leurs sous-traitants afin de davantage

concentrer leur personnel sur la gestion du flux de production. Elles jouent sur l'attribution de ces contrats de maintenance secondaires pour négocier le prix de la prestation principale, et réciproquement, les entreprises sous-traitantes utilisent ces contrats secondaires pour accepter des baisses de prix sur les contrats principaux.

II. La création d'un sureffectif et sa circulation

Les prestations de services annuelles sont essentielles pour l'entreprise Care afin de ne pas dépendre uniquement des fluctuations de la demande de maintenance. Les contrats de lancement de prestations annuelles prévoient une surcote pour les frais de lancement. Ces frais comprennent le déplacement de salariés aguerris sur le nouveau site. Ils ont la charge d'assurer le lancement de la prestation et de former le personnel nouvellement recruté dans le secteur géographique. L'équilibre économique du prestataire n'est pas assuré par un seul client, il est contraint de chercher des sources complémentaires d'activité afin de pouvoir réaliser pleinement la prestation sur son site principal. Pour limiter ses propres coûts et gagner en compétences, l'entreprise Care va donc chercher à répondre aux pics d'activités des sites industriels appartenant au cluster où se situe le site principal. A cette fin, elle vise les sites industriels pétrochimiques de moindre taille qui ont des infrastructures de flux à entretenir.

L'envoi d'une partie de l'équipe de maintenanciers rattachée à un site à l'année sur un site périphérique, conduit à diminuer l'effectif présent au quotidien sur le site principal. Parfois, l'équipe du site principal est, pour quelques jours, en sous-effectif par rapport à la charge de travail planifiée. Cette mutualisation de la main-d'œuvre permet à Care de faire « *voir autre chose* »⁷⁴ à ses salariés, et d'augmenter leur niveau de qualification du point de vue de leur expérience et de leur formation. La présence d'un cluster industriel favorise la qualification de la main-d'œuvre par des parcours scolaires guidés et par les organismes de formation professionnelle, ce qui assure aux entreprises de services un dynamisme sur le marché du travail local.

Cette expression « voir autre chose » sous-tend une valorisation de la part de la direction et des agents de lubrification de cette circulation du personnel. Les agents reprennent d'ailleurs cette formule. Cette circulation est une échappatoire pour l'agent de lubrification face à son travail quotidien. Cette multiplication de contrats offre une manne économique à l'entreprise Care, et donc une marge de manœuvre pour intéresser économiquement ses salariés sous forme de

⁷⁴ Christopher, chargé de chantiers, Care, 2020.

« *primes de déplacement de cent euros* »⁷⁵. L'entreprise de services utilise ces différents contrats pour améliorer la rémunération de ses salariés afin de les fidéliser en étant compétitive sur le marché du travail. Le *turn-over* du personnel des entreprises sous-traitantes est perçu négativement par leur préparateur de chantier, qui apprécie « *de revoir les mêmes têtes* »⁷⁶. Cette stabilité le rassure et lui permet de lier des relations de confiance avec son prestataire. Le site principal bénéficie pleinement de cette mutualisation car le personnel de son sous-traitant est stabilisé et davantage formé.

L'entreprise Care emploie très majoritairement des personnes en CDI afin de stabiliser sa main-d'œuvre. Le recours à des intérimaires représente moins de deux pour cent du total d'heures travaillées par le personnel de l'entreprise Care sur une année. Les équipes d'agents de lubrification sur les sites industriels, où il y a une prestation à l'année, sont composées d'un responsable opérationnel et d'agents de lubrification. L'agent de lubrification est rémunéré un peu au-dessus du SMIC, à ce salaire s'ajoute une prime de salissure et une indemnité journalière de repas. Ces primes ont un effet important sur le pouvoir d'achat des agents. C'est un outil pour conserver les salariés dans l'entreprise. Le personnel « intérim » n'intervient que lors d'opérations de maintenance sur les sites périphériques aux clusters industriels. Il est rémunéré au SMIC, et parfois des primes lui sont octroyées pour le fidéliser. Il compte principalement sur le nombre d'heures travaillées pour augmenter sa rémunération.

Au sein de l'équipe d'ouvriers en lubrification, un équilibre se met en place entre le personnel sédentaire, c'est-à-dire souhaitant rester sur le site principal, quitte à venir en aide pour finir les plannings de travaux, et des agents souhaitant circuler afin d'avoir plus de primes et faire plus d'heures. En contrepartie de cette rémunération supplémentaire, qui représente environ dix pour cent de la rémunération annuelle, ils acceptent de travailler de façon plus intense lors des déplacements. Les agents circulants peuvent être un responsable opérationnel ou un agent de lubrification ; l'expérience, l'âge et la situation familiale ne semblent pas jouer de façon déterminante. Il y a une solidarité d'équipe qui se met en place sans intervention formelle de la direction de l'entreprise Care. Les sédentaires acceptent d'aider les circulants pour ne pas être sollicités sur les sites extérieurs. Le personnel circulant valorise le fait de voir autre chose, de rompre le quotidien, de « *taper dedans* » à l'instar des tacherons⁷⁷ et ainsi augmenter leur salaire.

⁷⁵ Anne-Laure, Chargée des ressources humaines, Care, 2023.

⁷⁶ Christopher, chargé de chantiers, Care, 2020. .

⁷⁷ Sylvie Célérier, « *Des travailleurs suspects. Tâcherons dans les abattoirs de volaille.* » In: Communications, 89, 2011. Travailler. pp. 41-55.

La situation de multiplication de contrats de maintenance sur différents sites et de circulation du personnel peut conduire à la formation d'un sureffectif à mesure du développement de l'activité économique de l'entreprise sous-traitante. Le site principal de la grappe d'entreprises bénéficie alors d'un surplus de main-d'œuvre gratuite et formée et d'une mutualisation des coûts de structure de son sous-traitant. L'entreprise Care peut équilibrer sa main-d'œuvre disponible entre tous les sites du cluster industriel, afin de veiller à occuper ses salariés. Elle résout ainsi le problème de gestion de la main-d'œuvre de ses clients et occupe son personnel de maintenance par la circulation de sa main-d'œuvre vers des usines à l'arrêt. La constitution d'un sureffectif structurel permet à l'entreprise de services d'avoir moins recours à du personnel temporaire au sein du cluster. Plus la circulation du personnel devient fluide, plus le travail de logistique est important et moins le recours à du personnel temporaire devient une solution organisationnelle.

III. Les difficultés des sites industriels isolés

Les sites de production situés en périphérie des clusters industriels ne peuvent pas ouvrir facilement le marché de leurs opérations de maintenance journalières aux sous-traitants. On observe une synergie négative pour sous-traiter la maintenance quotidienne. Les entreprises utilisatrices isolées captent le peu de main-d'œuvre qualifiée disponible sur le territoire, au détriment des entreprises de services qui ne peuvent pas compter sur un marché du travail spécialisé de grande envergure. Les entreprises utilisatrices isolées sont confrontées à la même fragilité que les entreprises sous-traitantes dans les clusters, c'est-à-dire gérer la variation de l'intensité du travail de maintenance au quotidien. D'autant plus qu'elles ne peuvent pas faire circuler leur main-d'œuvre. Elles sont contraintes de conserver les opérations de maintenance quotidiennes dans leur giron afin « d'occuper les mécanos ! ». Elles sous-traitent seulement une partie des tâches de maintenance, pendant les périodes à forte variation de la charge de travail, qui ne peuvent pas être absorbées par le personnel de maintenance interne. Les tâches les plus difficiles physiquement ou les plus rebutantes sont les premières à être sous-traitées pendant ces périodes afin de lubrifier les relations sociales dans ces usines. Les opérations de maintenance spécialisées, qui demandent un haut niveau de qualification, sont systématiquement sous-traitées du fait de la structure du marché du travail local.

La direction de l'entreprise de services éprouve des difficultés pour structurer son équipe et constituer un réseau. Elle utilise la main-d'œuvre disponible sur les autres clusters pour répondre à ces demandes ponctuelles et organise une circulation des agents de lubrification pour constituer des équipes. Du personnel temporaire, souvent sous la modalité de l'intérim, vient renforcer ces équipes d'agents de lubrification pour ces chantiers. Cette main-d'œuvre temporaire est peu

qualifiée. La faible qualification technique de ces renforts de fortune pousse l'entreprise prestataire de services à les évaluer selon des critères rassemblés sous l'appellation de « savoir-être », comprenant la politesse, la ponctualité, la fiabilité, l'honnêteté ou encore la force physique et l'obéissance. Ce personnel intérimaire effectue un travail de manœuvre pour soulager les agents de lubrification des opérations induisant des manutentions de charges. L'entreprise de services cherche à fidéliser les intérimaires qui réussissent le mieux les missions selon ces critères. Cette fidélisation passe par la récurrence des missions, des systèmes de rémunération et par leur intégration à des moments de convivialité sur le chantier, comme les repas.

IV. Circulation du savoir et rapports de pouvoir

En externalisant la maintenance, les entreprises utilisatrices resserrent leur personnel sur leur cœur de métier, c'est-à-dire la production, tendant vers un idéal gestionnaire. En revanche, elles perdent en autonomie et deviennent dépendantes d'entreprises de services pour maintenir leurs infrastructures. On peut décrire la relation entre ces deux acteurs en utilisant la dialectique du maître et du serviteur théorisée par Hegel⁷⁸. Les entreprises utilisatrices, en sous-traitant la maintenance de leurs installations à des entreprises de services, s'assurent une force disciplinaire plus importante en employant une relation contractuelle, mais cela induit de placer un intermédiaire dans leur maîtrise du système productif. Les entreprises de services obéissent à leur préparateur de chantier mais la répétition des opérations de services, bâtissent peu à peu leur autonomie. Elles accaparent les savoirs techniques et savoir-faire propres au site industriel de leurs clients et cherchent à se rendre toujours davantage indispensable. Progressivement, elles deviennent autonomes sur les sites et dépositaires d'un savoir technique nécessaire au fonctionnement du système productif. Parallèlement, les entreprises utilisatrices perdent leur autonomie, leur liberté.

En externalisant la fragilité organisationnelle de gestion du personnel de maintenance, les entreprises utilisatrices se rendent paradoxalement dépendantes de leurs prestataires, ou plutôt de la mise en sous-traitance d'une partie ou de toute la maintenance. En effet, elles peuvent toujours rompre les contrats de sous-traitance, ce qui leur donne une force de négociation importante, mais il leur est difficile, par la suite, de réintégrer les opérations préalablement externalisées. Trouver un nouveau prestataire en maintenance industrielle conduit à une perte de connaissances sur le site, qui induit un risque de casse mécanique, le temps d'un nouvel apprentissage et d'une nouvelle autonomie. Le risque de casses mécaniques en cascade peut paralyser les donneurs

⁷⁸ Georg Wilhelm Friedrich Hegel, *Phénoménologie de l'esprit*, Paris, Flammarion, 2012 (1^{ère} parution en 1807), pp. 102-106.

d'ordre qui sont liés avec leurs sous-traitants. Ils peuvent réagencer les contrats de maintenance pour attribuer différemment les tâches entre les entreprises de services, c'est-à-dire, selon les termes d'un membre de ma direction, « *noyer le contrat de lub dans le contrat méca* » ou inversement « *tout ressortir au bordereau** »⁷⁹.

La progressive prise d'autonomie des entreprises de services peut conduire à leur professionnalisation et leur octroie davantage de poids dans les négociations contractuelles. Cette professionnalisation provoque une inégalité de savoirs entre le personnel en charge des achats des entreprises donneurs d'ordre et le personnel en charge des chantiers de Care. Cette inégalité porte sur les moyens, les techniques et donc le temps de réalisation des chantiers de maintenance. Par exemple, la spécialisation de Care dans la lubrification industrielle, et la professionnalisation de sa main-d'œuvre, lui a permis de progressivement lisser sa charge de travail sur les sites principaux et de faire des gains de productivité sur ses chantiers annexes. Les entreprises de services jouent sur cette asymétrie d'informations pour négocier au mieux leurs prestations.

La sélection par l'entreprise utilisatrice des activités pouvant être sous-traitées est influencée par ce retournement de pouvoir entre les acteurs. Les entreprises utilisatrices essaient de conserver un fond de savoir technique, de méthode et de savoir-faire leur assurant une certaine indépendance par rapport à leurs prestataires. Elles externalisent en priorité des opérations en apparence simples et courantes, comme le nettoyage, le graissage, une part de la mécanique, et des opérations complexes mais peu fréquentes, car celles-ci ne nuisent pas à leur autonomie. Ces opérations courantes ont plus de chance d'être mutualisées entre différents sites industriels et donc de rentrer dans une dynamique économique favorable. Néanmoins, la mise en sous-traitance d'activités de maintenance en apparence simples se retourne facilement contre les entreprises utilisatrices. Ces activités, moins valorisées, ne sont pas insensibles au phénomène de professionnalisation et se révèlent nécessaires au fonctionnement du processus productif. Pendant l'enquête, les opérations de lubrification ont fait l'objet d'une amélioration importante au niveau des procédés, des modes opératoires et de l'investissement en matériel, permettant des gains de productivité. Cette complexification et amélioration des procédés conduit à différencier cette activité de maintenance et à lui conférer de l'importance. Cette spécialisation de l'entreprise participe, comme la circulation de la main-d'œuvre à la formation d'une identité professionnelle chez les agents de lubrification.

⁷⁹ Christopher, chargé de chantiers, Care, 2019.

2. Une journée d'arrêt-machine à la papeterie de Saint-Gaudens

Le travail du maintenancier dans les industries de flux a principalement été abordé, décrit et analysé lors des phases d'arrêts annuels des sites de production. Pendant cette phase d'entretien, l'usine s'arrête pendant plusieurs semaines et les équipes de maintenance se déploient dans cet écosystème productif. La maintenance est réduite à un chantier, décorrélé des caractéristiques propres à cet environnement visant la production en continue. Pourtant, l'organisation de la maintenance ne peut faire fi des problématiques de la production et de la pression du flux. D'ailleurs, cette organisation n'est pas circonscrite à ces arrêts annuels. Elle prend différentes formes qui vont du travail quotidien à de brusques variations de la charge de travail. Pour bien la saisir, il est nécessaire de prêter une attention particulière à l'activité du maintenancier et d'analyser ses gestes techniques et son attention sensorielle afin de comprendre l'organisation de son travail et la formation de son identité professionnelle. L'utilisation des techniques de l'ethnographie apparaît comme la méthode adéquate pour en rendre compte.

Ce deuxième développement est construit à partir d'un carnet de terrain retraçant une journée d'arrêt d'installation sur le site papetier de Saint-Gaudens⁸⁰. Ce court arrêt ne dure que quelques heures et se limite à un seul secteur du processus productif. L'usine continue de fonctionner alors que les maintenanciers opèrent une partie des machines de production. Sur ce site papetier, seul le presse-pâte, phase finale du processus de production automatisé, est arrêté toutes les six semaines pour maintenance. Plusieurs corps de métier et entreprises interviennent pendant ces quelques heures. Les agents de lubrification réalisent systématiquement des opérations de graissage des mécanismes de transmission du mouvement.

Ce site de production ne sous-traite que la lubrification sur arrêt de ses installations. Il en résulte qu'il n'y a pas d'équipe d'agents de lubrification présente à l'année sur le site. A chaque arrêt d'installation, l'organisation de cette opération de maintenance « sur site extérieur » se répète. Elle comprend la phase préparatoire, se déroulant la veille, le déploiement du chantier et la pression du redémarrage de l'installation. Un travail d'organisation préalable à l'arrêt existe, il consiste à réceptionner la commande de travaux et à déplacer des agents de lubrification d'autres sites de production vers celui de Saint-Gaudens. En l'occurrence, des agents du site papetier de Mimizan sont dépêchés et viennent me récupérer à la gare de la ville la veille de l'arrêt. Ils se déplacent avec le camion de chantier de l'entreprise pour pouvoir déplacer du matériel et des outils.

⁸⁰ Ce chapitre s'appuie principalement sur le carnet de terrain de l'arrêt presse-pâte du 3 janvier 2017.

2.1. Préparer une journée d'arrêt

Résidant à Toulouse, à proximité géographique immédiate de Saint-Gaudens, je suis régulièrement mobilisé pour intervenir sur cette papeterie. Mon rôle est d'être un renfort polyvalent, au fait des procédures de sécurité. Je m'y rends en train pour être récupéré par mes collègues de Mimizan. Ça leur fait plus de quatre heures de route pour venir sur ce chantier. Pendant mon trajet, je remarque qu'il y a qu'une seule autre usine de process à proximité de Saint-Gaudens, une cimenterie, située dans une ville voisine. Autrement, des champs et des montagnes s'étendent à perte de vue. Il y a peu d'activité industrielle aux alentours, la papeterie apparaît enclavée dans la nature. Cette concentration métallique est établie au creux de la vallée principale, sous la terrasse de la vieille ville et entache, selon certains, le point de vue sur la chaîne des Pyrénées.

Les deux agents de lubrification de Mimizan, Julien, le responsable de chantier pour l'arrêt de demain, et Cyril, notre leader technique, sont arrivés en camion d'entreprise à seize heures. Ils sont partis en fin de matinée de la papeterie où ils travaillent à l'année. Ils ont eu le temps de faire leur tournée de contrôle journalière et de remplir le camion. Dès qu'ils m'ont récupéré à la gare, on se dirige vers l'usine pour réaliser l'inspection commune préalable* au chantier, il s'agit d'une visite sécurité de la zone de chantier. On approche doucement de l'usine qui trône au centre d'un charnier de troncs d'arbres qui attendent d'être déchiquetés en copeaux de bois. De la fumée s'échappe des chaudières, des bâtiments de production et des montagnes de copeaux. Les cheminées et infrastructures métalliques s'élèvent en nombre, donnant un sentiment de verticalité et de complexité à cette installation industrielle.

2.1.1. La visite sécurité

Arrivés devant l'usine, on se gare à proximité du mirador de sécurité qui gère les entrées et les sorties des camions d'approvisionnement en bois et produits chimiques. Ce poste est tenu par le personnel d'une entreprise sous-traitante en sécurité. Elle a aussi la charge de recevoir les entreprises extérieures sur le site. On monte tous les trois dans le mirador et présentons les raisons de notre venue et nos cartes d'identité. Le gestionnaire du flux des entrées et sorties nous demande le nom de notre préparateur de chantier, « Régis », et de signer le registre des personnes entrantes avec le nom de notre société et l'heure d'entrée. Régis, on le connaît bien, c'est un homme de terrain qui ne craint pas de venir en découdre sur la machine. Il jouit d'un bon charisme et d'un leadership physique indéniable. Ses interventions sont brutales et efficaces. Il manie de façon admirable le marteau et le burin pour se sortir des situations compliquées. Il est connu dans toute l'usine, ce qui ouvre des portes pour les sous-traitants dont il a la charge.

On troque nos cartes d'identité contre un badge magnétique qui permet de commander les barrières d'accès au site et regagnons notre véhicule pour nous diriger vers l'atelier de maintenance. Quand nous pénétrons sur le site, je remarque que la plupart des bâtiments se révèlent être des hangars. Le bruit devient plus fort, l'odeur plus insistante, voire dérangeante. De la fumée émane de toute part, même du sol, dans un cri de pression assourdissant. Seuls les tapis d'acheminement transportant des copeaux sont des éléments en mouvement visibles depuis l'extérieur. Les copeaux se baladent dans l'usine comme sur les montagnes russes d'une fête foraine. Tout le reste du process se situe dans les hangars. Des tuyaux parcourent, relient et transpercent les bâtiments et les cuves ; la matière est à l'abri des regards.

On chausse nos chaussures de sécurité, nos casques, nos lunettes, nos protections auditives et enfilons une veste pour rendre visite à Régis dans son bureau. Dès qu'on arrive, il nous salue par le nom de notre entreprise. Il a toujours l'air content de nous voir depuis qu'on a réglé son problème de maintenance en lubrification sur les arrêts annuels. Deux semaines d'épreuves en commun, ça tisse des liens. Je mets toujours un temps à le reconnaître sans son casque et derrière un bureau, où il perd de sa superbe face au maniement d'un ordinateur. Rapidement, il bondit de sa chaise et nous dit : « *On va aller faire le tour. C'est comme d'habitude, mais on va aller voir.* ». En effet, la liste des opérations est établie et constante, le programme de ce chantier de maintenance se répète inlassablement. Il saisit son casque, braille dans les couloirs pour signifier à ses collègues qu'il « *part sur machine* » et avance à vive allure.

On entre dans le hangar où se situe le presse-pâte, la température et l'intensité sonore augmentent fortement. L'installation fonctionne encore à plein régime. Régis montre du bras les mécanismes à lubrifier et hurle des préconisations de sécurité : « *Là, il faut mettre les cônes de signalisation !* » « *Là pour franchir la barrière, faut le harnais !* », et parfois techniques « *Pour le ventilateur, on a eu un problème ! On change de graisse, je vous apporterai des cartouches demain.* ». Il se déplace vite, monte les escaliers à haute fréquence, se faufile à proximité des cylindres* tournant à vive allure. Il connaît chaque centimètre du secteur, évite les tuyaux en l'air et au sol sans même y prêter un regard. On essaye de le suivre en faisant attention où poser les pieds et en prenant des distances de sécurité. Il faut rester attentif à l'environnement et aux consignes ou informations. Je monte en température et de la buée se dépose sur les verres de mes lunettes, rendant le rythme plus difficile à suivre. C'est lors de cette visite que l'on s'enquiert des possibles coactivités prioritaires sur le chantier. Là, en l'occurrence, c'est calme : « *Vous serez seuls ! Il y a que le graissage !* ».

Une fois tous les mécanismes à lubrifier visités, on redescend au bureau. Régis nous demande si on a des questions pour le lendemain et si on a un intérimaire de prévu. Il jauge notre organisation. On le rassure en lui répondant « *non, c'est impeccable* » et que pour demain on a deux intérimaires qui viennent et qu'il en connaît un, Sébastien, qui est venu faire l'arrêt annuel avec nous. Régis a édité le Plan de Prévention Spécifique, soit la trace écrite de la prévention sécurité pour demain. Il s'agit d'un feuillet d'une trentaine de pages que tous les intervenants doivent signer après en avoir pris connaissance. Il met en relation les risques de l'intervention et les mesures de prévention associées. Bien entendu, personne ne lit ce document. Régis nous donne rendez-vous demain, à 7h30, pour débiter les travaux. Il nous précise que tout doit être terminé pour 16h30. Avant de nous laisser filer, il nous glisse avec un sourire : « *Attention, demain le matin il fait froid ! Il neige tous les jours au-dessus de l'usine à cette période de l'année !* ».

2.1.2. Le dernier repas

Pour sortir de l'usine, Julien doit remonter au mirador. Il récupère nos cartes d'identité et signe le registre de sortie. Demain matin, il faudra faire la même chose pour entrer et sortir du site. Nous arrivons dans la zone commerciale en bordure de la ville, là où se situe notre hôtel. Avant de nous y rendre, nous nous arrêtons au supermarché pour acheter de la nourriture pour demain midi. Julien prend aussi des gants en silicone pour protéger nos mains des produits chimiques. C'est le chef d'équipe qui paye pour tout le monde. Il a reçu un acompte pour les frais de restauration, de déplacement et les chambres d'hôtel. Devant l'hôtel, Julien me donne le code de la porte de ma chambre. On monte tous les trois et on se donne rendez-vous dans quarante-cinq minutes, à 19h devant l'hôtel, pour aller dîner.

A l'heure prévue, je descends de ma chambre. Cyril est déjà là, il prend toujours un peu d'avance pour fumer sa cigarette. Lors des déplacements, l'équipe mange au restaurant et n'hésite pas à boire des bières durant le repas. Consommer une boisson légèrement alcoolisée facilite mon intégration et c'est important pour la dynamique du groupe. Lors de ce repas, les conversations tournent autour du travail au quotidien ainsi que sur l'opération du lendemain. C'est un moment de préparation informelle de l'arrêt. On discute de la liste des éléments à graisser et des opérations à exécuter. Cette conversation permet de se remémorer les anciens arrêts, la position des éléments, les difficultés d'accès, la taille ou le poids des carters de protection, et les modes opératoires à employer. En fonction des caractéristiques mécaniques des mécanismes de transmission, les techniques de graissage seront différentes. Julien forme les équipes pour demain et leur attribue un secteur. Ce découpage permet de segmenter géographiquement le chantier et d'avoir des repères d'avancement. Il nous rappelle que nous avons deux intérimaires de prévus.

Nous en connaissons un, Seb, avec qui nous avons déjà travaillé lors de l'arrêt annuel, et un second que nous n'avons jamais vu. Julien propose que je fasse équipe avec Seb et que l'on débute par les gros accouplements* Citroën à lacets d'en bas. Cyril, avec le second intérimaire, se lancera sur les accouplements « à ouvrir » de la partie humide*, située à l'étage du presse-pâte. Julien viendra en renfort sur le binôme de Cyril et en appui de mon binôme en cas de problème. L'heure d'arrêt et de redémarrage de la machine entrent rapidement dans la conversation. C'est un point crucial de l'organisation qui conditionne l'heure du levé et du rendez-vous au petit-déjeuner. Demain, la machine doit s'arrêter vers 7h30. On fixe d'être sur site à 7h15 pour se changer, donc rendez-vous au petit-déjeuner à 6h45.

La thématique des intérimaires revient sur le tapis au cours du repas. Puisqu'il n'y a pas d'équipe sur place, en plus des salariés détournés de leur site principal, il faut faire appel à des intérimaires. Ce type de prestation demande une flexibilité importante pour notre entreprise. Le recrutement d'intérimaires pour une journée de travail est difficile. Les boîtes d'intérim rechignent à envoyer leur meilleur élément sur des missions aussi courtes. Demain, les deux intérimaires ont rendez-vous à 7h30 au poste de garde de l'usine. Pour Sébastien, il n'y a pas de surprise, on sait ce qu'il peut faire, ses qualités et ses défauts. Chaque fois qu'on le retrouve, on parle des arrêts précédents comme des vétérans. C'est un ancien militaire, passionné de mécanique auto et surtout moto. Il retape des roadsters et les prépare, surtout sur le plan du design ; il touche peu à la motorisation. Il est assez habile de ses mains et sait utiliser des outils. Sans être le plus réfléchi dans ses actes, il ne ment pas et est courageux. Ce crédit auprès de l'équipe se traduit par une fidélisation. Dès qu'il y a un arrêt à faire, il est toujours appelé et s'il est disponible, il vient toujours. Le second est inconnu et cela constitue un facteur de risque pour la journée de demain. Sait-il travailler ? Quelle tâche faut-il lui confier ? Est-il courageux et vaillant ? Va-t-il seulement venir ?

Une fois que le plan d'attaque est bien posé, les discussions du repas se poursuivent autour d'une succession de retours d'expérience et anecdotes sur ce site. Chacun raconte ses aventures lors des arrêts précédents de façon à ne pas se faire avoir ce coup-ci. Elles portent souvent sur des problèmes avec le préparateur de chantier, des ordres pas clairs, des autorisations de travaux non signées, des rajouts d'opérations à la dernière minute, mais aussi sur les cagades ou belles prestations des intérimaires, ou bien encore sur une opération de lubrification difficile et exécutée dans l'urgence. Ces discussions permettent de se préparer collectivement à l'épreuve du lendemain. Elles font la part belle à l'héroïsme du graisseur. Il est aussi question du travail au quotidien des deux salariés de Mimizan. Sur ce site, une équipe de six personnes est en place. Julien et Cyril réalisent des tournées journalières de lubrification et de graissage avec les

machines en marche. Ces tournées changent d'un jour à l'autre mais se répètent cycliquement. Au quotidien, les agents de lubrification réalisent principalement des rondes de contrôle des niveaux d'huile. D'autres opérations sont réalisables en marche, comme des opérations de graissage des paliers des rouleaux* via des déports.

Julien s'occupe particulièrement du secteur des machines à papier. C'est la zone la plus dangereuse et qui, selon lui, nécessite le plus de sérieux car le travail mécanique y est important. Les machines à papier sont conduites par trois personnes de l'entreprise de production. Un chef de cabine, qui est en relation avec les ordinateurs et les caméras pour suivre le bon déroulement de la production. Un opérateur extérieur, qui doit tourner autour de la machine pour surveiller son bon fonctionnement. Et un bobineur, qui récupère la bobine de papier et la sort de la machine pour préparer son transfert. Mes deux collègues sont très amères envers les conducteurs machines. Ils les surprennent en train de dormir dans la cabine disent-ils. Ils critiquent leur faible investissement dans leur travail. Selon eux, seul le bobineur travaille, sauf quand la toile casse, là tous les trois s'y mettent mais dans un esprit de non-coopération.

Les différends entre les graisseurs et les conducteurs sont fréquents. Selon Julien, les chefs de cabines « *pensent qu'il n'y a qu'eux qui produisent du papier dans l'usine, que ce sont eux les papetiers !* ». Julien insiste sur le rôle de la maintenance et de la lubrification pour que la machine tourne. Il ajoute que c'est lui qui « *fait remonter les casses méca* » au responsable mécanique et aux conducteurs, alors qu'il estime que ce n'est pas son travail. Ses remontées techniques ne seraient pas assez prises en considération. Pour Cyril, le problème vient de la faible coopération des conducteurs avec les maintenanciers. La conversation s'emballe et Julien fini par accuser le personnel de production de réaliser des actes de sabotage ! L'une des solutions faciles pour casser la machine est... de dévisser un bouchon de vidange, ou de couper une arrivée de graisse dans un rouleau. Cela induit une remise en cause de la qualité de son travail, voire une surcharge de travail afin de rattraper la situation. La part de légende ou de réalité est difficile à percevoir.

Nous avons fini de manger et nous dirigeons tous les trois vers le camion, Une fois le camion garé sur le parking de l'hôtel, nous nous disons bonne nuit. Cyril reste sur le parking pour fumer une dernière cigarette, Julien et moi entrons dans l'hôtel pour accéder à nos chambres. Avant de se séparer, nous nous rappelons mutuellement l'heure du petit-déjeuner. Enfin un moment de tranquillité.

2.2. Lancer le chantier

Je me lève vers 6h20 pour être au petit-déjeuner de l'hôtel à 6h45. Tout le monde est à l'heure. Je suppose que Cyril était en avance pour fumer une cigarette, l'usine étant déclarée non-fumeur, c'est sa dernière avant midi... L'hôtel propose un petit-déjeuner matinal avec des horaires adaptés à ceux de l'usine. C'est l'un de nos principaux critères de sélection. Dès le petit-déjeuner, le téléphone de Julien sonne. Seb, l'intérimaire fidélisé, nous appelle pour nous dire qu'il est malade et donc qu'il ne pourra pas venir. Julien parle avec lui au téléphone et parvient à le convaincre ; finalement, il vient, mais il aura du retard. Il le fait par solidarité : « *Il vient parce que c'est nous* ».

2.2.1. Se rendre sur le théâtre d'opérations

Nous partons pour l'usine, il fait rudement froid aux pieds des Pyrénées. Un brouillard givrant a envahi la ville, le thermomètre du camion indique moins six degrés Celsius. Il est 7h05, nous filons en direction de l'usine, le soleil n'est pas encore levé. Nous descendons depuis la ville vers la vallée où se situe l'usine. Elle ressemble de loin à un quartier d'affaires avec ses grandes tours et ses immeubles. Les lumières qui éclairent l'installation dégagent une impression de modernité, les cheminées prennent l'aspect de gratte-ciels.

A l'entrée de l'usine, un poste de garde régule toujours les entrées et sorties. La procédure est la même que la veille, Cyril gare le camion sur la droite de notre voie, à deux pas du poste de garde. Nous descendons du camion et montons au poste. A l'intérieur, il y a déjà des conducteurs de camions de transport de marchandises qui patientent. C'est un balai incessant de camions ici. Nous attendons calmement notre tour malgré la pression du début du chantier qui monte. D'autres maintenanciers arrivent derrière nous. C'est notre tour, le garde demande à nouveau à Julien qu'elle est notre entreprise. Il répond qu'on vient pour le graissage. Le garde le questionne à nouveau : « *Quel est votre interlocuteur Fibre Excellence ?* ». Et le nom de Régis nous ouvre les portes de l'usine. Le garde nous passe le registre, Julien commence à le remplir pendant qu'il appelle Régis pour le prévenir de notre arrivée et se donner rendez-vous au conteneur* à 7h45.

L'atmosphère de l'usine est plus lugubre que la veille. De la vapeur d'eau est projetée dans l'air par le process, le brouillard en est d'autant plus dense. Nous nous garons devant notre bungalow pour nous changer. Il se situe sur un parking, en amont de l'allée centrale de l'usine. Régis a fait en sorte qu'il soit juste pour nous, ce qui est une marque de déférence. Pendant que nous nous changeons, nous souffrons du froid et de l'humidité. Julien crie « Ça meule ! » pour se donner du courage. Le bungalow est, certes, chauffé, mais le radiateur et la lumière se déclenchent via

un détecteur de mouvements... Ces bungalows ou préfabriqués sont équipés de casiers métalliques et d'un banc sur toute la longueur, il y a une ampoule, un radiateur et une prise électrique. Les sanitaires sont dans le préfabriqué d'en face. Cette base vie est réservée pour les salariés des entreprises extérieures, ou « étrangères » quand les langues fourchent. Les salariés de l'entreprise utilisatrice sont mieux lotis, dans les bâtiments administratifs de l'usine. Cette base vie en préfabriqués permet de ne pas mélanger les deux types de personnels, laissant parfois penser à des pratiques de ségrégation. Il s'agit, en réalité, d'une affaire de temps pour se faire sa place au sein de l'entreprise de production, et accéder progressivement à des vestiaires et sanitaires en dur.

On a passé nos bleus rouges, notre uniforme distinctif, les couleurs de l'entreprise ! Puis, on s'équipe avec les différents équipements de protection individuelle nécessaires pour travailler en sécurité. Chacun porte un casque de sécurité, des lunettes, des protections auditives, des bottes de sécurité et des sous-gants en latex. Les gants de travail sont au conteneur à outils. Julien et Cyril positionnent, sur nos casques, des lampes frontales. Pour ma part, je ne suis pas là depuis assez longtemps pour en avoir, mais j'ai de belles bottes de sécurité qui attisent les convoitises.

Il est 7h30, on est prêts pour aller au combat en toute sécurité quand le téléphone sonne à nouveau. Le second intérimaire est lui aussi malade... Celui-là, Julien ne parvient pas à le récupérer. Il est peu envisageable d'en trouver un autre pour la journée via l'agence d'intérim. On va devoir faire sans. Nous nous dirigeons vers notre conteneur métallique, déposé à l'année sur le site contre le bâtiment du presse-pâte, à l'autre bout de l'allée centrale. Nous remontons l'allée puis entrons dans cette grosse boîte métallique qui finit sa carrière de globe-trotteur à la campagne. Nous allumons des lampes de poche pour nous éclairer car l'électricité fait défaut ici. De petites caisses à outils, préparées en amont, nous attendent, rangées sur les étagères sur la droite du conteneur. Elles sont composées d'outils de démontage, comme des clés à cliquet* et des jeux de douilles*, des clés plates, clés à pipe* et autre clés BTR*, un tournevis, un marteau et des spatules à plâtre.

Sur ces mêmes étagères, il y a aussi des masques de fuite (EPI spécifiques au site), des *oil-safes**, ce sont des réservoirs à huile équipés de pompes manuelles, le stock de graisse manuelle, différents bacs de rétention d'huile, du dégraissant, différents types de pompes manuelles, etc. De ce même côté, près de la porte, il y a un établi pourvu d'un étau. Il sert à réparer des avaries sur les outils et les pompes. En face, sont logés deux servantes à outillage pour les opérations mécaniques moins courantes ou pour outiller une plus grande équipe d'intervention. A côté sont entreposés des fûts vides pour évacuer des déchets, des cartons de chiffons, des malles

métalliques remplies de flexibles* et tuyaux ainsi qu'une pompe à membrane. Au fond, il y a une pompe pneumatique* installée sur un fût de graisse de cinquante kilos, l'ensemble est attaché sur un diable avec des tendeurs pour faciliter les manutentions. Autour de la pompe, sont stockés plusieurs fûts en plastique de trente litres ainsi que des cônes de signalisation. Dans ce conteneur, nous avons tout le matériel nécessaire aux différentes opérations de maintenance réalisées à l'année et la plupart des outils sont dédiés exclusivement à ce site.

2.2.2. Réorganiser le chantier

Il doit être plus de huit heures et nous n'avons toujours pas quitté le conteneur. Un dégagement de vapeur sous pression, à quelques mètres de nous, rend la situation inconfortable. Julien essaye de rappeler Seb pour savoir où il en est. Pas de réponse. Il est pris dans un dilemme : attendre Sébastien pour préserver l'organisation d'hier ou commencer le chantier, quitte à se réorganiser. Je lui dis que « *si on ne commence pas maintenant, on ne va jamais y arriver* ». Il acquiesce et appelle Régis qui n'est pas encore venu à notre rencontre. De ce côté aussi, il y a un problème. Régis dit à Julien que la « prod » a fini une commande en retard et que toute l'installation n'est pas consignée. Régis nous autorise à travailler que sur la partie haute du presse-pâte, la partie humide, et de laisser en suspend la partie basse, là où il y a les agitateurs. La consignation* des équipements assure à l'intervenant que la zone de travail est mise hors tension, c'est-à-dire qu'elle n'est pas en fonctionnement ou ne risque pas de redémarrer lors de son opération de maintenance. Ces mises hors tension peuvent prendre du temps et sont souvent en retard. Il n'est pas rare de regarder la machine tourner un grand moment avant de pouvoir commencer à travailler. Nous prenons deux caisses à outils, une barquette pleine de graisse neuve, des chiffons et des pulvérisateurs de dégraissant et partons illico sur la zone.

Nous entrons par une porte réservée aux piétons qui se situe à côté du conteneur. Un chemin dédié aux piétons est prévu et signalé par un marquage au sol, il s'estompe vite. A l'intérieur, la lumière artificielle remplace le soleil, des courants d'air s'engouffrent dans les couloirs et le long des équipements, les tuyaux sont plus nombreux et convergent vers les machines. Dans une salle sur la gauche, il y a un stock de ballots de pâte non-conforme, sans-doute dans l'attente d'un recyclage. Nous passons devant sans nous arrêter et pénétrons dans la grande salle qui fait toute la longueur du bâtiment. Au centre est installé le séchoir*. Cette machine automatisée s'étend sur plus de deux-cents mètres, en comptant la cisaille qui est la dernière phase du presse-pâte. Le séchoir fait plus de vingt mètres de haut et ne laisse apparaître des rouleaux qu'au niveau de l'entrée et de la sortie du flux de production. Tout le reste est dissimulé sous des carters de protection. La partie humide se situe en amont du flux et repose, en hauteur, sur des bâtis en

béton armés. Elle est davantage concentrée et s'étend sur une vingtaine de mètres. Elle est composée d'une multitude de mécanismes dont l'objectif est de faire suivre un cheminement à une toile sur laquelle va être transformée de la pulpe de papier. Tous les mécanismes sont visibles. Cette succession de presses, de cylindres sécheurs et de rouleaux d'entraînement va former la pâte à papier.

Nous grimpons à l'étage par l'escalier en caillebotis de la veille. En haut, il y a la salle de commande, elle donne sur une surface dégagée de dix mètres de large, le long de la partie humide du presse-pâte. Nous prenons directement à gauche, en haut de l'escalier, pour traverser la machine par une coursive protégée. Il faut se recroqueviller un peu à cause d'un rouleau au-dessus de nos têtes. Nous sommes côté transmission*, le lieu de la maintenance. Les tuyaux courent partout de façon désordonnée. Il faut se glisser entre deux, faire attention où l'on pose les pieds. Nous montons encore quelques marches pour atteindre la zone. Il fait encore chaud en haut grâce à la chaleur produite par la machine au cours de la nuit. Rapidement, nous nous mettons au travail. Cyril m'indique un petit accouplement en me disant « *celui-là, c'est le plus long à faire, il faut tout démonter.* » Ce petit accouplement est protégé par un carter fixé par quatre vis sur le socle du moteur. Il est situé quasiment au ras-du-sol, mais au moins il n'est pas trop près de la machine. Il n'est pas trop sale, l'éclairage est bon et j'ai de la place pour travailler. L'accouplement transmet le mouvement d'un moteur électrique vers un ventilateur utile au process. Cyril part sur d'autres accouplements proches de la machine. Ceux-là transfèrent le mouvement du moteur vers des rouleaux de travail de la pâte par l'intermédiaire d'un réducteur*, puis d'accouplements et d'un joint cardan*. Julien nous suit de près et commence lui aussi à s'affairer sur la machine.

Je commence mon chantier. Je démonte le carter avec une clé à cliquet et une douille. Je fais attention à ne pas perdre les vis à tête plate, puis je retire le carter pour accéder à l'organe mécanique. Il s'agit d'une sphère d'environ dix centimètres de diamètre. C'est un accouplement « à ouvrir », je dois donc séparer les deux vasques ou coques, en dévissant les boulons* de serrage. En l'occurrence, huit boulons sont à défaire. Ainsi, côté vis à tête plate, j'utilise mon cliquet pour dévisser, et de l'autre côté, je bloque l'écrou avec une clé à pipe. Le dégagement autour des écrous et des vis est insuffisant pour utiliser une clé anglaise ou clé molette, d'où l'usage de ces outils spécifiques. L'opération est fastidieuse du fait de la taille de la boulonnerie, c'est du 11, et que les empreintes se situent dans une sorte de sillon de la coque. Une fois les écrous et vis retirés et rangés, j'essaye d'ouvrir l'accouplement avec mes doigts et je place un tournevis entre les deux coques. J'utilise le tournevis comme un levier pour les séparer. Un côté

se détache toujours plus facilement que l'autre, j'« aide » la deuxième coque avec des petits coups de marteau pour la débloquer. Les deux éléments finissent par glisser sur l'axe, de part et d'autre de ce joint mécanique, afin que je puisse accéder à ses ressorts. En ouvrant, je remarque que le joint n'est plus en place, peut-être a-t-il rompu ou bien l'accouplement a été remonté sans... La graisse a pris un aspect bruni et dégage une odeur de brûlé. Une fois ouvert, vient le moment de la production de la preuve de notre intervention. Trois photos doivent être prises pour chaque accouplement, à son ouverture, une fois la graisse retirée et après graissage. Ces trois photos sont accompagnées d'une fiche renseignant le numéro de l'accouplement. C'est Julien qui est en charge des photos, je dois l'appeler à chaque étape. Il prend deux photos à chaque fois afin de pouvoir choisir la plus nette pour le rapport, pendant ce temps, je tiens la fiche cartonnée.

Après la première photo, je pulvérise du SRB, un dégraissant industriel, sur les ressorts de l'accouplement à l'aide d'un pulvérisateur ménager. Je laisse le produit agir et positionne un chiffon sous l'accouplement pour récupérer les gouttes de dégraissant mêlées à la graisse brûlée. Je pulvérise aussi du produit dans les coques pour retirer le maximum de graisse usagée de l'organe mécanique et éviter des pollutions. Ensuite, avec un chiffon, je retire la graisse sur toute la surface cylindrique de l'accouplement. Certains accouplements tournent facilement sur l'axe, d'autres sont inamovibles, rendant cette opération plus ou moins évidente. La graisse usée s'est solidifiée et s'est bloquée dans les zigzags du ressort. Le tournevis m'est d'une grande aide pour gratter cette graisse calcinée. Je me répète qu'« *il faut que ça brille !* ».

Quand le ressort est propre, j'appelle à nouveau Julien pour la deuxième photo. Je lui parle rapidement de la graisse brûlée et de l'absence de joint, ça n'a pas l'air de l'émouvoir plus que ça. Il me dit de vérifier l'état du ressort. Le contrôle des ressorts est essentiellement visuel. Je regarde si la matière n'est pas trop marquée par le carter ou si le ressort n'est pas cassé. Ce contrôle est peu pertinent techniquement. Il faudrait retirer les ressorts un à un pour vérifier leur solidité mais ce serait trop chronophage. De plus, il y a un risque de casse des ressorts en bon état en les retirant. Le client n'a pas un important stock de ressorts de rechange et souhaite surtout redémarrer au plus tôt la production. Le ressort en question n'est pas spécialement abîmé, même s'il semble avoir eu chaud, j'en reste là.

Je passe à la dernière étape, le graissage manuel des ressorts. J'ouvre la barquette de graisse neuve et, à l'aide d'une petite spatule de peintre, je répartie la graisse autour des ressorts. La quantité de graisse requise est entièrement à mon appréciation et puisque Julien doit prendre une photo, j'ai la main lourde sur la partie visible. Quand j'ai l'impression d'avoir apposé assez de graisse, et que la surface apparaît bien lisse, je vais à nouveau chercher Julien pour la troisième

photo. L'opération de graissage proprement dite est terminée. Pour refermer l'accouplement, je rapproche les deux flasques* et j'essaye d'aligner les trous pour passer les vis et les écrous. Le trop plein de graisse déborde lors du mouvement des flasques, la graisse s'échappe par les trous des boulons et le long de la jointure. Je nettoie ce trop-plein avec un chiffon, tout en faisant prendre les boulons un à un. Pour serrer les flasques de l'accouplement, j'adopte la même procédure que pour remonter une roue de voiture. Toutes les vis doivent prendre dans l'écrou avant tout serrage. Si on serre d'un côté, la graisse est chassée vers l'autre, les coques se désaxent et l'opération devient rapidement compliquée. Il faut serrer progressivement, « en étoile », les boulons. Il ne sert à rien de serrer très fort. Il faut simplement bloquer les boulons en gardant à l'esprit que dans six semaines, c'est l'un de nos camarades qui sera à notre place. Je me suis mis de la graisse sur les gants, je les nettoie dans un chiffon pour éviter de me salir davantage. Pendant que je fixe le carter, Régis vient me voir, il me demande si tout va bien. Il me regarde et me dit : « *ouais, vous passez plus de temps à démonter-remonter qu'à graisser...* » Il n'a pas tort, ces opérations prennent du temps, il est déjà plus de 9h.

2.2.3. Reprise de la feuille de route

Une fois mon accouplement terminé, je vais voir Julien pour savoir si je dois les aider en haut ou si je peux commencer en bas. Il me dit d'aller en bas pour faire les deux gros accouplements Citroën. Seb est au poste de garde, il me rejoindra bientôt. Je prends ma caisse à outils, mon pot de graisse, un pulvérisateur, des chiffons et je traverse la machine par le chemin que j'ai emprunté plus tôt. Je descends l'escalier en caillebotis, j'ouvre la barrière de sécurité en la poussant comme je peux. J'arrive devant le premier accouplement des agitateurs, il se situe en dessous de partie humide, à côté du séchoir. Ils sont recouverts par des carters métalliques de grande taille, soit un cube de 80 centimètres de côté. Les éclairages du couloir où se situent les deux accouplements ne fonctionnent plus, mais je profite des lumières de la pièce principale. La chaleur de la machine me manque, le vent s'engouffre dans ce passage et me glace le sang malgré le bleu de travail et les gants.

J'ai assez de luminosité pour voir que la zone de travail est bien moins propre, j'associe ça aux joints de l'accouplement qui doivent être morts. Je dépose mes affaires, puis je retourne au conteneur chercher mes plots de signalisation. Je délimite ma zone de travail et regarde comment le carter est fixé au bâti. Deux vis avec des écrous de chaque côté. Je prends ma clé à cliquet et cherche la bonne douille. Les boulons ne sont pas serrés bien fort, je peux bloquer les écrous avec mes doigts tout en dévissant. Je m'occupe des deux premiers puis je contourne l'ensemble moteur-réducteur-accouplement et réalise la même chose de l'autre côté du carter. Je dépose les

écrous et les vis contre le moteur où je n'interviens pas. Ainsi, j'ai moins de chance de les faire tomber par inadvertance. Je retourne à ma position initiale et saisit le carter comme je peux pour le faire basculer vers moi. Il glisse d'abord sur l'accouplement et, dans un deuxième effort, je parviens à le sortir et le positionne sous l'accouplement. Ces carters ne sont pas dimensionnés à la légère, c'est comme s'ils n'étaient pas pensés pour être retirés régulièrement...

Cet accouplement fait au moins soixante centimètres de diamètre et les coques sont liées par vingt-quatre boulons de 16. L'accouplement est sale, recouvert de graisse et de poussière, il doit vraiment y avoir une fuite. Je commence à démonter les vis en bloquant les écrous avec la clé à pipe. Je démonte un à un les écrous, je n'y vois pas assez pour visualiser ce que je fais, tout est noir et glissant, c'est beaucoup au toucher. Du moins, j'essaie de sentir quelque chose. Au fur et à mesure du démontage, mes gants et outils sont de plus en plus imbibés de graisse, rendant l'opération laborieuse.

Seb arrive enfin. Il a l'air fiévreux et éternue bruyamment. On se salue. Il me répète que s'il est venu, c'est bien parce que c'est nous et que c'est sa dernière mission, il a trouvé un boulot. Il pioche une clé à cliquet, un rail de douille et des clés à pipe dans ma caisse à outils et part travailler sur le deuxième accouplement. Je lui fais remarquer qu'il ne porte pas de gants. Il me répond que ça le gêne trop pour travailler. Je ne rebondis pas, on est en retard ce matin et on a besoin de lui, mais le dégraissant et la graisse brûlée ne vont pas lui faire du bien.

Plus je dévisse, plus la graisse s'infiltré partout : outils, boulonnerie, gants, bleu. Progressivement, je perds en précision, mes doigts glissent. Je fais attention à ne pas échapper les boulons, mais ça ne suffit pas, un écrou m'échappe, rebondit sur le carter et file sous la grille d'évacuation. Ce genre de situation m'irrite particulièrement, et en plus, je ne peux pas m'en sortir tout seul car la grille est trop lourde. J'appelle Seb pour qu'il m'aide à la soulever. Pendant qu'il la retient, je me glisse dessous et récupère mon écrou qui m'attend gentiment au sec, sur un lit de cailloux. Après m'être retiré, Seb lâche la grille et retourne à son accouplement en râlant. Apparemment, il prend de l'eau sur la tête pendant qu'il travaille. Je repositionne bien la grille en donnant des coups de pieds et dispose des chiffons pour parer au risque de chute des vis et écrous. Dix minutes plus tard, c'est au tour de Seb de perdre un écrou qui s'est, lui aussi, faufilé sous la grille d'évacuation d'eau positionnée en-dessous de l'accouplement. Je viens l'aider en soulevant la grille tandis qu'il plonge ses mains gelées par le froid et le vent dans l'eau. Seb a alors deux fois de la chance, il a facilement retrouvé l'écrou dans l'eau, et l'eau était chaude. J'en profite pour regarder cette histoire de fuite d'eau. En effet, au-dessus du second accouplement, la canalisation d'eau est percée et se déverse sur lui. Là, à coup sûr, nous allons perdre Seb.

J'appelle Julien pour qu'il demande à Régis de faire quelque chose. Rapidement, Régis apparaît, il regarde la tuyauterie, ferme une vanne et coupe l'arrivée d'eau. Seb le remercie mais Régis est un peu énervé, il trouve qu'on n'avance pas assez vite sur le démontage : « *Il faut investir dans une clé à choc les gars, il faut investir !* ». De façon à le calmer je lui dis que c'est en cours.

Mon accouplement est démonté, j'essaie de l'ouvrir avec les mains, mais dans ces cas-là, rien ne vaut un ou deux bons coups de marteau. Les flasques bougent et sortent de dessus le ressort. Julien passe par là et en profite pour prendre une photo avec le numéro de l'accouplement. En arrivant il me dit : « *Il neige dehors, Régis avait raison !* » L'usine, en émettant de la vapeur d'eau, produise de la neige artificielle par temps de grand froid. Ça amuse beaucoup Julien. Je lui relate la visite de Régis, le fait qu'il ait stoppé la chute d'eau mais qu'il trouve qu'on est en retard. Julien me répond : « *Je sais, c'est tout ce qu'il a réussi à me dire ce matin.* » Je pulvérise du dégraissant sur l'accouplement, la graisse n'a pas l'air trop usée. Ensuite, je nettoie avec le chiffon en enlevant le maximum de graisse. C'est difficile d'effectuer un travail propre. A force de frotter, le ressort apparaît. Il est tout cabossé, on voit les impacts qu'il a subi, mais il n'est pas cassé. Je rappelle Julien pour la seconde photo. J'ai un peu de temps d'attente avant qu'il ne vienne. Je me pose un peu. Je ne vois personne passer, il n'y a pas grand monde aujourd'hui sur cet arrêt, ni mécanicien, ni nettoyeur, ni échafaudier, ni personnel de production, on est les seuls.

Julien arrive, prend la photo et va voir Seb. Il revient et me dit d'aller l'aider lorsque j'aurai fini. « *Ok.* » Je saisis la grande spatule et commence à badigeonner largement le ressort, cette fois pas besoin de faire dans le détail. Je mets une grosse quantité de graisse sur la spatule puis l'étale contre le ressort circulaire. « *C'est comme poser du béton* » me disait un maçon qu'on avait pris une fois. Il allait d'ailleurs assez vite et son rendu était meilleur que le mien. Je rajoute de la graisse avec une spatule plus petite sur le rebord du ressort de façon à ce qu'il apparaisse totalement recouvert de lubrifiant. Pendant ce temps, Seb a ouvert son accouplement et a appelé Julien. Quand il passe, il en profite pour prendre la troisième photo.

Dernière étape, le remontage. Je repositionne les deux flasques le mieux possible avec les deux joints qui sont dans un état lamentable. Plusieurs fois, ils ont rompu et ont été recollés. Il faut parvenir à tirer le flasque tout en amenant le joint le long de l'arbre mécanique. Le joint a une forme de lèvre pour sertir le flasque mais il se désengage facilement. J'amène le flasque en le faisant tourner sur l'axe de l'arbre tout en tapotant sur le joint avec mon marteau pour l'inciter à rester engagé. C'est la galère, je m'y reprends à plusieurs fois et comprends mieux les fuites de graisse. J'arrive finalement à une position satisfaisante et réaligne les deux flasques l'un en face de l'autre pour les boulonner.

Je remonte les boulons, d'abord uniquement en les faisant prendre. Ensuite, je les resserre progressivement. Curieusement, j'ai l'impression de mettre de plus en plus de temps pour les serrer et je remarque que je n'entends plus le cliquetis du cliquet. A cause du manque de luminosité et de la saleté, je décide de désengager ma clé à pipe et de tester le retour du cliquet en tenant l'écrou dans mes doigts. L'écrou tourne lors du retour du cliquet : « *il ne cliquette plus rien mon cliquet !* » Je serre puis desserre successivement depuis plusieurs minutes. La graisse s'est infiltrée dans le mécanisme de ma clé et empêche le cliquet de retenir la douille. Les choses se compliquent ! Je continue à revisser et met en place une technique précaire. A chaque fois que je fais le mouvement de revient avec le cliquet, je décroche la clé à pipe puis me raccroche. Ça me prend du temps, mais j'y arrive. Dans ces conditions, je passe environ deux heures sur cet accouplement, la partie nettoyage-graissage ne prend pas plus du tiers du temps de l'opération. J'appelle Seb pour qu'il m'aide à repositionner le carter, il vient me « *donner la main* ». Je revisse rapidement les boulons de blocage de l'habitacle de fer.

Je rejoins Seb, il commence le remontage de son accouplement. Julien a déjà pris les photos. C'est plus facile de repositionner les joints à deux, l'un s'occupe du flasque, l'autre de « mater » le joint avec le marteau. Nous discutons en travaillant, je lui parle de ma clé qui ne fonctionne plus. Il m'explique que ça arrive avec ses mauvaises clés. Pour parer au défaut, il me conseille, lors du retour du cliquet, de maintenir la douille avec un ou deux doigts de la main qui tient la clé à pipe. Après plusieurs tentatives, je peux dire que je ne suis pas assez adroit, je garde ma technique pour ce matin. Je me renseigne sur son quotidien, son nouveau boulot, sa confrérie de motards...

2.2.4. L'aléa de chantier

« Tout mis bout à bout », on a pris trois heures pour faire les deux accouplements des agitateurs. Nous passons au troisième, qui se situe dans une grande salle ouverte sur l'extérieur, dans la continuité du couloir. Cet accouplement est bien plus petit que les deux précédents. Je pense qu'il sert au système de pompage pour amener la pâte dans les agitateurs ou la chasser vers le presse-pâte, mais je ne suis sûr de rien. C'est difficile d'avoir des réponses précises sur le process auprès des maintenanciers. Nous travaillons en binôme, chacun d'un côté de l'accouplement, nous démontons le petit carter. Nous déposons les écrous et les vis le long du moteur, dans ses renforcements, et soulevons le carter. Ensuite, nous démontons les vis des flasques de l'accouplement, certaines sont serrées très fort. La pièce est bien éclairée, le travail est plus aisé. Une fois que toutes les vis sont retirées, nous essayons de séparer les deux flasques de l'accouplement, impossible. Seb saisit alors un tournevis et le fait pénétrer entre les deux parties

en tapotant dessus avec un marteau. Je fais de même à l'opposé. Nous faisons tout le tour de l'accouplement, nous tirons, poussons... Finalement, l'un des deux flasques se désengage. Surprise ! Il n'y a pas de graisse sur la partie découverte du ressort, mais de la rouille et des traces de corrosion. Nous nous interrogeons un instant. Pour désengager la seconde partie, mon camarade saisit le marteau et tape vigoureusement, et à plusieurs reprises, sur la tranche métallique du flasque de façon à ce qu'il tremble pour le desserrer de la poussière et de la rouille. Les coups forts impactent trop le métal qui finit par se déformer, je cherche alors un bout de bois pour le protéger.

Seb y arrive enfin, la totalité du ressort apparaît. Pas de graisse... Cette situation signifie un réel problème. Il faut déterminer dans quel état est l'accouplement qui a tourné pendant 6 semaines sans graisse. Il a travaillé métal contre métal. Le ressort est-il cassé ou déformé ? Une chose est sûre, la graisse ne l'a pas protégé de l'humidité. Il a rouillé et chauffé, une couche opaque rouge s'est formée sur sa surface. Faut-il le nettoyer, le graisser et le refermer ou prévenir directement Régis pour qu'il constate l'absence de graisse et prenne une décision sur l'état du mécanisme ? Je contacte Julien pour qu'il vienne voir et analyse la situation. Il me dit qu'il arrive avec Cyril, notre leader technique. Cyril constate que le ressort n'est pas trop abîmé et qu'avec un bon nettoyage de la rouille et de la poussière, ça peut repartir. Seb n'est pas d'accord avec lui, il est d'avis que le ressort est mort car la matière est trop usée. Julien prend une photo puis, après quelques tergiversations, décide de prévenir Régis pour qu'à son tour, il puisse constater et prendre la décision. Toutes ces petites opérations font perdre plus d'une demi-heure à l'équipe.

Rapidement, la question de la responsabilité surgit. Pourquoi n'y avait-il pas de graisse dans l'accouplement ? Un oubli ? Un manqué ? Est-ce de notre responsabilité ? L'équipe tente de comprendre et s'interroge sur ce qui a pu se passer. Selon Cyril, la dernière fois, « *On n'a pas eu accès.* » Des mécanos de l'usine ou d'un sous-traitant étaient en train de travailler dessus. Pour lui, les mécanos l'ont remonté sans graisse. Ils n'ont pas dû considérer que le graissage des accouplements était utile. Il est de convention, dans la maintenance, que chacun doit rendre son chantier terminé, c'est-à-dire que le mécanisme est fonctionnel. Si une opération supplémentaire doit être effectuée, le mécano doit en informer le responsable maintenance. Si des mécanos ont travaillé sur cet accouplement, nous voilà tirés d'affaire.

Régis est parti manger, tant qu'il ne revient pas voir, nous ne pouvons pas avancer sur l'accouplement. Julien nous dit d'aller manger aussi, il est déjà treize heures. Il ajoute : « *Je continue ici, moi ça ne me fait rien de ne pas manger à midi.* » Julien est stressé, il veut que le chantier avance. Il va s'occuper des accouplements à graisser à la pompe pneumatique. Après

quelques échanges de paroles pour lui demander s'il est sûr, nous plions le chantier et les outils et nous dirigeons tous les trois vers le conteneur pour les déposer, puis repartons au bungalow.

2.3. *Relancer le chantier*

Nous sommes tous les trois usés par la matinée. Les discussions tournent autour de cet accouplement, son état d'usure, pourquoi il n'a pas été graissé, ce qu'on va devoir faire pour y remédier, etc. D'un pas lent, nous remontons la grande allée de l'usine. Malgré qu'il soit midi, il fait toujours gris et froid. La neige éphémère a déjà disparue. Nous croisons Régis sur le chemin, il est toujours méconnaissable sans son casque. Nous lui décrivons rapidement le problème que nous avons rencontré sur l'accouplement sans faire état du manque de graisse. Il nous répond qu'ils ont eu beaucoup de soucis avec cet accouplement et qu'il va voir Julien. Nos sandwiches et salades nous attendent dans le bungalow. Nous mangeons ensemble, assis l'un à côté de l'autre. Nous avons pris le temps de nous laver les mains et de nous débarbouiller dans le préfabriqué des « sanitaires » destiné aux entreprises extérieures. Seb a de la graisse sur le visage, Cyril et moi avons pris l'habitude de protéger cette partie de notre corps par une discipline gestuelle. Nous posons la veste du bleu mais on ne se change pas totalement, la pause va être courte. Nous parlons principalement du boulot de cet après-midi. L'autre binôme a-t-il avancé ? Sont-ils en retard sur le programme ? Quand redémarreront-ils la machine ? Est-ce la faute de l'intérimaire manquant si nous sommes à la traîne ? Le repas est rapide. Seb, qui fume des cigarettes, se dépêche de filer jusqu'au poste de garde à pied pour pouvoir s'en griller une. Vingt minutes de marche pour une ou deux cigarettes, voilà le moment de pause de Seb. Cyril ne fume pas ce midi, il prend le temps de se reposer. 14h15, Cyril et moi attendons le retour de Seb pour repartir au conteneur. Je le distingue au loin revenir d'un pas pressé. C'est difficile de se remettre en marche après la pause de midi.

2.3.1. *Reprendre en main le chantier*

Julien nous attend au conteneur. Ne nous voyant pas revenir, il a appelé Cyril. Il a géré le problème avec Régis à propos de l'accouplement. Il dit à notre binôme d'aller voir Régis, pour l'aider si besoin, et ensuite de nous rendre à la coupeuse pour faire une vidange et graisser de petits accouplements. Eux deux vont finir les opérations de graissage sur la partie humide puis attaquer les paliers des rouleaux du séchoir. La réorganisation est posée, Julien essaye de reprendre le fil de l'organisation préétablie.

Seb et moi retournons donc à l'accouplement tandis que Régis s'affaire dessus. Il a l'air de mauvaise humeur. Il a amené avec lui un marteau, un coin, un tournevis et des pièces de rechange.

Alors que nous lui proposons notre aide, il la refuse et nous dit d'avancer, il s'occupe de ça. « *Vous êtes déjà assez en retard comme ça !* » Il nous demande seulement une clé à cliquet et une clé à pipe pour remonter l'ensemble. Seb lui tend la sienne en lui disant que c'est la meilleure qu'il nous reste. Bon, on s'est fait envoyer paître. Régis a pris le parti de changer non pas les ressorts, qu'ils n'ont pas en stock, mais uniquement les supports de ces ressorts. Cette décision surprend Seb. Personnellement, je n'en sais trop rien. La seule chose à laquelle je pense est que nous aurions mieux fait de garder notre seule clé à cliquet valide. Nous retournons au conteneur pour récupérer le matériel nécessaire à la vidange : seau et bac en plastique, papier absorbant, des barquettes en aluminium, un *oil-safe*, ainsi que l'appareil photo, les cartes d'identification et le même matériel que ce matin. On est bien chargé.

La cisaille se situe après le séchoir. Pour y accéder, il faut entrer dans la grande salle du hangar et contourner le séchoir jusqu'à son extrémité. Elle est parfaitement insérée dans le flux de production, de sorte que si on ne connaît pas les différentes fonctions des rouleaux de travail, on ne la repère pas. La cisaille se compose de cinq rouleaux dont un principal sur lequel sont encadrées des lames de couteaux qui vont découper la pâte en ballots pour être ensuite conditionnés et expédiés. C'est le réducteur en amont de ce rouleau de travail que l'on doit vidanger et remplir. Cette opération ne peut être réalisée que pendant un arrêt d'installation. Vidanger pendant le fonctionnement de la machine risquerait d'entraîner des casses mécaniques, des projections d'huile et des brûlures. Nous arrivons sur place et déposons nos affaires. La cisaille est légèrement en hauteur, on y accède par un escalier suivi par une plateforme en caillebotis. Je sais exactement quel réducteur est à vidanger, je m'en suis occupé plusieurs fois. Un réducteur est une boîte en métal dans laquelle un jeu d'engrenages calibre le couple mécanique* d'une motorisation électrique pour correspondre à celui de l'outil de production, en l'occurrence le rouleau de la cisaille. Les engrenages barbotent dans l'huile pour limiter les frottements et l'usure des pièces, et c'est cette huile que l'on doit remplacer. Sur la fiche de chantier, il est noté que le réducteur a une capacité de dix litres. C'est la préconisation du client. D'expérience, il vaut mieux compter douze litres pour arriver au bouchon de niveau.

Avant de commencer à vidanger, je m'assure que le bouchon de remplissage est facile à défaire. Il faut toujours faire ça pour ne pas se retrouver avec un réducteur vide que l'on ne peut pas remplir... Il n'y a pas de bouchon de remplissage dédié sur le réducteur. Je dévisse le « reniflard », qui assure une circulation de l'air dans le mécanisme afin d'éviter une montée en pression, puis le revisse en faisant un quart de tour. Je regarde où est mon bouchon de vidange. Je dois utiliser celui qui se situe le plus bas pour retirer le maximum d'huile. Avec ma clé à

molette, j'essaie de le dévisser pour voir s'il n'est pas trop bloqué. Il résiste. Je tape dessus trois fois avec la clé pour « le choquer » un peu, le desserrer de la poussière, et il vient. J'approche le fût en plastique le plus près possible du réducteur. Pour faire ma vidange proprement, je positionne du papier absorbant un peu partout pour rattraper les gouttes d'huile ou une mauvaise manipulation. Je dois confectionner une rigole pour diriger l'huile usagée du réducteur vers un bac en plastique. Je saisis une barquette en aluminium et la déforme de façon à faire cette rigole « sur-mesure ». Ces barquettes sont à la fois assez rigides pour supporter le poids de l'écoulement de l'huile, et flexibles pour être déformées en vue de la tâche. Je la coince sous le réducteur, dans l'alignement du bouchon de vidange, et la plie vers le bas tout en redressant les rebords de sorte à forcer l'écoulement du lubrifiant vers le bac en plastique. Le bac a une capacité de deux litres, Seb s'occupe de le maintenir en position.

Lorsque je considère que l'installation est valide, je dévisse à la main le bouchon de vidange tout en maintenant ma rigole de l'autre. L'huile ruisselle instantanément par l'orifice libéré. Poussé par la gravité et encouragé par l'appel d'air, le flux d'huile emporte un peu ce montage à l'équilibre précaire... Je rectifie ma position et l'huile, encore chaude, s'engouffre dans la rigole en aluminium et file dans le bac que gère Seb. Une fois le bac plein, je revisse le bouchon et coupe le flux d'huile pour que Seb puisse le vider soigneusement dans le fût de vidange. Nous répétons la manœuvre jusqu'à ce que le flux d'huile perde en intensité. Dès lors, je libère Seb pour qu'il commence à démonter les deux petits accouplements à ouvrir de la cisaille et je finis seul la vidange. Ils sont au ras-du-sol, il est obligé de s'accroupir, voire de poser un genou au sol, pour pouvoir travailler. Pendant quelques minutes, j'attends le goutte à goutte et observe patiemment ce filet d'huile qui s'écoule du réducteur. J'essaie de bloquer ma rigole pour ne plus avoir à la tenir, mais je ne trouve pas comment faire. Quand le moment est venu, je revisse le bouchon de vidange en le serrant un peu fort. La peur de mal faire, de mal revisser le bouchon et de provoquer une casse, donc un arrêt de production, est toujours un peu présente.

Pour le remplissage, j'utilise un *oil-safe*, c'est un réservoir en plastique avec une poignée verticale de quarante centimètres de long. Il est équipé d'une pompe manuelle à piston des plus classiques et d'un flexible de sortie. Je dévisse le « reniflard » et saisis le flexible de la pompe pour coincer le bec verseur dans le trou fileté laissé vacant. Je démonte le bouchon de niveau situé sur le côté du réducteur et commence à pomper vigoureusement. Rapidement, des litres d'huile sont injectés dans le réducteur et je vide l'intégralité de l'*oil-safe*. Je demande à Seb s'il a besoin de quelque chose et pars en direction de l'huilerie du site pour remplir mon réservoir. Je passe un chiffon dans la poignée située sur le sommet de la pompe et porte le bidon comme un

sac sur l'épaule. Je sors du bâtiment principal en pressant le pas pour ne pas perdre de temps et vite revenir. Je souhaite terminer au plus tôt ma vidange et ne pas laisser mon intérimaire tout seul. Je reviens, Seb est en train de démonter la toute petite visserie du deuxième accouplement avec nos outils défectueux. Il marmonne un peu. Je continue mon plein et regarde attentivement le bouchon de niveau pour voir si l'huile apparaît. Il ne devrait plus y en avoir pour longtemps. Je réduis la fréquence de mes coups de pompes. Comme prévu, je vois l'huile qui commence à couler et revisse immédiatement le bouchon de niveau. J'ajoute deux coups de pompe pour le pot et en pensant au client... Régis apparaît, il a fini avec l'accouplement et vient nous rendre les outils. Il est content que la vidange soit terminée, ça a l'air de l'avoir un peu rassuré, et file aussitôt.

2.3.2. Voir avec ses mains malgré les gants

En plus des deux petits accouplements « à ouvrir », il y en a un troisième « à graisser » sur cette zone. Pour celui-là, il faut aller chercher la pompe pneumatique, elle doit être rangée dans le secteur de ce matin car Julien devait l'utiliser entre midi et deux. Je longe la machine et entre dans une salle où six pompes sont positionnées les unes à côté des autres. Je la traverse, tout est arrêté, il n'y a pas un bruit. La luminosité extérieure pénètre dans le bâtiment dans cette partie du hangar. Le chariot de graissage* est rangé à l'endroit prévu, les flexibles bien enroulés. J'emprunte le chemin inverse en prenant garde aux tuyaux qui jonchent le sol et peuvent constituer des petits obstacles. Puis, je fais monter au diable les quelques marches qui mènent à la cisaille et pose le chariot sous la passerelle pour qu'elle ne gêne pas le passage. Je déplie ma pompe en déroulant intégralement le flexible de graissage, et à peine le tuyau d'air*, car la prise d'air du réseau d'air comprimé de l'usine est installée contre le mur, à quelques mètres. Je branche le raccord à tête de chat de mon tuyau d'air à celle du réseau d'air comprimé de l'usine. Ce sont deux raccords femelles qu'il faut simultanément pousser et visser pour les lier. Ça demande un coup de main pour les raccorder l'une à l'autre. J'utilise une clé multiprise pour favoriser mon mouvement de raccordement et bien saisir mon raccord. Une fois le raccordement effectué, j'ouvre la vanne d'air comprimé et, instantanément, la pompe tape des coups et se met en pression, le flexible de graissage se raidit. J'accroche la poignée de graissage*, située à l'extrémité du flexible, au rebord inférieur de la barrière de protection de la passerelle et monte par l'escalier. Seb a fini de démonter les accouplements et a pulvérisé du dégraissant. Il m'attend pour prendre les photos. Il a profité de mon absence pour faire une petite pause. Je m'en occupe tout de suite pour qu'il puisse avancer et ne soit pas bloqué. Il rouspète, et me dit que toutes les clés à cliquet sont en train de dépérir. Je prends l'appareil et la fiche cartonnée associée à

l'accouplement. D'une main, je positionne la fiche au-dessus de l'accouplement de façon à ce que le ressort et le numéro soient visibles, de l'autre, je prends la photo. J'en prends deux comme il est de coutume.

Je ramasse ma poignée de graissage et tire le flexible en avançant et en le coinçant contre mon buste. Je me rapproche de l'accouplement « à graisser ». J'ouvre le carter qui n'est pas vissé, il s'ouvre en deux comme un coffret. L'accouplement est noyé dans la fibre de papier. Avec ma clé multiprise, j'enlève le plus possible de déchets afin de pouvoir faire le tour de l'accouplement avec ma main. Sur le dessus de l'accouplement, je vois un graisseur « boulon », normalement, à l'opposé, il doit y en avoir un second. Je passe la main en écartant la fibre et sens le second graisseur. Je saisis ma clé à molette et la règle à dimension pour démonter le graisseur supérieur, il vient tout seul. Mon but est de graisser l'accouplement par le graisseur du bas pour faire déborder la graisse par le trou laissé libre par le graisseur du haut. Je visse l'agrafe « à tirer » au bout de la poignée et plonge ma main entre le carter et l'accouplement pour la connecter au graisseur. Je passe l'agrafe dans le sillon du graisseur et la fait glisser, puis, d'un coup sec, tente de valider ce raccordement. Quand je pense être bien positionné, j'appuie sur la gâchette de la poignée de graissage tandis qu'avec les doigts je maintiens une pression sur l'agrafe.

La pompe tape, il s'agit maintenant de sentir si le raccordement est correct. Ne pouvant contrôler de visu mon travail, j'essaie de sentir si un amas de graisse se forme autour de mes doigts. Même si les gants de mécaniciens sont fins, ce n'est pas facile de se faire une idée. Je ne veux pas retirer ma main pour regarder s'il y a de la graisse dessus de peur de perturber mon raccordement. J'essaie de sentir si mon raccordement est monté en pression. Si l'agrafe est en pression, elle est un peu plus rigide du fait du déplacement de la graisse. Le bruit de la pompe en train de taper peut aussi indiquer si le raccordement est conforme. En testant l'agrafe, je me rends compte qu'il y a du jeu. Pris d'un doute, je retire ma main et constate qu'elle est recouverte de graisse. Je prends un chiffon pour nettoyer tout ça et recommence l'opération. Cette fois c'est la bonne, la pompe tape des coups réguliers et émet un son sourd. La graisse ne tarde pas à sortir par le trou laissé libre par le graisseur supérieur. La capacité de l'accouplement est remplie. Je relâche la gâchette et, après un coup de chiffon, je revisse le graisseur supérieur. Je descends replier la pompe, nous n'en auront plus besoin aujourd'hui.

Julien passe voir si tout va bien à la cisaille. Avec Cyril, ils vont aller graisser les rouleaux du séchoir. C'est la dernière étape du chantier. Je lui dis « *ça va, on avance.* » De son côté, ils ont bien peiné pour graisser les arbres flottants du presse-pâte. Il me dit que quand on a fini ici, on plie et qu'on doit venir les aider pour vite finir le chantier. Après ces quelques mots, il part

retrouver Cyril. Seb a nettoyé les accouplements, je regarde rapidement si les ressorts ne sont pas cassés ou déformés. Ils sont tous marqués... mais bon, tant que ce n'est pas fendu, ça tient. De toute façon, je sens qu'on a plus trop le temps de faire dans le détail. Je prends la deuxième série de photos avec les cartons d'identification et je recouvre de graisse un des deux ressorts avec la spatule. Seb fait de même, chacun sur son accouplement. Je prends une troisième série de photos quand je considère le graissage suffisant, pour qu'on puisse passer à la phase de remontage et finir cette zone du chantier.

Je viens positionner les deux flasques en les alignant avec le joint central. Les joints extérieurs sont difficiles à repositionner sur ces accouplements, car il n'y a pas beaucoup d'espace entre l'arbre et les flasques pour les manipuler. Une fois que tout semble à peu près bien positionné, j'enfile à la main les boulons et j'essaye de les faire prendre. C'est de la toute petite visserie, j'ai du mal à la saisir à travers les gants. Je me dépêche, j'essaye d'aller le plus vite possible. Je vois Seb qui prend de l'avance et je veux qu'on finisse ce remontage rapidement pour passer à autre chose. Un fois tous les boulons engagés, je cherche une clé à cliquet et une clé à pipe* pour serrer et bloquer les boulons. Nos clés à cliquet ne « cliquent » plus du tout, la graisse a fini de les user ou de les lubrifier. Je dois employer ma technique de blocage en relâchant la prise de la clé à pipe. Seb me remontre la sienne où il maintient avec un doigt et demi la douille du cliquet sur le retour, mais je n'y arrive toujours pas... A la fin, j'abandonne la clé à cliquet et j'utilise deux clés à pipe. Je vais un peu plus vite. Seb est plus adroit et il finit avant moi, j'en profite pour lui refile le serrage de mon accouplement. Je prétexte que je vais commencer à ranger les outils et qu'on va gagner du temps, ce qui n'est pas tout à fait faux.

2.3.3. Le sprint final pour redémarrer la production

Pendant qu'il finit, je retourne au conteneur avec le matériel de la vidange. Je passe par-dessus la cisaille par un petit pont en caillebotis et me trouve ainsi de l'autre-côté du séchoir, dans l'allée centrale du hangar. Je la remonte avec mon fût dans une main et mes bacs de vidange dans l'autre. Je transporte les bacs en position horizontale afin qu'ils ne goûtent pas dans toute l'usine. Arrivé au conteneur, j'ouvre le cadenas qui n'est pas enclenché, puis je débloque les portes. Je range les affaires, vide l'huile du bidon dans la fosse de récupération de l'usine, puis ferme les portes du conteneur et fais semblant d'enclencher le cadenas. Julien est le seul à avoir la clé du cadenas... Je retourne à la cisaille par l'autre chemin en pressant le pas. Quand j'arrive, Julien et Cyril sont là, ils ont fini l'entrée du séchoir et graissent maintenant les paliers du rouleau de la cisaille. Cyril est passé sous la machine pour se faufiler à l'intérieur et doit grimper pour accéder aux graisseurs des paliers du rouleau. Les graisseurs sont positionnés dans des cavités sur le carter des paliers,

ce qui rend l'opération un peu délicate. Cyril est habile dans cet exercice, il s'en sort bien. Pour les graisser, il utilise une minilub. Il s'agit d'une pompe constituée d'un réservoir cylindrique d'un diamètre de trente centimètres sur une hauteur de quarante-cinq centimètres. La mise en pression se fait à l'aide d'un piston sur lequel il faut appuyer avec le pied. Cette pompe est équipée d'un flexible et d'une poignée de graissage. Ce type de pompe permet de transporter une bonne quantité de graisse et de ne pas avoir recours à l'air comprimé de l'usine. Le graissage se fait en serrant la poignée, un petit piston vient pomper la graisse mise sous pression.

Seb a fini mon accouplement et a reposé les carters. J'informe Julien : « *On a fini les accouplements, on va au conteneur ramener la pompe et nos outils* ». Il me répond « *il reste plus que les paliers des rouleaux du séchoir à faire.* » Il me montre du doigt la sortie du séchoir où on peut voir une dizaine de rouleaux superposés sur toute la hauteur de la machine. *Dépêchez-vous, on vous attend pour monter.* » Sans attendre, je saisis les poignées du diable et fait le tour par l'extérieur du hangar pour m'éviter les escaliers, Seb me suit avec nos outils et chiffons. Je presse encore le pas et pousse fort le chariot malgré une position inconfortable qui me fait mal au dos. Quand nous revenons, Régis a appelé Julien pour qu'il vienne voir quelque chose. Il m'attend pour me donner sa ceinture d'outils et sa minilub afin que je prenne sa place pour graisser les paliers des rouleaux du séchoir. Il prend un air cérémonial lors de ce transfert de ceinture et me confie la responsabilité du détachement. On grimpe tous les trois dans les échelles à crinoline, le long du séchoir, pour accéder à la nacelle. On se passe les outils au fur et à mesure, dans une sorte de chaîne humaine. A partir de la nacelle, on peut graisser tous les paliers des rouleaux du séchoir. Ce sont des rouleaux d'entraînement de la toile, ils jalonnent son parcours, et sont mis en mouvement par des chaînes de transmission reliées à deux motorisations. A chaque arrêt, nous devons graisser les paliers de ces rouleaux et les chaînes d'entraînement, pour assurer le fonctionnement de ces éléments rotatifs, guides du chemin de la pâte.

Seb et moi occupons les postes de graissage des paliers, nous sommes positionnés de part et d'autre de la nacelle. Cyril gère le mouvement vertical de l'engin et lubrifie les chaînes de transmission. Il utilise un pulvérisateur pour désherber rempli « d'huile de chaîne » fournie par Régis. Les paliers sont espacés d'une hauteur d'environ un mètre cinquante. Cyril essaye d'arrêter la nacelle de façon que l'on puisse en graisser deux à la fois, histoire qu'on aille le plus vite possible. Il se déplace sur la nacelle pour accéder aux chaînes et nous prévient avant d'asperger pour ne pas nous doucher avec l'huile de chaîne. Après son passage, les paliers sont huileux, c'est un régal. La moitié des paliers sont au ras-du-sol et je dois me mettre à genoux, tout en plongeant le bras dans la machine, pour atteindre le graisseur. Certains graisseurs sont « à

boulon » et je dois aller chercher plus loin possible pour ensuite tirer fermement sur l'agrafe pour m'assurer de mon raccordement. D'autres graisseurs sont « à pousser », ils ont la forme d'une petite tétine de vingt millimètres de hauteur. Je dois alors prendre conscience, via mes doigts, de leurs inclinaisons afin d'aligner parfaitement mon raccordement. Je change régulièrement d'agrafes au bout de ma pompe et essaye de ne pas les faire tomber, malgré la graisse et l'huile qui les rendent glissantes.

Je ne graisse pas les paliers au débordement, mais au nombre de coups de pression sur la gâchette de la minilub. Dix pressions par paliers si mes souvenirs sont bons. Je surveille néanmoins que la graisse ne déborde pas par les joints du palier et que mon raccordement est étanche. J'accroche ensuite une marque colorée en caoutchouc sur le graisseur pour signaler mon opération. Ces marques de passage sont spécifiquement conçues pour notre activité. Elles résistent au chaud, au froid, à l'eau, et sont élastiques tout en étant résistantes. Nous montons au fur et à mesure que nous graissons, certains paliers sont plus difficiles à atteindre que d'autres. Régulièrement, il faut réappuyer avec le pied sur le piston de la pompe pour remettre de la pression. Ce manque de pression de graisse n'arrive jamais au bon moment et me contraint à quitter ma position. Plus on monte, plus de la poussière de fibre de papier envahit l'espace. Elle s'agrippe à nos bleus de travail et nos gants, on la respire aussi. Cyril a le bon poste, il est tranquille, il fait ses petites pulvérisations et surveille Sébastien qui se démène comme un diable avec sa pompe et ses agrafes. Seb a du mal sur les premiers paliers, il graisse à côté, ne voit pas les graisseurs et ne les sent pas plus avec ses mains. Il peine à faire les raccordements, je viens l'aider quand je finis de mon côté.

Nous redescendons avec la nacelle dès que nous avons graissé les derniers paliers des rouleaux. Régis nous observe depuis une passerelle en caillebotis fixée en hauteur, contre le mur du hangar qui abrite le séchoir. Des salariés de la production sont déjà là, en dessous de nous, près de la cisaille. Ils nous demandent : « *Qu'est-ce que c'est les marques rouges ?* » Cyril leur répond que ce sont les repères que nous posons pour signaler qu'on a graissé. Cela fait bien rire l'un d'entre eux qui se réjouit de pouvoir surveiller notre travail. D'ailleurs, il remarque qu'un palier d'un rouleau n'a pas de repère rouge du côté de Seb. Cyril répond « *c'est qu'il ne doit pas être graissé.* » Seb se défend et dit qu'il l'a graissé mais qu'il n'a pas mis de repère. Le salarié de la production rajoute, sur un ton moqueur, auprès de ses camarades que l'on est gentil de faciliter son travail. Cyril répète que s'il n'y a pas de repère, c'est que ce n'est pas graissé. Régis regarde la scène d'en haut sans dire un mot. Seb retourne graisser le palier, il est furieux de la façon dont lui a parlé le salarié de la production. Je dis à Cyril que si Seb ne l'a pas graissé, peut-être que

moi non plus, et qu'il vaut mieux aller vérifier. Peut-être que la navette était positionnée trop haute et que l'on ne voyait pas le palier. Cyril est convaincu que je l'ai graissé, mais je lui dis que l'on va quand même vérifier. Seb revient, il est toujours renfrogné. Régis, empressé de redémarrer la machine, de la déconsigner tout du moins, me crie, « *C'est bon !?* ». Je lui réponds : « *On vérifie un truc d'abord !* » Cyril se glisse alors entre la coupeuse et le séchoir pour aller voir le palier opposé, et me confirme que je l'avais bien graissé. Je crie alors à Régis : « *C'est bon !* » Immédiatement, il part à vive allure vers la cabine de conduite de la machine.

On quitte tous les trois le presse-pâte en empruntant l'allée, et on se dirige vers le conteneur avec nos pompes, outils et chiffons. Seb râle et n'en démord pas, il a ressenti un mauvais traitement de la part des salariés de la production. Cyril, plus expérimenté, ne s'en offusque pas et relativise la situation. Julien nous attend dans le conteneur, il a commencé à nettoyer les outils. Je lui rends sa ceinture de travail après l'avoir nettoyée avec un chiffon. On prend le temps de ranger un peu et de faire l'inventaire des choses à ramener pour le prochain arrêt. Il va bientôt être 17h, je suis exténué et jette les gants dans le sac prévu à cet effet. Julien nous dit d'aller nous changer au bungalow, il nous rejoindra là-bas, il va essayer de voir Régis avant de partir.

Nous remontons tous les trois la grande allée principale de l'usine, à droite le hangar du presse-pâte, à gauche les bureaux administratifs de l'usine avec les sanitaires, vestiaires, cantines, etc. du personnel de Fibre Excellence. L'allée est déserte, on en profite pour utiliser les sanitaires de l'usine pour se nettoyer les mains, les bras et le visage avec du savon. Puis, nous allons sur le parking pour accéder à notre vestiaire. Je mets des gants propres pour retirer mes bottes, mon casque, ma veste et mon pantalon. Il s'agit de ne pas se « resalir » maintenant ! Les bleus sont jetés en boule dans un sac à destination de la laverie de Mimizan. J'emballer mes EPI dans des sacs en plastique, puis je les mets dans un gros sac épais pour les transporter sereinement. J'enfile mes habits de civil. En attendant Julien, nous disons à Seb qu'il peut partir et de ne pas oublier sa carte d'identité en sortant. Nous lui disons au revoir, je crois qu'on ne va pas le recroiser avant un bout de temps maintenant qu'il a trouvé un CDI.

Je dis à Cyril : « - *Je suis crevé ! C'est plus calme à Mimizan ? - Oh tu sais, au moins là ça bouge, ça change de l'usine. Au quotidien, à Mimizan, tu peux vite t'ennuyer.* » Julien arrive, il a pu voir Régis. « *Il a trouvé qu'on était un peu juste en temps mais que ça allait.* » Je réponds que « *si on avait eu notre deuxième intérimaire, on aurait fini plus tôt.* » Pour lui, on aurait fini « *à peu près pareil* », mais on aurait pu travailler plus tranquillement et moins dans l'urgence. « *Ce n'est pas un intérimaire qui va te faire une grosse différence.* » Julien se change à toute allure, ils ont encore pas mal de route à faire. On remonte dans le camion et, après avoir passé la barrière, nous

grimpons au poste de garde récupérer nos cartes d'identité et signer le registre en notifiant notre heure de sortie. Cyril s'allume immédiatement une cigarette. Il est 17h45. A cette heure, je me dis qu'il doit y avoir des trains pour Toulouse, après tout, c'est un horaire de bureau. Je dis à mes camarades de me déposer à la gare, je vais bien me débrouiller. Ils me déposent, « *Salut les gars, on se voit au prochain arrêt !* » En attendant le train, je remarque que l'odeur de l'usine ne m'a pas quittée et qu'il me faudra probablement plus qu'une bonne douche pour m'en départir.

3. Conclusion

Ce matériel ethnographique a été retranscrit dès la fin de l'arrêt, lors du voyage de retour, afin de rester au plus proche du terrain. J'ai repéré les événements, les situations difficiles, les gestes techniques et les perceptions sensorielles afin d'y articuler un travail de restitution chronologique. Ce même exercice a été reproduit pour toutes mes interventions de maintenance, en tant qu'agent de lubrification et responsable sécurité, santé et environnement. A partir de ces matériaux d'enquête, j'ai pu construire mon analyse de l'activité et de l'identité de l'agent de lubrification et ainsi comprendre sa place dans la division du travail des industries de flux. A ces observations s'ajoute mon enquête au quotidien auprès de la direction de Care et en tant que chef de chantier. Cette partie de mon enquête m'a permis d'apercevoir le travail logistique réalisé par la direction qui vise à faire circuler une main-d'œuvre à l'intérieur d'un réseau d'entreprises clientes et inter-réseaux. Cette circulation est nécessaire pour l'entreprise de services afin de pouvoir bénéficier des avantages économiques du cluster industriel. La circulation de main-d'œuvre sur les différents sites de production participe à la création d'une identité professionnelle des agents de lubrification. Elle permet simultanément de les fidéliser en augmentant leur rémunération et en les confrontant à un travail de chantier de maintenance.

Cette circulation de la main-d'œuvre renvoie aux travaux de François Vatin portant sur la fluidité industrielle, et plus particulièrement sur sa dimension sociale⁸¹. Dans son étude des usines pétrochimiques, il expose la circulation du personnel de production à l'intérieur de l'organisation productive de l'entreprise de production⁸². Concentré sur cette gestion interne du personnel, il n'a pas abordé l'autre face de cette circulation qui a lieu dans les entreprises de services. Il apparaît que la fluidité sociale ne se déroule pas seulement au sein de l'entreprise de production, on la retrouve dans l'organisation des entreprises de services. Cette circulation fait partie intégrante de l'organisation productive des usines de flux.

⁸¹ François Vatin, 1987, *op. cit.*

⁸² Raymond Galle, François Vatin, « Production fluide et ouvrier mobile. Procès de production et organisation du travail dans le raffinage pétrolier », In *Sociologie du travail*, 23^e année n°3, Juillet-septembre 1981. pp. 275-293.

Cependant, la méthode de l'observation participante ne permet pas de percevoir pleinement la fonction technique de l'agent de lubrification et sa relation avec le mouvement rotatif. Une perspective historique est nécessaire pour comprendre ses prérogatives et les mettre en relation avec la valeur symbolique de son activité. D'autre part, l'observation permet de présenter l'activité de l'agent de lubrification selon trois temporalités distinctes, mais elle informe peu sur les raisons de cette répartition. Une étude des infrastructures du flux donnera les clefs de compréhension de ces différentes temporalités de maintenance.

Chapitre 2. De l'importance du mouvement rotatif: les fonctions techniques de la lubrification

Comme l'indique André Leroi-Gourhan dans son ouvrage *L'homme et la matière*, la maîtrise de la transmission et de la transformation du mouvement est un tournant qu'il ne faut pas négliger afin de comprendre l'histoire de la mécanisation des systèmes productifs.

La transformation du mouvement rectiligne, qu'ont normalement les forces de l'homme, des animaux, de l'eau ou de l'air, en mouvement circulaire puis accessoirement la reconversion de ce mouvement circulaire en un mouvement rectiligne au niveau de la partie agissante représente une des voies principales du progrès mécanique. La courroie de transmission, la manivelle, la bielle, la pédale, les dispositifs de démultiplication sont nés bien avant l'utilisation des forces artificielles pour améliorer des dispositifs à mouvement circulaire, en particulier ceux qui conduisent au tordage des fibres et aux instruments à percer, ou à faire le feu. À un niveau socio-économique plus élevé, la réflexion technique sur les mouvements circulaires a conduit les civilisations classiques d'Eurasie vers les machines à élever l'eau, les moulins, les martinets.⁸³

L'organisation de la production et la division du travail ont été bouleversées par l'émergence puis le large recours au mouvement rotatif. La maîtrise de ce mouvement par l'homme est à la base du machinisme, de l'automatisme simple et entre en relation avec le principe de continuité de la production. L'évolution de l'offre et de la demande en énergie motrice influence la géométrie et les matériaux de ces mécanismes de transmission et de transformation du mouvement. De nouvelles fonctions techniques apparaissent concomitamment à ces changements productifs, et entrent dans un processus de valorisation de l'activité du préposé à la lubrification. Les opérations de lubrification sont en relation étroite avec le développement du mouvement rotatif car elles portent sur les mécanismes de transmission et de transformation du mouvement. Pour comprendre la fonction technique de l'ouvrier en lubrification, et de la lubrification en général, il faut s'attarder sur l'étude de ce mouvement.

Quelle est la place du mouvement rotatif au sein des usines-tuyaux contemporaines, où la matière, cachée du regard, circule de cuve en cuve pour subir des traitements chimiques ? La métaphore du flux nous dissimule le mouvement machinique des systèmes productifs, car derrière chaque tuyau de l'usine, une pompe anime la matière. Plus précisément, un moteur électrique produit un

⁸³ André Leroi-Gourhan, *L'homme et la matière*, Paris, Albin Michel, 1971, p. 99.

mouvement rotatif uniforme, transformant ainsi de l'énergie électrique en énergie mécanique. Ce mouvement est transmis par un arbre, fixé entre deux paliers à la turbine d'une pompe, par l'intermédiaire d'un arbre de transmission*. Chaque tapis d'acheminement de la matière repose sur une combinaison de mécanismes de transmission du mouvement rotatif. En amont de chaque cylindre de travail, de chaque rouleau d'entraînement, de chaque cisaille rotative ou de chaque cylindre sécheur, se trouve un cardan, un arbre flottant ou un accouplement, lié par un motoréducteur à un moteur électrique. Dans chacun de ces cas, les phénomènes de transformation des propriétés du mouvement rotatif dépendent des mêmes mécanismes. La mise en flux de la matière dans un mouvement rectiligne et uniforme repose sur des mécanismes de transformation du mouvement rotatif.

L'étude de l'histoire de ces mécanismes, et de leur lubrification, permet de tisser des liens entre les terrains d'enquête et de décroiser les histoires techniques dédiées à un secteur productif. Un obstacle se présente néanmoins face à cette recherche, l'histoire de ces mécanismes est le parent pauvre de l'histoire des techniques, et celle de la lubrification apparaît comme clairsemée. Il est plus fréquent de rencontrer des analyses et des recherches portant sur une branche spécifique de l'industrie, comme l'industrie automobile, que sur des thématiques transversales. L'histoire de la lubrification des mécanismes de transmission n'a pas pour objet la production d'un bien précis. Il s'agit d'une activité d'entretien observable dans de nombreuses industries. Elle porte sur les machines de production et non sur la finalité productive d'un système technique.

Pour reconstituer cette histoire, il faut mobiliser celle des engrenages et des mécanismes de transmission du mouvement, et s'intéresser à l'émergence d'une discipline scientifique : la tribologie. La racine grecque du terme renvoie au *tribos*, c'est-à-dire au frottement, et au *logos*, compris comme un discours raisonné. La tribologie se traduit aisément par la « science du frottement ». Le Larousse en propose la définition suivante : « *Science et technologie des surfaces en contact animées d'un mouvement relatif.* » Si l'histoire de la lubrification est lacunaire, et ce particulièrement pour les périodes antérieures à la Renaissance, l'histoire de la tribologie a été traitée avec précision par Duncan Dowson dans son ouvrage *History of tribology*⁸⁴. Les travaux de Jean-Pierre Séris et de François Vatin sur l'histoire des machines⁸⁵, et la construction épistémologique du concept de travail en physique et en économie⁸⁶, nous ont conduit à articuler, avec les travaux de Duncan Dawson, deux axes de réflexion. Le premier est

⁸⁴ Duncan Dowson, *History of tribology*, 2nd édition, London, Professional Engineering Publishing, 1998.

⁸⁵ Jean-Pierre Séris, *Machine et communication. Du théâtre des machines à la mécanique industrielle*, Paris, Librairie Philosophique J. Vrin, 1987.

⁸⁶ François Vatin, *Le travail, économie et physique (1780-1830)*, Paris, PUF, 1993.

celui de la cinématique, qui consiste en une analyse proprement géométrique du mouvement et de sa transmission, indépendamment de ses causes. Le second, énergétique, implique d'analyser l'effet des machines au regard de l'énergie communiquée. Le problème réside alors sur la communication de l'énergie par ces mécanismes de transmission en limitant les pertes et en maximisant l'effet. Il s'agira de montrer comment la lubrification s'articule avec le passage de l'idée de machine parfaite vers celle de machine idéale, c'est-à-dire au « *constat d'une perte inéluctable en cours de route* » d'énergie entre le moteur et la machine-outil⁸⁷. La lubrification revêt des fonctions techniques en fonction de ces deux axes. Pour favoriser la clarté de cet exposé historique, précisons quelques distinctions élémentaires, à partir des travaux de Gérard Joseph Christian (1778-1832), nommé en 1816 directeur du Conservatoire royal des arts et métiers. A partir de ses ouvrages⁸⁸, il propose de différencier les systèmes mécaniques selon trois catégories de composants : les moteurs, qui captent un vecteur énergétique naturel et le transforment ; les machines-outils, qui ont une fonction de transformation de la matière ; les intermédiaires ou mécanismes de transmission qui transmettent, transforment et modifient le mouvement entre le moteur et la machine-outil.

Les deux premiers développements de ce chapitre se concentreront sur la perspective cinématique* en s'appuyant sur cette relation mécanique à trois types de composants. Le premier exposera comment le mouvement rotatif permet une mise à distance de l'homme dans une activité productive en mobilisant les notions de couple mécanique, de chaîne cinématique, et en présentant les mécanismes des moulins. Le second développement s'intéressera au phénomène d'expansion, puis de circonscription, du mouvement rotatif au sein des systèmes de production. Pour ce faire, il empruntera l'histoire de la machine à vapeur et de la dynamo. Chacun de ces deux développements présentera les mécanismes de transmission et de transformation du mouvement engendrés par ces moteurs et générateurs. Ce choix méthodologique consiste à reprendre la catégorie « Force motrice et transmission »⁸⁹ décrite par André Leroi-Gourhan, dans laquelle il lie les sources du mouvement avec les mécanismes de transmission. Il s'agira alors de montrer, pour chaque stade technique⁹⁰, les variations de la chaîne cinématique, c'est-à-dire l'évolution de la transmission du mouvement rotatif. Le troisième développement portera sur l'histoire des pratiques de lubrification industrielle. Il développera les fonctions techniques du

⁸⁷ Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, p. 457.

⁸⁸ Gérard Joseph Christian, *Vues sur le système général des opérations manufacturières* (1819) et *Traité de Mécanique Industrielle* (1822-1825).

⁸⁹ André Leroi-Gourhan, 1971, *op. cit.*, pp. 87-113.

⁹⁰ Lewis Mumford, *Technique et Civilisation*, Paris, Le Seuil, 1950.

préposé à la lubrification, l'évolution des matières lubrifiantes ainsi que la rupture que marque la tendance à l'automatisation de la lubrification. L'étude de la revue *La Machine Moderne*, fondée en décembre 1906 par l'ingénieur des arts et des manufactures Georges Lévy, expose cette tendance à l'automatisation. Il s'agit d'une « Revue pratique de construction et d'usinage mécanique »⁹¹ à publication mensuelle et à l'attention des ingénieurs et entrepreneurs. Cette étude porte sur les numéros publiés entre la fondation de la revue et le début de la Seconde Guerre mondiale (1906 à 1939)⁹². A partir d'une lecture de l'histoire de la tribologie, le dernier développement engagera une réflexion sur les pertes énergétiques issues de l'enchaînement des mécanismes de transmission. Il montrera comment la tribologie est un trait d'union entre la perspective cinématique et une analyse énergétique de la communication du mouvement.

1. La chaîne cinématique ou comment transmettre le mouvement rotatif

Ce premier développement présente les premières utilisations du mouvement rotatif dans les systèmes productifs. Il montrera comment les mécanismes de transmission combinés à ce mouvement permettent une simplification gestuelle des tâches et conduit à un éloignement de l'homme. Cette simplification des gestes permet de confier ce travail de force à des animaux domestiques, ou à des vecteurs énergétiques naturels comme les cours d'eau. Les mécanismes vont alors jouer un rôle de récepteur et de transformation de ces vecteurs énergétiques, c'est-à-dire de moteur. Pour étudier les moulins d'un point de vue cinématique, il convient d'exprimer le mouvement rotatif par la notion physique de couple mécanique, permettant de renseigner sa vitesse de rotation et sa puissance. La complexification et l'enchaînement des composants dans les systèmes productifs, c'est-à-dire l'introduction de mécanismes de transmission, va constituer les premières chaînes cinématiques.

1.1. *Le mouvement rotatif pour éloigner l'homme*

Le mouvement rotatif est utilisé dès l'Antiquité pour actionner des machines de production ou de levage. Deux exemples d'utilisation du mouvement rotatif vont permettre d'illustrer l'éloignement progressif entre l'activité humaine et la transformation de la matière. Le premier consiste à utiliser la force humaine, puis confiée à des animaux domestiques, dans des opérations de broyage d'olives ou de céréales afin d'actionner un moulin. Le second est l'ancêtre de la grue moderne, appelée dans le langage courant « cage à écureuil », qui permet au

⁹¹ Fiche BNF - Journal mensuel publication en série imprimée : La machine moderne (BNF 34348837) (BNF 32810398) (BNF 34384781)

⁹² Ce découpage temporel est motivé par la présence de lignes de production datant d'après la Seconde Guerre mondiale sur les terrains d'enquête. Ce détour par une revue spécialisée en machines-outils a pour fonction de nous donner accès à des données d'enquête inaccessibles sur le terrain.

manutentionnaire de soulever des charges par l'intermédiaire d'un système de cordage. Ces deux types d'utilisation ont pour point commun de reposer sur l'effet de levier, c'est-à-dire sur la recherche de l'amplification de l'effet de la force en un point d'application. Ces deux exemples ne font pas apparaître clairement la distinction des composants proposée par Gérard Joseph Christian, mais ils en montrent les prémices par la complexification des mécanismes des machines. En revanche, ils permettent d'introduire la notion de couple mécanique.

1.1.1. Le moulin rotatif succède au moulin alternatif

Préalablement au moulin rotatif, ce sont des moulins à mouvement rectiligne et alternatif qui sont utilisés. Appelés « broyeurs », ils servent à réaliser une opération de concassage de la matière. Ces moulins « broyeurs », dont le plus célèbre exemple est le moulin olynthien, sont en service dès le IV^e siècle avant notre ère. L'écrasement du grain est produit par le va-et-vient de la meule de travail, ou agissante, sur la meule dormante. La meule agissante est fixée sur un long levier, qui est stabilisé à la base de la meule dormante par un pivot. L'opération de broyage est réalisée par l'opérateur qui actionne manuellement la meule de travail de haut en bas. Dès le V^e siècle av. J.-C., les premiers moulins rotatifs manuels apparaissent et remplacent progressivement les « broyeurs ». Les premières meules rotatives permettent la production d'huile d'olive à usage domestique et peuvent être manipulées plus aisément par les humains car le produit autolubrifie le moulin et facilite l'opération. Ces meules rotatives sont nommées par la littérature « meule à bras » ou « moulinet ».

Les « moulinets » sont toujours constitués de deux types de meules, l'une dormante (4) et l'autre de travail (3). La première est percée par un axe en bois qui joue le rôle de pivot (1) tandis qu'une charpente en bois (2) va maintenir les meules de travail afin de les appuyer contre la meule dormante. Le pivot peut être équipé d'une bague de métal, afin de limiter les casses et faciliter son remplacement, c'est-à-dire sa maintenance. C'est la première forme de palier métallique connue⁹³. Ce type de moulin est une figure classique de la culture romaine et hellénistique, c'est le fameux « moulin à sang » pompéien, ou encore le moulin actionné par Samson, prisonnier des Philistins. Ce type de moulin semble nécessiter la force de plusieurs hommes pour fonctionner.

Ce travail de force est par la suite confié à des animaux *via* un système de charpente en bois. Ce transfert est permis par la simplification du geste nécessaire à l'opération par rapport au moulin broyeur, et par une complexification du mécanisme de transmission. Les manèges les plus simples sont composés d'une grande meule dormante circulaire, ayant un axe en bois en son

⁹³ Jean Frêne, « La tribologie de l'Antiquité à nos jours », *Mécanique et Industrie*, vol. 2, 2001, pp. 263-282.

centre. L'animal est accroché par une corde à l'axe et tire, au moyen d'un attelage, un rouleau en pierre autour de la meule dormante. Ce rouleau est lui-même fixé à l'axe de cette meule. L'animal tourne autour de l'axe et le rouleau tourne sur lui-même et écrase ainsi le grain sur la meule⁹⁴. L'utilisation de manèges actionnés par une force d'origine animale se poursuit dans le temps et dans les différentes régions du monde⁹⁵. L'usage du mouvement rotatif pour le meulage du grain et des fruits se diffuse rapidement en Occident, et les améliorations des moulins se succèdent afin de rendre la tâche moins éprouvante⁹⁶.

Ce passage entre des procédés de concassage à mouvement rectiligne alternatif et des procédés de broyage à mouvement rotatif ne doit pas être sous-estimé. André Leroi-Gourhan note que « *la transformation du mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire-continu mène à une autre forme de moulin* »⁹⁷. Cette transformation essentiellement géométrique des procédés pose les premiers jalons de la mise en continuité de la production. Ce renversement du mouvement permet une simplification du geste et le transfert du travail de force vers des animaux domestiques. L'homme réalise un travail de contrôle et d'alimentation du système de production. Il s'éloigne ainsi de l'acte de transformation de la matière. Ce transfert n'est possible que par la mise en place de mécanismes de transmission du mouvement rotatif, en l'occurrence un système de charpente, un arbre de transmission et un palier.

1.1.2. Liaisons entre mouvement rotatif et mouvement linéaire

Ces mécanismes de transmission permettent de transformer le mouvement rotatif afin de le rendre compatible avec un large éventail d'applications. C'est le cas de la cage à écureuil. Dans un souci de précision, rappelons que le terme technique désignant les prémices de la grue est le « tympan ». Les premiers exemples de ces tympan datent du VI^e siècle avant notre ère (fig. 4). Ils sont constitués d'une roue en bois dans laquelle marchent des hommes ou des animaux domestiques, afin d'enrouler la corde d'un treuil lors d'une opération de levage. Cet appareil permet de faire soulever des charges de plus de cinq cents kilogrammes par quelques personnes. Le tympan est présenté comme la machine permettant de donner le plus d'effet utile à l'énergie

⁹⁴ Maurice Daumas, *Histoire générale des techniques. Des origines au XVe siècle*, Tome 1, Paris, PUF, 1996, p. 104.

⁹⁵ L'exemple remarquable de cette utilisation est celui du manège pour broyer les tiges de cannes à sucre documenté en Inde, au Moyen-Âge. Ce broyeur se compose de trois rouleaux dentés, ou à pas de vis, positionnés de façon verticale. Le rouleau central est entraîné par la force animale, les deux autres par le premier en sens inverse. La tige de la canne, ainsi entraînée, est pressée puis écrasée par le mouvement rotatif des cylindres. Cette machine constitue la plus ancienne forme de laminoir connue. Voir Maurice Daumas, *ibid.*, pp. 105-106.

⁹⁶ Pour plus de détail sur l'histoire des moulins à grains, se reporter à Mouette Barboff (éd.), *Meules à grains*, Actes du colloque international de la Ferté-sous-Jouarre, 16-19 mai 2002, Paris, Edition de la Maison des sciences de l'homme, 2002.

⁹⁷ André Leroi-Gourhan, 1971, *op. cit.*, pp. 87-113.

humaine. Enfermé dans la cage, l'individu peut s'aider de ses bras, de ses jambes et de quasiment l'ensemble de sa chaîne musculaire pour faire tourner la roue.

En actionnant la roue depuis l'intérieur, l'homme utilise une multitude de leviers pour entraîner l'axe de la roue selon un mouvement rotatif. Si l'on adopte le point de vue de la cinématique, la grande roue peut être décrite comme un volant actionné de l'intérieur, permettant d'éviter les points morts. Ce volant est relié à un arbre de transmission qui imprime son mouvement à une corde s'enroulant autour d'un axe, appelé tambour. Dans ce cas, le mouvement rotatif est transformé en mouvement rectiligne par la simple médiation d'une corde et permet le levage vertical de la charge. Ces mécanismes de transmission ont donc une double fonction. D'une part, ils permettent de changer les propriétés du mouvement, d'autre part, ils participent à la mise à distance entre l'homme et la matière dans une activité productive. En l'occurrence, l'homme placé dans le tympan ne touche jamais la charge qu'il soulève. Par la suite, ce travail de force sera confié à un animal domestique. Il aura alors la tâche de surveiller et contrôler le bon déroulement de l'opération.

1.1.3. Le couple mécanique pour séparer l'homme et la matière

On remarque dans ces deux exemples que le geste productif de l'opérateur ne s'applique plus directement sur la matière et devient principalement un travail de force qui vise la mise en rotation des mécanismes d'une machine. Progressivement, on peut voir se différencier les mécanismes de transmission, qui transmettent et changent les propriétés de ce mouvement rotatif, et ceux d'une machine-outil qui va transformer ou déplacer la matière. Les mécanismes de transmission et de transformation du mouvement jouent ce rôle d'intermédiaire et de connexion. Il en résulte un éloignement entre l'activité humaine et l'acte de transformation de la matière.

Le prolongement que constitue le couple homme-outil est alors à repenser. Si l'on s'appuie sur l'exemple du « moulinet », actionner une meule consiste à pousser sur un levier autour d'une meule gisante de façon à décrire un cercle. L'opérateur n'agit pas directement sur la matière, il cherche seulement à déplacer la meule agissante. Le meulage du grain est la conséquence de la force de gravité s'exerçant sur la meule agissante dont l'efficacité est fonction de son poids et de ses abrasions. D'un point de vue géométrique, aucun effet ne résulte de la force exercée par l'opérateur, car une force de puissance et de vitesse égale vient s'y opposer. Une médiation technique par des mécanismes est nécessaire afin de transformer ou déplacer la matière. L'effet de la force exercée par l'homme sur le levier d'une roue ou d'une meule rotative s'exprime en cinématique par un couple mécanique qui est une représentation géométrique du mouvement

rotatif. Le couple mécanique est caractérisé par une vitesse et une puissance dont la résultante est nulle car il est défini selon deux forces antiparallèles de même grandeur.

Par l'intermédiaire de mécanismes de transmission et de transformation du mouvement, le mouvement rotatif permet de repenser l'opération de production réalisée par la main de l'homme. Il induit un éloignement entre l'homme et la matière et rend central la maîtrise du couple mécanique dans les systèmes de production. Ces productions peuvent être variées, du fait de la capacité des machines, considérées comme un agencement de mécanismes, à traiter et transformer les propriétés géométriques du mouvement en vue de diverses applications. Le geste permettant la mise en mouvement de l'outil est simplifié et standardisé. Il peut ainsi être confié à des animaux domestiques, voire à des vecteurs énergétiques non-vivants, comme la force d'un cours d'eau.

1.2. Mouvement rotatif et force hydraulique : l'émergence de la chaîne cinématique

Ce développement se propose d'illustrer l'expansion qu'a connu le recours à la force hydraulique en Europe depuis l'Antiquité et jusqu'au Moyen-Âge. Cette expansion passe par la mise en forme de la force hydraulique par les mécanismes de transmission et de transformation du mouvement. Ces mécanismes permettent à ce vecteur énergétique de répondre à la demande en mouvement de différentes industries, et de s'imposer comme la principale force motrice de l'étape « éotechnique »⁹⁸.

L'évocation de l'histoire des moulins permet de suivre celle du mouvement rotatif car il y a une synergie entre ces deux objets de recherche. Le moulin hydraulique est une machine composée de mécanismes qui captent le vecteur énergétique rectiligne d'un courant d'eau pour le transformer en mouvement rotatif. Ces mécanismes sont appelés « récepteurs » par Jean-Victor Poncelet dans son ouvrage consacré à la cinématique⁹⁹. La roue du moulin doit être perçue comme une somme de leviers qui, associés avec leurs opposés, forment une paire, c'est-à-dire un balancier. Une roue de moulin hydraulique est donc simplifiable d'un point de vue géométrique sous la forme d'un assemblage de balanciers. Cet ensemble est actionné par le mouvement d'un fluide qui capte cette force de translation et la transforme en un couple mécanique. La roue d'un moulin hydraulique peut alors être considérée comme un moteur inanimé. Le transfert de ce couple mécanique à l'outil de transformation de la matière se fait à

⁹⁸ Lewis Mumford, 1950, *op. cit.*

⁹⁹ Jean-Victor Poncelet, *Cours de mécanique appliquée aux machines*, Paris, Gauthier-Villars, 1874, p. 19.

l'aide de différents mécanismes de transmission. Ces mécanismes jouent un rôle déterminant dans le large développement du recours à l'énergie hydraulique entre l'Antiquité et les prémices de la révolution industrielle.

Le développement du recours à l'énergie hydraulique comme force motrice redistribue la division du travail à l'œuvre dans les exploitations économiques. Le travail de force est concurrencé par cette énergie et se trouve progressivement limité à des opérations de manutention. On peut alors y voir un prolongement de l'éloignement entre l'action de transformer la matière et le geste humain. L'utilisation de la force hydraulique conduit à la mise en continuité de la production, car le mouvement des machines s'autonomise de l'activité humaine et adopte son propre rythme productif. Il en résulte le développement d'opérations de surveillance et de réglage de l'appareil de production, ainsi que des opérations de maintenance curative et préventive. En effet, le recours à l'énergie hydraulique comme force motrice fait apparaître une nouvelle fragilité des systèmes productifs, celle de la casse mécanique qui rompt le flux de production.

1.2.1. La force hydraulique dans l'Antiquité

Les premières tentatives de mobilisation de la force hydraulique remontent à la Grèce antique, où l'on retrouve les premiers moulins à roues hydrauliques. Ces moulins rudimentaires sont outillés d'une roue horizontale à hélices légèrement profilées, afin de bénéficier au mieux du courant dans un seul sens de rotation. La roue, entièrement immergée, est reliée à la meule glissante par un arbre de transmission en bois. Il va sans dire qu'il faut un courant assez fort pour que le dispositif fonctionne¹⁰⁰. En effet, dans le cas du moulin à roue horizontale, les forces s'opposent, contrariant le mouvement de la roue, et provoquant des casses dues à ces fortes pressions contraires et à l'usure naturelle du bois. Si les ingénieurs de la Grèce antique n'ont guère diffusé et optimisé le moulin hydraulique, ils ont fourni les éléments théoriques nécessaires à leurs homologues de la Rome antique pour y parvenir. L'histoire de la cinématique prend un tournant théorique avec Archytas de Tarente (vers 400 av. J.-C.). Il conceptualise, et peut-être réalise, les premières vis, roues à dents et engrenages à lanternes. Ces mécanismes de transmission et de transformation du mouvement sont à la base de la diversification des machines. Archimède de Syracuse (287-212 av. J.-C.) multiplie les usages de ces mécanismes, particulièrement pour les machines hydrauliques¹⁰¹.

¹⁰⁰ Maurice Daumas, 1996, t.1, *op. cit.*, p. 195.

¹⁰¹ *Ibid.*, p. 194.

L'utilisation des engrenages à lanternes, illustrés ci-dessous, permet aux romains de passer du moulin à roue horizontale au moulin à roue verticale. L'évolution des composants de transmission permet de changer l'orientation du composant moteur. Ces engrenages en bois sont composés de deux roues, l'une équipée de petites dents, et l'autre de tiges perpendiculaires délimitant un sillon creusé en périphérie de la roue. Ces deux roues s'emboîtent l'une dans l'autre dans un mouvement de rotation. L'arbre de travail, qui actionne la meule agissante, est alors perpendiculaire à l'arbre de la roue à aube, *i.e.* au volant, transmettant le mouvement rotatif produit à partir du mouvement rectiligne du cours d'eau. Les mécanismes de transmission permettent de transformer la direction et les caractéristiques du couple mécanique du fait de ce système de renvoi d'angle et du diamètre des roues de l'engrenage à lanternes¹⁰². Les engrenages à lanternes permettent, par un simple dénombrement visuel des dents et des empreintes femelles, de calculer un ratio qui indique la variation inversement proportionnelle de la puissance et de la vitesse produite par le mécanisme¹⁰³.

Grâce à ces mécanismes de transmission, le moulin hydraulique n'est plus condamné au cours d'eau rapide et puissant. Il s'adapte à un large éventail de forces de flux, voire à des cours d'eau artificiels. En effet, il peut être alimenté par un aqueduc en positionnant l'écoulement de l'eau à 45 degrés par rapport à l'axe horizontal de la roue. Les romains élaborent alors des sites de production de grande ampleur, comme en pays d'Arles au IV^e siècle où « *la chute d'eau d'un aqueduc actionne des roues à aubes verticales qui transmettent la force, par un axe horizontal, à un rouet vertical engrené sur une roue dentée dont l'arbre entraînait la meule ; deux séries de huit moulins étagés en pente douce sur une pente de soixante mètres fonctionnaient ainsi dans cette meunerie* »¹⁰⁴.

Le gain de productivité apporté par les moulins hydrauliques à roue horizontale s'accompagne d'une maîtrise des engrenages à renvoi d'angle, mais aussi de progrès sur la forme des aubes. La cinématique a permis d'améliorer la forme des mécanismes de transmission du mouvement et donc de mieux utiliser la force du courant hydraulique, c'est-à-dire de bénéficier pleinement de l'effet de levier du volant et de pouvoir jouer sur les propriétés du couple mécanique.

¹⁰² En l'occurrence, la diminution du diamètre de la roue d'engrenage par rapport au volant permet un gain de vitesse de rotation et une perte de puissance.

¹⁰³ Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*

¹⁰⁴ Maurice Daumas, 1996, t.1, *op. cit.*, p. 243.

1.2.2. Diffusion du moulin hydraulique au Moyen-Âge en Occident : les résultats de la cinématique

La présence de nombreux cours d'eau en Europe occidentale est favorable au développement et à la diffusion des moulins hydrauliques dans de nombreux pans de l'activité économique. Encore faut-il que le couple mécanique corresponde à la demande et au besoin des systèmes de fabrication. Toute une partie des procédés de fabrication repose sur le martelage ou le sciage d'une matière par un outil fabriqué à partir d'un matériau plus solide. La mise en forme de la force motrice d'un courant d'eau par les engrenages à lanternes ne permet pas de répondre à l'ensemble de la demande en mouvement des industries. Le moulin, et par extension la force hydraulique, pour se développer et devenir dominant, va devoir produire un autre type de mouvement : le mouvement rectiligne alternatif. De nouveaux mécanismes de transmission de mouvement vont être essentiels pour assurer la mise en forme de cette force motrice, afin de produire un mouvement rectiligne alternatif à partir d'un mouvement rotatif. Ce développement des mécanismes permet d'observer la distinction de composants opérée par Gérard Joseph Christian entre moteur, machine-outil et mécanismes de transmission.

Le premier mécanisme « sera essentiellement l'arbre à cames, invention simple à usages multiples, qui commande aujourd'hui encore quantité de machines, même les plus perfectionnées »¹⁰⁵. Il se compose d'un arbre central, sur lequel est disposée « une couronne portant sur sa surface extérieure, à intervalles réguliers, des sabots ou cames »¹⁰⁶. Ces cames, en s'appuyant sur le manche de l'outil, vont provoquer son mouvement, puis en le relâchant, lui permettre de retrouver sa position de départ, jusqu'à ce qu'une nouvelle came l'entraîne. Ce système de transmission et de transformation du mouvement est bien connu dans l'Antiquité. Son application au moulin permet d'appliquer la force motrice hydraulique à davantage d'industries, pour mener des opérations de martelage et de pilonnage. Le second mécanisme qui permet une telle transformation est la bielle-manivelle. Ce mécanisme (fig. 6)¹⁰⁷, combiné avec une roue à aube et un engrenage à lanternes, permet de réaliser des opérations de sciage. Une manivelle, ou vilebrequin, est fixée à un volant d'inertie, et transmet le mouvement à la bielle qui se termine en sa partie femelle par une articulation en forme de rotule. Le mouvement rotatif est ainsi transformé en mouvement rectiligne alternatif. Ce mécanisme est connu et utilisé en Grèce

¹⁰⁵ *Ibid.*, p. 467.

¹⁰⁶ *Ibid.*, p. 467.

¹⁰⁷ Tullia Ritti, Klaus Grewe, Paul Kessener, « A relief of a water-powered stone saw mill on a sarcophagus at Hierapolis and its implications », *Journal of Roman Archaeology*, vol. 20, pp. 138–163 (148, fig. 10), 2007.

antique pour mettre en mouvement des outils de scierie¹⁰⁸, mais il disparaît à la suite de l'effondrement de la civilisation romaine. Il est formellement redécouvert au XV^e siècle¹⁰⁹, époque à laquelle il est mentionné dans le manuscrit dit *Anonyme de la guerre hussite*, daté approximativement de 1430.

1.2.3. Diffusion du mouvement rotatif : l'adaptation aux processus par la simplification de la transmission et un changement de matériau

Un couple vecteur énergétique et mécanisme se lie, se renforce et se maintient de manière simultanée¹¹⁰. Ce couple va pouvoir répondre à une large demande de mouvements et s'appliquer à un nombre considérable d'industries. Cette adaptation passe par une simplification de la transmission du mouvement rotatif, c'est-à-dire par son extension du moteur vers l'outil de la machine de production. La multiplication des applications du couple mécanique nécessite un changement de matériau des engrenages et des paliers afin de pouvoir mettre en mouvement des outils plus lourds. Le cas de l'industrie métallurgique expose ce changement de matériau.

i. Du moulin hydraulique au cylindre de travail, une simplification de la transmission

Selon les sources, on dénombre en Gaule au VI^e siècle seulement une dizaine de roues hydrauliques. On les compte par centaines au XII^e siècle et par milliers au XIII^e siècle. Cette rapide augmentation montre l'importance prise par cette force motrice. L'utilisation massive de la force hydraulique constitue le facteur clef de la révolution technique des XII^e et XIII^e siècles, dans le sens où elle permet de mettre en mouvement un large panel d'outils de transformation de la matière¹¹¹. Les villes et les campagnes s'en trouvent transformées car les fabriques s'installent et se développent le long des cours d'eau. De multiples canaux et arrivées d'eau sont creusés afin d'acheminer la source du mouvement mécanique, et des barrages sont construits pour renforcer la force des courants. Le droit d'usage des forêts prend une autre tournure avec la demande incessante en bois de chênes et d'ormes, nécessaire à la construction et à la réparation fréquente des moulins. Le droit d'usage des rivières, torrents et autres cours d'eau devient un enjeu de source de force motrice à optimiser. Les bois jouxtant les rivières sont éclaircis afin d'augmenter la force du flux, et par voie de conséquence, le couple mécanique des machines de production. Les moulins hydrauliques sont affectés à toutes tâches, comme les moulins à bière, les moulins à pastel, ou encore les moulins à fer. Il ne faut pas oublier le moulin à papier, qui marque sans

¹⁰⁸ Maurice Daumas, 1996, t.1, *op. cit.*, p. 161.

¹⁰⁹ Bertrand Gilles (dir.), *Histoire des techniques. Technique et civilisations, technique et sciences*, Paris, Gallimard, 1978.

¹¹⁰ Maurice Daumas, 1996, t.1, *op. cit.*, p. 457.

¹¹¹ *Ibid.* p. 463.

doute la première évolution notable de la méthode de production du papier depuis son adoption en Occident¹¹².

Les procédés de fabrication se trouvent rapidement affectés par cette évolution des mécanismes de transmission. Cette mécanisation d'une partie des processus de production laisse entrevoir une automation simple des machines-outils¹¹³ et une simplification géométrique de la transmission du mouvement. Un ensemble d'opérations de transformation de la matière reposant sur le mouvement rectiligne alternatif, et donc sur une mécanisation du geste humain, va être remplacé par des machines-outils équipées de cylindres de travail. La transmission du mouvement entre le moteur et l'outil de la machine, dans cet ensemble de mécanismes, en est simplifiée. Les opérations de martelage sont progressivement remplacées par des opérations de laminage pour les métaux mous puis pour la fonte. Le laminage permet aussi de subroger tout un ensemble d'opérations d'écrasements par l'utilisation de presses rotatives, comme dans l'industrie papetière. Des opérations de broyage et de raffinage pourront être substituées à celles de concassage, réalisées à l'aide d'un marteau-pilon. La scie à disque succède avantageusement la cisaille ou scie alternative et, dans une moindre mesure, l'opération de perçage prend la place de l'opération de poinçonnage.

ii. Adapter les engrenages en changeant de matière : le cas de la métallurgie

Cet ensemble d'évolutions des systèmes productifs participe à la mise en flux de la production car elle autorise une meilleure circulation de la matière lors de sa transformation. Ce phénomène de mise en flux de la production est particulièrement clair dans le secteur de la métallurgie. Ce secteur industriel se déploie progressivement sous la forme de petites installations éparses qui se nichent le long des cours d'eau, et particulièrement dans les montagnes. Ce positionnement géographique est un choix stratégique. Les installations doivent, pour des raisons logistiques, être nécessairement situées à proximité d'un gisement de minerai de qualité, et à côté de forts cours d'eau, de façon à bénéficier d'une force motrice importante. Entre le XIV^e et le XVIII^e siècle, le processus industriel de fabrication de la fonte connaît de fortes évolutions. La plus notable est l'utilisation de haut-fourneaux qui permettent de produire de la fonte en coulée continue. Ce changement de processus a été rendu possible par l'installation de soufflets hydrauliques dès la seconde moitié du XIV^e siècle. Ces soufflets permettent de s'affranchir d'un

¹¹² *Ibid.*, p. 469.

¹¹³ En effet, dès le XII^{ème} siècle, il existe un moulin hydraulique à grains équipé d'une commande automatique qui détermine, en fonction de l'énergie disponible issue du cours d'eau, la quantité de grains à déverser dans la meule, c'est le système baille-blé. Voir Maurice Daumas, *Histoire générale des techniques, Les premières étapes du machinisme : XV-XVIIIe siècles*, Tome 2, Paris, PUF, 1996, p. 35.

tirage naturel et de surélever le foyer du fourneau. La fonte produite par la montée en température du minerai de fer s'écoule du haut fourneau dans des canalisations pour forme, après refroidissement, des brames de métal. La production de fonte augmente par cette mise en flux de la production, et son usinage débute¹¹⁴.

Les engrenages en bois ne conviennent plus aux besoins de l'industrie métallurgique, leur résistance ne suffit pas et les casses sont trop fréquentes. Les mécaniciens commencent par sélectionner des essences de bois de plus en plus résistantes, comme le chêne vert ou le gaïac, puis le métal devient une alternative crédible du fait de l'augmentation de la production. Tout d'abord, des plaques de plomb puis de fonte sont apposées sur les mécanismes en bois dur pour retarder les casses. Les premiers mécanismes touchés par cette mutation des matériaux sont les paliers lisses, puis certains engrenages affectés aux lourds outils des machines. L'usinage ou la mise en forme des métaux en grande quantité devient possible au cours du XV^e siècle, grâce à l'emploi d'engrenages en fonte permettant de transmettre une puissance plus importante¹¹⁵. L'usinage des métaux par des laminoirs, tréfileries et fenderies hydrauliques facilite les applications de ces nouvelles matières. Progressivement, le bois disparaît pour laisser place à un univers de métal plus résistant et plus durable.

Ce changement de matériau répond à l'évolution de la demande en mouvement des différents secteurs industriels, qui souhaitent plus de vitesse et de puissance afin de mettre en mouvement des machines aux outils plus lourds ou des tours plus précis. Cette diffusion progressive de nouveaux matériaux métalliques va jouer un grand rôle dans le progrès technique du machinisme, au même titre que l'horlogerie et l'usinage de précision. Les mécanismes de transmission témoignent de ce progrès technique. A l'orée du XVIII^e siècle, le bois perd sa place de matière première dominante au profit du métal. Cette évolution des processus industriels conduit à une diminution de la substituabilité entre la machine-outil et l'homme, ce qui rend les systèmes productifs davantage sensible aux casses mécaniques. La simplification de la transmission du mouvement confère une forme de monopôle géométrique au mouvement rotatif pour actionner les machines-outils. Cette évolution se traduit par l'utilisation du mouvement rotatif jusqu'à l'outil de transformation de la matière et par une amélioration du principe de continuité de la production. Corollairement, cette simplification provoque un éloignement entre l'homme et le

¹¹⁴ Maurice Daumas, 1996, t.2, *op. cit.*

¹¹⁵ Bertrand Gille, 1978, *op. cit.*, p. 626.

mécanisme productif, c'est-à-dire une tendance à l'automatisation. L'opérateur devient surveillant du processus et s'inquiète de la fiabilité de son installation.

1.2.4. Le frottement comme obstacle au monde idéal

Le XVII^e siècle marque un tournant dans la prise en considération de la problématique des frottements par les savants. Si les tenants de la théorie de la statique, comme Descartes, ne font que peu état de ce phénomène observable, « *tout cela est fort peu à comparaison de ce que l'on lève, et ne peut être estimé qu'à peu près* »¹¹⁶, les praticiens sont confrontés à une machinerie grinçante. L'articulation entre savoirs théoriques et problèmes pratiques est difficile. La théorie s'attache à calculer géométriquement le poids d'équilibre d'un système afférant à une machine simple de façon à faire disparaître les résistances, et « *le presque rien* » qui surmonte en définitive la résistance est abandonné au praticien »¹¹⁷. Ce « presque rien » correspond au frottement des mécanismes en mouvement. Pourtant, la phase « éotechnique » décrite par Lewis Mumford¹¹⁸ est celle où ces frottements sont omniprésents. En l'absence d'une cinématique permettant d'améliorer la forme des mécanismes, un bruit de fond s'installe dans les lieux de fabrication :

« *Ce ne sont que des roues dentées ou à chevilles qui donnent violemment contre le pignon des lanternes, essieux qui crient dans le moyeu des roues, cordes peu flexibles si on les veut solides, articulation aux joints trop lâches ou trop serrés, qui heurtent ou qui grippent, arbres à cames et transmission qui cognent.* »¹¹⁹

Les mécanismes de transmission semblent pâtir de l'imprécision de leur forme. Même la lubrification à la graisse animale ne peut enrayer ce phénomène du frottement qui est présenté par les praticiens comme la cause de tous les maux des machines¹²⁰. Pour parer au frottement, qui reste alors une catégorie mal définie et regroupe toutes résistances ou imperfections des mécanismes, les savants vont tout d'abord essayer de déterminer les mécanismes les plus sensibles à ce phénomène et les remplacer, voire les supprimer. Une phase de simplification des mécanismes des machines est observable dans la seconde moitié du XVII^e siècle, sans qu'elle ne permette de proposer des solutions au phénomène de frottement, le repoussant plus loin dans le mécanisme sans le faire disparaître¹²¹. L'amélioration de la forme des mécanismes passe par

¹¹⁶ René Descartes, *Correspondance autographe de René Descartes et de Constantin Huygens (1635-1647)*, t. 2, 1637, pp. 352-353.

¹¹⁷ Jean-Pierre Séris, *op.cit.*, 1987 p. 164

¹¹⁸ Lewis Mumford, 1950, *op. cit.*

¹¹⁹ Jean-Pierre Série, *op.cit.*, 1987 p. 165.

¹²⁰ *Ibid.* p. 165.

¹²¹ *Ibid.* pp. 166-169.

l'usage du calcul mathématique, et plus particulièrement géométrique. Il s'attache tout d'abord à la forme des engrenages qui, par leurs caractéristiques (diamètre et nombre de dents), invitent au calcul :

« Lorsqu'on étudie les livres de machine des XVII^e et XVIII^e siècles, ... on est frappé par le caractère approximatif de leur structure, de leur fonctionnement, de leur conception. Elles sont souvent décrites avec leur dimension (réelles) exactement mesurées. Jamais, en revanche, elles ne sont « calculées »... Toutes, à l'exception des moulins, qui employaient comme moyen de transmission de la force motrice des accouplements de roues, d'engrenages, moyen qui positivement invitent au calcul – ont été conçues et exécutées « au jugé, « par l'estimation ».¹²²

Les dents des engrenages ont fait l'objet d'une attention particulière car on peut y observer une décomposition de la communication du mouvement entre le mouvement de « prendre » et le mouvement de « laisser », effectué par les dents dans le sillon des lanternes¹²³. Cette décomposition présente une opposition entre contact optimal et contact parasite. Les dents doivent être taillées de façon à faciliter cette seconde phase qui est source de frottement. Les dents des engrenages, lors de leur fonctionnement, s'usent et cette usure est à rapprocher avec une phase de rodage de la dent et de l'accouplement des engrenages. Les praticiens et les savants observent cette phase de rodage, où la dent est façonnée par ses conditions d'utilisation et prend une forme davantage adéquate à la transmission du mouvement. La forme des dents devient un objet de recherche scientifique où tout l'enjeu est de trouver la forme qui tend vers le contact optimal en fonction des conditions d'utilisation prévues, et ainsi éviter les contacts parasites. Les mathématiciens se saisissent de la question et proposent une solution géométrique au problème des frottements. Malgré une controverse historique¹²⁴, il semble que le mathématicien Philippe La Hire (1640-1718) ait la paternité des premières recherches théoriques portant sur la forme des dents d'engrenages. Il publie en 1694 le *Traité des Epicycloïdes et de leur usage dans les mécaniques*¹²⁵, dans lequel il fonde une approche proprement cinématique de la forme des engrenages, et plus particulièrement des moteurs hydrauliques :

¹²² Alexandre Koyré, « Du monde de l'à-peu-près à l'univers de la précision », *Etudes d'histoire de la pensée philosophique*, Paris, 1971, p. 347.

¹²³ P. Casati, *Mechanicorum libri Octo*, Lyon, 1684, in Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, p. 176.

¹²⁴ Une controverse sur la primauté de cette découverte existe entre deux mathématiciens, La Hire et Roemer. D'après Leibniz, Roemer aurait déjà communiqué sur la forme épicycloïdale des engrenages avant le traité de la Hire, bien que Roemer ne revendique pas clairement ses résultats. Pour plus de détail sur ce point, se référer à Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, pp.185-191.

¹²⁵ Philippe La Hire, « Traité des Epicycloïdes », in *Mémoires de Mathématique et de Physique*, Paris, 1694.

« La figure des dents de roues semblait de si peu de conséquences, qu'on l'avait toujours négligée comme une chose qui ne regardait que la pratique et qui devait être entièrement abandonnée à l'ouvrier ; quoique ce soit en effet ce qui devait être le plus soigneusement examiné : car les frottements étant plus ou moins grands, à proportion que les dents des roues qui font tout l'effort dans les machines, s'écartent plus ou moins de la figure qui leur convient, les machines composées de roues dentées n'ont presque jamais l'effet qu'on s'était imaginé, quand on n'en considère point l'exécution. J'ai donc cru qu'il fallait examiner avec un très grand soin quelle devait être la figure des dents de roues, puisque ce n'est que par ces dents que les roues agissent l'une sur l'autre, et que c'est par leur moyen qu'on peut ménager la force mouvante pour en tirer tout l'avantage possible. »¹²⁶

La forme épicycloïdale des engrenages devait supprimer tous les frottements pour que la force motrice soit intégralement transmise et consommée lors du contact entre deux dents d'engrenages en rotation. Pour le mathématicien, l'équilibre entre les puissances des engrenages est assuré par cette absence de frottement opéré lors de ce contact idéal. Dans son traité, Philippe La Hire a le souci de rendre transposable, dans la pratique, sa géométrie des engrenages afin d'ériger une passerelle entre savoir théorique et applications pratiques. Il préconise l'agencement des roues d'engrenages lors de leur accouplement afin d'assurer un contact optimal entre les dents, et assurer ainsi qu'il n'y ait un contact que lors de la phase d'échappement. Cette forme d'engrenage devait aussi permettre d'améliorer la régularité du mouvement, c'est-à-dire d'obtenir un mouvement rotatif continu et uniforme. Ses résultats sont complétés par Charles Etienne Louis Camus, en 1733, dans un mémoire rendu à l'Académie royale des sciences¹²⁷.

Selon les encyclopédistes¹²⁸, c'est grâce à M. Camus que les recherches de La Hire ont pu être utilisées par les mécaniciens de son temps. Son mémoire fait office de manuel pour bon nombre de praticiens. Sur le plan théorique, le mathématicien Léonard Euler (1707-1783) prolonge les recherches sur la forme des engrenages dans ses travaux publiés en 1765¹²⁹. Par son approche analytique, il précise la notion de coefficient et d'angle de frottement et pose l'opposition entre frottement statique et dynamique. John Imison publie quant à lui un ouvrage de vulgarisation,

¹²⁶ *Ibid.*

¹²⁷ Charles Etienne Louis Camus a rédigé deux mémoires sur le sujet. Le premier, en 1733, porte sur les roues dentées et les ailes des pignons, et le second, en 1747, porte sur les tangentes des points communs à plusieurs branches d'une même courbe.

¹²⁸ Diderot et D'Alembert, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, tome 4, p. 841, 1751-1772.

¹²⁹ Léonard Euler, *Vollständige Anleitung zur Algebra*, 1765, traduit en français en 1774 par Jean Bernoulli.

The school of Art, qui vise à la diffusion des savoirs théoriques sur les frottements auprès des praticiens. Edité une première fois en 1787, ce manuel connaît plusieurs rééditions et a un impact durable sur la méthode de fabrication des engrenages à forme épicycloïdale. Ces savoirs scientifiques seront transmis aux praticiens *via* des manuels de mécanique appliquée dans le premier quart du dix-neuvième siècle, c'est-à-dire lors de la diffusion du métal comme matière première utilisée pour les mécanismes de transmission et moteurs¹³⁰. La fonte est la matière première idéale pour réaliser ces mécanismes, car elle permet une plus grande précision de mise en forme. Matière économique, elle supporte des opérations d'ajustement et de ponçage pour réduire les irrégularités des faces de travail.

Les moteurs hydrauliques, en tant que source de force motrice, se sont continuellement adaptés à l'évolution de la demande en mouvement des industries par des gains de puissance et de vitesse. Les mécanismes de transmission et de transformation du mouvement ont joué un rôle de mise en forme du mouvement, qui a permis un appariement entre l'offre et la demande. La généralisation du moulin comme mécanisme récepteur de vecteurs énergétiques donne une place prépondérante au couple mécanique dans les systèmes productifs. Le remplacement des roues à auges par des turbines afin de capter la force hydraulique est un résultat marquant de cette démarche géométrique. Elle s'accompagne d'une simplification de la communication des forces et de la maîtrise du couple mécanique. L'utilisation de la turbine comme un ensemble de mécanismes composant un moteur permet à la force hydraulique de concurrencer, à long terme, la force vapeur, voire de se combiner avec elle. Deux contraintes indépassables vont néanmoins restreindre l'expansion des moulins hydrauliques. La première est géographique, car l'emploi de la force hydraulique contraint les industries à se situer à proximité des cours d'eau, ce qui est problématique pour les industries minières et métallurgiques qui sont de plus en plus dépendantes de leur proximité avec les veines de matières premières de qualité. Ensuite, cette force motrice est dépendante des aléas naturels. En effet, une période de sécheresse ou de grand froid diminue fortement la force motrice qui entraîne les roues hydrauliques, ce qui rompt la continuité de la production industrielle. Même dans des conditions normales de fonctionnement, la force hydraulique ne permet pas d'assurer un mouvement uniforme aux systèmes productifs. Les moteurs à vapeur permettent de s'affranchir des aléas naturels et des contraintes géographiques.

¹³⁰ Maurice Daumas, 1996, t.2, *op. cit.*

2. De la machine à double effet au moteur électrique, extension puis réduction de la chaîne cinématique

Le développement de la machine à feu vers la machine à double effet de Watt peut être analysé comme un processus d'adaptation de la machine à vapeur aux chaînes cinématiques préexistantes. Pour que la machine à vapeur soit une alternative au moulin hydraulique, encore faut-il qu'elle puisse produire un mouvement rotatif. Cette adaptation va nécessiter une complexification de la chaîne cinématique mais aussi permettre son extension ou son allongement. Le moteur électrique apparaît alors comme une solution technique face à cette complexification et extension de la chaîne cinématique. A partir du moteur électrique et de l'établissement d'une chaîne cinématique réduite, les différents mécanismes de transmission contemporains seront présentés.

2.1. *D'une machine à feu pour pomper l'eau à un moteur vapeur pour entraîner un volant*

L'histoire de l'émergence de la machine à vapeur s'étend des premières observations de la force exercée par la vapeur sur une résistance aux travaux de James Watt, qui lui donne ses premières applications industrielles. Le moteur à vapeur, pour concurrencer le moteur hydraulique, doit pouvoir s'inscrire dans la chaîne cinématique préexistante. Il apparaît que les processus à mouvement rotatif s'imposent comme un modèle technique auquel il faut se conformer. Des premières applications en tant que pompe pour l'industrie minière aux applications industrielles, on observe une complexification des mécanismes cinématiques. Cette complexification vise à transformer le mouvement rectiligne alternatif d'un piston en un mouvement rotatif uniforme d'un volant. Cette présentation s'articule autour de plusieurs acteurs de l'histoire industrielle qui ont joué un rôle crucial pour le développement du moteur à vapeur. L'utilisation du moteur à vapeur dans les industries va participer à davantage de continuité dans les systèmes productifs grâce à l'uniformisation du mouvement rotatif et l'extension des chaînes cinématiques.

2.1.1. Une machine à feu pour pomper de l'eau

L'utilisation de la force de la vapeur à des fins industrielles est liée aux nouveaux besoins de l'industrie minière au XV^{ème} siècle. Ce secteur industriel est alors confronté à un problème de production. Pour pouvoir creuser de plus en plus profondément le sol à la recherche de métaux ferreux et de charbon, cette industrie doit extraire de plus grands volumes d'eau du fond de ses mines. Cette difficulté est renforcée par les caractéristiques même de cette industrie, dont la localisation est établie en fonction de la qualité des veines de minerai, et non de la proximité avec

un torrent ou une rivière. La mobilisation de la force hydraulique nécessite la construction d'infrastructures comme un canal, un tunnel ou encore un aqueduc. Ces projets de détournement de la force hydraulique sont coûteux et difficilement généralisables. Quant à la force animale ou éolienne, elles arrivent rapidement à leur limite de puissance face à ce labeur. Pour répondre à ces difficultés, l'industrie minière met en place un concours de recherche portant sur une nouvelle force motrice permettant de pomper l'eau des profondeurs tout en faisant fi des conditions géographiques. Denis Papin (1647-1713) et Thomas Savery (1650-1715) s'intéressent à ce sujet.

Ces deux inventeurs traitent le problème en empruntant des chemins différents. Denis Papin va développer le moteur à cylindres et pistons animés par la vapeur¹³¹. Il utilise la force d'extension de la vapeur issue d'une eau mise à ébullition pour pousser un piston dans un cylindre et ainsi obtenir un mouvement rectiligne alternatif. L'eau, en refroidissant, cède face à la force de gravité, et le piston revient en place. Le cycle dure une minute pour une puissance développée d'un cheval-vapeur. Pour pallier cette faible vitesse de cycle, Papin propose d'utiliser plusieurs cylindres en série. La difficulté réside alors dans la manutention manuelle du foyer de chaleur. La faible qualité d'usinage des pistons et des cylindres conduit à des problèmes d'étanchéité, ce qui limite la puissance de sa machine. Thomas Savery ne reprend pas le système de piston et de cylindre de Papin, mais adopte seulement « *le principe d'aspiration de l'eau par le vide, puis du refoulement sous la pression de la vapeur* »¹³² et applique ce principe pour imaginer et réduire la machine à feu à une simple pompe à eau. Savery répond parfaitement aux besoins de l'industrie minière, car sa machine à feu peut pomper de l'eau en se délestant des facteurs naturels. Le système repose sur une logique de vases communicants, chauffés puis refroidis, et sur un réseau de tuyaux et de robinets. Il surnomme sa machine « *The Mineur's Friend* » et vante sa puissance. En réalité, elle ne développe que la puissance d'un cheval, et ne peut soulever l'eau qu'à une hauteur de soixante-dix pieds. Ces deux inventeurs n'auront de cesse de chercher à produire des machines à feu développant une puissance suffisante pour des applications industrielles, sans jamais réellement y parvenir.

C'est Thomas Newcomen (1663-1729) qui est le premier inventeur à répondre aux besoins de pompage de l'industrie minière. Il n'est pas à l'origine d'une invention décisive, mais d'un agencement empirique adroit des solutions techniques à sa disposition (illustration à gauche)¹³³. Son apport principal consiste en un procédé de refroidissement accéléré de la vapeur d'eau

¹³¹ Maurice Daumas, 1996, t.2, *op. cit.*, p. 458.

¹³² *Ibid.*, p. 461.

¹³³ Machine à vapeur de Newcomen dans l'*Encyclopédie Meyers*, 1888-1890.

poussant le piston, ce qui permet d'augmenter la cadence de la machine, et ainsi améliorer son rendement. Pour ce faire, il prévoit un système de refroidissement par de l'eau, déclenché automatiquement par un robinet dépendant du mouvement du balancier. Le piston de la machine à vapeur est raccordé à un balancier qui va transmettre le mouvement rectiligne alternatif et actionner deux pompes : la pompe hydraulique de travail (H, K, I) et une pompe de refroidissement (M, N, L, P). Cette machine à feu est appelée « machine atmosphérique », car l'énergie utilisée lors de la phase de pompage est bien celle résultant de la force de la gravité, c'est-à-dire qu'elle est produite lors de la descente du piston, et non sur sa phase ascendante, issue de l'élasticité de la vapeur. Le premier modèle de machine atmosphérique, installé dans une mine près de Dudley Castle (U.K.), pouvait développer une puissance de cinq chevaux et demi. Elle donnait douze coups à la minute, et chacun de ses coups permettait de soulever dix gallons d'eau sur une hauteur de cinquante et un yard. On remarque qu'en plus d'indiquer la puissance de ce moteur atmosphérique, comme pour les machines à feu de Papin et de De Savery, la machine de Newcomen produit un effet mesurable. Il s'agit là d'une rupture avec les moteurs hydrauliques dont le fonctionnement est lié aux conditions naturelles.

La machine atmosphérique connaît un succès commercial et de nombreuses améliorations techniques. Les progrès réalisés au niveau de la qualité des usinages et la diffusion plus large de la fonte sont des facteurs non-négligeables. Cependant, la machine atmosphérique reste cantonnée à son rôle de pompe à eau à cause des caractéristiques du mouvement produit. Guillaume Amontons, ingénieur français, a très tôt compris cette limite de la force vapeur utilisée pour remonter un piston et propose à l'Académie des sciences un projet de moulin à feu. Ce moulin à feu devait pouvoir, sans davantage de recherche sur les mécanismes de transmission, être une alternative au moteur hydraulique. Il semble que ce moulin n'ait jamais fonctionné.

2.1.2. De l'importance du mouvement rotatif

Au début du XVIII^e siècle, le secteur minier est encore dépendant de coûteux manèges à chevaux pour actionner les machines de production. Ce secteur trouve un allié dans l'industrie métallurgique pour appuyer cette demande d'une nouvelle source de mouvement. En effet, comme dans l'industrie minière, l'industrie métallurgique cherche à se développer à proximité des gisements souterrains de matières premières. L'augmentation de la taille des sites implique un besoin en minerai important, qui ne peut pas être couvert par les réseaux de transport. Il apparaît alors plus efficace de rapprocher les sites de production des mines d'extraction de minerai. Encore faut-il pouvoir actionner les soufflets des hauts fourneaux, les laminoirs et autres tréfileries en quittant les abords des rivières.

C'est à ce moment que James Watt (1736-1819) entre en jeu. Cet ingénieur a joué un rôle décisif dans la diffusion et l'adaptation de la machine à vapeur au milieu industriel. À partir des travaux de ses contemporains concernant les propriétés de la vapeur¹³⁴, James Watt parvient à optimiser l'effet de la machine atmosphérique de Newcomen¹³⁵. En 1769, il pose un brevet en cinq points pour donner suite à son invention, mais l'utilisation industrielle de cette dernière ne débute qu'en 1775, après que Watt s'est associé à l'industriel Matthew Boulton (1728-1809). Les premières machines de Watt équipent des mines pour l'assèchement, mais aussi des soufflets de hauts fourneaux à Broseley (U.K.), une distillerie à Londres et une entreprise de charbonnage à Bedworth (U.K.). Jusque-là, les applications industrielles des machines atmosphériques sont cantonnées à des mouvements rectilignes alternatifs, et leur champ d'application est donc limité.

Depuis l'obtention de son brevet en 1769, James Watt tente de transformer le mouvement rectiligne alternatif de sa machine à vapeur en un mouvement circulaire continu. Il n'est pas le seul à s'intéresser au sujet. Plusieurs inventeurs cherchent, à l'aide de systèmes d'articulation, comme celui de la bielle-manivelle, à opérer cette transformation à partir de la machine de Newcomen. La difficulté se situe au niveau de la continuité du mouvement rotatif, à cause de l'inégalité de travail des deux phases de mouvement de la machine atmosphérique, l'une reposant sur la force de gravité, et l'autre sur l'élasticité de la vapeur. James Watt trouve une solution déterminante : la machine à double effet. Le changement fondamental réside dans l'idée de faire agir l'extension de la vapeur lors de la montée et la descente du piston, *via* un jeu sur les soupapes d'admission afin de diriger les flux de vapeur. Autrement dit, l'élasticité de la vapeur travaille lors de tout le cycle et constitue la source du mouvement. Avec ce dispositif, l'intégralité du mouvement du piston résulte de l'énergie calorifique du feu et transmet une force mécanique constante.

L'illustration ci-dessous permet d'observer l'aboutissement des travaux de Watt. On remarquera particulièrement quatre éléments. On retrouve le condenseur, positionné en-dessous du piston, ainsi que sa pompe d'épuisement actionnée par le balancier. Watt ajoute un tiroir d'admission qui sert à orienter le flux de vapeur vers les deux faces du piston ou vers le condenseur. Le

¹³⁴ Il semble que James Watt se soit appuyé sur les principes de la chaleur latente de vaporisation, découverts par Joseph Black. Voir Marcel Daumas, *Histoire générale des techniques. L'expansion du machinisme : 1725-1860*, Tome 3, Paris, PUF, 1996, p. 40.

¹³⁵ James Watt met en place un condenseur pour conserver la vapeur externe au piston. Ainsi, l'énergie calorifique perdue dans le refroidissement par de l'eau du piston pendant la phase descendante est supprimée, la durée du mouvement est réduite et la vapeur ainsi chassée sert à préchauffer l'eau utilisée pour le prochain cycle. Ce dispositif conduit Watt à repenser l'agencement de la machine atmosphérique de Newcomen et à diminuer le gaspillage d'énergie calorifique sans effet mécanique, c'est-à-dire à en augmenter le rendement.

parallélogramme de Watt permet d'assurer la stabilité de la position du piston dans sa chambre, malgré son raccordement à la bielle-manivelle par l'intermédiaire du balancier. La bielle-manivelle transforme le mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement rotatif continu en actionnant un volant. Enfin, le régulateur de Watt régule automatiquement les soupapes d'admission de vapeur en fonction de la vitesse de rotation du volant. Une courroie de transmission montée sur le volant permet de transférer le mouvement rotatif continu, et d'actionner n'importe quelle machine-outil.

En parvenant à rendre régulier le mouvement rectiligne alternatif des machines à feu, et en assurant sa conversion en mouvement rotatif continu, Watt a permis un phénomène de cohabitation entre plusieurs machines-moteur dans l'industrie. L'énergie vapeur se distingue de sa concurrente par la qualité du mouvement produit, c'est-à-dire son uniformité et sa continuité, et par son indépendance vis-à-vis de facteurs naturels variables, comme le débit des cours d'eau et l'intensité du vent. En revanche, elle engage une complexité de la chaîne cinématique par cette conversion du rectiligne alternatif vers le rotatif continu. Conversion qui était réputée jusque-là comme impossible¹³⁶, probablement à cause de la variation de force entre les deux phases du mouvement rectiligne.

2.1.3. L'expansion du machinisme et la transmission du mouvement

Grâce à ces différentes innovations, Watt permet à l'énergie vapeur de produire un mouvement rotatif continu pour un effet en amélioration croissante¹³⁷, et de hisser la machine atmosphérique au rang de machine-moteur. La réussite de Watt n'est pas seulement technique, elle est aussi économique : « *De 1776 à 1800, 500 machines seront construites et permettront à Watt et Boulton d'exercer un quasi-monopole : pompes d'exhaure de mines, machines rotatives pour les ateliers et les moulins (papier, farine, coton, fer, distillerie, etc.)* »¹³⁸. Les deux tiers de ces machines sont à double effet¹³⁹. Les machines de Watt deviennent rapidement bien plus rentables que les premières machines à feu ou atmosphériques¹⁴⁰, en particulier grâce aux progrès continus de la qualité de l'usinage des pièces et cylindres¹⁴¹. Selon Marcel Daumas, « *la machine à vapeur*

¹³⁶ Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.* pp. 283-342.

¹³⁷ La compréhension et l'utilisation du principe de la détente permet encore une augmentation de l'effet des machines de Watt.

¹³⁸ <https://www.universalis.fr/encyclopedie/machine-a-vapeur-de-watt-boulton/>, consulté le 16/12/20.

¹³⁹ Marcel Daumas, 1996, t.3, *op. cit.*, p. 51.

¹⁴⁰ Ces machines à vapeur consommaient bien moins de combustible que les autres machines à feu, d'où l'idée de Boulton et de Watt de se rémunérer, non pas sur le coût d'installation ou de production de la machine, mais sur des *royalties* annuelles élevées à un tiers des économies en combustible, réalisées par l'entreprise par rapport à l'utilisation d'une machine atmosphérique classique. L'affaire se révèle tellement rentable qu'une forte polémique éclate quelques années plus tard.

¹⁴¹ La machine à aléser de John Wilkinson, inventée en 1773, ne semble pas étrangère à ce gain de précision.

n'a pas été la seule cause de la naissance de l'industrie moderne mais elle y a considérablement participé »¹⁴². Il insiste sur la nécessaire adaptation de l'offre énergétique et des mécanismes de transmission à une nouvelle demande des industriels :

Dans les dernières années du XVIIIe siècle, le progrès des moteurs hydrauliques et la mise en service de la machine à vapeur à double effet commencèrent à changer les conditions dans lesquelles travaillaient des organes de transmission. Roues et trains d'engrenages durent être fabriqués en métal, pour servir de liaison entre des moteurs plus puissants et des machines plus lourdes à mettre en mouvement. En outre, il devint nécessaire de réduire de plus en plus les défauts des engrenages anciens, jeu, chocs et bruits, pour obtenir un mouvement régulier de machines-outils dont le travail devenait plus précis. ¹⁴³

La mécanique de précision et les machines-outils d'usinage de pièces ont besoin d'un mouvement continu et uniforme, mais aussi de davantage de puissance et de vitesse. Il s'agit d'une variation de la demande en termes de couple mécanique et de la qualité de sa transmission. La capacité à maîtriser et produire de nouveaux matériaux n'est pas étrangère à ces évolutions. La fonte, le fer forgé puis l'acier sont de plus en plus utilisés pour former les cuves, pistons, cylindres et mécanismes de transmission.

En 1820, John Oldham invente l'accouplement mécanique, ou joint mécanique, qui permet de relier l'arbre d'un moteur d'une centrale énergétique avec l'arbre de la machine-outil. Ce mécanisme prend la forme d'un disque qui s'intercale entre deux arbres de transmission imparfaitement alignés. Il permet de lisser les défauts d'alignement géométrique de la chaîne cinématique, et de rendre plus uniforme le mouvement, tout en transmettant des puissances plus élevées. Parallèlement, les engrenages en métal viennent concurrencer les courroies de transmission pour certaines applications. Les ingénieurs anglo-saxons sont moteurs dans les recherches géométriques sur les engrenages lors de la première moitié du XIX^e siècle. L'ouvrage le plus abouti de la période semble être celui de Robert Willis, *Principles of Mechanism* (1841). Il invente l'odontographe, un outil pour dessiner les courbes des dents des engrenages, et propose une table numérique permettant de réaliser des engrenages ordinaires avec leur tolérance. Les progrès dans l'usinage des pièces permettent très progressivement aux engrenages de prendre une place plus importante dans les mécanismes de transmission des machines.

¹⁴² Marcel Daumas, 1996, t.3, *op. cit.*, p. 51.

¹⁴³ *Ibid* p. 95.

Le mouvement rotatif et ses mécanismes de transmission sont omniprésents dans les industries. De multiples mécanismes vont faire varier la direction du mouvement rotatif et les propriétés du couple mécanique, voire le convertir en mouvement alternatif. Il existe alors une grande variété de mécanismes que les savants en cinématique, tels que Gérard Joseph Christian ou Jean-Victor Poncelet, essayent de recenser et sélectionner. Ces mécanismes de transmission sont visibles partout et par tous, et accentuent la mise en continuité de la production. Les machines hydrauliques ou à vapeur ont atteint une puissance telle, qu'elles sont maintenant capables d'animer simultanément plusieurs machines-outils. Les progrès de la cinématique bouleversent l'organisation productive car il est possible d'agencer des successions de machines-outils fonctionnant sur un même rythme. Les machines hydrauliques et à vapeur prennent une fonction de centrale de mouvement dans l'usine.

Chaque machine-outil va être animée depuis ce centre par des systèmes de transmission de mouvement. Des arbres plafonniers sont installés dans les ateliers pour répondre à l'allongement des distances. Ils occupent l'espace avec de multiples courroies qui actionnent de façon synchrone plusieurs machines-outils. Ce système productif permet de cadencer et de mettre en continuité, c'est-à-dire en série ou en ligne, les machines-outils et de dicter un rythme de production. Cette maîtrise permet de mettre en système plusieurs phases de transformation de la matière, et ainsi optimiser le principe de continuité de la production. Cette organisation spatiale, qui associe centrale énergétique, mécanismes de transmission et machines-outils, va se pérenniser. La photo ci-dessus, qui représente un atelier de fabrication d'obus en 1917, illustre cette nouvelle organisation spatiale et énergétique de la production dans les ateliers¹⁴⁴. On y observe des arbres de transmission plafonniers qui reposent sur des paliers. Par un système de renvoi d'angle, composé de volants et de courroies de transmission, le couple mécanique approprié est transmis à chaque machine-outil. Ces dispositifs de transmission de mouvement peuvent atteindre des tailles importantes et parcourir parfois plusieurs kilomètres. Cela est particulièrement le cas pour les centrales hydrauliques qui peuvent être éloignées des usines. La centrale est alors reliée à l'usine par des câbles téléodynamiques en fils d'acier¹⁴⁵.

¹⁴⁴ Image issue de l'article écrit d'André Ducluzaux, « Tentatives de transport de l'énergie hydraulique, avant l'électricité : Entre deux transitions énergétiques (1830-1890) » *Encyclopédie de l'énergie*, 2016, [en ligne : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/conference-PCP2012-tribologie-histoire-Martin.xml>].

¹⁴⁵ Pour plus de détail sur ces mécanismes de transmission à longue distance, on pourra se référer à l'article d'André Ducluzaux, *ibid.*, où les travaux des frères Hirn sur les câbles téléodynamiques sont relatés.

2.2. La réduction de la chaîne cinématique

Au XX^e siècle, cette expansion quantitative et spatiale du mouvement rotatif est entravée par l'émergence de sources de forces motrices alternatives. La maîtrise progressive de l'électricité réagence la chaîne cinématique des usines. L'électricité n'est pas une source naturelle de force motrice pour des applications industrielles. En revanche, l'utilisation de l'énergie électrique, qui est un vecteur énergétique, permet de transférer une énergie entre deux chaînes cinématiques sans avoir recours au mouvement rotatif ou à des mécanismes de transmission. Le vecteur énergétique est transmis par des câbles d'une centrale de force motrice à une machine-outil. Ces câbles, généralement en cuivre, entrent en concurrence avec les mécanismes de transmission pour transmettre le mouvement dans les usines. Les systèmes productifs basculent progressivement dans l'électromécanique et le mouvement rotatif est circonscrit à une chaîne cinématique simple et contemporaine que l'on peut aisément décrire.

2.2.1. Produire de l'électricité par le mouvement rotatif

L'histoire de l'énergie électrique attenante à son développement industriel peut être lue selon une opposition entre travail mécanique et travail chimique¹⁴⁶. Elle débute, selon Maurice Daumas¹⁴⁷, au XIX^e siècle par une période d'approche, durant laquelle la pile électrique joue un rôle majeur. La pile est une invention d'Alessandro Volta (1745-1827), dont les principes de base sont retranscrits dans un article publié en 1800¹⁴⁸. Cette invention connaît un succès immédiat et lui attire la gloire et la reconnaissance de l'Académie des sciences et de l'Empire. La pile de Volta et les piles suivantes reposent sur une réaction d'oxydo-réduction. En l'occurrence, la pile de Volta (fig.10) est constituée d'une superposition de disques de cuivre et de zinc immergés dans une solution aqueuse salée à forte concentration (saumure). Par la réaction, le zinc est peu à peu oxydé et libère des électrons, ce qui provoque la formation de dihydrogène. Une tension électrique est produite par cette réaction chimique, et cette tension varie positivement avec le nombre de séquences de disques superposés. Ce principe de base est toujours utilisé dans les piles contemporaines, seuls les matériaux ont évolué.

¹⁴⁶ Les phénomènes naturels ayant trait au courant électrique sont depuis fort longtemps observés par les humains. L'observation d'un éclair dans le ciel, d'aimants indiquant le Nord, s'attirant et se repoussant, ou d'animaux aux capacités surprenantes, comme certaines anguilles, constituent autant d'opportunités de s'intéresser à ce phénomène chimique et physique particulier. Dans le cadre de cette recherche, nous nous intéressons aux applications industrielles de ce vecteur énergétique.

¹⁴⁷ Maurice Daumas, *Histoire générale des techniques. Les techniques de la civilisation industrielle. Énergie et matériaux*, Tome 4, Paris, PUF, 1996.

¹⁴⁸ Alessandro Volta, *Philosophical transactions of the Royal Society of London, for the year MDCCC*, Part 1, 1800, pp. 403-431 [En ligne].

Afin de trouver des débouchés industriels à l'électricité, des chercheurs ont essayé d'utiliser la pile comme un moteur chimique actionnant une roue de travail. Dès 1822, Peter Barlow parvient à actionner une roue grâce à une pile électrique. La roue est, dans ce cas de figure, un simple conducteur du courant électrique, actionnée grâce à un système magnétique. Ces recherches se poursuivent et conduisent en 1834 au moteur électrique de Jacobi (1801-1874) (photo ci-à gauche¹⁴⁹). Ce moteur prend sa source de force motrice dans des piles composées de zinc et d'acide sulfurique. Les axes fixés sur le volant sont équipés d'électro-aimants qui, par un jeu de positionnement, sont successivement attirés puis repoussés. La puissance de ce premier moteur est estimée à 220 W, et elle sera augmentée jusqu'à 700 W. Si ce succès technique est reconnu par la communauté scientifique et politique, il ne connaît pas de débouchés commerciaux du fait de son coût de fonctionnement par rapport au moteur à vapeur. Néanmoins, en seulement 34 ans, la production chimique d'électricité a pu être mobilisée pour produire un mouvement rotatif par l'intermédiaire d'un moteur électromagnétique, et servir à actionner un volant de travail. C'est à partir de ce dernier système que va s'articuler la seconde phase de l'histoire de l'électricité industrielle. Elle consiste à utiliser cette forme de dispositif, non pas comme moteur, mais comme générateur électrique qui va transmettre le vecteur énergétique.

Le premier générateur électromagnétique est la trop peu documentée machine Alliance qui, dès les années 1850, produit de l'électricité à partir du mouvement mécanique généré par une machine à vapeur. L'ingénieur français Auguste Méritens (1834-1898) semble avoir joué un rôle majeur dans la conception de cette génératrice¹⁵⁰. L'Alliance n'est pas le produit d'une innovation majeure, mais d'un agencement de dispositifs existants préalablement « *toute l'ingéniosité s'était portée sur les connexions des fils de bobines et la constitution d'un commutateur robuste à frotteur pour obtenir un courant continu dans le circuit* »¹⁵¹. La production électrique passe par l'utilisation de la force mécanique, laquelle, par l'intermédiaire de frottements sur des matériaux sélectionnés et disposés spécifiquement, produit un courant électrique. Sur la reprographie de la gravure ci-dessus, qui fait état du siège de Paris par l'armée prussienne, la machine Alliance est alimentée par une machine à vapeur qui, par l'intermédiaire d'une courroie, actionne la machine génératrice de courant. Celle-ci alimente en courant le projecteur de surveillance situé au-dessus de la scène grâce à des câbles électriques. Ce réseau

¹⁴⁹ Photographie issue de Julius Dub, *Die Anwendung des Elektromagnetismus, mit besonderer Berücksichtigung der neueren Telegraphie und den in der deutschen Telegraphenverwaltung bestehenden technischen Einrichtungen*, Berlin, Springer, 1878.

¹⁵⁰ Maurice Daumas, t.4, *op. cit.*, p. 345.

¹⁵¹ *Ibid.*, p. 331.

technique qui lie générateur, moteur et machine-outil est à la base des systèmes productifs contemporains.

2.2.2. Transmettre un vecteur énergétique entre générateur et moteur sans mécanismes

Cette possibilité nouvelle de générer de l'électricité à partir d'un mouvement mécanique va alimenter plusieurs recherches qui conduisent à l'invention de la dynamo. La dynamo consiste en la mise en rotation d'une bobine de fil de cuivre enserrée autour d'un arbre mécanique dans le champ magnétique d'un ou plusieurs aimants. Cette situation d'induction magnétique permet de créer un courant électrique continu. Il serait artificiel de nommer un inventeur unique de ce dispositif. Le physicien hongrois Ányos Jedlik (1800 -1895) formule, dès 1861, le concept de dynamo auto-excitatrice, qui consiste en la mise en mouvement d'un arbre mécanique grâce au champ magnétique produit par deux électrodes. Werner Siemens (1816-1892) voit dans la dynamo la possibilité de produire un courant électrique continu, et apporte quelques améliorations à la dynamo auto-excitatrice. Le personnage qui est peut-être le plus déterminant pour le développement de la dynamo, est Zénobe Gramme (1826-1901)¹⁵². Cet autodidacte belge parvient, par des améliorations multiples de machines électromagnétiques de son temps, à produire des génératrices électriques correspondant à une demande industrielle. Dès 1871, une société industrielle financée par le comte d'Ivernois, et dirigée par Hyppolyte Fontaine, cherche à produire et à vendre « la machine Gramme » après sa présentation à l'Académie des sciences de Paris au cours de la même année. Les apports techniques de cette machine sont, en réalité, à relativiser. Ils portent sur le collecteur à balais, sur le montage en série des bobines au niveau du collecteur et sur l'induit de l'anneau. L'ensemble de ces éléments a été découvert dix ans auparavant, dans l'indifférence générale, par l'universitaire italien Pacinotti (1841-1912).

Les premiers débouchés de la machine de Gramme sont l'éclairage des ateliers et des opérations de galvanoplastie. La galvanoplastie est le premier secteur productif reposant sur l'utilisation de l'électricité. Le procédé mécanique de production de l'électricité remplace alors rapidement le procédé chimique plus onéreux. Toutefois, le succès commercial de la dynamo repose sur des capacités non prévues de ce dispositif technique, qui sont présentées par le vulgarisateur Louis Figuier, comme découvertes par hasard :

Un visiteur observait deux machines de Gramme exposées, l'une actionnée par un moteur à gaz produisait de l'électricité, l'autre alimentée par une pile électrique fonctionnait comme un moteur. Il suggéra à [Hyppolite] Fontaine de brancher la seconde machine

¹⁵² *Ibid.*, pp. 337-345.

sur le circuit de la première. L'observation étant concluante, Fontaine imagina une installation permettant à la dynamo réceptrice de faire fonctionner une pompe hydraulique et renouvela solennellement l'expérience¹⁵³.

Cette capacité imprévue est donc la réversibilité de la dynamo. Elle n'est pas seulement génératrice d'un courant électrique continu, elle peut être aussi moteur et fonctionner en circuit de façon à actionner des machines de production. Les génératrices électriques ne vont par la suite cesser de se perfectionner, mais le point principal réside bien dans ce moment de la réversibilité. La transmission du mouvement entre la centrale et l'outil ne doit plus nécessairement passer par des mécanismes de transmission. La centrale devient une génératrice électrique qui transfère le vecteur énergétique par des câbles électriques à un moteur de machines-outils. Il émerge une relation électromécanique à double sens, qui transforme le couple mécanique en vecteur électrique, puis restitue un couple mécanique. Le mouvement rotatif et la chaîne cinématique perdent de l'ampleur dans les usines. Elles sont circonscrites à cette relation électromécanique, entre le récepteur et le générateur, puis entre le moteur et l'outil de transformation de la matière. Le transfert du vecteur énergétique passe par un réseau filaire et non plus par des arbres plafonniers et des courroies.

2.2.3. Les mécanismes composant la chaîne cinématique contemporaine

L'utilisation de machines-outils à motorisation et commande électrique joue un rôle dans l'extension de la mise en flux de la production. La revue *La Machine Moderne* se fait l'écho, dès 1922, de l'existence d'appareils électromécaniques visant la mise en continuité¹⁵⁴ de la production par la mécanisation de nombreuses tâches¹⁵⁵. Ce mouvement prend toujours plus d'ampleur à mesure que s'améliore l'usinage des machines transporteuses¹⁵⁶ (pompes, tuyaux, courroies transporteuse, monte-charge, etc.) et l'accès à un réseau électrique de qualité. La tendance à la simplification et à la réduction des chaînes cinématiques se poursuit par la diminution du nombre de mécanismes. Il en résulte un appauvrissement de la diversité des mécanismes de transmission composant la relation mécanique entre un moteur et l'outil de

¹⁵³ *Ibid.*, p. 343.

¹⁵⁴ « Les courroies transporteuses », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1922-11, p. 511 ; « La manutention mécanique », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1922-10, pp. 463-474 ; « La manutention mécanique », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1922-10, pp. 463-474 ; « Les monte-charges », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1922-10, pp. 479-480.

¹⁵⁵ « Routine et progrès », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1931-05, p. 368.

¹⁵⁶ « Le cou dage d'un tube de 1 m.20 de diamètre », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1931-08, p. 13.

transformation de la matière. Plusieurs mécanismes très fréquents doivent être présentés, il s'agit du motoréducteur, du palier, du double-joints cardan et de l'accouplement mécanique.

i. Le motoréducteur

Le motoréducteur est un exemple de ce phénomène de simplification et d'homogénéisation des chaînes cinématiques. Dès les années 1930, les moteurs électriques sont montés directement sur les machines-outils. Tout le problème réside dans la conception d'un moteur produisant un couple mécanique qui correspond à l'utilisation de l'outil de la machine. Des mécanismes de réduction composent la chaîne cinématique pour réaliser cette conversion. En 1928, Albert Obermoser dépose le brevet du moteur à engrenages afin de simplifier cette liaison. A partir d'un seul modèle de moteur électrique, il parvient à produire différents couples mécaniques par un train d'engrenages directement relié à l'arbre électromagnétique du moteur. Afin de rendre compte de la chaîne cinématique et de l'effet de réduction du couple mécanique et des enjeux de lubrification, on peut s'appuyer sur le schéma ci-dessous. La légende du schéma¹⁵⁷ indique trois séries d'informations. Tout d'abord, elle différencie la zone de motorisation (entourée en rose) de la zone de réduction (entourée en jaune). Plusieurs mécanismes de l'ensemble motoréducteur ont été ensuite nommés et localisés à l'aide de lettres. Enfin, un tracé en pointillés introduit la notion de niveau d'huile optimal. Trois points de couleur matérialisent, de bas en haut, le bouchon de vidange, l'œil de niveau et le boulon de remplissage, trois orifices nécessaires à la lubrification de l'ensemble.

Le mouvement rotatif est produit par la motorisation électromécanique. Grâce à un système électromagnétique, l'arbre moteur (A) est mis en rotation. Cet arbre entraîne, d'une part, la ventilation nécessaire à son refroidissement (H), d'autre part, un pignon à dents, nommé ici pignon moteur (C). On notera que l'arbre moteur repose sur deux paliers (B et B') qui assurent son axe de rotation et son maintien¹⁵⁸. Le pignon moteur (C), par l'intermédiaire de ses dents obliques, transmet le couple moteur à la première roue de puissance (D). Le diamètre des pignons et le nombre de dents étant différents l'un de l'autre, le couple du mouvement rotatif varie une première fois dans ses caractéristiques de puissance et de vitesse. Une seconde et une troisième variation du couple se produisent lors des transmissions de ce mouvement rotatif entre la roue D et le pignon E, puis du pignon E vers la roue G. Cette dernière effectue la réduction mécanique la plus importante du train d'engrenages. Le couple, en sortie de la roue de puissance 2 (G), est

¹⁵⁷ https://eduscol.education.fr/sti/ressources_pedagogiques/schemasoft-situation-1-analyse-dun-motoreducteur, visité le 13/04/2020, modifié par nos soins.

¹⁵⁸ Ces paliers font l'objet d'un graissage décrit plus bas.

transmis par l'arbre d'entraînement (F) à l'outil utile au processus de production. Cela peut être une pompe, une turbine, un rouleau d'entraînement de tapis, etc. L'objectif de cette réduction mécanique est de réduire le nombre de tours par minute, et ainsi d'augmenter la puissance du mouvement¹⁵⁹. Ce train d'engrenages permet, à partir de moteurs électriques standards, d'obtenir un couple mécanique approprié pour divers outils, différentes utilisations et applications. Ce train d'engrenages peut être aussi observé indépendamment de l'ensemble motoréducteur, il est alors simplement appelé réducteur.

Le niveau d'huile théorique doit permettre d'assurer une lubrification de l'ensemble des engrenages et des paliers internes au réducteur. Le système de lubrification fonctionne par barbotage des mécanismes et prend comme référence l'arbre positionné le plus bas. L'huile est agitée et transportée par les engrenages jusqu'aux mécanismes situés plus hauts, ce qui permet d'assurer une lubrification de l'ensemble. Le niveau optimal est indiqué selon le schéma par l'œil de niveau, qui permet d'avoir un aperçu de la quantité d'huile présente dans le réducteur. Cette huile est régulièrement remplacée car elle est polluée par les échauffements, les bris de métal, la présence d'eau et par la poussière.

ii. Les mécanismes de transmission contemporains

Le palier à roulement est un mécanisme de transmission de maintien. Il n'engendre pas de variation dans la chaîne cinématique et supporte les arbres de transmission. Ce mécanisme date de l'Antiquité et prend la forme de bagues de métal apposées autour de l'axe des leviers. Il fait l'objet d'une complexification croissante et suit l'évolution des matériaux¹⁶⁰. Le palier est sommairement composé d'une cage de maintien, d'une bague libre tournant dans la cage et de galets* plats facilitant cette rotation. Le lubrifiant est apposé dans l'espace disponible entre la cage et la bague, assurant un meilleur glissement aux galets du palier. Ces mécanismes sont nombreux sur les chaînes cinématiques. Ils peuvent faire l'objet d'une lubrification automatisée ou manuelle.

Plusieurs systèmes de transmission permettent de relier deux arbres de transmission, ils sont appelés des connecteurs. Le plus intéressant en terme cinématique est le double joint cardan imaginé par Girolamo Cardano (1501-1576). Ce mathématicien, philosophe, astrologue et médecin italien est le premier à avoir imaginé et dessiné en 1545 le joint cardan. Ce connecteur peut être défini comme « *un dispositif mécanique qui permet la transmission d'une rotation*

¹⁵⁹ Plus exceptionnellement, on peut rencontrer des mécanismes qui visent à augmenter la vitesse et à diminuer la puissance du couple mécanique, il s'agit selon les acteurs d'« *augmentateur* ».

¹⁶⁰ Pour plus de détail sur l'évolution du palier, se référer à l'ouvrage de Duncan Dowson, *op. cit.*

*angulaire entre deux arbres dont les axes géométriques concourent en un même point. C'est une manière de réaliser une liaison rotule à doigt.*¹⁶¹». Autrement dit, ce double joint permet de relier deux arbres de transmission qui ne sont pas alignés et de passer outre le défaut d'alignement d'une chaîne cinématique. Chaque rotule à doigt de ce connecteur fait l'objet d'un graissage.

Ce défaut d'alignement n'est pas supporté par les joins mécaniques. En revanche, ces connecteurs permettent de transmettre davantage de puissance que les doubles joints cardan. On peut relever deux sortes de joints, d'une part les accouplement mécaniques, d'autre part les coupleurs hydrauliques. Par un système d'engrenages ou de ressorts les accouplements mécaniques assurent la liaison entre deux arbres de transmission. Ils atténuent les effets d'un alignement toujours imparfait entre les deux axes et absorbent les phases d'accélération et de freinage de la chaîne cinématique. Ces engrenages sont recouverts de graisse afin de favoriser cette liaison. Un coupleur hydraulique permet de lier deux arbres mécaniques grâce à une transmission hydraulique, puis mécanique. La transmission hydraulique repose sur le mouvement centrifuge et centripète de l'huile s'engouffrant dans les pâles de deux turbines opposées. Lorsque les deux turbines atteignent la vitesse optimale, un arbre mécanique vient bloquer la relation entre les deux arbres de transmission. Ces coupleurs assurent une transmission souple et à haute vitesse du couple mécanique dans la chaîne cinématique. Au fur et à mesure du fonctionnement, l'huile s'use et perd ses propriétés. Il convient de régulièrement la remplacer par une opération de vidange.

La maîtrise de l'électricité comme vecteur énergétique transportable via des câbles d'alimentation a contribué à ce mouvement de simplification des chaînes cinématiques dans les usines. Cette simplification conduit à la circonscription du mouvement rotatif dans un enchaînement de mécanismes standardisés reliant un outil, que cela soit une turbine ou un cylindre, à un arbre électromagnétique. Les cinq mécanismes de transmission présentés plus haut sont, si on reprend la perspective de Gérard Joseph Christian, les vainqueurs d'un processus de sélection empirique des mécanismes les plus efficaces¹⁶² pour transmettre le mouvement rotatif en ligne droite¹⁶³. A cette collection, on peut ajouter la turbine, qui est un composant récepteur largement utilisée dans les pompes industrielles et dans les différents types de générateurs.

¹⁶¹ Wikipédia : article sur le cardan :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Joint_de_Cardan#:~:text=Le%20cardan%20\(ou%20plus%20pr%C3%A9cis%C3%A9ment,une%20liaison%20rotule%20%C3%A0%20doigt.,](https://fr.wikipedia.org/wiki/Joint_de_Cardan#:~:text=Le%20cardan%20(ou%20plus%20pr%C3%A9cis%C3%A9ment,une%20liaison%20rotule%20%C3%A0%20doigt.,) consulté le 30/05/23.

¹⁶² Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, p. 404.

¹⁶³ Gérard Joseph Christian, *Traité de mécanique industrielle (1822-1825)*, Tome II, p. 425.

Cette électrification des installations productives concourt à une amélioration du principe de continuité du fait de l'automatisation de nouvelles tâches de manutention, et par la mise en rythme des machines-outils. Néanmoins, si le mouvement rotatif perd de son ampleur avec l'électrification des systèmes productifs, il ne disparaît pas pour autant. Il en résulte que même dans les processus productifs les plus chimiques, un travail mécanique de transmission du mouvement reste présent. Ce versant essentiellement mécanique du système productif nécessite des opérations de maintenance. Chaque mécanisme de la chaîne cinématique fait l'objet d'opérations de lubrification¹⁶⁴. Il convient maintenant de présenter l'histoire des pratiques de lubrification et leur relation avec le mouvement rotatif.

3. Les fonctions techniques et les pratiques de lubrification

Cette troisième partie montrera comment la lubrification acquiert progressivement des fonctions techniques au fil des évolutions de la chaîne cinématique dans les industries de flux. Les pratiques de lubrification sont anciennes et leur histoire parcellaire. Néanmoins, selon le tribologue Jean-Michel Martin¹⁶⁵, on peut distinguer quatre fonctions techniques du préposé à la lubrification : le « *mettre en mouvement ou lancer le mouvement* », le « *rouler sans casser* », le « *rouler sans à-coups* » et le « *rouler sans froter* ». Cette dernière fonction technique renvoie à une problématique non pas cinématique mais énergétique qui fera l'objet d'un développement spécifique dans la dernière partie de ce chapitre. Chacune de ces fonctions techniques relie l'activité de lubrification au mouvement rotatif. Au fur et à mesure de leur émergence, l'activité du préposé à la lubrification ainsi que les matières lubrifiantes qu'il mobilise évoluent. Concomitamment à l'automatisation des systèmes productifs, on observe le développement d'une activité de surveillance-contrôle du préposé à la lubrification. L'augmentation du couple mécanique nécessaire au fonctionnement des industries de flux induit des changements de matériaux. On passe de pratiques qui visent à faire correspondre à des applications mécaniques des matières faiblement transformées et à usage non exclusif, à la fabrication de matières chimiquement transformées conçues en vue d'une application spécifique.

3.1. Les premières pratiques de lubrification

Ce premier développement exposera les fonctions techniques du préposé à la lubrification préalablement à l'automatisation de ses tâches et des systèmes productifs. Les premières

¹⁶⁴ Cette relation fait l'objet d'un développement plus large dans le chapitre 3 de cette thèse.

¹⁶⁵ Jean-Michel Martin, *Histoire de la tribologie : Supraglisement et lubrification verte*, conférence, 7 mars 2012, [en ligne : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/conference-PCP2012-tribologie-histoire-Martin.xml>].

pratiques de lubrification débutent dès l'Antiquité. On peut les observer dans les cas de manutention. Elles revêtent d'autres fonctions techniques au XVII^e siècle, lors de l'extension de la mécanisation des systèmes productifs, ainsi qu'au XIX^e siècle, qui correspond à l'essor de la machine à vapeur.

3.1.1. Mettre en mouvement le monde

Les premières pratiques documentées de lubrification d'un mouvement rotatif correspondent à des opérations de manutention. Il s'agit de la lubrification de troncs d'arbres servant de rouleaux pour acheminer de la matière. Cette technique est utilisée pour déplacer de lourdes charges¹⁶⁶. La gravure ci-dessous¹⁶⁷ illustre le transport d'une statue égyptienne jusqu'à la tombe de Tchuti Hetep, El-Bersheh, en 1880 av. J.-C. On y voit de nombreux hommes, qui tirent le socle et la statue sur un sol probablement irrégulier, afin de construire un monument funéraire. La présence d'un préposé à la lubrification, représenté avec soin sur le socle de la statue (entouré en rouge), induit qu'il est lui-même tiré par la force collective. Cet homme se situe à l'avant de la charge et déverse de l'huile végétale ou de l'eau sur des patins ou ronds d'arbres, afin de faciliter le mouvement de translation de la statue. Selon les sources, la lubrification à l'huile d'olive diminuerait de moitié le besoin en hommes pour effectuer de telles manutentions¹⁶⁸, et c'est bien sa fonction de facilitateur qui est ici déterminante. Sans elle, le déplacement de la statue pourrait se révéler impossible. Sa position rend compte de l'importance de l'opération de lubrification d'un point de vue technique, mais aussi symbolique. Le préposé à la lubrification apparaît ainsi en bonne posture dans l'organisation du travail et son activité semble hautement valorisée.

Les propriétés lubrifiantes des produits naturels sont bien connues dès l'Antiquité. On en trouve trace dans l'importante encyclopédie de Pline l'Ancien (23-79 apr. J.-C.), titrée *Historia Naturalis*. Dans cette première forme d'encyclopédie, l'auteur réalise un inventaire des plantes et huiles qui ont des propriétés lubrifiantes et préconise des utilisations ou applications. Dès l'Antiquité, des recettes de lubrifiants pour les mécanismes sont établies. Par exemple, Hérodote (480 – 425 av. J.-C.) expose dans *Hisoriai* une méthode de fabrication d'un lubrifiant à partir de bitume¹⁶⁹. Plus largement, la graisse animale, sous forme solide et liquide, les huiles végétales, comme celles issues de l'olive ou du colza, tout comme, dans une moindre mesure, certaines

¹⁶⁶ Duncan Dowson, 1998, *op. cit.*

¹⁶⁷ Jean Frêne, « La tribologie de l'Antiquité à nos jours », *Mécanique et Industrie*, Elsevier, vol. 2, pp. 263-282, 2001. Le préposé à la lubrification a été entouré par nos soins.

¹⁶⁸ *Ibid.*

¹⁶⁹ Duncan Dowson, 1998, *op. cit.*

huiles ou mélasses minérales, sont des produits utilisés dès cette période pour protéger les mécanismes des machines et faciliter leur mise en mouvement. Il ne faut pas non plus oublier l'eau, qui a de bonnes propriétés lubrifiantes et reste une matière facile d'accès et peu onéreuse, comparativement à l'huile.

Il semble que les lubrifiants soient apposés directement sur les jonctions des parties en mouvement ou sur les mécanismes de transmission. Il y a donc, à partir de cette période, des pratiques de lubrification qui se concrétisent par un mouvement de préhension de l'homme sur la matière lubrifiante, afin de la déposer en des endroits précis. Par exemple, la graisse animale sous forme solide sert dès l'Antiquité à lubrifier les paliers en bois fixant l'arbre des roues de chars. L'huile est aussi utilisée pour lubrifier la chambre à piston de la pompe à eau mise au point par les mécaniciens grecs¹⁷⁰. On peut ainsi énumérer tout un ensemble d'applications pour les lubrifiants et de recettes pour les produire. Ce large faisceau d'indices permet de penser que des pratiques de lubrification existent dès cette période. Elles s'appuient sur un savoir technique propre qui fait partie des connaissances et recherches développées et transmises par les mécaniciens ou savants.

3.1.2. Faire rouler le monde à bas coût

Au XVII^e siècle, les systèmes productifs entrent dans une phase de mécanisation. La mise en continuité de la production s'améliore et rend la fragilité technique des mécanismes de transmission plus sensible pour la production. La casse mécanique devient un enjeu important car elle rompt le système productif. Les activités de maintenance deviennent un enjeu stratégique. On observe un mouvement de remplacement des matières lubrifiantes et une mise en adéquation plus fine des propriétés physiques des matières lubrifiantes avec les mécanismes et les applications productives.

En s'appuyant sur l'*Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert, on constate que l'acception du terme « lubrifier » n'a pas trait à la mécanique. Le terme « graisser »¹⁷¹ fait explicitement référence à l'action d'enduire de graisse et d'huile, mais ces matières sont abordées selon des perspectives gastronomiques et médicinales. Même le terme « oindre », qui est un dérivé de l'oing, la graisse animale, est défini comme « *enduire d'huile ou de quelque autre substance grasse & molle : on oing le papier, le bois, les corps des animaux.* »¹⁷² Encore une fois, l'action de graisser ou de

¹⁷⁰ Bertrand Gille, *Les mécaniciens grecs, La naissance de la technologie*, Paris, Le Seuil, 1980.

¹⁷¹ Diderot et D'Alembert, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, tome 7, p. 899, 1751-1772.

¹⁷² Diderot et D'Alembert, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, tome 11, p. 433, 1751-1772.

lubrifier n'est pas explicitement rattachée à des enjeux mécaniques. Les méthodes de graissage antérieures au XVIII^e siècle restent donc en partie inconnues. On peut supposer que la lubrification ne fait alors pas l'objet d'un savoir établi ou d'une technologie, mais qu'elle a trait à un ensemble de savoir-faire pratiques. L'absence de données sur des outils dédiés laisse à penser que le graissage et la lubrification devaient être réalisés par préhension et apposition directe du lubrifiant sur les engrenages, paliers et outils. La valorisation de cette activité semble avoir perdu de sa superbe depuis l'Antiquité, et nous pouvons supposer que ce phénomène puisse être lié aux matières utilisées.

Les principaux lubrifiants employés sont des pâtes issues de graisse animale fondue, appelées de façon générale « oing ». Les graisses animales ont comme propriété de bien résister à l'oxydation, ce qui leur permet de conserver leur qualité lubrifiante sur une longue durée. De plus, l'aspect pâteux de la matière rend possible et facile les appositions par préhension sur les points de contact des mécanismes de transmission. C'est principalement la graisse de porc qui est ainsi récupérée, mais il semble que le même procédé fonctionne à partir de bœuf ou de mouton. Trois produits se démarquent : il s'agit du vieux-oing, du suif et du saindoux. Tous trois sont des sous-produits de l'équarrissage, ce qui rend leur coût faible. Leur utilisation à des fins industrielles est donc possible. Cette question économique du coût de la matière lubrifiante semble être un frein important à l'usage plus large des huiles végétales (colza, olive, etc.) au profit des graisses animales.

Le vieux-oing « *se fait avec de la panne de cochon, que l'on bat sur le billot avec un gros bâton jusqu'à ce qu'elle soit réduite en pâte.* »¹⁷³ C'est avec cette matière pâteuse « *qu'on frotte les effieux des voitures, les rouleaux des preffes, [etc.]* »¹⁷⁴. Ce lubrifiant est utilisé aussi bien dans le secteur industriel que pour des activités de transport. Il est appliqué sur les paliers des arbres mécaniques afin de retarder l'usure des matières. Le suif n'apparaît pas dans l'*Encyclopédie*. Cette matière est pourtant très ancienne et est définie comme de la graisse fondue de différents animaux¹⁷⁵. Celle-ci connaît de multiples usages. Elle entre par exemple dans la composition des premiers savons, est utilisée comme combustible des chandelles au Moyen-Âge ainsi que dans l'alimentation. Un autre usage traditionnel du suif semble être la lubrification des engrenages à bois des moulins. Ses propriétés savonneuses et sa faible température de fusion aux alentours de 45 degrés Celsius, permettent à cette matière d'être un lubrifiant pertinent pour les faibles vitesses

¹⁷³ Pons-Augustin Alletz, *L'Agronome. Dictionnaire portatif du cultivateur*, Tome 2, 1787.

¹⁷⁴ Diderot et D'Alembert, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, tome 11, « Oing », p. 433, 1751-1772.

¹⁷⁵ <https://www.cnrtl.fr/etymologie/suif>, consulté le 27/01/21.

de rotation et les fortes charges. Enfin, le saindoux est une matière connue et relevée par les encyclopédistes. Ils ne le rattachent pas à des usages de lubrification, mais à un produit issu de la charcuterie ou utilisé dans le champ médical¹⁷⁶. Pourtant, cette graisse, issue elle aussi de la panne du porc « *en la faifiant fondre dans une poëlle ou chaudière* »¹⁷⁷, possède comme caractéristique physique de résister à de fortes températures. En ce qui concerne la cuisine, le saindoux est utilisé pour faire des fritures et en matière de lubrification, il semble adéquat pour graisser des paliers et engrenages en métal qui tournent à haute vitesse.

D'autres matières peuvent avoir été utilisées. On pense immédiatement à l'eau, qui est un bon lubrifiant dans des cas de très haute vitesse de rotation. Les propriétés des huiles minérales sont connues, mais celles-ci ne semblent pas être systématiquement utilisées avant le milieu du XIX^e siècle¹⁷⁸. On peut avancer qu'en fonction des systèmes productifs, des propriétés du couple mécanique et du coût du lubrifiant, les mécaniciens privilégient un type de lubrifiant par rapport à un autre. Ce savoir pratique les conduit à avoir recours à des déchets de l'équarrissage comme lubrifiant et, dans une moindre mesure, à des matières nobles afin de maintenir les systèmes productifs. Les pratiques de lubrification répondent à la fonction du « *rouler sans casser* ». Les matières lubrifiantes ne sont pas dédiées à l'industrie, il s'agit d'une application parmi d'autres de produits peu transformés. En revanche, ce savoir pratique des mécaniciens n'est pas pleinement théorisé par les savants jusqu'au XVIII^e siècle. Jusque-là, les recherches portent davantage sur la forme des engrenages, c'est-à-dire sur la cinématique, que sur la tribologie ou les lubrifiants.

3.1.3. Lubrifier en continu un monde en mouvement

La précision de la transmission du mouvement et la prise en compte de la présence de frottements conduisant à des à-coups sont fondamentales pour la mesure du temps. Les praticiens de l'horlogerie ont, avant les mécaniciens, rencontrés ces problèmes techniques. Dès le XVIII^e siècle, les horloges sont équipées d'un système de lubrification automatique simple¹⁷⁹ qui leur assure une lubrification continue, adossée au fonctionnement du mécanisme. L'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert restitue une explicitation des mécanismes de lubrification utilisés par les horlogers. Ils consistent à lubrifier, au rythme du balancier, certains engrenages à l'aide d'huile

¹⁷⁶ Diderot et D'Alembert, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, tome 14, « Saindoux », p. 517, 1751-1772.

¹⁷⁷ *Ibid.*,

¹⁷⁸ Jean Frêne, *op. cit.*, 2001.

¹⁷⁹ Jacques Lafitte, *op. cit.*, 1932.

stockée dans un organe appelé le « tigreron »¹⁸⁰. Ce système de lubrification en continu va inspirer les mécaniciens pour améliorer les machines-outils.

Les premières tentatives consistent à équiper les paliers lisses des centrales énergétiques de « huileurs à mèches » (fig. 19¹⁸¹). Ces réserves d'huile permettent de lubrifier en continu les coussinets des paliers lisses qui font la jonction entre la surface du palier et l'arbre mécanique. L'huile est conduite vers les coussinets par effet de capillarité des fibres animales constituant les mèches. Ces mèches sont placées sur le palier de façon à lier « l'huileur » aux différents coussinets du palier. Le « niveau d'huile » devient alors une véritable notion, et induit une surveillance de la part des mécaniciens préposés à la lubrification. Ces derniers veillent alors à ce qu'il y ait toujours une réserve d'huile dans « l'huileur » lorsque que l'arbre tourne. Toutefois, l'huile s'écoule en continu, quelle que soit l'activité de l'arbre dans le palier. Il convient alors de synchroniser manuellement le temps d'écoulement de l'huile avec celui du fonctionnement des machines. Ces dispositifs fleurissent sur les paliers des machines à vapeur et autres machines-outils dès la fin du XIX^e siècle.

Conjointement au développement d'engrenages supportant un couple mécanique de plus en plus important, on observe une nouvelle pratique de lubrification. Il s'agit de la lubrification par barbotage des mécanismes de transmission. Celle-ci consiste en l'immersion partielle des mécanismes de transmission dans un bain d'huile, de façon à limiter les chocs et à-coups. Cette technique répond directement à l'augmentation des vitesses de rotation des machines et aux échauffements qui en résultent. Les opérations de lubrification intègrent les activités de contrôle visuel des niveaux, la réalisation d'appoints huile, ainsi que les vidanges. L'utilisation de l'huile comme lubrifiant se généralise. Ce maniement de l'huile nécessite de nouveaux outils qui prennent la forme de burettes ou d'arrosoirs à bec fin. Le mécanicien préposé à la lubrification exécute des opérations qui se rapportent à une surveillance et une régulation de la lubrification, ainsi que des opérations de remise aux conditions de départ du dispositif de lubrification.

La lubrification en continu des mécanismes nécessite de recourir à nouveau à l'huile végétale comme lubrifiant. Les huiles de ricin, de colza et d'olive permettent de lubrifier en continu les mécanismes, par barbotage ou par ces huileurs à mèches, et donc de limiter les à-coups qui nuisent aux systèmes productifs qui nécessitent de plus en plus de précision. Cependant, elles

¹⁸⁰ Diderot et D'Alembert, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, tome 16, p. 337, 1751-1772.

¹⁸¹ Photo issue du site « Le musée du graisseur » : <http://graisseur.fr/franc/mechexplcation.php>, consulté le 04/01/2020.

brûlent facilement, ce qui provoque une forte consommation du produit, surtout lors de vitesses de rotation élevées. La fluidité de ces huiles s'accommode difficilement avec l'augmentation des charges mises en mouvement et de la puissance des centrales énergétiques. Le lubrifiant ne parvient donc pas à s'immiscer entre les mécanismes de transmission de mouvement. On peut supposer que la graisse animale est encore utilisée pour ces applications. Le coût du recours massif aux huiles végétales semble devenir un enjeu majeur pour l'industrie. À partir 1850, la quantité d'huile et de graisse consommée par les centrales énergétiques devient un argument commercial et technique des centrales, car elle induit un avantage économique¹⁸².

Les caractéristiques physiques des huiles végétales conviennent de moins en moins aux besoins de l'industrie. L'utilisation de ces produits naturels, huile végétale et graisse, pose par ailleurs des problèmes de salubrité dans les usines, car en se décomposant, ils nourrissent des populations d'insectes et de rats. Les conditions sont propices pour l'émergence d'une nouvelle matière lubrifiante : l'huile de pétrole. Le besoin de l'industrie de précision d'une lubrification continue pour limiter les à-coups, conjugué à l'inspiration que représente l'horlogerie et son mécanisme de lubrification automatique, ouvre la voie à l'automatisation de la lubrification.

3.2. *L'automatisation du graissage et de la lubrification*

L'automatisation d'un système productif conduit à l'intégration des tâches qui lui sont périphériques. Les opérations de maintenance et d'entretien ne font pas exception, et la lubrification industrielle est un bon exemple pour illustrer ce mouvement d'extension de l'automatisation. Après plusieurs tentatives de mécanismes de lubrification adossées aux moteurs des machines-outils, l'automatisation de la lubrification va être atteinte par le détournement et la recombinaison¹⁸³ des éléments des centrales hydrauliques de puissance en systèmes de lubrification. Comme tout système automatique, il comprend des failles et un redéploiement de l'activité productive.

3.2.1. *Premières tentatives d'automatisation de la lubrification*

Dès le début du XX^e siècle, les concepteurs des centrales énergétiques et de moteurs thermiques prennent en compte les problèmes liés au coût de la lubrification et cherchent à l'automatiser. Les centrales sont davantage ciblées car elles concentrent les contraintes mécaniques les plus fortes en termes de puissance et de vitesse. Ces moteurs sont composés de nombreux mécanismes de transmission en métal et fonctionnent en continu. Inversement, jusqu'au début des années

¹⁸² C'est le cas, par exemple, de la turbine à vapeur de Laval par rapport aux machines à vapeur de son époque. Bertrand Gilles, 1978, *op. cit.*, p. 807.

¹⁸³ Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier Philosophie, 2012 (1^{ère} éd. 1958).

trente, les machines-outils sont majoritairement mises en mouvement par des courroies, et non par des engrenages, pour des raisons de rendement et de coût de maintenance¹⁸⁴, ce qui retarde l'automatisation de leur lubrification. Les lubrifiants sont à l'époque des produits onéreux qu'il est impensable de gaspiller. Les fabricants de moteurs cherchent à optimiser la consommation de lubrifiant. Certaines présentations techniques et publicitaires des centrales font d'ailleurs mention de la consommation de lubrifiant comme d'un argument commercial. Les turbines à vapeur bénéficient d'ailleurs d'un avantage économique important de ce point de vue par rapport à leurs concurrents, car seuls les paliers de la turbine sont à lubrifier¹⁸⁵. Il en résulte que le prix estimé de consommation d'huile atteint 3 % du prix du combustible pour une turbine, ce qui est inférieur aux 12 % pour un moteur à gaz pauvre, et aux 7 % des machines à piston à vapeur saturée. La lubrification et le graissage représentent un problème technique et économique.

Plusieurs systèmes de lubrification automatiques vont être combinés pour répondre pleinement à ce problème. Dès 1907, la revue fait la publicité du système Tilson¹⁸⁶, qui consiste à une automatisation simple de la lubrification des paliers d'une centrale énergétique. Ce système de lubrification repose sur la mise en pression d'huile dans un circuit fermé, afin de lubrifier un mécanisme grâce à une pompe autonome. Ce dispositif a l'inconvénient de devoir être multiplié par le nombre de paliers de la machine visée, mais il a l'avantage de conserver le lubrifiant. Sur les moteurs à gaz pauvre, on observe des systèmes de lubrification automatiques, qui peuvent lubrifier plusieurs mécanismes en même temps grâce à un système de canalisations¹⁸⁷. Ce sont souvent des pompes à engrenages autonomes, qui servent spécifiquement à la lubrification de l'ensemble de la centrale. Néanmoins, ces pompes ne sont pas directement régulées par le moteur. Chaque palier ou articulation de la bielle-manivelle est ainsi lubrifié, quelle que soit l'activité de la centrale, et le lubrifiant n'est pas forcément récupéré. L'idée de lier la lubrification avec le mouvement de la centrale émerge rapidement. Elle est décrite en 1907 dans la catégorie « Recettes et procédés » de la revue¹⁸⁸, et consiste à utiliser les pistons des moteurs thermiques pour entraîner directement une pompe servant à la lubrification. Ce dispositif n'est pas rattaché

¹⁸⁴ « Avance par engrenage et avance par courroie », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1909-12, p. 1.

¹⁸⁵ « Considération pratiques sur le choix des machines motrices », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1912-04, pp. 82-85.

¹⁸⁶ « Graissage automatique sous pression », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1907-01, p. 11.

¹⁸⁷ « Installation d'un moteur Taylor à gaz pauvre au salon de l'Automobile », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1907-02, p. 18 et « Moteurs verticaux à gaz pauvre à cylindre multiples », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1908-08, pp. 91-93.

¹⁸⁸ « Système de graisseur pour moteur à explosion », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1907-01, p. 15.

à un modèle de centrale en particulier. Il s'agit davantage d'un « truc et astuces » d'ingénieur. La combinaison des facteurs que sont la pompe autonome, le réseau de canalisations fermé et le cycle du moteur, conduit à l'automatisation de la lubrification des systèmes productifs.

3.2.2. Une synergie entre le recul du mouvement rotatif et l'automatisation de la lubrification

L'une des solutions techniques pour remplacer ou réduire le recours au mouvement rotatif au sein des usines est d'utiliser une transmission hydraulique. L'utilisation de la force hydraulique pour produire un mouvement rotatif régulier et facilement ajustable a commencé au cours des années 1920. Si en 1922 il n'y a eu qu'un prototype de machine à commande hydraulique aux foires de Leipzig, en Allemagne, ces machines étaient monnaie courante en 1931¹⁸⁹. L'usage de précision a peu à peu répondu aux problèmes techniques d'étanchéité et de résistance à la pression. Ces moteurs hydrauliques ne sont rentables qu'à l'orée des années 1930, durant lesquelles des montages en série de pompes, de presses, de tours et autres machines-outils, sont rendus possibles. La revue *La Machine moderne* fait état de l'un de ces dispositifs dans un article de janvier 1930 intitulé « Transmission hydraulique »¹⁹⁰. Cet article présente les « béabas » du fonctionnement de ce que l'on appelle aujourd'hui une centrale hydraulique de puissance. Il s'agit de montrer comment, en propulsant de l'huile sous pression avec une pompe, on peut parvenir à faire tourner une poulie et faire librement varier sa vitesse. Un article paru en mai 1931 entre davantage dans les détails, en partant du moteur hydraulique et en exposant tout le système de tuyauteries nécessaire au fonctionnement d'une machine à commande hydraulique¹⁹¹.

Le schéma ci-à-gauche¹⁹² présente un aperçu d'un dispositif d'entraînement par huile de puissance animé par un moteur hydraulique. Le moteur, actionné par l'énergie électrique, entraîne une pompe qui vise à mettre en pression et à aspirer l'huile stockée dans le réservoir, appelé aujourd'hui « bêche ». L'huile aspirée est envoyée sous pression jusqu'à la pompe de droite par la canalisation au centre du schéma (celle qui est équipée de la commande de variateur de débit 6). L'huile sous pression entraîne la pompe et est évacuée par la canalisation de

¹⁸⁹ « Les machines-outils à commande hydraulique par M. Le directeur-ingénieur Kroneneberg », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1931-09, pp. 665-667.

¹⁹⁰ « Transmission hydraulique », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1930-01, pp. 20-21.

¹⁹¹ « La transmission des mouvements par l'huile sous pression », *In La Machine moderne*, 1931-01, pp. 391-393.

¹⁹² Schéma issu de « La transmission des mouvements par l'huile sous pression », *In La Machine moderne*, 1931-01, pp. 391-393.

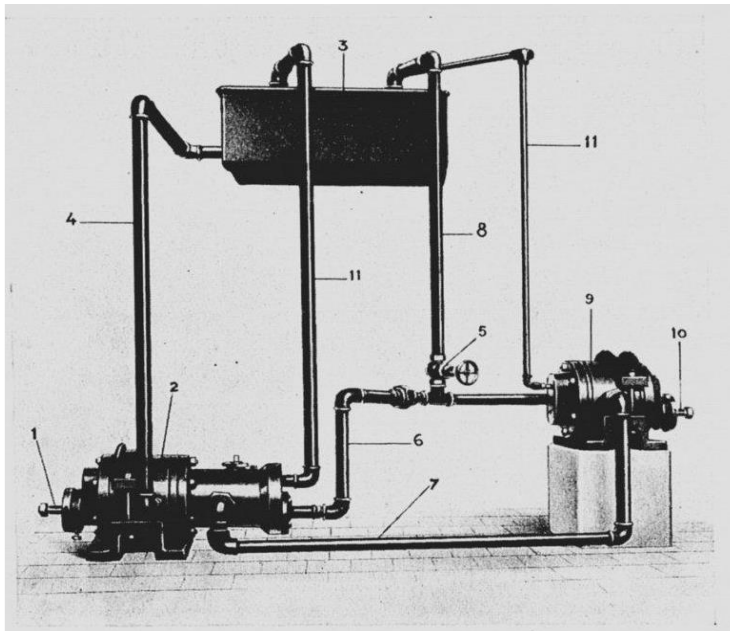


Fig. 7. — Ensemble de pompes « Héraklès », types 7-60-V et 7-60-C, formant transmission hydraulique avec commande automatique de variation de vitesse en fonction du couple résistant.

(1) Arbre de la pompe génératrice (7-60-V). (2) Pompe génératrice. (3) Réservoir d'huile. (4) Canalisation d'aspiration. (5) Régleur automatique de débit en fonction du couple résistant. (6) Commande du variateur de débit. (7) Canalisation de refoulement. (8) Canalisation de retour. (9) Pompe motrice (7-60-C). (10) Arbre de commande de la pompe motrice. (11) Canalisation de récupération.

Figure 3 : Ensemble de pompes "Héraklès"

récupération jusqu'au réservoir. Les autres canalisations permettent au réseau de se réguler. Ce dispositif technique permet d'actionner une pompe simplement par la force d'un flux d'huile mise sous pression à partir d'une pompe à moteur électromécanique, et de faciliter les variations du couple mécanique. Les mécanismes de transmission disparaissent encore davantage avec ce type de centrale. Ils ne sont observables qu'au niveau des paliers des arbres moteurs.

L'application de ces centrales hydrauliques de puissance à la

lubrification ne s'est pas fait attendre. Les moteurs hydrauliques permettent de projeter de l'huile sous pression en continu et à longue distance, tout en assurant la gestion du retour de l'huile dans une bache afin de fonctionner en circuit fermé. C'est par le détournement des centrales hydrauliques de puissance en centrales de lubrification que se développe à grande échelle la lubrification automatisée. Ces centrales de lubrification vont être reliées à de nombreux mécanismes de machines-outils *via* un réseau fermé de tuyauteries, prenant la forme d'un réseau vasculaire machinique. Il s'agit alors, pour l'ouvrier en charge de la lubrification, de surveiller le fonctionnement du moteur hydraulique, de contrôler s'il n'y a pas de fuite dans le réseau et de le colmater en cas d'incident, telle une plaquette sanguine. Le système de motorisation électromécanique permet de mettre en rythme ces centrales de lubrification avec les machines-outils.

3.2.3. Des matières et des rustines pour l'automatisation

Cette extension de la mise en continuité de la production par l'utilisation de centrales de lubrification s'accompagne d'un changement majeur en termes de matière lubrifiante. L'utilisation de l'huile de pétrole permet de répondre au problème du coût qu'induit la lubrification, qui semble amplifié par le détournement des centrales hydrauliques de puissance.

En effet, utiliser un circuit de tuyauteries nécessite une grande quantité de lubrifiant, parfois plus de mille litres d'huile par centrale. Ce changement de matière s'observe aussi à propos des mécanismes de transmission. La recherche de davantage de continuité dans la production passe par la fabrication d'un mécanisme auto-lubrifié ou lubrifié à vie. Parallèlement à ces mouvements d'automatisation, on remarque des pratiques de lubrification manuelles, qui viennent combler les manquements ou fuites des systèmes techniques.

i. D'un déchet à l'autre

Le développement de l'industrie pétrolière comme industrie au processus chimique, a entraîné des conséquences non négligeables sur la lubrification industrielle. Dès 1858, le chimiste James Young (1811-1883) propose d'utiliser des sous-produits de l'huile d'éclairage issus du pétrole écossais comme lubrifiant. Son entreprise écoule les premières graisses et huiles minérales issues du pétrole dans tout le Royaume-Uni et sur le continent¹⁹³. De l'autre côté de l'océan, le premier puit de pétrole a été mis en service par le « Colonel » Drake en 1859, et pose la première pierre de cette industrie à grande échelle. Les quantités de pétrole disponible augmentent fortement, tout comme ses applications et ses déchets¹⁹⁴.

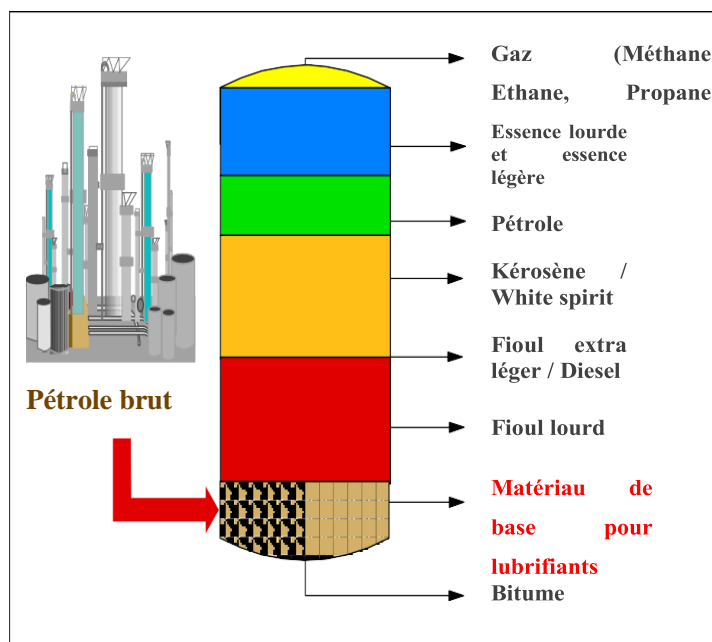


Figure 4 : Colonne de distillation simplifiée

Le raffinage du pétrole brut par distillation atmosphérique, dans ce qui est appelé la colonne de distillation, permet de produire différents carburants, mais aussi deux types de déchets (schéma ci-à-gauche). Le premier déchet de cette industrie est le bitume, qui est déjà connu et utilisé comme lubrifiant et comme revêtement. Le second est une huile minérale très fluide et peu inflammable. C'est ce déchet de distillation qui va constituer la matière première des matières

lubrifiantes issues du pétrole.

¹⁹³ Duncan Dowson, 1998, *op. cit.*, p. 291.

¹⁹⁴ Pour une plus ample présentation de l'histoire de la structuration internationale de l'industrie du pétrole au XIX^e siècle, se rapporter à l'ouvrage conséquent de Duncan Dowson, *ibid.*

Cette huile très liquide va remplacer en quelques décennies les matières animales et végétales utilisées depuis plusieurs dizaines de siècles par l'homme pour lubrifier les mécanismes de transmission et de transformation du mouvement¹⁹⁵. Pour l'historien Duncan Dowson, cette rapide substitution et domination d'une matière sur les autres relève de plusieurs facteurs. Le plus important semble être la forte augmentation de la demande en lubrifiant par des industries qui sont de plus en plus mécanisées et métallisées. Cette forte demande aurait rendu le coût des matières animales et végétales très important, alors que parallèlement, l'industrie pétrolière cherche un débouché pour un déchet de son process. L'huile de pétrole est présentée par différents ingénieurs et scientifiques comme plus stable et ayant de meilleures performances que les graisses et huiles végétales¹⁹⁶. Elle devient une matière alternative, techniquement crédible et présentant un faible coût.

LE GRAISSAGE DES ENGRENAGES
EXPOSÉS AUX INTEMPÉRIES

Les grues ou toute autre machine possédant des engrenages exposés à l'air extérieur peuvent être lubrifiées avantageusement avec la composition suivante : 225 grammes de blanc de céruse, 225 grammes de graphite en paillettes et 2 litres 1/4 d'huile pour graisser les cylindres. Ce mélange adhère parfaitement aux engrenages et peut être renouvelé à d'assez longs intervalles. Le graphite et l'huile forment le lubrifiant et le céruse lie le tout. La graine consistante peut être substituée à l'huile. Le graphite peut être laissé de côté par temps froid, et la composition peut être rendue plus épaisse par temps chaud en utilisant plus ou moins d'huile ou de graisse comparativement à la quantité de graphite.

Figure 5 : Recette de cuisine pour lubrifiant en extérieur

On peut apporter un bémol à cet exposé. Ce remplacement à marche forcée du lubrifiant d'origine végétale et animale par du lubrifiant minéral n'a pas été si linéaire que l'historien semble le décrire. À l'instar de James Young, qui a procédé à des mélanges d'huiles minérales avec des graisses ou huiles végétales pour écouler ses déchets d'huile à lampe, les praticiens du XX^e siècle font leur propre cuisine. On peut lire à gauche, une recette de lubrifiant proposée par la revue *Machine*

moderne en 1931¹⁹⁷. Cette recette renvoie aux spécificités de l'environnement dans lequel évoluent les mécanismes de transmission, comme la présence d'eau, de chaleur, etc. Dans une autre recette, qui fait suite à un courrier de lecteur¹⁹⁸, le recours à l'huile minérale est présenté comme une base économique aux mixtures concoctées par les mécaniciens.

Ces pratiques de mélange sont courantes et répondent à une critique forte des praticiens sur la trop faible onctuosité des huiles minérales. Ces derniers cherchent à les épaissir grâce à des graisses et huiles animales et végétales ou par l'usage de graphite colloïdal¹⁹⁹. Un vif débat

¹⁹⁵ *Ibid.*, p. 303.

¹⁹⁶ *Ibid.*, pp. 303-304.

¹⁹⁷ *La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1931-10, p. 738.

¹⁹⁸ « Réponse », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1930-1, P. 624.

¹⁹⁹ « E.G. Acheson Ltd », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1931-1, pp. 806-807.

oppose alors des praticiens et des chimistes sur la question de l'onctuosité et de la viscosité. La revue *La Machine moderne* s'en fait l'écho en janvier 1930 à travers le compte-rendu de la conférence du 8 décembre 1929, animée M. R. Périssé devant la *Société des ingénieurs civils*. La notion d'onctuosité est reprise par les praticiens qui reprochent fondamentalement à l'huile minérale d'être trop liquide et de ne pas s'insérer pleinement dans les aspérités des surfaces, et donc de « gicler » dès que les charges qui sont mises en mouvement sont importantes. Une forme de résistance s'exprime donc à l'arrivée des huiles minérales, mais l'avantage économique de ce produit conduit à une pratique de mélange.

Des huiles minérales dites « mélangées » produites par les pétroliers apparaissent dès 1931 sous le terme d'huile « *compound* ». Il s'agit principalement d'assemblages d'huiles minérales, de plomb, de pétrole lourd et de graphite de synthèse. Cette huile *compound* répond à des problématiques de viscosité, d'adhérence, de résistance aux hautes températures et aux charges lourdes. Il semble que la notion d'onctuosité ait rapidement disparu, malgré ce que rapporte l'ouvrage de Jean Trillat²⁰⁰, au profit de la catégorie de viscosité, présentée comme davantage mesurable. Le pétrole ne remplacera définitivement les graisses animales et végétales pour la lubrification qu'au milieu du XX^e siècle, lorsque les fabricants pétroliers réaliseront les mélanges à base de polymères et de différents adjuvants. Des matières lubrifiantes aux caractéristiques physiques prédéterminées et servant à des applications définies au préalable sont ainsi produites par des procédés chimiques. Chaque machine-outil, chaque mécanisme de la chaîne cinématique, a un lubrifiant standardisé qui correspond à ses conditions normales de fonctionnement. Ces produits sont appelés huiles synthétiques ou graisses minérales en fonction du degré de viscosité atteint. Toutefois, la pratique de mélange d'huile synthétique ou minérale n'a pas complètement disparue. Certains « mécanos » continuent à réaliser des mélanges d'huile lubrifiante pour une machine présentée comme ayant des besoins particuliers. Cette pratique témoigne davantage d'une méconnaissance des causes d'un dysfonctionnement récurrent d'une machine-outil que d'une connaissance fine des besoins d'un système mécanique. Il est parfois plus pratique d'imputer un dysfonctionnement à un problème de lubrification qu'à un défaut de montage de la part des mécaniciens.

ii. [Rendre le monde plus pérenne](#)

Cette pratique de mélange et de cuisine montre qu'en fonction des conditions de fonctionnement des machines-outils, voire de chaque mécanisme qui les compose, il convient d'appliquer un

²⁰⁰ Jean Trillat, « Huiles et Graisses industrielles », d'après le *Bulletin technique*, n°5, de la Vacuum oil Company, 1928.

lubrifiant aux caractéristiques techniques correspondantes. L'article de M. Reswick, titré « Le graissage moderne des engrenages fortement chargés »²⁰¹, montre que l'introduction des huiles minérales conduit à une plus grande spécialisation des produits appliqués aux mécanismes. Les constructeurs de machines-outils prescrivent des huiles synthétiques pour la maintenance des différents types de mécanismes mécaniques en fonction de la charge et du couple mécanique. Il en résulte que ce n'est pas un réseau unique de canalisations qu'il conviendrait de mettre en place pour chaque machine-outil, mais plusieurs, amplifiant la fragilité du système face aux aléas techniques.

Pour pérenniser les systèmes de production, l'automatisation de la lubrification peut aussi consister à utiliser des mécanismes de transmission lubrifiés à vie. Plusieurs procédés ont été explorés. L'un d'entre eux consiste à appliquer une matière supplémentaire sur les mécanismes à la manière d'un revêtement, comme le stellite, qui est utilisé depuis les années 1930. Ce revêtement est présenté dans la revue comme multipliant par sept la durée de vie des équipements, permettant ainsi des économies de maintenance et d'outillage²⁰². Il existe des recherches sur les matériaux composant le mécanisme. L'exemple le plus répandu est l'emploi du caoutchouc pour remplacer les engrenages en métal des accouplements mécaniques dans les cas de faible charge. Ces accouplements ne nécessitent aucune lubrification ou maintenance préventive. Ils tournent jusqu'au déchirement de la matière et sont par la suite remplacés. De façon similaire, on observe l'utilisation progressive de cardans « graissés à vie », qui ne demandent aucun entretien régulier. Ces différents dispositifs suppriment la maintenance préventive pour donner plus de place à une maintenance curative ou anticipative. En effet, le travail de maintenance consiste alors à agir par remplacement du mécanisme lors des casses mécaniques ou en anticipation de ces casses. L'anticipation consiste à fixer une durée de vie maximale, mais non dangereuse, à chacun des mécanismes selon ces conditions d'utilisation. Le système de production gagne en autonomie car les arrêts pour maintenance sont davantage espacés. Les opérations de lubrification sont remplacées par les opérations de remplacement des mécanismes.

iii. Des rustines usinées

Toutefois, l'automatisation de la lubrification est plus difficile à mettre en œuvre que ce que la revue technique *Machine moderne* ne le laisse entendre. D'ailleurs, en s'appuyant sur ses

²⁰¹ « Le graissage moderne des engrenages fortement chargés », par M. Reswick, *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1931-08, pp. 621-623.

²⁰² « Instruction pour appliquer le stellite », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1930-10, pp. 761-762.

publications, on peut prendre connaissance de l'ampleur du besoin en rustine à l'automatisation. On observe que les machines-outils sont progressivement équipées de systèmes de lubrification automatisés partiels, c'est-à-dire qu'il reste des opérations de lubrification manuelles à réaliser. L'objectif des fabricants est de permettre la réalisation de ces opérations manuelles lors du fonctionnement de la machine, comme pour cette fraiseuse industrielle où le « *graissage de la tête [est réalisé] en tout point en marche* »²⁰³. La maintenance de la machine peut être réalisée pendant la production, et il n'est pas nécessaire de mettre en place un arrêt de maintenance.

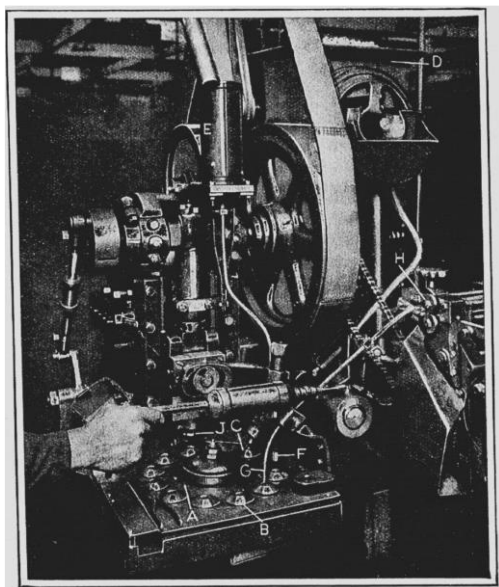


Figure 6 : Presse excentrique à bouchon de graissage

Pour permettre au préposé à la lubrification de lubrifier les mécanismes pendant la marche des installations, des bouchons de graissage en laiton sont installés sur les mécanismes de transmission. Il s'agit de vannes assurant une étanchéité et facilitant l'accès aux mécanismes sans procéder à des démontages. L'opération de maintenance préventive s'en trouve simplifiée. La production de bouchons de graissage prend un virage important dans les années 1930, avec une production de masse. Selon un article datant de septembre 1930, un modèle de presse excentrique automatisée permet de produire 4400 bouchons de graissage par heure²⁰⁴ ! Sur l'illustration de cette

presse, ci-à-gauche²⁰⁵, nous croyons apercevoir un geste humain interférer dans la production automatique des bouchons de graissage. En réalité, il n'interfère en rien. L'opérateur est en train de réaliser le graissage d'un roulement à l'aide d'une seringue métallique raccordée sur l'un de ces fameux bouchons pendant que la machine tourne. La seringue fait office de pompe pour impulser la graisse dans le mécanisme de transmission.

La production de bouchons de graissage est quantitativement importante et fait l'objet de nombreuses et récurrentes publicités dans la revue. Des articles commerciaux vantant les caractéristiques techniques de ces bouchons sont aussi publiés²⁰⁶. Ces dispositifs contiennent en

²⁰³ « C. Gambin et Compagnie », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1930-09, pp. 660-662.

²⁰⁴ « Assemblage de 4400 dispositifs de graissage à l'heure » *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur : Georges Lévy, 1931-01, pp. 660-662.

²⁰⁵ Illustration issue de *La Machine moderne*, *ibid.*, p. 661.

²⁰⁶ « Les bouchon-graisseurs des établissements F. Girard », *In La Machine moderne : journal mensuel*, directeur Georges Lévy, 1931-01.

MAISON FONDÉE en 1884 ANCIENS ÉTABLISSEMENTS F. GIRARD
R. ROSEAU, Successeur de MELLIEZ 285, Rue des Pyrénées, 285 - PARIS (XX^e) Téléphone MÈNILMONTANT 89-92

BOUCHONS - GRAISSEURS
 Pour Cycles, Motos, Automobiles, Machines-Outils et Agricoles, Moteurs et Démarreurs Électriques, Mètres divers

CLICHÉS GRANDEUR NATURELLE

"LE PLUS PRATIQUE" MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS
 Ce Modèle s'applique dans les positions verticale ou oblique et est muni d'un couvercle se levant dans toutes les directions. Ne pouvant rester ouvert S'OUVRE À LA MAIN OU AVANT LE BEC DE LA BURETTE ET SE FERME AUTOMATIQUÉMENT.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|---|---|---|---|-------|-------|--------|--------|
| 001 | 01 | 1 | 2 | 3 | 01 | 1 | 2 | 3 | 00 | 1 bis | 2 bis | 3 bis |
| 5x75 | 6x75 | 8x100 | 10x100 | 12x100 | Pour trous lisses de 1/8", 3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 1" | | | | 5x75 | 6x100 | 8x125 | 10x150 |
| 5x100 | 6x100 | 7x100 | 8x125 | 10x150 | | | | | 6x100 | 8x125 | 10x150 | 12x175 |

BREVETÉ S. G. D. G. **"LE CLIC-CLAC"** MARQUE DÉPOSÉE
 Ce Modèle s'applique dans les positions verticale ou oblique, et est muni d'un couvercle à tabatière avec ressort spiralé élastique et coudé à la main, ouvrant et se fermant automatiquement et durable. Se fait avec tube pour mèche dans les N° 6 et 7. S'OUVRE À LA MAIN ET SE FERME AUTOMATIQUÉMENT.

| | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 001 | 01 | 0 | 0 bis | 00 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 6x100 | 8x125 | 8x125 | 8x125 | 10x150 | 10x150 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x125 | 8x125 | 8x125 | 10x150 | 10x150 | 10x150 |

"LE CLIC-CLAC" MODÈLE LISSE
 Ce Modèle s'applique dans toutes les positions : verticale, horizontale ou oblique et est muni d'un ressort-ferme permettant de fixer le graisseur et orienter le trou. S'OUVRE ET SE FERME À LA MAIN. MARQUE DÉPOSÉE.

| | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 01 | 0 | 00 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x100 | 8x100 | 8x100 | 10x100 | 10x100 | 10x100 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x100 | 8x100 | 8x100 | 10x100 | 10x100 | 10x100 |

"L'ÉCLIPSE"
 Ce Modèle s'applique dans toutes les positions : verticale, horizontale ou oblique et est muni d'un couvercle à tabatière avec ressort spiralé élastique et coudé à la main, ouvrant et se fermant automatiquement et durable. Se fait avec tube pour mèche dans les N° 6 et 7. S'OUVRE À LA MAIN ET SE FERME AUTOMATIQUÉMENT.

| | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 01 | 0 | 00 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x100 | 8x100 | 8x100 | 10x100 | 10x100 | 10x100 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x100 | 8x100 | 8x100 | 10x100 | 10x100 | 10x100 |

"LE TÉLESCOPIQUE"
 Ce Modèle s'applique dans toutes les positions : verticale, horizontale, oblique. S'OUVRE À LA MAIN ET SE FERME AUTOMATIQUÉMENT. MARQUE DÉPOSÉE.

| | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 01 | 0 | 00 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x100 | 8x100 | 8x100 | 10x100 | 10x100 | 10x100 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x100 | 8x100 | 8x100 | 10x100 | 10x100 | 10x100 |

GRAISSEURS À BILLE DÉCOLLETÉS
 Ce Modèle s'applique dans toutes les positions : verticale, horizontale ou oblique et est muni d'un couvercle à tabatière avec ressort spiralé élastique et coudé à la main, ouvrant et se fermant automatiquement et durable. Se fait avec tube pour mèche dans les N° 6 et 7. S'OUVRE À LA MAIN ET SE FERME AUTOMATIQUÉMENT.

| | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 01 | 0 | 00 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x100 | 8x100 | 8x100 | 10x100 | 10x100 | 10x100 |
| 5x75 | 6x100 | 8x100 | 6x100 | 6x100 | 8x100 | 8x100 | 8x100 | 10x100 | 10x100 | 10x100 |

"LE TÉLETUB" MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS
GRAISSEUR À MÈCHE
 S'ouvre à la main et se ferme automatiquement. Ce graisseur à mèche, représenté ouvert sur le croquis, s'applique dans les positions verticale et oblique. Il est muni d'un dispositif de fermeture coulissant et ne pouvant rester ouvert. L'huile devant être absorbée par capillarité devra être de qualité très fluide. Recommandé pour toutes les branches de la construction mécanique de précision.

Gratuits nickelés sur demande, ainsi que Modèles à Huiles spéciaux et à Graisse, par série DÉCOLLETAGE AUTOMATIQUE DE PRÉCISION JUSQU'À 32 mm.

ROSEAU & C^o 285, RUE DES PYRÉNÉES, 285 - PARIS (XX^e)

Figure 7 : Publicité de bouchon de graissage

germe les bouchons de graissage contemporains, et particulièrement ceux qui assurent une étanchéité à l'aide d'une bille à ressort, nommés « graisseurs à billes décollées » sur l'affiche publicitaire. La large mise en place des bouchons-graisseurs simplifie le travail de maintenance en évitant les opérations de démontage des carters et des mécanismes, ou de montage de huileurs à mèches.

La simplification des tâches de lubrification par les bouchons de graissage, le recul quantitatif du mouvement rotatif et la tendance à l'automatisation de la lubrification,

déstabilisent la place symbolique du préposé à la lubrification. Le basculement, en un peu moins d'un siècle, des graisses et huiles animales et végétales vers l'huile de pétrole, comme matière de base des lubrifiants, induit un déplacement de la maîtrise du produit. Les lubrifiants sont standardisés par une production industrielle et définis par des caractéristiques métrologiques précises, comme la viscosité et le point de combustion. Les fabricants des machines-outils prescrivent l'application de lubrifiant en fréquence, quantité et points d'application. Le praticien n'a progressivement plus la main sur ses produits et modes opératoires. L'automatisation de la périphérie des systèmes de production réagence cette activité de maintenance, la distribuant entre des opérations de surveillance des dispositifs automatisés et de rustine de ces mêmes dispositifs. Il en découle un affaiblissement symbolique de la fonction du préposé à la lubrification. Cette situation ouvre néanmoins à ce dernier une nouvelle fonction technique en lien avec la surveillance des systèmes automatisés. Cette fonction technique est au cœur de la question de la répartition du travail entre le personnel de maintenance, qui doit maintenir le monde machinique, et donc le lubrifier, et le personnel de production, qui réalise des opérations de surveillance-contrôle. Les pratiques de lubrification prennent une autre importance mais la place du préposé à la lubrification, trônant autrefois sur le socle des statues funéraires, chute dans la hiérarchie professionnelle.

4. Communiquer le mouvement rotatif : un problème énergétique

En circonscrivant les pratiques de lubrification à une chasse à la panne, on associe les frottements à un phénomène d'usure progressive des mécanismes de transmission conduisant à une casse et à une rupture de la production. Cette relation met de côté un élément essentiel : le frottement comme contact idéal entre deux corps en mouvement. Ce contact idéal, et non pas parfait, renvoie à la problématique de la perte lors de la communication du mouvement. Cette observation de la perte lors de la transmission du mouvement conduit les penseurs des machines du XIX^e siècle à délaisser la figure de la machine parfaite pour introduire celle de la machine idéale. La machine parfaite est comprise comme conservant l'intégralité de l'énergie entrant dans le système mécanique, mais aussi comme étant restitutive et réversible, quel que soit les transformations opérées. Cette théorie est incompatible avec les conditions effectives de l'expérience, ce qui pousse les penseurs et mécaniciens du XIX^e siècle à prendre en considération les interférences à ce monde parfait pour présenter une théorie de la machine idéale appuyée sur des expérimentations²⁰⁷.

Parmi ces interférences, le frottement figure en bonne place. En effet, c'est par un frottement, compris comme le « *contact de deux corps qui se meuvent l'un par rapport à l'autre* »²⁰⁸, que le mouvement est communiqué d'un moteur vers l'outil de transformation de la matière. Chasser le frottement jusqu'à son extinction induirait alors de supprimer la fonction de communication du mouvement de ces mécanismes, or c'est bien cet effet qui est recherché. La lubrification entre alors dans une fonction d'optimisation du contact entre les corps pour tendre vers un idéal. À ce frottement nécessaire s'en ajoute un second, qui nuit à cette communication idéale de l'énergie sur les corps, une « *force résistante qui contrarie le mouvement d'un corps glissant sur un autre* »²⁰⁹. Il s'agit d'un frottement « contrariant », qui dissipe l'énergie du système et réduit l'efficacité ou le rendement de cette communication de mouvement. Le frottement idéal apparaît alors comme un coût de communication, c'est-à-dire un coût de recourt à la mécanisation. Tout l'enjeu est de ne pas dépenser un surcoût à cause de frottements « contrariants ». Dans cette perspective, les frottements renvoient davantage à un problème de rendement énergétique que de casse mécanique. Il ne faut en effet pas simplement chasser les frottements, mais les optimiser. La lubrification est partie prenante dans cette recherche d'optimisation de la communication de

²⁰⁷ Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, p. 457.

²⁰⁸ <https://www.cnrtl.fr/definition/frottement>, consulté le 02/02/2021.

²⁰⁹ <https://www.cnrtl.fr/definition/frottement>, consulté le 02/02/2021.

l'énergie cinétique dans un système mécanique. Si l'on reprend les mots de Jean Michel Martin, cette fonction d'optimisation correspond à la fonction technique du « *rouler sans frotter* »²¹⁰.

L'étude de la tribologie va permettre de tisser un lien entre les approches purement cinématiques et les approches énergétistes en montrant comment le frottement média permet de tendre vers le coût de communication idéale. Pour ce faire, cette présentation commencera par une présentation des travaux de Guillaume Amontons, qui fonde les premières études portant sur les frottements et en dégage les premières lois physiques. Elle se prolongera autour du mécanicien, constructeur de machines et savant John Smeaton, qui bouleverse les méthodes expérimentales et donne corps à cette problématique énergétique dans ses études sur les machines à vapeur et les moulins hydrauliques. Puis, un développement sera consacré au fondateur de la tribologie, Charles-Auguste Coulomb, qui mène des recherches expérimentales à taille réelle sur les frottements en faisant le type de lubrifiant comme facteur explicatif. Enfin, dans le dernier développement seront présentés les travaux de l'ingénieur et entrepreneur alsacien Gustave Adolphe Hirn qui, par des expériences à taille réelle en milieu industriel, met au centre de sa recherche les frottements, les lubrifiants et leurs conséquences exprimées en calories dispersées.

4.1. *Les précurseurs au champ de la tribologie du XV^e au XVIII^e siècle*

Ce développement montrera comment la question du rendement, ou de l'effet utile des moteurs, sont devenus un problème sérieux à une période de concurrence entre machine à vapeur et moulin hydraulique. Il s'appuie sur deux auteurs importants : Guillaume Amontons (1663-1705) et John Smeaton (1724-1792). Les travaux d'Amontons portent sur les frottements à vaincre pour mettre en mouvement un système et posent les premiers jalons du champ d'étude de la tribologie. Il établit les premières lois de frottement à partir de ses études portant sur la marine mais aussi sur le « moulin à feu ». Smeaton apporte des avancées décisives sur le plan théorique et des méthodes expérimentales. Il fait des expériences en miniature afin de préparer des expérimentations à taille réelle, initiant tout un champ de recherche scientifique s'articulant autour de « l'esprit d'ingénieur »²¹¹ et de la méthode expérimentale²¹².

4.1.1. *Le frottement comme objet d'étude*

Guillaume Amontons est l'auteur de la première étude expérimentale portant sur les frottements. En 1699, il communique son premier mémoire à la nouvelle Académie, titré *Moyen de substituer*

²¹⁰ Jean-Michel Martin, 2012, *op. cit.*

²¹¹ François Vatin, « L'esprit d'ingénieur : pensée calculatoire et éthique économique », *Revue Française de Socio-Economie*, no. 1, 2008, pp. 131-152.

²¹² Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, pp. 318-325.

commodément l'action du feu à la force des hommes et des chevaux pour mouvoir les machines.

Dans ce mémoire, Amontons ne propose rien de moins qu'un projet de « moulin à feu ». Projet qui ne sera jamais mené à bien mais qui va pousser ce physicien, féru d'expérimentations, à s'intéresser aux frottements et à introduire la notion de rendement d'une machine. Cette perspective de recherche nécessite de rompre avec une perspective essentiellement géométrique car elle s'intéresse à ce qui « entre et ce qui sort » de la chaîne cinématique. Notons que le projet de « moulin à feu » d'Amontons est une intuition féconde à l'heure où Papin, De Savery et plus tard Newcomen, sont empêtrés dans une réponse au besoin du secteur minier. Le « moulin à feu » est une tentative de production d'un mouvement rotatif continu indépendant des aléas climatiques ou d'un travail de force manuel.

Pour justifier des avantages de son projet de machine-moteur, Amontons va réaliser des expériences où il cherche à comparer son « moulin à feu » avec le travail de force d'ouvriers. Dans la cinquième expérience de son mémoire, il estime en termes de coût le travail nécessaire pour actionner une « machine donnée » par des hommes puis des chevaux. Il essaye d'avoir une vision qui soit la plus inclusive possible, en intégrant les jours de repos ainsi que l'entretien des manèges et des chevaux. Dans la sixième expérience, Amontons tente de mesurer « la puissance continue » d'un ouvrier actionnant un polissoir de glace. Ce choix ne doit rien au hasard, le polisseur de glace exerce toute sa puissance dans cette tâche de frottement. Son étude minutieuse lui permet de déterminer la puissance continue de l'ouvrier :

« Ces ouvriers commencent leur travail ordinaire à cinq heures du matin et le finissent à sept heures du soir, prennent trois temps de deux heures pour leurs repas ; la volée de leur flèche, c'est-à-dire le chemin que fait leur polissoir à chaque fois qu'ils le poussent, ou qu'ils emploient à chaque volée une demi-seconde ; mais, comme ils s'arrêtent de temps à autre, tant pour voir leur travail, que pour brosser et empoter leur polissoir ; et outre qu'ils emploient quelque temps à sceller et retourner leurs glaces, cela emporte environ le sixième du temps de leur travail, si bien que des douze heures, on n'en doit guère compter que dix, pendant lesquelles leur travail équivaut à l'élévation continue d'un fardeau de 25 livres à trois pieds par seconde. Il suit de cette expérience, il faudrait deux hommes ; et qu'ainsi un homme seul ne tient lieu que d'une puissance continue

*de 12 livres et demi faisant trois quarts de lieue par heure, c'est-à-dire environ la sixième partie du travail d'un cheval. »*²¹³

Il s'agit de l'une des premières tentatives de mesure chiffrée de la puissance moyenne, et donc reproductible, d'un homme dans le cadre d'une activité productive. Cette perspective sera féconde et donnera lieu à diverses approches qui vont de l'organisation scientifique du travail à la thermodynamique.

A partir de son dispositif expérimental, Amontons ne considère pas simplement le frottement comme la cause bruyante de nombreuses casses et avaries des machines de son époque. Il ne s'agit pas seulement d'une force à vaincre ou à surmonter pour mettre en mouvement un système mécanique, même si cette perspective reste centrale dans son travail. Il n'entend pas le frottement comme une source de déperdition de force, ou une perturbation, dans la chaîne cinématique. Le frottement est, dans ce dispositif, ce que l'on mesure car l'effet de la force de l'ouvrier est entièrement dépensé pour surmonter un frottement. Il s'agit de l'effet recherché, mesurable, et donc comparable à l'ascension d'un fardeau. Cette expérience permet à Amontons d'étalonner la puissance disponible de sa machine en la comparant à la puissance continue d'un ouvrier.²¹⁴ A cet égard, il rompt avec les recherches de son époque sur la force musculaire de l'homme, qui portaient sur les « records », pour s'intéresser, bien avant Taylor et Coulomb, à la journée de travail reproductible²¹⁵. Cette sixième expérience sur la mesure du frottement du polisseur l'amène à relever un résultat contre-intuitif et à formuler la première loi sur les frottements :

« Par ces expériences on peut remarquer, en passant, que c'est une erreur de croire que les frottements dans les machines augmentent ou diminuent à proportion que les parties qui frottent ont plus ou moins d'étendue, et que la roue par exemple d'un moulin tourne autant plus facilement que ses tourillons ont moins de longueur, ce qui d'ailleurs est une mauvaise construction, à cause qu'ils mangent incontinent les boîtes dans quoi ils tournent. Mais que ces frottements augmentent ou diminuent à proportion des fardeaux qui sont à mus, et de la raison de la longueur des leviers qui servent à les mouvoir à la longueur de ceux sur lesquels ils s'appuient. J'aurais bien souhaité avoir eu occasion de faire les mêmes expériences avec des pièces de fer, de cuivre et de bois, sur des plans de

²¹³ Guillaume Amontons, *Moyen de substituer commodément l'action du feu à la force des hommes et des chevaux pour mouvoir les machines*, 1699a, p. 122.

²¹⁴ Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, p. 202.

²¹⁵ François Vatin, *Le travail. Economie et physique 1780-1830*, Paris, PUF, 1993, p. 41.

pareille matière, parce qu'on aurait pu en déduire des règles importantes pour calculer les frottements dans les machines »²¹⁶

Guillaume Amontons présente des résultats qui vont à l'encontre des idées reçues des mécaniciens et des mathématiciens de son temps²¹⁷, c'est-à-dire que la réduction des surfaces de contact devait réduire les frottements. Fort de ce premier résultat, il annonce le programme de recherche de son deuxième mémoire présenté devant l'Académie en cette même année 1699 : *De la résistance causée dans les machines, tant par les frottements des parties qui les composent, que par la raideur des cordes qu'on emploie, et la manière de calculer l'un et l'autre*. Amontons conserve sa démarche empirique afin de répondre aux critiques théoriques formulées par La Hyre à propos de son premier mémoire. Il conserve le dispositif expérimental du polissoir et fait varier la matière des plans à polir ainsi que la grandeur et la pression. Pour chaque expérience, les surfaces de frottement semblent lubrifiées.

« On a mis sur des plans AA de cuivre, de fer, de plomb et de bois, enduits de vieux oing, d'autres plans BB, de pareilles matières, et de différentes grandeurs, on les a pressés les uns sur les autres différemment par des ressorts ... dont la quantité de pression était connue. On a changé ces plans de toutes les manières possibles, mettant tantôt ceux de fer sur ceux de cuivre, de plomb et de bois, et tantôt ces derniers sur celui de fer ; et à chaque fois, on a remarqué avec un peson à ressort D, les quantités de force nécessaire pour les faire mouvoir. »²¹⁸

Amontons cherche à déterminer les couples de matières qui induisent le moins de frottements. Il observe que *« la résistance causée par les frottements est à peu près la même dans le fer, dans le cuivre, dans le plomb, dans le bois, en quelque manière qu'on les varie, lorsque ces matières sont enduites de vieux-oing »²¹⁹*. Le frottement est alors considéré comme *« l'action de faire frotter »²²⁰*, comme un obstacle à franchir et ne prend pas un caractère de nuisance dans un système en mouvement. Il semble que le lubrifiant, le vieux-oing, ne fasse pas l'objet de tests systématiques. Il est, dans un premier temps, exclu des facteurs analytiques du frottement. La variation du frottement est principalement imputée à la pression : *« ces résistances sont entre elles en raison composée des poids et des pressions des parties qui frottent, des temps et des*

²¹⁶ Guillaume Amontons, 1699a, *op. cit.*, p. 122.

²¹⁷ Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, p. 199.

²¹⁸ Guillaume Amontons, *De la résistance causée dans les machines, tant par les frottements des parties qui les composent, que par la raideur des cordes qu'on emploie, et la manière de calculer l'un et l'autre*, 1699b, p. 208.

²¹⁹ *Ibid.*

²²⁰ Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, p. 205.

vitesses de leur mouvement. »²²¹ C'est à partir de ce dernier résultat qu'Amontons gagne en originalité dans sa démarche analytique des machines, car il va s'intéresser aux frottements de chaque mécanisme composant une machine complexe, voire de la chaîne cinématique.

*« Dans les machines où il y a plusieurs frottements, on doit les examiner de suite les uns après les autres, en commençant par les plus proches de la force mouvante, en comparant le premier à la force mouvante, et ensuite tous les autres au premier, pour connaître la valeur de chacun en particulier. Cet ordre est d'autant plus naturel que se sont les parties les plus proches de la force mouvante qui transmettent le mouvement aux autres, et qu'il n'y a point, comme on l'a déjà remarqué, de frottement là où il n'y a pas de mouvement. »*²²²

Amontons semble se soucier de rendre accessible au mécanicien ses recherches sur les frottements en énonçant des lois simples et de réduire au calcul le phénomène de frottement qui parcourt les machines et les chaînes cinématiques. Il rappelle que toute variation de vitesse ou de charge de la machine induit une variation des frottements, et qu'il y a un *optimum* à trouver. Le calcul des frottements de toutes les parties d'une machine complexe peut s'avérer long et fastidieux. Amontons propose des tables récapitulatives à la fin de son mémoire pour faciliter l'utilisation de ses recherches. Bien que ses analyses chiffrées du frottement des mécanismes soient très approximatives, sa méthode analytique est pertinente. Dans sa démarche, Amontons suit la dispersion de cette force motrice pour chaque mécanisme de la machine complexe et l'exprime selon un même phénomène : le frottement. Le frottement prend une position centrale dans son analyse, il est à la fois l'effet utile recherché du système mécanique, le critère de comparaison entre un système mécanique et un travail manuel, et l'unité de mesure des déperditions de mouvement dans la chaîne cinématique. Pour Jean-Pierre Séris, cette attitude nouvelle amène, par la suite, à comprendre la communication du mouvement dans une machine complexe comme un processus énergétique.²²³

4.1.2. Quel effet utile pour les machines-outils à la sortie des moteurs ?

Le mécanicien et constructeur de machine John Smeaton s'intéresse de façon minutieuse au phénomène de perte de puissance dans les systèmes mécaniques. John Smeaton présente un profil atypique car *« il réunit les compétences des ouvriers spécialisés (craftsmen) et de*

²²¹ Guillaume Amontons, 1699b, *op. cit.*, p. 208.

²²² Guillaume Amontons, 1699b, *op. cit.*, p. 214.

²²³ Jean-Pierre Séris, 1987, *op. cit.*, p. 208.

l'engineer qui, en générale, les supervise. ».²²⁴ Ses compétences pour optimiser les machines sont connues et recherchées, ainsi il participe à de nombreux projets d'investissements industriels ou d'équipements publics. Smeaton est au fait des débats intellectuels portant sur la science des machines mais il est aussi un expérimentateur adroit et scrupuleux. « *Smeaton préfigure au milieu du siècle l'ingénieur que se proposeront de former les écoles de la Révolution et de l'Empire.* »²²⁵

John Smeaton se lance dans une recherche empirique portant sur l'effet utile des moteurs car lors de ses travaux, il est confronté à des incohérences entre la théorie d'Antoine Parent et ses propres applications pratiques. Il expose ses divergences et ses résultats dans son traité *An experimental Inquiry concerning the natural Power of Water and Wind to turn Mills and other Machines depending on a circular motion* en 1759. Antoine Parent (1666-1719) est l'un des théoriciens de la machine parfaite. Son mémoire de 1704, intitulé *Sur la plus grande perfection possible des machines*, expose une théorie des machines hydrauliques qui se propose de déterminer l'effet du vecteur naturel sur les aubes d'un moulin. A partir d'un raisonnement physico-mathématique, Parent détermine que l'effet maximum capté par un moteur hydraulique est égal à 4/27 de l'effet naturel du fluide²²⁶. Seulement comme le note Jean-Pierre Séris, « *il n'a pas l'idée de se demander ce que devient la force motrice initiale : disparaît-elle, se conserve-t-elle, se consume-t-elle, et à quoi ?* ».²²⁷ John Smeaton ne va avoir de cesse de s'intéresser à cette question. Il va établir, par différentes expérimentations, le rendement des moteurs hydrauliques, c'est-à-dire le ratio entre l'« *original power* », qui est la puissance d'une chute d'eau, et le « *machinal power* », qui est un effet mécanique²²⁸. Tout son travail consiste à pouvoir mesurer au mieux ces deux puissances pour déterminer le rendement des machines-moteurs.

Smeaton s'appuie sur la confection de modèles miniatures, dits « *working models* », pour établir les grandes lignes de ses machines hydrauliques et tester tous les paramètres de ses expériences, comme la forme des aubes. Il reste prudent sur la pertinence des modèles miniatures : « *Dans ce cas, il est très nécessaire de distinguer les circonstances par lesquelles un modèle diffère d'une machine en grand ; sans quoi un modèle nous éloigne plus de la vérité qu'il ne nous en rapproche... Si grande soit la circonspection dont on use, la meilleure structure des machines ne peut être déterminée avec une parfaite certitude que par des essais opérés en grandeur*

²²⁴ *Ibid*, p. 319.

²²⁵ *Ibid*, p. 302.

²²⁶ Pour plus de détail sur les travaux d'Antoine Parent, se référer à Jean-Pierre Séris, 1987, *op cit.*, pp. 285-299.

²²⁷ *Ibid*, p. 293.

²²⁸ « *Power* » est une force avec production de mouvement qui a la capacité de produire un effet. Pour plus de détail, se référer à Jean-Pierre Séris, 1987, *op cit.*, p. 324.

« réelle ». »²²⁹ Ses résultats sont systématiquement confirmés par des expériences à taille réelle. Ses expériences visent à déterminer l'effet maximum d'un moteur hydraulique, il propose pour sa part 3.63/10. Smeaton montre que la perte de puissance entre la chute d'eau et l'arbre de travail du moulin est principalement due à la forme des aubes²³⁰ ainsi qu'aux frottements. Une part de cette puissance s'égaré dans les engrenages et les paliers en bois. Même l'ajout progressif de pièces en métal sur les mécanismes de transmission ne permet pas d'augmenter de façon décisive ce rendement²³¹.

John Smeaton engage une démarche d'analyse reposant sur la notion de ratio, et donc de rendement, afin de parvenir à optimiser les systèmes mécaniques de son époque en repensant l'agencement de la chaîne cinématique. Il ne cherche plus seulement les formes géométriques assurant de capter au mieux le vecteur énergétique, il s'intéresse principalement à la puissance utile des moteurs. Ses recherches marquent une rupture expérimentale avec les machines en miniature, perspective qui rompt avec le théâtre des machines des siècles précédents²³². Cette démarche expérimentale va accompagner les premiers tribologues. L'étude de l'effet utile des machines et sa relation avec le phénomène de frottement va être poursuivi par deux figures du champ de la tribologie que sont Charles-Augustin Coulomb et Gustave-Adolphe Hirn. Si ces deux chercheurs sont considérés comme faisant partie du giron des tribologues, c'est pour leur dispositif expérimental mais aussi car ils donnent corps à un facteur déterminant pour l'étude des frottements : le rôle du lubrifiant. Cette matière est restée jusque-là à l'écart du champ d'études, signe d'un probable désintérêt pour des matières peu louables.

4.2. *Charles-Augustin Coulomb, le lubrifiant comme facteur de rendement*

Charles-Augustin Coulomb (1736-1808) est reconnu par la communauté scientifique comme l'un des fondateurs de la théorie de l'électricité. Signe de sa postérité, son nom désigne aujourd'hui une unité de mesure électrique. Ses travaux ne se limitent pas à cette thématique et abordent des problématiques davantage mécaniques qui font de lui l'un des plus grands tribologues de l'histoire²³³. Il publie en 1781 un mémoire intitulé *Théorie des machines simples en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages* qui reçoit le premier prix de l'Académie des

²²⁹ Dixit John Smeaton in Jean-Pierre Séris, 1987, *op cit.*, p. 321.

²³⁰ La théorie sur les corps non élastiques s'appuie sur les expériences de Smeaton. Pour plus de détail sur ce constructeur, mécanicien et scientifique, se reporter à Jean-Pierre Séris, *ibid*, pp. 318-331.

²³¹ John Smeaton, « An experimental enquiry concerning the natural powers of water and wind to turn mills, and other machines, depending on a circular motion », *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 51, 1759, pp. 100-174.

²³² Sur ce thème, voir Jean-Pierre Séris, *ibid*, pp. 11-34.

²³³ Jean Frêne, 2001, *op. cit.*

sciences. Cette reconnaissance du monde académique est une marque de l'intérêt porté à l'étude des frottements lors de cette période. Son mémoire est construit en deux parties. La première traite de la question des frottements lors de mouvements rectilignes, et la seconde de celle des frottements des mécanismes de transmission du mouvement rotatif. Coulomb s'intéresse principalement aux courroies et cordages, pour leur capacité à entraîner un cylindre de travail, et aux arbres de transmission tournant dans des paliers. Ses expérimentations « en grand » lui permettent de discuter les résultats d'Amontons et de proposer de nouvelles règles de calcul portant sur la mise en mouvement de cylindres par des courroies²³⁴. Dans cette deuxième partie, Coulomb étudie de façon séquentielle les déperditions de puissance entre une courroie chargée, une poulie, un palier et un arbre de transmission en faisant intervenir le lubrifiant comme facteur explicatif.

4.2.1. Une démarche expérimentale grandeur nature

Charles-Augustin Coulomb arme ses recherches de tout un attirail d'outils permettant de mesurer empiriquement les frottements. Dans son étude, il se focalise sur cinq facteurs extérieurs explicatifs²³⁵, c'est-à-dire isolables, pour confirmer les lois d'Amontons et proposer de nouveaux résultats expérimentaux généralisables²³⁶. La représentation de la gravure à gauche illustre principalement des situations de glissement, mais le dispositif expérimental est applicable à l'étude du mouvement rotatif. La loi la plus générale qui est retenue de ce travail énonce que « *dans beaucoup de cas le coefficient de frottement est indépendant de la vitesse* ».

Coulomb remarque que le début de la mise en mouvement d'une charge est un moment particulier, d'autant plus problématique dans le cas d'une manutention manuelle. Il propose alors un coefficient de frottement statique, ou d'adhérence, pour rendre compte de cet instant. Ce coefficient dépend de la nature des matériaux et de la rugosité des deux surfaces en contact. Ce résultat est en opposition avec les résultats d'Amontons et constitue une vraie rupture entre les deux scientifiques. Dans ces premières expériences, Coulomb reprend la méthode d'Amontons et mesure la puissance nécessaire pour vaincre le frottement initial, c'est-à-dire pour mettre en mouvement le mécanisme composé de poulies. Pour aller plus loin et mesurer le frottement d'une machine en mouvement, Coulomb n'hésite pas à faire tourner l'arbre dans le palier après

²³⁴ Charles-Augustin Coulomb, *Théorie des machines simples en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages*, Paris, Bachelier, 1781 (rééd. 1821), p. 125.

²³⁵ Les facteurs explicatifs retenus par Coulomb sont les suivants : la nature des matériaux, l'effet d'un lubrifiant, l'étendue de la surface de contact, la charge appliquée et le temps de repos pendant lequel les surfaces restent en contact avant expérience.

²³⁶ Ces résultats concernent particulièrement des valeurs de coefficients de frottement statiques et l'idée selon laquelle les frottements dépendent à la fois de l'adhésion et de la déformation de la surface.

lubrification pour que la graisse animale, sous forme de pâte, se répartisse dans les aspérités de la matière, relâchant ainsi l'effet de ce coefficient statique, et permettant de mesurer le frottement d'un système en mouvement. Cette manœuvre a la même fonction que le rodage, qui sera plus finement étudié par la suite.

4.2.2. Déterminer les combinaisons optimales des matières

L'objectif de cette étude est de déterminer la combinaison de matières qui permet de limiter au mieux le coefficient de frottement d'un système mécanique en mouvement. Coulomb n'aura de cesse de faire varier les matières influençant l'expérience, afin d'y lier un coefficient de frottement. Cela est particulièrement saillant dans la séquence dédiée aux arbres de transmission²³⁷. Les matières des axes varient du bois de gaïac au bois de chêne vert, en passant par le bois d'orme, jusqu'à l'utilisation d'un axe en fer. La matière du palier, appelé « boîte »²³⁸, change au fil des expériences, passant du cuivre pour accueillir le fer, aux bois de différentes essences. Ces expériences font aussi varier le facteur lubrifiant, appelé « enduit »²³⁹. À des expériences sans enduit, suivent des expériences où les axes et paliers sont lubrifiés avec du suif²⁴⁰, du vieux-oing²⁴¹ ou de l'huile d'olive²⁴². Coulomb établit une forme de comptabilité des rendements des couples de matières. Comme le remarque François Vatin²⁴³, on peut souligner qu'il cherche à maximiser une fonction de rendement de l'effet mécanique d'une machine en prenant en compte les contraintes mécaniques observables. Il délaisse une perspective de théorie physique pure pour emprunter celle de l'économiste qui vise à dégager les choix induisant le moindre coût de transmission mécanique. Ses recherches sont directement applicables par les mécaniciens ou les constructeurs de machines. Charles-Augustin Coulomb propose la formule pour laquelle le recours à la mécanisation est la moins coûteuse en perte de puissance.

L'un des résultats de cette étude est que le suif « pur » est le meilleur enduit permettant de limiter au mieux les frottements : « *Le suif bien pur, sans mélange et sans fibre, est de tous les enduits celui qui réussit le mieux pour adoucir le frottement des machines* »²⁴⁴. En effet, si l'on reprend les résultats des expériences visant à mesurer les frottements « *des axes de fers dans les chapes de cuivre* »²⁴⁵, on observe que Coulomb propose un indicateur de rendement de cette transmission

²³⁷ Charles-Augustin Coulomb, 1781, *op. cit.*, p. 133.

²³⁸ *Ibid.*, p. 135.

²³⁹ *Ibid.*, p. 135.

²⁴⁰ *Ibid.*, p. 139.

²⁴¹ *Ibid.*, p. 143.

²⁴² *Ibid.*, p. 147.

²⁴³ François Vatin, 1993, *op. cit.*, pp. 36-56.

²⁴⁴ Charles-Augustin Coulomb, 1781, *op. cit.*, p. 139.

²⁴⁵ *Ibid.*, pp. 139-148.

de mouvement. Cet indicateur, exprimé par un ratio, met en relation la pression exercée sur l'arbre, par l'intermédiaire d'une courroie à la raideur négligeable, avec les frottements mesurés lors de la chute de la charge. Il est alors entendu que le rendement de la transmission de l'énergie cinétique est proportionnel au ratio. Cette démarche empirique consiste à mettre en relation une puissance entrante dans le système avec son effet de sortie. Coulomb expose que ce ratio de rendement est égal, en moyenne, à 6.1 dans les cas de rotation sans lubrification, à 11.5 dans les cas de lubrification avec du suif, et à 8 dans les cas de lubrification au vieux-oing et à l'huile d'olive. Si l'on entre plus en détail dans les résultats des expériences, on remarque que l'ingénieur relève que l'effet du lubrifiant diminue avec le nombre de répétitions de l'expérience²⁴⁶ ainsi qu'en fonction des effets climatiques²⁴⁷. Il convient donc de renouveler l'enduit régulièrement pour profiter de ses bénéfices, ce qui peut se traduire par des pratiques de lubrification préventives et périodiques.

Ces différences de rendement de la communication du mouvement ne sont pas négligeables, et Coulomb, qui reconnaît l'impact du lubrifiant dans ses expériences, en fait une variable de l'expérimentation. En revanche, il ne parvient pas à systématiser l'effet du type de lubrifiant sur le frottement en terme autre que géométrique. Il conseille le suif comme lubrifiant pour son ratio de rendement, certes, mais surtout pour la durabilité de ses propriétés en cas de mouvement rotatif. Pour l'auteur, cet effet est dû à l'étendue de la surface de contact lisse ou lissée par l'enduit. La faible vitesse de rotation de l'arbre dans le palier amène à une situation où les mécanismes bénéficient de « l'onctuosité »²⁴⁸ du suif dans cette transmission de mouvement. Autrement dit, le suif a pour caractéristique d'imprégner les matières en se logeant dans leurs aspérités, et donc de rester dans la zone de contact entre le palier et l'arbre, voire lissant ces surfaces, et cela même à faible vitesse. L'huile d'olive, qui a une viscosité²⁴⁹ faible en comparaison des pâtes à graisse animale, perd de son effet lubrifiant dans les cas de pression importantes à faible vitesse, car elle est chassée de la zone de contact²⁵⁰ et laisse apparaître les aspérités de la chaîne cinématique.

L'opposition entre onctuosité et viscosité renvoie à celle entre géométrie et énergie. L'onctuosité du lubrifiant permet de corriger les défauts géométriques de la chaîne cinématique tandis que la

²⁴⁶ *Ibid.*, p. 142.

²⁴⁷ *Ibid.*, p. 148.

²⁴⁸ *Ibid.*, p. 147.

²⁴⁹ État de ce qui est visqueux ; état d'un liquide plus ou moins épais et sirupeux, dû au frottement réciproque des molécules, et qui s'oppose à leur écoulement ; capacité à s'écouler plus ou moins facilement. Définition du CNRTL, consultée le 07/12/2020.

²⁵⁰ L'air, qui est en soit un bon lubrifiant, subit le même effet.

viscosité traduit davantage une analyse du frottement comme déperdition de l'effet d'un système mécanique. Cette prise en compte du problème géométrique dans la mesure des frottements débute dès la présentation du dispositif expérimental, où Coulomb souligne l'importance du rodage préalable des poulies et des boîtes²⁵¹. Coulomb établit un lien entre une perspective en termes de rendement énergétique et une perspective géométrique. Le lubrifiant et la tribologie permettent de lier ces deux approches.

4.2.3. Le frottement, une perte d'effet utile ?

Charles-Augustin Coulomb a à l'esprit des applications maritimes quand il analyse ses résultats. Cette finalité de la recherche ne doit pas être laissée de côté, car elle détermine les conditions des expériences, et donc les résultats obtenus. La principale conséquence pour le dispositif, est que ces expériences ne comprennent que des vitesses de rotation faibles, parfois continues, d'autres fois irrégulières. Coulomb observe que ce n'est que dans les expériences où les axes sont lubrifiés que le mouvement est continu, car les blocages, chocs et coincements sont limités par les enduits. Cependant, il n'interroge jamais l'effet des hautes vitesses, sauf dans de rares expériences :

Les poids ont acquis de la vitesse dans leur chute, nous apprend que le frottement diminue un peu à mesure que la vitesse augmente ... mais comme toutes les machines de rotation employées dans la marine sont ordinairement manœuvrées à bras d'homme, et n'élèvent des fardeaux qu'avec de petites vitesses, la diminution du frottement due à l'augmentation de la vitesse, ne doit presque jamais influencer dans la pratique²⁵².

Coulomb observe que son modèle théorique ne s'applique que dans les cas de manutentions correspondants à « des manœuvres à bras d'homme » sur un navire. Cette condition expérimentale, en plus d'induire la loi de Coulomb, c'est-à-dire l'absence d'effet de la vitesse sur les frottements, conduit au résultat du suif comme lubrifiant le plus performant. Il est conscient des limites de sa démarche pour les applications industrielles. Le principal résultat de son étude consiste à dire que dans le cas de vitesses faibles, on peut exprimer la résistance du frottement en fonction d'un coefficient de frottement dynamique et du poids de la charge appliquée. Dans sa perspective, le frottement reste considéré comme une résistance à vaincre, puis nuisant à la communication du mouvement. Cette assimilation du phénomène de frottement à une résistance à la communication du mouvement invite à réfléchir sur la relation, établie en 1829 par Gustave Coriolis, portant sur « le principe de transmission du travail » :

²⁵¹ *Ibid.*, p. 137.

²⁵² *Ibid.*, p. 143.

*Dans tout système de corps en mouvement, la différence entre la somme des quantités de travail dues aux forces mouvantes, et la somme des quantités de travail dues aux forces résistantes, pendant un certain temps, est égale à la variation de la somme des forces vives de toutes les masses du système pendant le même temps [...] C'est-à-dire que la somme des quantités de travail dues aux forces mouvantes est égale, dans ce cas, à la somme des quantités de travail dues aux forces résistantes.*²⁵³

Les travaux de cet ingénieur des Ponts et chaussées lie explicitement la mécanique rationnelle, la science des machines et l'économie pour aboutir à la formation du concept de travail comme produit d'une force par le déplacement de son point d'application. Sa recherche avait pour objectif de faciliter les comparaisons entre les différentes machines de production. Il s'agit d'éviter de comparer l'effet utile d'un moulin à moudre et d'un moulin à scier en fonction de la valorisation au prix du marché de leur production respective, pour s'appuyer sur une mesure physique et mathématique précise²⁵⁴. Cette mesure doit prendre en considération l'effet des frottements dans cette transmission du mouvement, car c'est seulement « *si l'on supposait qu'on pût construire des machines sans frottement, on pourrait dire alors que le travail est une quantité qui ne se perd pas* »²⁵⁵. La posture du frottement est alors délicate, mais elle peut être considérée comme composant la force de résistance.

Pour simplifier, cette relation de conservation peut alors s'écrire : $W_d = W_r$, où W_d correspond au travail disponible grâce à l'effet d'un moteur et W_r au travail de résistance. Ce travail de résistance se décompose entre l'effet utile pour la production et l'effet de frottement. On peut accepter la relation $W_d = W_u + W_f$. Cette question de l'effet utile pour la production va animer de vives recherches pour déterminer l'utilité économique de machines de production et alimenter des recherches sur la théorie de la valeur²⁵⁶. Cette notion d'effet utile pour la production induit des logiques d'optimisation sous contrainte de rendement mécanique des machines qui visent à réduire l'effet de frottement. L'objectif des travaux de Coulomb sur les lubrifiants et les matériaux des mécanismes de transmission est bien de réduire cet effet de frottement. Ce dernier n'apparaît pas comme une perte, mais comme une sous-optimisation de l'effet d'une force en un point d'application, qu'il convient de transformer en effet utile. Sa perspective ne permet pas de

²⁵³ Gustave Coriolis, *Du Calcul de l'effet des machines*, Paris, Carilian-Gœury, 1829, p. 18.

²⁵⁴ Konstantinos Chatzis, « Economie, machines et mécanique rationnelle : la naissance du concept de travail chez les ingénieurs-savants français, entre 1819 et 1829 », *Annales des Ponts et Chaussées*, n°82, 1997, pp. 10-20.

²⁵⁵ Gustave Coriolis, *op. cit.*, p. 28.

²⁵⁶ Bernard Grall, *Economie de forces et production d'utilités. L'émergence du calcul économique chez les ingénieurs des Ponts et Chaussées (1831–1891)*, Rennes, PUR, 2003. [Manuscrit révisé et commenté par François Vatin.]

saisir complètement le frottement comme contact idéal nécessaire à la transmission du mouvement. Gustave Adolphe Hirn (1815-1890) va repousser cette limite par son travail sur l'équivalent mécanique de la chaleur.

4.3. Recherche sur l'équivalent mécanique de la chaleur : Hirn et le frottement médiat

Gustave Adolphe Hirn est un industriel et ingénieur autodidacte alsacien. Il procède à de multiples expérimentations à taille réelle et comprend très rapidement l'importance des frottements et de la lubrification pour l'optimisation du rendement mécanique²⁵⁷. L'un de ses premiers projets est la systématisation de la lubrification pour les machines-moteurs. À partir du milieu du XIX^e siècle, la forte augmentation de la demande en huile végétale pour les machines de production pousse Hirn à collaborer avec un chimiste afin de produire de l'huile de lubrification à partir de minéraux, probablement du bitume d'Alsace. L'utilisation de cette huile minérale augmente le rendement mécanique des machines de quinze à vingt pourcents. Hirn en profite pour fonder une usine d'huile minérale, afin de répondre à cette nouvelle demande en lubrifiant, ce qui lui permet d'acquérir une sérénité financière²⁵⁸.

Adolphe Gustave Hirn est le premier ingénieur qui lie explicitement les questions théoriques de la tribologie à des applications pratiques industrielles²⁵⁹. À partir de ce travail, de nombreux chercheurs vont donner un pendant pratique aux avancées théoriques de la tribologie. Cette discipline, après avoir trouvé ses premières bases théoriques et empiriques, va se structurer comme un champ d'études à part entière. Les études en tribologie se multiplient et vont poser les jalons de la lubrification moderne. À partir de méthodes expérimentales, les tribologues de la seconde moitié XIX^e siècle vont déterminer les facteurs importants de l'analyse de la lubrification industrielle²⁶⁰.

4.3.1. Une reconnaissance scientifique douloureuse

Gustave Adolphe Hirn n'arrête pas ses recherches aux portes de son usine, qui est aussi le laboratoire où il réalise des expériences à taille réelle²⁶¹. Sur le conseil de François Arago, il

²⁵⁷ Barthélemy Durrive, « Deux ouvriers-machine, avant et après Taylor », *L'Homme & la Société*, 205 (3), 2017, pp. 53-86.

²⁵⁸ Faidra Papanelopoulou, « Gustave-Adolphe Hirn (1815-90): engineering thermodynamics in mid-century France », *British Journal for the History of Science*, 39 (2), 2006, pp. 231-254.

²⁵⁹ Duncan Dowson, 1998, *op. cit.*

²⁶⁰ Se référer à Jean Frêne, 2001, *op. cit.*, p. 27, pour une perspective historique sur la suite des recherches en tribologie.

²⁶¹ Bryan Donkin, « Life and work of Gustave-Adolphe Hirn (1815-1890) », *Cassier's magazine: engineering illustrated*, n° 4, 1893, p. 233-239.

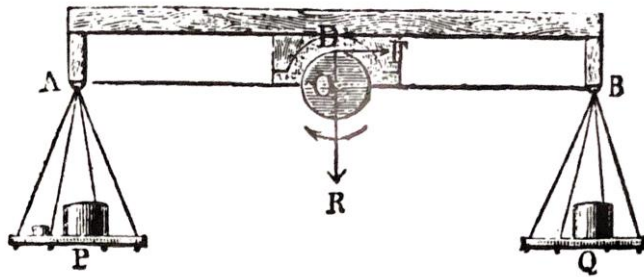


Figure 8 : Balance de frottement de Gustave Adolphe Hirn

propose, en février 1849, une version de l'« *Étude sur les principaux phénomènes que présentent les frottements médias, et sur les diverses manières de déterminer la valeur mécanique des matières employées au graissage des machines* », qui s'appuie

sur un ensemble d'expériences réalisées en 1847, à l'Académie des sciences et à la Royal Society en Angleterre. Ses travaux ont été supervisés par trois ingénieurs-académiciens : Charles Dupin (1784-1873), Victor Poncelet (1788-1867) et Charles Combes (1801-1872)²⁶². Cependant, ni l'une ni l'autre de ces institutions n'a souhaité publier ce document, qui allait partiellement à l'encontre des travaux de Charles-Augustin Coulomb. Pourtant, ces travaux s'appuient sur un dispositif expérimental solide et équipé d'outils de mesure perfectionnés, parmi lesquels la balance de frottement.

La faible reconnaissance institutionnelle de Hirn par le corps des ingénieurs académiciens a constitué un blocage pour la diffusion de ses recherches par l'Académie des sciences. Il est difficile de déterminer le point de rupture entre les membres de l'Académie et l'ingénieur praticien amateur. Hirn est à la fois présenté comme las des tergiversations de l'institution scientifique à donner publicité à ses travaux²⁶³, et comme un individu au caractère décidé, qui tance frontalement les figures établies de l'Académie que sont Coulomb, de façon posthume, et Morin²⁶⁴. Ce dernier s'est fait connaître lors d'une controverse scientifique avec Jules Dupuit, dont il sort vainqueur, à propos du modèle de Coulomb appliqué à des problématiques ayant trait à la voirie. Cette dispute scientifique avait déjà donné un aperçu de la rugosité des débats de ses contemporains sur le sujet des frottements²⁶⁵.

In fine, il est difficile de déterminer si Hirn a retiré son manuscrit ou si l'Académie lui en a refusé la validité. L'entrepreneur alsacien doit se résoudre à publier son mémoire en 1855, au Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, et ce n'est pas sans une amertume envers l'Académie :

²⁶² « Nouvelles recherches sur le frottement des corps solides par M. Hirn », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, Paris, Bachelier, 1849, p. 290.

Consulté sur <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k29859/f290.item>.

²⁶³ Faidra Papanelopoulou, 2006, *op. cit.*

²⁶⁴ Barthélemy Durrive, 2017, *op. cit.*

²⁶⁵ Konstantinos Chatzis, « Dupuit, Morin et la question du frottement de roulement : la scène scientifique française des années 1830 et 1840 au prisme d'une controverse », *Documents pour l'histoire des techniques*, 20, 2011, pp. 41-58.

[...] si à des lois simples, j'en substitue d'autres, plus compliquées ou d'un usage moins faut, l'analyste et le praticien consciencieux n'y verront qu'un pas de plus vers l'exactitude et la vérité. La crainte constante que j'avais de m'éloigner de celles-ci, en m'éloignant de l'opinion de Coulomb et Morin, est une garantie suffisante des soins minutieux et de la rigueur que j'ai dû mettre dans mes recherches²⁶⁶.

Gustave-Adolphe Hirn parvient par la suite à valoriser son travail expérimental lors d'un concours scientifique lancé par la société physique de Berlin qui, malgré quelques irrégularités de procédures, distingue, reconnaît et fait la publicité de son ouvrage *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur* (1858). Quand en 1884, les travaux sur les frottements de Deprez connaissent la publicité de l'Académie, Hirn s'empresse de faire remarquer dans le Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse une certaine convergence entre les résultats de leurs deux approches, mais avec trois décades d'avance en sa faveur. Il ne peut alors s'empêcher d'exprimer son amertume envers l'Académie :

Vers la fin 1847, j'avais terminé une longue série de recherches des plus variées sur les lois qui président aux frottements des diverses pièces de nos machines. Par suite d'obstacles dont le souvenir m'est resté longtemps pénible, et qui étaient de nature à tempérer le zèle d'un commençant, le Mémoire où j'avais rassemblé et discuté les résultats de mes expériences n'a pu paraître que huit années plus tard²⁶⁷.

4.3.2. Frottements médiats et immédiats

Hirn retrouve les résultats et les lois d'Amontons, de Coulomb et donc de Morin, lors d'expériences sans lubrifiant, mais ses résultats empiriques en diffèrent lorsqu'un fluide est présent entre les pièces mécaniques. Il différencie alors les lois qui s'appliquent lors de frottements entre deux pièces selon la présence ou non d'un film lubrifiant les séparant. Il appelle *frottement immédiat* les situations où les pièces sont directement en contact et *frottement médiateur* celles où un lubrifiant vient s'interposer. À la différence de Coulomb, qui avait en tête le secteur de la marine, Hirn travaille sur des problèmes pratiques rencontrés dans l'industrie. Il utilise pour ses expériences une machine à vapeur comme source d'énergie motrice, et un arbre mécanique reposant dans un palier lisse en cuivre sur lequel il positionne sa balance à frottement. En utilisant différents types de lubrifiants, il va ainsi pouvoir mesurer le coefficient de frottement, c'est-à-

²⁶⁶ Gustave-Adolf Hirn, « Nouvelles recherches sur le frottement des corps solides », *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1855.

²⁶⁷ Gustave-Adolf Hirn, « Notice sur les lois du frottement », *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1889.

dire la perte d'énergie cinétique, associé à différentes matières. Il arrive à l'équation générale suivante :

$$F = a (PSV)^*$$

Dans cette formule, a est un coefficient dépendant des trois matières en contact, P la pression, S la surface et V la vitesse, * est un exposant, la plupart du temps il est 1/2.²⁶⁸

Selon Jean Frêne, « *Hirn constate que pour une charge donnée, le couple de frottement à faible vitesse présente des fluctuations et est relativement élevé ; lorsque la vitesse augmente le couple devient stable, passe par un minimum puis, à température constante, sa valeur est proportionnelle à la vitesse de rotation. Il montre aussi que le couple dépend directement de la viscosité du fluide.* »²⁶⁹ Hirn n'utilise pas le terme de viscosité, mais bien celui d'onctuosité dans ses recherches sur les frottements. Il classe les lubrifiants en fonction de ce degré d'onctuosité à partir de ses expériences, et détermine ainsi les meilleurs lubrifiants à utiliser. Il s'éloigne néanmoins d'une perspective géométrique, car c'est la capacité d'un fluide à s'immiscer entre deux pièces en rotation, à faible ou à haute vitesse, qui est en jeu. Il s'agit donc bien du degré de viscosité du lubrifiant qui est étudié. Hirn arrive d'ailleurs à une conclusion contre-intuitive, qui consiste à dire que l'air serait un lubrifiant bien supérieur à l'huile, car plus fluide, dans des cas de forte vitesse de rotation et de faible pression. Inversement, à faible vitesse et sous forte pression, l'air ne se glisse plus entre les parties et ne fait plus office de lubrifiant. La vitesse de rotation joue, dans ce cadre théorique, un rôle déterminant. Hirn constate qu'à faible vitesse, le couple de frottement est difficilement déterminable. Celui-ci fluctue en fonction de l'onctuosité du lubrifiant, tandis qu'à haute vitesse, le frottement se stabilise et devient proportionnel à la vitesse. La vitesse devient alors le principal facteur de la formule du coefficient de frottement. Contrairement à ses prédécesseurs, Hirn intègre dans le calcul du coefficient de frottement la surface de contact, en plus de la pression exercée.

4.3.3. Le coût idéal de communication

L'étude du frottement médiat permet à Hirn d'engager une réflexion sur la thermodynamique²⁷⁰ et de rompre avec la perspective géométrique. Il est considéré par Thomas Kuhn comme l'un des précurseurs de ce paradigme scientifique découvert simultanément par plusieurs scientifiques²⁷¹,

²⁶⁸ Gustave-Adolf Hirn, « Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur », *Société physique de Berlin*, 1858, p 72.

²⁶⁹ Jean Frêne, 2001, *op. cit.*, p. 14.

²⁷⁰ Faidra Papanelopoulou, 2006, *op. cit.*

²⁷¹ Thomas S. Kuhn, « Energy conservation as an example of simultaneous discovery », in M. Clagett (éd.), *Critical problems in the History of Science*, Madison, University of Wisconsin Press, 1959, pp. 321-356.

et qui met en exergue le concept d'énergie²⁷². Ces expériences ne peuvent être réalisées que lors de frottement médiat, car dans les cas de frottement immédiat, à faible ou grande vitesse, le contact entre les pièces mécaniques produit une usure des matières. Cette usure induit un dégagement calorique irrégulier qui ne fait pas seulement état du travail mécanique de l'arbre, mais aussi du travail d'abrasion des deux pièces entre elles. Le frottement immédiat serait une situation intermédiaire entre le frottement médiat, où les pièces ne s'usent pas, et des situations d'abrasion d'un corps solide, dans lesquelles la désagrégation d'un corps est l'effet recherché²⁷³. En effet, le frottement médiat permet d'engager des expériences visant à mesurer le dégagement calorique issu des frottements qui sont uniquement dus à l'énergie mécanique, en l'occurrence le travail de l'arbre en métal doux dans un palier en cuivre. Il s'agit en quelque sorte du dégagement calorique correspondant au contact idéal.

Pour mesurer ce dégagement calorique, Hirn analyse la variation de la température de l'eau circulant dans le palier. Certaines expériences mobilisent de l'eau froide, d'autres de l'eau chaude, et quand la température de l'eau se stabilise, l'ingénieur peut estimer le dégagement calorique issu du travail mécanique. Quel que soit le lubrifiant utilisé, Hirn parvient à des valeurs oscillant autour de 371,6 kg.m²⁷⁴. Il propose cette valeur comme un équivalent mécanique de la calorie stable.

Ces recherches sur l'équivalent mécanique de la calorie permettent de comparer, à partir d'une monnaie mécanique estimée par la suite en calorie, l'effet utile de machines de production, mais aussi la dispersion de l'énergie entre la machine motrice et l'outil de travail. S'il ne le systématise pas clairement, il apparaît que les frottements médiats induisent un coût énergétique dû au travail de transmission issu du contact des mécanismes. C'est à partir du coût calorique de la communication du mouvement qu'il parvient à déterminer cet équivalent mécanique de la chaleur. Plus les mécanismes de transmission sont nombreux et se succèdent, plus ce coût de communication augmente. Ce frottement médiat, qui correspond au coût énergétique de la mécanisation, peut être calculé et intégré au calcul économique portant sur l'opportunité de la mécanisation d'une production. On peut alors reformuler l'égalité de Gaspard Coriolis, portant sur « le principe de transmission du travail », de la façon suivante :

²⁷² Barthélemy Durrive, 2017, *op. cit.*

²⁷³ Il retrouve d'ailleurs des effets similaires d'augmentation du dégagement calorique lors d'utilisation de lubrifiants de piètre qualité. La mesure calorique est alors impactée par ces perturbations. Se référer à Gustave-Adolf Hirn, 1858, *op. cit.*, pp. 73-75.

²⁷⁴ *Ibid.*

$$Wd = Wu + Wfm + Wfi.$$

Dans cette formule, Wd est le travail disponible, Wu le travail dit utile pour la production, Wfm le travail de communication machinique compris dans les frottements médiats et Wfi le travail d'abrasion des mécanismes de transmission. Wu et Wfi varient inversement dans les mêmes proportions. La fonction technique d'optimisation de l'agent de lubrification apparaît alors clairement. Elle consiste à optimiser cette égalité en diminuant le plus possible ce travail d'abrasion, en assurant une lubrification régulière des mécanismes. En conséquence, la lubrification a une fonction économique, dans la mesure où elle permet le meilleur rendement possible de l'énergie disponible en travail utile à la production. L'agent de lubrification s'assure qu'au coût de communication que représente le frottement utile ne s'ajoute pas un surcoût : celui du frottement abrasif des mécanismes de transmission.

5. Conclusion

Les travaux de Gustave-Adolphe Hirn apparaissent comme un virage dans la prise en compte de la perspective énergétique dans la tribologie. Sa démarche entraîne une réflexion sur la thermodynamique qui fera l'objet de multiples recherches. On peut souligner le modèle de Sadi Carnot, applicable aux machines-outils, qui met en lumière le second principe de la thermodynamique : l'irréversibilité²⁷⁵. Les chercheurs en tribologie n'empruntent pas davantage la perspective énergétique initiée par Hirn. Les études postérieures portant sur le frottement restent en relation étroite entre énergie et géométrie. Cette tendance est déjà observable chez Charles-Augustin Coulomb. Il s'agit probablement de la conséquence de la mobilisation d'expériences à taille réelle. Les tribologues ne pouvaient faire fi des propriétés cinématiques de la chaîne de transmission mobilisée lors des expériences.

Les tribologues du XX^e siècle, à l'instar de Dowson et Higginson, utilisent des modélisations intégrant des phénomènes de déformation de la matière pour comprendre l'effet du film lubrifiant entre les parties en contact, tout en cherchant à comprendre et optimiser le frottement médiat ou immédiat. La tribologie moderne essaye de faire tenir ensemble les perspectives géométriques et énergétiques. Les considérations purement énergétiques et la fonction économique de l'agent de lubrification ne sont pas connues ou reconnues par l'ensemble des acteurs sur les terrains étudiés, aussi bien par les professionnels en lubrification, par les fabricants de lubrifiants que par les responsables de la maintenance des entreprises de production. Les fonctions techniques

²⁷⁵ Sadi Carnot, *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, Paris, Bachelier, 1824.

reconnues à l'agent de lubrification par ces différents acteurs sont de vaincre le frottement de départ lors de la mise en route des installations, ainsi que la fonction de chasse à la casse par une surveillance des mécanismes en fonctionnement et par l'organisation d'une maintenance préventive. Les modalités de cette organisation du travail de maintenance seront présentées dans la seconde partie de la thèse.

La perspective géométrique développée dans ce chapitre a permis d'exposer la place et l'importance du mouvement rotatif dans la mise en flux et l'automatisation de la production. L'utilisation d'instruments de transformation de la matière reposant sur le mouvement rotatif continu plutôt que sur le mouvement rectiligne alternatif entraîne plusieurs conséquences. Tout d'abord, le mouvement rotatif permet à la fois un éloignement de l'homme de l'acte de transformation de la matière en lui conférant une fonction de « moteur animé ». Il peut alors confier cette tâche à des animaux ou à des vecteurs énergétiques naturels inanimés, qu'il s'agit de capter au mieux par des mécanismes récepteurs. Cet éloignement conduit concomitamment à une non-substituabilité entre l'homme et la machine, et introduit une forme de fragilité technique dans les systèmes productifs. Le recours au mouvement rotatif par la maîtrise du couple mécanique participe au processus d'automatisation de la production, comme le fera la mobilisation de la chimie dans les industries de processus bien plus tard. Il induit le développement d'une fonction de surveillance-contrôle des systèmes productifs et de chasse à la casse mécanique.

Le phénomène de transmission et l'utilisation du couple mécanique prend une place majeure dans les systèmes productifs. On en trouve les signes au niveau des machines-moteurs, captant un vecteur énergétique, qui doivent être en mesure de produire un mouvement rotatif. La recherche de simplification des transformations de mouvement conduit à étendre la chaîne cinématique d'une centrale de force motrice jusqu'à l'outil cylindrique de la machine de fabrication. Cette extension participe à la mise en continuité de la production, à sa mise en flux. L'électrification des usines participe à l'extension de la mise en continuité de la production mais vient substituer aux mécanismes de transmission des câbles d'alimentation réduisant l'ampleur du mouvement rotatif. Il reste présent aux deux extrémités du circuit, pour capter un vecteur énergétique et dans l'agencement géométrique des machines-outils. La chaîne cinématique est aujourd'hui simplifiée à quelques mécanismes standards disposés en ligne droite.

L'histoire de la lubrification expose un processus de déclassement des tâches de lubrification. Ce processus peut se lire à travers l'abandon de matières nobles et par le recours à des déchets comme matières lubrifiantes. Les sous-produits de l'équarrissage deviennent les lubrifiants de

base de la mécanisation et les praticiens cherchent à associer les caractéristiques naturelles d'un produit à une application donnée, quitte à faire des mélanges. Avec le recours à l'huile de pétrole, les fabricants spécialisés en lubrifiants vont confectionner des produits pour des applications particulières en identifiant les besoins des mécanismes au préalable. Le lubrifiant est issu d'un déchet d'une industrie, le raffinage pétrolier, mais devient un produit composé d'adjuvants qui confèrent des caractéristiques physico-chimiques déterminées au lubrifiant. Le préposé à la lubrification perd la main sur les produits lubrifiants et suit les préconisations des fabricants de machines-outils et de produits lubrifiants. Son activité change à mesure de l'extension de l'automatisation des processus productifs et tend davantage vers des opérations de contrôle des systèmes de lubrification automatisés. Cette automatisation est toujours partielle et il doit réaliser des graissages manuels sur certaines machines-outils. Il se situe dans une position délicate, entre la figure du contrôleur d'un système automatisé et l'identité d'un maintenancier en contact avec les matières lubrifiantes et les machines-outils.

Pour poursuivre la compréhension de la relation entre lubrification et mouvement rotatif, il convient d'entrer davantage dans les processus industriels de production en continu. Les mécanismes de transmission du mouvement rotatif sont partagés par l'ensemble des industries à grande automation. Des opérations de nature essentiellement mécaniques subsistent dans les industries les plus automatisées, malgré le recours plus large à la chimie dans les processus productifs. Ces opérations visent à la mise en flux de la matière, à travers différents types d'infrastructures dont il faut organiser la maintenance.

Chapitre 3. Des infrastructures du flux et leurs fragilités techniques

Aujourd'hui, le flux logistique prend une place prépondérante dans notre quotidien. La livraison de colis ou de repas à domicile ou sur le lieu de travail en est peut-être la plus simple expression. Ce flux est visible directement dans les rues, sur les routes et les rails, ou encore dans les centres de distribution. Il se combine avec un flux d'informations qui permet aux acteurs de le suivre à la trace. Son débit est déterminé par le rythme de l'activité de l'opérateur qui s'engage dans différentes opérations de manutention de la matière. Les analyses récentes portant sur ce flux logistique n'abordent que partiellement la question de la production, au sens de transformation de la matière, pour se focaliser sur son déplacement afin de présenter une critique sociale globale²⁷⁶.

Pourtant, ce flux logistique relie des îlots où se déroulent ces phases de transformation et de tri de la matière, comme des usines automatisées. Dans ces lieux de production, différents systèmes techniques cohabitent, différentes infrastructures de flux se succèdent et se combinent afin de mettre en flux la production. Chacune accorde une place spécifique à l'opérateur et présente une contrainte différente en termes de cadence de travail. A l'intérieur de ces industries, on retrouve deux des trois phases techniques développées par Alain Touraine²⁷⁷ dans son étude de l'industrie automobile. On y observe aussi bien des manutentions réalisées à l'aide de chariots automoteurs et des opérations d'injection de matière cadencées par le système de production (phase b), que des systèmes de machine-transfert automatisés et des réseaux de tuyauterie (phase c). L'automatisation de la production induit un éloignement de l'homme par rapport à la matière et une décorrélation entre son activité et la productivité du système de production. Elle permet une fluidification des processus productifs et apparaît comme une tendance vers laquelle les différents systèmes de production cherchent à tendre²⁷⁸. L'intérêt pour le caractère évolutif de ces systèmes de production fait suite aux travaux de Jacques Lafitte²⁷⁹, qui propose une « mécanologie » des systèmes techniques où l'automatisation apparaît comme le bout de la chaîne évolutive. Il s'agit alors de déterminer les mécanismes de sélection technique assurant de tendre vers davantage de continuité du processus productif. Pierre Naville a vu dans la chimisation des processus productif une étape déterminante dans cette dynamique évolutive conduisant à l'automatisation des systèmes productifs.

²⁷⁶ Mathieu Quet, Flux, *Comment la pensée logistique gouverne le monde*, La Découverte, Paris, 2022.

²⁷⁷ Alain Touraine, *L'évolution du travail ouvrier aux usines Renault*, Paris, CNRS, 1955.

²⁷⁸ Sur cette thématique de la tendance à l'automatisation, se référer à Pierre Naville, 1963, *op. cit.* et à Thierry Pillon et François Vatin, *Traité de sociologie du travail*, Toulouse, Octarès Editions, 2003.

²⁷⁹ Jacques Lafitte, *op. cit.*, 1932.

« La technologie de la chimie et de la pétrochimie a ouvert une carrière nouvelle à l'automatisme. Celui-ci ne s'y appuie plus seulement sur la répétition autonome d'un cycle de mouvements mécaniques, il dérive d'un enchaînement dûment organisé et contrôlé de réactions internes de la matière à traiter... »²⁸⁰

François Vatin présente « l'usine tuyau » comme l'archétype de cette mise en circulation de la matière²⁸¹ et fait du principe chimique le vecteur déterminant de l'automation en l'opposant au principe mécanique.

« L'étude historique nous a permis de résoudre ce paradoxe en montrant que, dans le cas des industries de processus, c'est moins la sophistication des techniques « automatiques » que la nature même du procès productif reposant sur le principe de production chimique qui détermine l'automation. Le principe chimique, à l'inverse du principe mécanique, rend d'emblée l'activité humaine périphérique par rapport à la production, qui résulte du contact intime entre les matières »²⁸²

Ce regard vers l'industrie pétrochimique permet d'analyser des changements sociaux importants, mais laisse de côté plusieurs processus productifs automatiques assurant une mise en continuité de la production et reposant sur le principe mécanique. Ce chapitre se propose de compléter les travaux sur « l'usine tuyau » en relativisant l'opposition entre principe chimique et principe mécanique par la présentation et l'analyse des différentes infrastructures du flux rencontrées au cours de l'enquête et proposer leur classification.

La question de la mise en flux de la matière est une thématique préalablement abordée par André Leroi-Gourhan dans son important travail de classification des outils et des techniques, visant à saisir leur évolution. C'est dans son ouvrage *L'homme et la matière* de 1943 que l'on trouve le passage de la pomme et du grain de blé :

Un grain de blé, une pomme sont des corps solides qu'on peut saisir, dix grains de blé et dix pommes ne sont plus qu'une masse fluide, tendant plus ou moins à s'étaler horizontalement et qu'on ne peut saisir sans l'enfermer préalablement²⁸³.

On peut regretter que dans la suite de cet ouvrage, la question de l'enfermement de la matière ne soit abordée que de façon statique et non dynamique. L'auteur se concentre sur la catégorisation des différentes techniques permettant de contenir des produits en vue de leur transport par une

²⁸⁰ Pierre Naville, 1963, *op. cit.*, p32

²⁸¹ François Vatin, *op. cit.*, 1987

²⁸² François Vatin, *op. cit.* 1999, P119-120

²⁸³ André Leroi-Gourhan, 1971, *op. cit.* p. 297.

préhension directe de l'homme. L'éloignement entre l'homme et la matière est nécessaire pour la mise en flux, et induit l'utilisation d'autres techniques. C'est en percevant la matière comme canalisée et en mouvement que l'on peut penser un circuit de production automatisé²⁸⁴. Il convient de réaliser un travail d'analyse et de catégorisation des différents types de canalisation du flux afin de compléter les travaux de Leroi-Gourhan et de penser cet éloignement entre l'homme et la matière.

Les travaux de Denis Segrestin proposent une typologie des systèmes de production contemporains en fonction du débit de production et des opérations d'assemblage ou de transformation de la matière²⁸⁵. Cette catégorisation a l'avantage de prendre en considération le flux, mais ne semble pas à même de rendre compte de l'infrastructure technique nécessaire à cette mise en mouvement et le type d'automatisation de ces systèmes productif. Une telle analyse est présente dans les travaux de Pierre Naville, lorsqu'il analyse et pondère la notion de degré ou d'« échelle des niveaux d'automatisation »²⁸⁶. Pour déterminer ses critères d'analyse, Pierre Naville s'appuie sur les travaux de James Bright qui a réalisé une étude comparative des processus de production, réputés automatisés, de quinze sites industriels²⁸⁷. Cet auteur américain réalise des études des processus industriels complets et distingue une échelle de niveau d'automatisation à dix-sept barreaux. Il montre que l'automatisation des processus n'est que rarement totale et peu poussée. Sa perspective cumulative de l'automatisation des processus se confronte à l'hétérogénéité du niveau d'automatisation du circuit productif. Comme le souligne Renato Téani²⁸⁸, « *le profil de mécanisation est un instrument légitime de mesure analytique, mais qu'il est assez difficile d'en tirer un indice synthétique du niveau d'automatisme atteint par le cycle de fabrication* »²⁸⁹. Le problème des liaisons non automatisés ou faiblement automatisés entre des secteurs à haute automatisation apparaît clairement et pousse à relativiser ces questions de l'échelle du niveau d'automatisation d'une industrie. L'auteur italien nous invite alors à penser que l'automation « *signifie un mouvement, une poussée vers un automatisme plus satisfaisant, favorisé par les nouvelles techniques et les nouvelles conceptions d'organisation* »²⁹⁰.

²⁸⁴ François Vatin, « La métaphore du flux, la science et la pratique économique », *Espace et Société*, vol 43, 1983, pp.9-16.

²⁸⁵ Denis Segrestin, *Les chantiers du manager*, Paris, Armand Colin, 2004, p. 81.

²⁸⁶ Pierre Naville, 1963, *op. cit.*, pp 131-157

²⁸⁷ James R. Bright, *Automation and Management*, Harvard University Press, 1958.

²⁸⁸ Renato Téani, *Aspetti della automazione nella produzione industriale*, Genova : Stab. Italiani Arti Grafiche 1956.

²⁸⁹ Pierre Naville, 1963, *op. cit.* p154

²⁹⁰ Pierre Naville, 1963, *op. cit.* p155

Pierre Naville met à plat l'échelle de James Bright et propose « *de distinguer dans les cycles de fabrication trois types d'automatismes : les automatismes de fabrication, de transfert et de mesure* » Il insiste sur le fait que des procédés nouvellement automatisés dans une industrie l'étaient préalablement dans une autre, sans que cela signifie un retard ou une avancée mais davantage des caractéristiques techniques, économiques et organisationnelles d'un nouveau cycle productif²⁹¹, et indique que « *c'est la prédominance relative de l'un de ces types d'automatisme qui pourrait indiquer le niveau plus ou moins élevé de la séquence logistique du système.* »²⁹² Ces trois catégories répondent à la question de l'éloignement physique, sensoriel, mental et de jugement de l'homme vis-à-vis du lieu et de l'opération de production à mesure de l'automatisation du circuit productif. Pierre Naville se rend compte que la distinction qu'il opère est rendue difficile par la mise en circulation de la matière dans l'industrie chimique, où les machines transferts se confondent avec les machines de fabrication et de mesure²⁹³. Notre perspective se propose de regarder différemment la question l'éloignement de l'opérateur du lieu de la production en la mettant en relation avec le principe de continuité de la production afin d'en faire le premier critère de notre analyse des infrastructures du flux. Il s'agit d'accepter que la circulation de la matière fait partie prenante de l'automatisation d'un système productif et d'en étudier les modalités infrastructurelles.

Le degré de travail mécanique et de travail chimique sur la matière est le second critère de notre typologie. Ce degré de travail est pris en compte aussi bien concernant la question de la mise en mouvement de la matière que de son traitement par des machines-outils. Ce critère renvoie à des problématiques d'usure des matières qui sont chères à l'étude de la maintenance industrielle. L'opposition entre travail mécanique et travail chimique²⁹⁴ prend un jour nouveau car elle ne porte pas sur l'automatisation du processus productif mais davantage sur le type d'infrastructure du flux nécessaire à la circulation de la matière. Implicitement, cette question de la transformation de la matière au sein du circuit de production nous renvoie aux travaux de Gilbert Simondon²⁹⁵. En effet, ce travail de la matière vise en partie à sa mise en forme, afin d'être compatible avec un type d'infrastructure du flux. Si l'observation directe de la forme de la matière n'est que peu opérante, l'étude de sa mise en forme devient un critère d'analyse. La recombinaison d'éléments

²⁹¹ Pierre Naville, 1963, *op. cit.* p152.

²⁹² Pierre Naville, 1963, *op. cit.* p156.

²⁹³ Pierre Naville, 1963, *op. cit.* p153 et 156-157 Et pour une analyse de l'opposition entre procès de production et procès de circulation à partir des travaux de Karl Marx dans le Capital, livre 2, se référer à François Vatin, *op. cit.* 1999 P131-132.

²⁹⁴ Raymond Galle, François Vatin. « Production fluide et ouvrier mobile. Procès de production et organisation du travail dans le raffinage pétrolier. » In: *Sociologie du travail*, 23^e année n°3, Juillet-septembre 1981. pp. 275-293.

²⁹⁵ Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 2012 (première édition, 1958).

techniques d'infrastructures semble confirmer ce point. Cette mise en forme de la matière lors du processus productif conditionne la forme du flux, et donc l'enchaînement des infrastructures sur un process industriel.

Le dernier critère de cette typologie permet d'engager un tournant dans ce travail de recherche, et de s'intéresser à la fragilité des infrastructures. Cette question a déjà été abordée par Jérôme Denis et David Pontille, qui se focalisent sur l'attention accordée à la fragilité des infrastructures urbaines²⁹⁶. Les recherches de ces auteurs se situent dans le prolongement des travaux de Susan Leigh-Star, qui propose une approche ethnographique pour étudier la maintenance et la fragilité des infrastructures des flux urbains²⁹⁷. À cette attention à la fragilité matérielle de l'infrastructure, nous ajoutons le point de vue de la production. L'organisation de la maintenance d'une infrastructure prend en considération sa criticité pour la pérennité du flux de production. Elle comprend autant l'infrastructure de mise en mouvement de la matière que les machines-outils qui la transforme. La cadence et les moyens techniques de circulation de la matière déterminent les conditions de la maintenance du processus industriel. La maintenance fait partie intégrante du degré de mise en continuité du processus productif, car elle se situe au niveau des limites du processus d'automatisation. Ces thématiques de la fragilité et de l'organisation de la maintenance des infrastructures du flux vont guider la troisième partie de ce chapitre.

Le premier développement de ce chapitre propose une description d'un processus productif de la papeterie située à Mimizan. Le second développement exposera notre proposition de typologie des flux industriels. Cette typologie sera ensuite confrontée et illustrée par différents terrains d'enquête, afin de montrer sa validité. Une fois celle-ci établie, une troisième partie présentera les enjeux de maintenance qu'entraîne la mise en continuité de la production industrielle. Différentes organisations de maintenance pourront être mises en exergue à partir de l'analyse de l'activité statistique de la maintenance en lubrification sur un site industriel papetier. Enfin, l'analyse d'un travail de gestion de cette maintenance sera développée dans le dernier mouvement de ce chapitre.

1. Description d'une industrie de flux

Une usine à processus automatisé est un terrain d'enquête à l'accès difficile et *a fortiori* si elle est classée SEVESO*, c'est-à-dire quelle comporte un risque important d'incident chimique. Ces sites de production sont souvent fermés au public. Parfois des visites sont organisées par des

²⁹⁶ Jérôme Denis, David Pontille, 2020, *op. cit.* et *Petite sociologie de la signalétique. Les coulisses des panneaux du métro*, Paris, Presses des Mines, 2010.

²⁹⁷ Leigh-Star Susan, 1999, *op. cit.*

offices de tourisme ou des organismes de formation, mais les circuits sont choisis avec soins par la direction des sites de production. Ces espaces productifs sont peu connus par la population environnante et apparaissent comme des lieux isolés et sécurisés où se déroule une production au processus assez obscure. Ce premier développement vise à mettre en lumière le processus de production de la papeterie de Mimizan. Il montrera que loin d'être isolée, cette usine est un maillon d'une chaîne de production qui s'étend bien au-delà de ses clôtures.

A l'instar de James Bright, l'ensemble du circuit productif va être analysé afin de rendre compte de l'ensemble du processus productif et des techniques et mécanismes employés. La description du processus de production détaillera les différentes phases et infrastructures sur lesquels repose le flux de production. En effet, l'appellation d'industrie de flux cache un ensemble d'infrastructures qui assure la mise en mouvement de la matière. Ces infrastructures ont des propriétés techniques propres et peuvent être rattachées à des phases de transformation différentes et donc à des enjeux économiques.

Cette description porte sur une papeterie au processus intégralement intégré verticalement afin de rendre compte du corpus de l'enquête. Le processus de production papetier combine l'ensemble des infrastructures du flux observées sur les différents sites industriels composant le corpus d'enquête. Le processus productif d'une papeterie intégrée débute par l'injection de matière première dans le circuit productif, se poursuit par une phase de broyage mécanique, une phase de transformation chimique et se termine par une dernière phase de mise en forme mécanique de la matière. L'usine tuyau apparaît alors comme un atelier inséré dans un processus productif automatique plus large.

1.1. Des engins et leurs conducteurs

Si à première vue un site papetier peut sembler impénétrable, il en est tout autrement dès que l'on observe l'approvisionnement en matière première de l'usine. Des camions de livraison pénètrent constamment sur le site afin de décharger des troncs d'arbres et des produits chimiques. Pour entrer sur le site, les conducteurs de véhicules montrent leur bon de commande au poste de garde qui a la charge de contrôler les entrées et les sorties. Il n'est pas rare de voir tôt le matin une chaîne de camions qui attendent patiemment leur tour devant le portail de contrôle. Le débit d'écoulement des camions jusqu'aux portes de l'usine est déterminé par le rythme de travail des conducteurs et des agents de garde. Les conducteurs de camions s'arrêtent la nuit pour dormir et repartent tôt le matin pour arriver à partir de cinq heures au poste de garde, à l'heure d'ouverture, ce qui explique ces rassemblements matinaux devant les grilles de l'usine. Le conducteur de

camion autorisé à pénétrer sur le site approche son véhicule de la barrière d'accès dédié à ces véhicules de transport. Il attend d'être vu par l'agent de garde qui actionne manuellement la barrière. Le camionneur allume ses feux et roule à faible vitesse sur ce site où les mesures de précautions sont plus strictes que sur la voie publique. Il se rend par un chemin balisé vers sa zone de déchargement. Ce débit d'écoulement des camions est aussi déterminé par la vitesse de déchargement des marchandises. Il n'est pas réalisé manuellement, les marchandises sont déchargées en utilisant un engin de manutention ou en raccordant des tuyaux à des réservoirs.

Les remorques des camions sont utilisées pour transporter des troncs d'arbres provenant d'exploitations forestières proches du site industriel. La production de bois de ces exploitations converge, via ces flux de camions, vers la papèterie qui est l'un des principaux débouchés de ce secteur économique. Une fois la pesée de la remorque effectuée, elles sont déchargées à l'aide



Figure 9: Grapin d'un engin de manutention

d'engins de manutention de grande taille. Ce sont des sortes de pelleuse de BTP montées sur une plateforme à chaînes. Le bras articulé est équipé d'une pince appelée « grapin ». Elle permet au conducteur d'engin de manutention de saisir l'ensemble du chargement disposé sur la remorque en trois coups de pince. Les troncs d'arbres sont ainsi manutentionnés et stockés dans la zone appelée « parc à bois », une sorte de charnier végétal. Les camions libérés de leur

fardeau peuvent repartir et faire le chemin inverse.

D'autres conducteurs d'engins de manutention réalisent une gestion de ce stock tampon. Ils ont pour fonction d'approvisionner en continu la zone d'alimentation du process en bois en prenant des troncs stockés dans le parc à bois. Sur cette zone d'alimentation un dernier engin de manutention fixe sert à réaliser l'injection de la matière première dans le processus productif automatique. Le conducteur d'engin utilise le « grapin » pour manipuler des troncs d'arbres vers les premiers tapis du système de convoyeurs. A l'instant où le conducteur libère les troncs, on observe une décorrélacion entre le travail humain et la transformation de la matière. Il s'agit de la dernière manutention de la matière première réalisée par l'intermédiaire d'un opérateur. Cette phase d'injection de la matière première qui comprend plusieurs engins de manutention fonctionne en continu. Des équipes de conducteurs se relaient afin d'approvisionner le processus de l'usine. Leur rythme de travail est cadencé sur les besoins du système productif automatique.

1.2. *La matière circule et, parfois, envahit l'espace*

Les troncs d'arbres de différentes tailles sont entraînés par ces convoyeurs à tapis vers un tonneau écorceur. Ce tonneau en métal, de 6 mètres de diamètre sur 12 mètres de long, tourne à vive allure. Il est entraîné par huit motorisations qui mettent en rotation des pneus de camion sur lesquels repose le tonneau. Les troncs d'arbres, insérés sur le tapis tombent dans le tonneau, une détonation retentit, puis, à la suite de multiples chocs et frottements, ils ressortent quelques instants plus tard dépourvus d'écorces. Ils dégringolent sur un autre tapis d'acheminement qui les transferts immédiatement vers une « déchiqueteuse ». Cette machine va procéder au broyage des troncs d'arbres à l'aide de deux disques équipés de lames, appelés « couteaux ». Les troncs disparaissent ainsi et le bois apparaît sous la forme d'amas de copeaux jaunes de l'autre côté de la machine. Les copeaux tombent à nouveau sur un convoyeur qui déplace le bois à travers un réseau de tapis d'acheminements et grimpent jusqu'à la « flèche », c'est-à-dire le tapis final du réseau. Ce tapis final permet de stocker ce flux de copeaux sous la forme de dune.



Figure 10 : Des copeaux bloquant les accès

Les copeaux s'échappent facilement lors de ces transferts à cause du vent et des bouchons provoqués par les irrégularités de la matière. Ils recouvrent progressivement les toits, le sol, les escaliers, et toute sorte d'accès. Cet ensemble de convoyeurs et de machines-outils est contrôlé depuis une seule salle de commande par deux ou trois opérateurs de production. Ils ont la charge de surveiller la continuité de l'approvisionnement des

dunes de copeaux. Des équipes de conducteurs se relaient jour et nuit pour effectuer cette surveillance, réalisée à distance à l'aide de caméras et assistée par ordinateur. Un coup d'œil sur le terrain est souvent nécessaire pour veiller à ce que des bouchons ou barrages de matière ne se forment, et procéder à une fluidification manuelle. Le contact entre les opérateurs et la matière est permanent, car elle s'immisce partout. Elle est parfois envahissante comme le montre la photo ci-à-gauche où les passerelles d'accès sont ensevelies sous un tas de copeaux... Les opérateurs se frayent un chemin pour venir percer les bouchons de copeaux et ainsi rétablir la circulation de la matière. Du fait de ces fréquents contacts, il s'instaure une certaine proximité entre les opérateurs et le flux qu'ils surveillent. Ce réseau de convoyeurs est complexe car les voies sont

doublées voire triplées. Par exemple, il y a deux tonneaux écorceurs installés sur le site avec pour chacun un réseau de convoyeurs qui converge vers la même « flèche ». Il en résulte que les tapis d'acheminement du flux se présente sous la forme d'un réseau à plusieurs entrées qui se rejoignent dans un goulet d'étranglement qui est tapis d'acheminement qui lie le secteur « parc à bois » au secteur chimique de l'usine.

1.3. *Disparition progressive de la matière*

Le travail chimique sur la matière débute dès le stockage du bois déchiqueté. De la fumée émane de plusieurs endroits de la dune ainsi qu'une odeur de bois mouillé. Ce sont les signaux de la combustion spontanée qui fait suite à la putréfaction naturelle des copeaux. Le stockage en plein air des copeaux permet de débiter le processus de défibrage du bois, ou tout du moins il ne contrarie pas le processus de défibrage chimique à venir. Les copeaux sont retirés de la dune à l'aide d'une vis sans fin insérée dans un tuyau et positionnée sous la dune. Les copeaux sont une dernière fois triés mécaniquement dans un grand « tamiseur », il s'agit de la première étape de raffinage de la matière. Puis ces copeaux purifiés sont déversés sur un tapis d'acheminement et transportés vers l'atelier de production de la fibre de papier. Sur certains sites, cet atelier est appelé la « cuisine » car le personnel de production y prépare la pâte à papier en mélangeant des ingrédients. Les opérations sont presque intégralement automatisées et suivies depuis des cabines de conduite comme dans l'industrie pétrochimique et nucléaire²⁹⁸. Le conducteur d'installation commande depuis sa salle de conduite le démarrage de telle ou telle motorisation de pompe ou de vis de son secteur. Grâce à des interfaces numériques schématisant la circulation des produits dans le circuit de la production, il peut suivre le déroulé de la recette. Tout un ensemble de capteurs vient équiper le conducteur d'installation, comme les capteurs de débit, qui le



Figure 11 : Salle des pompes des produits chimiques

renseignent sur le volume de produit qu'il ajoute à son mélange. Il peut ainsi maîtriser le processus chimique. Le rondier de production* vient compléter l'analyse du conducteur d'installation par une vérification de visu du fonctionnement des pompes ou de la présence de fuites sur le secteur lors de sa tournée de prise de fonction. Il ne peut néanmoins pas contrôler directement la production, car la matière et sa transformation sont dissimulées dans

²⁹⁸ Rot et Vatin, *op. cit.*

les cuves et le réseau de tuyauteries comme le montre la photo ci-dessus. Lors de la marche normale, conducteur d'installation et le rondier restent à distance de ces systèmes d'admissions de produits dangereux.

Pour simplifier cette présentation du processus chimique, on peut dire que les copeaux sont transférés dans une grande cuve appelée le « lessiveur ». Aux copeaux de bois sont ajoutés de l'eau et des produits chimiques comme de la soude et de l'acide chloridrique. Le lessiveur est fermé manuellement à l'aide de gros boulons qui viennent bloquer le couvercle lors de la cuisson de la solution sous pression. Il prend alors les traits d'une sorte de cocotte-minute de grande taille. Sur le site, six lessiveurs sont organisés en batterie afin de produire des solutions de pâte différentes correspondant chacune à un produit. Cela permet de réduire la fragilité du processus de production face à une avarie sur cette phase stratégique. Des sites plus modernes utilisent un seul lessiveur qui prend la dimension équivalente au clocher d'une église, renforçant la fragilité technique et productive de l'installation mais optimisant la continuité du processus de production. En effet, dans ce cas le « lessiveur » est entièrement automatisé et la production unique.

La matière disparaît un temps dans les cuves, elle est défibrée sous l'action des produits chimiques et de la température. Après cette cuisson, la matière est transférée automatiquement via l'action de pompe et un réseau de canalisations jusqu'à l'atelier de lavage. Les copeaux sont déversés dans de grandes cuves, dans lesquelles cette matière est défibrée par l'action de produits chimiques et de la température. Après cette cuisson, la matière est transférée *via* des canalisations jusqu'à l'atelier de lavage. La solution se compose alors de fibres de bois, appelées le « mou », et de résidus de produits chimiques, ou « liqueurs »*. La phase de lavage va servir à séparer le « mou » des produits chimiques par des systèmes de projection d'eau à haute pression et de filtres mécaniques de trois à quatre mètres de diamètre en rotation. Deux lignes de lavage sont positionnées en parallèle. De la vapeur et des projections de produits rendent l'environnement de travail assez hostile. La visibilité est réduite par un épais brouillard et des marres de « liqueurs » se forment sur le sol. Le « mou » ressort de ce traitement *via* des tapis d'acheminement, et est orienté vers des machines-outils qui visent à rendre toujours plus fin la pulpe de papier. La matière disparaît à nouveau dans un circuit de canalisations. Le « mou » est d'abord imprégné par de l'eau et d'autres produits chimiques dans le « triturateur ». Cette machine-outil ressemble à un grand robot mixeur utilisé pour la cuisine. La pâte en formation passe de « l'épurateur » au « raffineur » afin d'être cisailée par deux disques équipés de fins couteaux et blanchie par l'adjonction de produits chimiques, pour finir à « l'agitateur ». Elle emprunte de larges canalisations communes, avant d'être dirigée dans un réseau de plus faible dimension conduisant

à une machine à papier. Ces différents traitements transforment le « mou » en une pâte plutôt liquide, qui correspond à un ensemble de critères physiques et chimiques, à un produit spécifique et homogène. L'agitateur est la dernière cuve avant l'entrée de la pâte sur une machine à papier. Il s'agit d'un système de stock tampon, qui empêche la pâte de se déposer au fond de la cuve avant son insertion sur la machine à papier où la matière redevient enfin visible.

1.4. *Le cœur de la production*

Les machines à papier sont perçues par les opérateurs et les maintenanciers comme le cœur de la production du site. La matière redevient apparente et l'opérateur peut la voir subir ses différents traitements et suivre ses transformations jusqu'à la formation du produit final du processus productif. Le produit de l'usine prend sa forme définitive à la fin de cette phase du process, et tous les retraitements postérieurs ne seront que des opérations de conditionnement.

Les cabines de conduite sont situées à quelques mètres de la « machine ». Une équipe d'opérateurs la surveille grâce à des ordinateurs, et des rondiers contrôlent de visu chaque segment. Un environnement sensoriel singulier émane de cette phase du process et lui donne un caractère presque mystique. Le bruit, la chaleur, l'humidité, la vapeur, la lumière et la vitesse de rotation des éléments en sont autant d'éléments constitutifs. L'intervenant est au plus proche du lieu de transformation de la matière. Les contacts avec la matière et la machine sont impossibles car le risque d'entraînement mécanique, de brûlure thermique et chimique est important. Mais parallèlement, il faut surveiller de près la « machine », presque la sentir.

Il s'agit d'une dense succession de machines-outils où la solution chimique à base de copeaux de bois prend la forme d'une feuille. Ce changement rapide et visible de la forme de la matière, associé à l'aspect spectaculaire de la « machine », attire les regards et interroge. La densité des outils et mécanismes, tranche avec le caractère étalé du reste de l'installation. La « machine » bouge, tourne et oscille dans un vacarme incommodant, tout en laissant échapper des dégagements de vapeur. Par cet environnement, combiné aux nombreux cylindres de la sécherie positionnés en deux lignes superposées, la machine à papier peut faire penser à une locomotive à vapeur²⁹⁹. Il s'agit d'une canalisation ouverte, de 4 à 6 mètres de large sur 120 mètres de long pour les plus longues, où la bande de papier peut atteindre la vitesse de 108 km/h. Chaque machine à papier est conduite depuis une cabine située à proximité de façon que le conducteur ait toujours la possibilité d'avoir un regard sur le flux de production. Le conducteur est accompagné par un responsable sécherie, un rondier et un bobineur. Cette équipe doit réagir aux

²⁹⁹ Guy Delisle, 2021, *op. cit.*



Figure 12 : Photographie d'une machine à papier

aléas et anticiper les avaries qui sont nombreuses et parfois critiques, car une machine à papier ne peut pas fonctionner de façon dégradée et constitue une canalisation du flux unique, un goulet d'étranglement. L'équipe de conduite ne réalise pas seulement un travail de surveillance mais procède aussi à des réglages d'outillage* lors de changement de campagne de production. La production de bobine de papier répond à une logique de fournée ou de campagne de production, comme dans de nombreuses industrie pétrochimique³⁰⁰.

Pour décrire le fonctionnement d'une machine à papier, suivons le cheminement de la pâte. Depuis l'agitateur, celle-ci est transférée par un système de pompe vers la caisse de tête de la machine à papier. Cet instrument va répartir la pâte sur la largeur de la table de fabrication. Cette table est composée de plusieurs rouleaux d'entraînement et de cheminement, sur lesquels est positionnée une toile perméable. La pâte à papier va être transportée sur cette toile vers le cylindre aspirant. Au cours de ce déplacement, l'eau de la pâte à papier est évacuée par l'effet de la gravité, de façon à conserver uniquement la cellulose chimiquement transformée. Le cylindre aspirant poursuit ce mécanisme d'assèchement, et par aspiration, collecte cette « pulpe » de papier pour la transporter sur des « fusains » mis en mouvement par différents rouleaux. La « pulpe » de papier suit alors un circuit mouvementé. Elle monte, descend, fait des crochets en amont ou en aval. Ces mouvements, qui apparaissent à première vue comme des détours, font partie intégrante du calcul de production. La pâte est successivement pressée entre de lourds cylindres puis façonnée par l'immense cylindre frictionneur. Enfin, elle est séchée en passant dans le circuit de forme sinusoïdale composé par une vingtaine de cylindres chauffés à la vapeur. À la fin de la sécherie, la feuille de papier est terminée. Elle s'enroule à vive allure sur un axe, et est automatiquement coupée et éjectée de la « machine », sous la forme d'une bobine de plusieurs tonnes. Le bobineur entre en jeu, il est positionné devant « l'enrouleuse » situé au bout de la machine à papier et a pour mission de déplacer grâce à « un pont roulant », qui est une sorte de grue sur rail, les bobines terminées vers une machine de reconditionnement appelée « bobineuse ». La bobine de papier y

³⁰⁰ Fanny Girin, La « sécurité » en fuite : la construction du contrôle à partir des relations entre groupes dans une raffinerie, mémoire de thèse soutenue en 2017

est déroulée et découpée en bobine de plus petite taille. Ce déplacement rectiligne d'une dizaine de mètres est guidé par les rails et cadencé par le rythme de production de la machine à papier. Entre deux bobines, le bobineur attend le signal sonore indiquant la libération automatique du mandrin par la « machine ». Pendant ce temps, une autre bobine commence à se former. Le bobineur attend quelques minutes entre deux bobines mais aucun stock de bobines ne se forme entre « l'enrouleuse » et « la bobineuse ». La production est totalement automatisée, seules des manutentions en fin de circuit devant être réalisées.

1.5. Diversifier la production

S'il est rare de voir des installations industrielles avec plus de deux machines à papier, les lignes de façonnage peuvent être plus nombreuses. Elles permettent de répondre à des demandes diversifiées de clients. Le flux de production, après s'être resserré sur les machines à papier, se divise au niveau du façonnage. Les bobines de papiers redimensionnées peuvent être déplacées par des chariots automoteurs qui resserrent leur fourche pour les saisir par leur centre. Ces bobines sont transportées vers « des lignes de finissages ». Dans ces ateliers, on observe des stocks se former et la circulation du flux ne dépend plus totalement d'infrastructure automatique. Ces lignes de finissages ressemblent à une machine à papier et fonctionnent selon des mécanismes proches. Ces lignes de production ont une vitesse de fonctionnement bien moindre et sont de tailles plus réduites. La bobine est déroulée et la feuille engagée dans un circuit de rouleaux. La bande passe parfois par des bains de produits chimiques, d'autres fois, deux bobines sont déroulées simultanément pour faire un papier à plusieurs épaisseurs, des cisailles rotatives la découpent en long et en large selon le format souhaité. Puis, cette bande de papier « fini » est enroulée à nouveau sous la forme de bobine. Plusieurs lignes de finissage peuvent être surveillées depuis une même cabine de conduite, mais souvent chaque ligne a son conducteur. L'opération de mise en flux d'une nouvelle bobine, d'injection sur la ligne automatisée, est réalisée manuellement par le conducteur. Il utilise la fin de la bobine précédente comme une toile pour la nouvelle bobine, il les superpose, et ainsi, il donne une continuité à la bande de papier à chaque rechargement. Les bobines de papier fini sont stockées dans le hangar des expéditions grâce à des chariots automoteurs.

1.6. Retour vers le flux

Les produits finis sont manutentionnés dans des camions de livraison ou sur des trains par des opérateurs conduisant des chariots automoteurs. Cette production se dirige vers d'autres usines, comme des cartonneries, des usines de sacs et plus rarement des imprimeries de journaux ou de

papier à écrire. Cette papeterie est le premier maillon de ce flux logistique où la matière connaît une forte transformation et un ralentissement. Le flux logistique composé de camions et de trains relient les différents maillons de cette division du travail industriel étendue spatialement et temporellement. La mise en forme du papier en bobines permet une sorte de mise en contenant du flux sur lui-même. Et s'il est vrai que transporter des formes cylindriques n'est pas très pertinent d'un point de vue de gestion de l'espace, cette forme le devient du point de vue du flux, car les autres maillons de la chaîne productive vont pouvoir facilement dérouler la bande de papier pour la transformer à leur tour sous la forme d'un flux de matière.

La carte ci-dessous permet de synthétiser la description de ce circuit de la production. Cette carte met en évidence les différents flux et les secteurs de production de l'usine. J'ai représenté par une flèche bleue l'entrée des camions apportant les matières premières par la porte est de l'usine. Les camions sont déchargés au plus près de la zone du parc à bois, entourée en vert, où sont stockés et réduits en copeaux les troncs d'arbres. Par une flèche verte partant d'un point bleu, j'ai indiqué l'engin d'injection et le tapis d'acheminement qui conduit les troncs vers les tonneaux écorceurs et le secteur de « mise en copeaux ». Par une seconde flèche verte je signale le flux d'écorces récoltées dans les tonneaux écorceurs qui sont conduits par un tapis vers une des chaudières de l'usine. Une troisième flèche verte longe le tapis d'acheminement qui relie le parc à bois aux dunes de copeaux et donc au début du secteur chimique, entourée en jaune. Les sommets des deux dunes sont représentés par des points violets pour insister sur le début de transformation chimique qui a lieu lors de ce stockage de matière. Les vis d'acheminement situées sous les dunes sont représentées par deux flèches jaunes, les copeaux sont conduits vers le tamiseur puis vers l'usine de pâte, la cuisine. Des flèches jaunes pleines indiquent le cheminement des produits chimiques et du « mou » dans ce secteur chimique de la papeterie. Les produits chimiques stockés dans des cuves sont transportés par un réseau de tuyauterie vers le lessiveur afin de fabriquer la pâte à papier. Cette pâte est par la suite transportée par ce même réseau vers le secteur des machines à papier, représentées par des flèches pourpres, dans le secteur machine, entouré en rouge. Les bobines de papier sont acheminées vers les lignes de finissages représentées par des flèches rouges par des opérateurs conduisant des chariots automoteurs. A la suite de ce retraitement le produit fini de l'usine sous forme de bobine traitées

et dimensionnées retournent dans le flux logistique de camions et quittent l'usine par la porte nord du site.

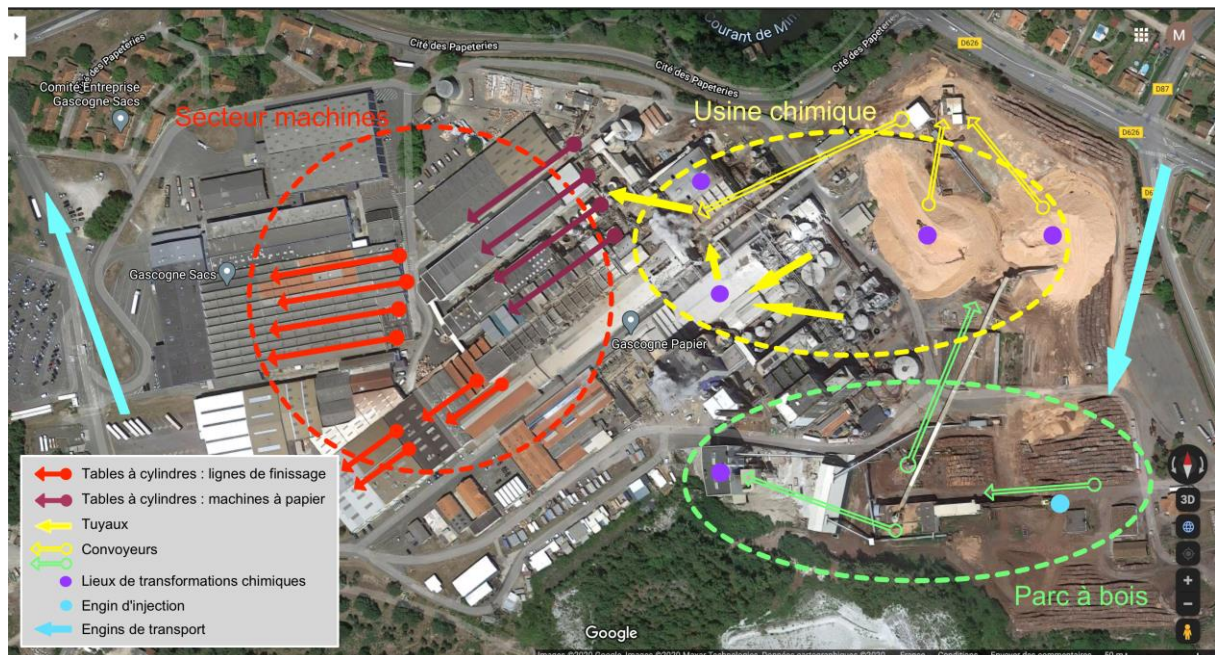


Figure 13 : Schéma bilan du process d'une papeterie

Cette description d'un processus productif papetier montre que la mise en flux de la matière prend plusieurs formes. Les processus chimiques ne sont qu'une modalité de la mise en continuité d'un système productif. Il repose sur une infrastructure technique spécifique qui est un système de tuyauterie. Il faut articuler avec cette infrastructure de mise en flux, les systèmes d'acheminement de la matière comme les convoyeurs à bande qui se développe sous la forme de réseau, et les lignes de transformation de la matière par outils cylindrique comme les machines à papier et les lignes de finissage. Cette dernière infrastructure est bien particulière pour notre recherche et fonctionne selon les mécanismes de tables à rouleaux et de cylindres. On a observé des manutentions réalisées par des opérateurs conduisant un engin. Leurs activités sont plus ou moins cadencées par le rythme du système productif et sensible à l'expansion de la robotisation. Parfois, ils pallient les manques de continuité du système productif, comme le bobineur, d'autres fois, ils injectent la matière première, ou encore relie l'usine avec les autres sites industriels ou d'exploitation de ressources naturelles. La suite de ce chapitre se propose pour systématiser davantage ces mises en flux au regard de leurs mécanismes et de leurs fragilités techniques.

2. Des flux industriels dans une industrie de flux

Les usines de flux ne sont pas des systèmes productifs à flux unique qui s'écouleraient comme un large fleuve. Le flux peut emprunter plusieurs circuits de canalisation et des flux de matières aux propriétés différentes cohabitent sur un même site de production. Cette multiplicité de flux

logistique situés à l'intérieur des usines se retrouve dans les moyens et mécanismes de mise en flux de la matière. Pour comprendre pleinement l'organisation de la production dans ces industries, il faut analyser comment la matière circule entre des machines de transformation, autrement dit, comment s'articule l'organisation de la production avec le degré de continuité du système productif.

Ce travail de recherche a discerné trois idéal-types d'infrastructures de flux, qui sont présents à divers degrés sur l'ensemble des sites industriels observés. Souvent, ils se combinent sur un même site industriel. Ces trois infrastructures d'acheminement du flux permettent d'atteindre une plus grande continuité, un débit de flux plus important, que des outils de manutention mécanique actionnés par des opérateurs et ils reposent sur le processus d'automatisation de la production. En revanche, les infrastructures du flux rendent le système productif fragile face à l'aléa mécanique car elles ne peuvent être remplacées par le déploiement d'opérateurs de production. Ces infrastructures sont nommées le réseau des convoyeurs, le système de tuyauterie et les tables à cylindres.

Chaque idéal-type d'infrastructure comporte un dispositif technique de mise en mouvement de la matière et contraint l'activité de surveillance de l'opérateur de production. Chacun est caractérisé par un degré de fragilité du point de vue de la production et un niveau de flexibilité ou d'adaptabilité. Le degré de mise en forme de la matière transportée et la tolérance de chaque infrastructure à des variations de forme est un facteur de l'analyse, tout comme la proximité entre l'homme et la matière. La fragilité de l'infrastructure renvoie aussi à des considérations techniques qui posent la question de la place du travail mécanique dans la mise en mouvement de la matière. Cette analyse présente le travail mécanique comme nécessaire à cette mise en mouvement. Elle déplace le questionnement de l'opposition entre opérations mécaniques et processus fluide, vers les modalités de ce travail mécanique dans la mise en flux de la matière. Les questions portant sur la fragilité du flux et des mécanismes et donc de la maintenance de ces infrastructures prennent un nouveau relief.

A ces trois infrastructures du flux on peut ajouter trois flux d'engins. A partir de cette distinction on peut apercevoir le caractère évolutif de ces moyens de manutention visant la mise en continuité de la production. Cette évolution consiste en une optimisation du principe de continuité, sans repenser fondamentalement l'opération à effectuer. Cette mécanisation et robotisation du geste de l'homme confère à ces flux d'engins un moindre degré de fragilité que des infrastructures du flux. Il y a une possibilité de substituabilité entre mécanisme d'acheminement et travail humain ou une marche en fonctionnement dégradé. Le premier

développement va se consacrer à l'étude des flux d'engins sur les sites industriels. Ensuite, chaque infrastructure sera présentée dans un développement particulier où leurs mécanismes de fonctionnement et caractéristique de fragilité pour le flux seront détaillés.

2.1. *Des flux et des engins*

Les usines de production automatisées sont des maillons d'une chaîne productive qui dépasse les frontières d'un site industriel. Des camions de livraison et des trains de marchandises pénètrent constamment sur le site, afin de décharger des matières premières ou partiellement transformées et des produits chimiques. Ce flux assuré par des conducteurs d'engin ne se borne pas aux grilles de l'usine et prend des fonctions particulières relié au processus productif.

Les flux assurés par des conducteurs d'engins sur un site industriel concernent les phases de déchargement des matières premières, d'injections dans le système de production automatisé, de mise en circulation des produits et de chargement du produit fini dans un camion ou un wagon. On peut retrouver ce flux d'engins de livraison à l'intérieur même de ces sites de production par des flux d'engins de manutention. Ce flux d'engins perd de l'ampleur à mesure de l'expansion de l'automatisation de la production et de la robotisation de la mise en circulation de la matière. On observe, parallèlement à l'automatisation, un processus de robotisation de ce ballet de chariots-automoteurs, qui permet d'optimiser le principe de continuité des processus productifs. Ces différents moyens de manutention de la matière consistent en un prolongement progressif de l'homme, particulièrement de sa main et de sa locomotion, qui tend, *via* la robotisation, à le supprimer de la phase opératoire³⁰¹. Les engins permettent aussi de réaliser des manutentions en début et fin de process pour relier le système productif à ce flux d'engins de transport, mais aussi pour relier deux systèmes productifs automatisés appartenant au même processus.

2.1.1. *Quand le flux est composé d'engins de manutention*

Dans ce cadre, un site de production mérite ici une attention particulière, car sa logistique repose entièrement sur un flux d'engins de manutention. Il s'agit de la tréfilerie de métaux précieux située dans l'Oise, qui utilise des engins de manutention entre chaque phase de transformation de la matière pour déplacer les produits semi-finis de machines automatiques en machines automatiques. Les lingots de métaux apportés par des camions sont manutentionnés par des chariots automoteurs dans un four à gaz pour former un alliage qui peut différer d'une fournée à une autre. L'alliage en fusion se refroidit dans un moule pour former un nouveau lingot, ou « brame ». Les alliages produits sont des métaux assez mous et faciles à mettre en forme. La

³⁰¹ André Leroi-Gourhan, 1965, *op. cit.*

brame est collectée avec les fourches du chariot automoteur pour être dirigée vers un laminoir à froid. Le conducteur du laminoir surveille sa machine et son stock de lingots. Il produit des bobines d'alliage qu'il stocke à proximité de sa machine. Celles-ci sont en attente d'un conducteur de chariot automoteur qui, en rapprochant les fourches de l'engin, va saisir par son centre la bobine et la conduire à une nouvelle machine-outil, comme une tréfileuse ou un autre laminoir.

Les chemins du flux sont multipliés par le nombre de produits finis mis en marché par l'entreprise. En effet, cette usine ne répond pas à une demande de masse pour un produit unique, mais davantage à des demandes de séries de produits spécifiques. Chaque produit suit un processus particulier, c'est-à-dire un cheminement passant par certaines machines-outils. Si les laminoirs, tréfileuses, cisailles et presses rotatives, sont fondamentalement des machines-outils automatisées, elles ne sont pas reliées entre elles par un circuit de conduites fixes, mais par des flux d'engins. Ce flux n'a pas d'infrastructure solide, mis à part les chemins sanctuarisés pour les chariots automoteurs. C'est un espace où le conducteur d'engin est prioritaire sur toute autre personne. Ce sont les conducteurs d'engins et de machines-outils qui déterminent le rythme de la production de l'usine.

Ce flux d'engins est extrêmement résilient, du fait de sa capacité d'adaptation à différentes productions ou à des dysfonctionnements. Un chariot en panne ou un chemin obstrué ne bloque pas le flux car les conducteurs d'engins s'adaptent, contournent ou évitent l'obstacle. En revanche, il n'assure qu'une faible continuité de la production, et donc un rendement productif peu optimisé. Chaque machine-outil est conduite par un conducteur de ligne qui gère au mieux son stock de produits d'entrée et de produits finis. Parfois, des machines-outils ne sont pas approvisionnées et s'arrêtent, d'autres fois, elles sont arrêtées par le conducteur qui prend sa pose en laissant son stock de produit s'écouler et son stock de matière grossir. Cette flexibilité du processus, cette capacité d'adaptation de la production en plusieurs produits distincts est rendue possible par ce faible degré de continuité de la production. La manutention par chariots automoteurs est extrêmement flexible et permet ces ajustements. Cette forme d'organisation ne peut fonctionner que grâce à la position sur le marché de l'entreprise qui produit des biens en alliage de métaux précieux en petite et moyenne série.

Dans les usines davantage automatisées, on retrouve ce type d'organisation aux deux extrémités du processus productif pour stocker les produits entrants ainsi que pour expédier les produits finis en chargeant les camions de livraison. L'optimisation de la circulation de la matière est cantonnée dans un prolongement de la main et des jambes de l'homme dans une machine de transport. Des

stocks tampons au niveau des matières premières et des hangars d'expédition montrent ce manque de continuité du flux. Les opérateurs peuvent choisir leur rythme de travail, ils ne sont pas soumis au rythme du processus automatisé, mais à celui des camions de livraison. Cette faible optimisation conduit à une moindre fragilité du flux logistique. Il s'agit d'un flux qui pense, communique et s'adapte.

2.1.2. Injecter, transférer et retirer, des engins pour le flux

Des opérations de manutention de la matière subsistent dans des systèmes productifs automatisés. Les plus fréquentes consistent à injecter la matière dans le processus de production automatique. On peut aussi observer des opérations de transferts entre deux infrastructures de flux et des opérations de retrait des produits finis. Des opérateurs prolongés par différentes machines de manutention viennent réaliser ces opérations d'injection, de transfert et de retrait. Plus le processus de production est automatisé, plus l'opérateur va être contraint dans son activité par le rythme des machines-outils, et moins les opérations de transfert seront nombreuses. Les opérations d'injection et de retrait apparaissent encore comme nécessaires pour assurer la liaison entre le système productif automatisé et le flux d'engins de manutention.

i. Injecter, transférer et retirer, des engins pour le flux

Les postes d'injection ont pour fonction d'engager la matière à l'état brut sur les infrastructures du flux. C'est le cas du conducteur d'engin, qui pourvoie en troncs d'arbres les tonneaux écorceurs d'une papèterie. À l'aide d'un bras articulé équipé d'un « grapin » à quatre doigts, celui-ci injecte les troncs d'arbres sur les tapis des tonneaux écorceurs du site. Cela constitue la première phase du processus productif automatisé. Ce conducteur d'engin d'injection consomme progressivement le stock constitué par les différents engins de manutention en déchargeant les camions transportant le bois, mais ne peut lui-même constituer de stock. Il doit assurer une cadence, un débit d'approvisionnement, qui correspond au rythme de la production. Il ne peut pas arrêter sa production de façon unilatérale, car son engin constitue un goulet d'étranglement du flux, un rouage unique et essentiel au fonctionnement du process. Les conducteurs d'engin d'injection se relaient jour et nuit pour assurer cette insertion de la matière dans le système de production automatisé.

La situation est comparable en bout de chaîne de production. Le produit fini sort des infrastructures du flux et est retiré par les lames des chariots automoteurs. Le rythme de la production cadence l'activité de manutention des conducteurs de chariots automoteurs. Tout un travail de mise en forme de la matière lors du processus productif automatisé, rend possible cette

préhension mécanique par les lames du chariot. Les systèmes de palettiseurs automatiques rendent cette phase de retrait encore plus aisée. Souvent, l'organisation par équipe permet de répartir entre plusieurs opérateurs la charge de travail. Le rythme du flux perd un peu de son emprise sur les opérateurs. Le phénomène de goulet d'étranglement que l'on observe au poste d'injection est atténué. Les opérateurs constituent le stock de produit fini utile au flux d'engins de manutention qui vont charger cette production dans des camions ou des wagons de transports. Ces deux phases, injection et retrait, peuvent être considérées comme des joints entre deux types de flux : le flux d'un système productif automatisé et le flux d'engins de transports. Cette organisation induit la création de stocks tampons d'approvisionnement au niveau de ces articulations.

On observe, plus rarement, des postes de travail dédié à des manutentions cadencées par le rythme de la production. L'opérateur, telle une rustine, assure l'écoulement du flux entre les deux ensembles de machines-outils. Le poste de « bobineur » d'une machine à papier correspond à cette situation peu répandue. Dans une moindre mesure l'opérateur qui déplace la bobine entre une machine à papier et une ligne de finissage entre dans cette catégorie. À mesure que le système productif évolue vers une plus grande continuité, on observe un phénomène de robotisation de ces manutentions.

ii. Des robots pour davantage de continuité



Figure 14 : Chariot de transport robotisé

Différents robots ont été observés. Sur le site papetier de La Rochette, ce sont des chariots de manutentions suivant un marquage au sol, équipés de détecteurs de mouvement et émettant des signaux sonore et lumineux, réalisent en autonomie les tâches de transfert entre la bobineuse et les lignes de finissage. Sur le site papetier Du Pontet, l'opération de redimensionnement de la bobine a pu être supprimée par l'utilisation de chariot autonome sur rails de grande taille. Sur le site de fabrication de levure situé à Lille, on observe l'utilisation d'un robot classeur de palette pour stocker les produits finis dès la sortie du palettiseur.

Il apparaît que les tâches de transferts et de retraits sont les plus touchées par cette tendance. Elles combinent les critères de répétitivité, de rythme cadencé par le système productif automatisé et de matière mise en forme par le processus productif. La phase de chargement des camions et des wagons reste à la charge des conducteurs d'engins de

manutention. Ce processus de robotisation étend le principe de continuité au plus proche du flux d'engins de transport.

Cette évolution technique repousse encore un peu plus loin le travail des opérateurs de production du lieu de transformation de la matière, sans toutefois obliger à repenser les gestes et les opérations. Il s'agit là d'un mouvement de robotisation du travail, permettant d'assurer une plus grande continuité du flux de production. L'homme semble ainsi intégralement projeté dans un robot de manutention. Un fonctionnement en dégradé du flux est possible. En cas d'avarie sur un robot, des manutentions réalisées grâce à des chariots automoteurs classiques sont envisageables, ce qui assure une certaine résilience au flux de production. Il reste que ces manutentions robotisées produisent un ralentissement du flux de production automatisé, une perte de débit et la nécessité d'une mise en forme particulière de la matière : sa mise en contenant. L'optimisation du principe de continuité du système productif emprunte simultanément une autre voie que la robotisation pour la mise en flux de la matière. On observe une automatisation de la mise en flux de la matière *via* des infrastructures du flux, qui viennent optimiser sa circulation en repensant les techniques de manutention.

2.2. Le réseau de convoyeurs

Débutons la présentations des infrastructures du flux automatisées par la description des convoyeurs de matière. Plusieurs types de convoyeurs ont été observés, mais le plus répandu est le convoyeur à bande. Il s'agit d'un système technique assez rudimentaire, qui permet de mettre en mouvement un large spectre de formats de matière. Ce système est particulièrement utilisé en début de process, lorsque la matière est encore brute, afin de la mettre en forme. Ces convoyeurs à bande sont organisés sous la forme d'un réseau qui leur assurent une certaine résistance face à la fragilité technique propre aux infrastructures du flux. Les chaînes à godets sont une sorte de convoyeur. Elles reposent sur des mécanismes mécaniques proches du convoyeur à bande et s'insèrent dans cette logique de réseau. Les convoyeurs à rouleaux ont des propriétés similaires, mais se situent davantage à la fin du système productif automatisé. Ils tolèrent une moins grande hétérogénéité de gabarit, mais permettent des transferts dans des espaces plus réduits. Du fait de leurs places et fonctions dans le process de production, ces trois dispositifs de mise en mouvement de la matière se présentent comme des alternatives automatisées à des manutentions réalisées par des opérateurs de production équipés de chariots automoteurs.

2.2.1. Faire circuler de la matière par des convoyeurs motorisés

Le mécanisme qui permet la mise en flux de la matière le plus fréquemment observé lors de l'enquête est le convoyeur à bande. Il est utilisé dans la plupart des usines automatisé au processus mécanique ou semi-mécanique afin de transporter de la matière première solide. Il s'agit d'une infrastructure ouverte, lui permettant de transporter des formats variés de matière. Il existe d'autres infrastructures ouvertes reposant sur un mécanisme de mise en mouvement similaire au convoyeur à bande : la chaîne à godet et le convoyeur à rouleaux. Dans chacun des cas le travail mécanique permettant le mouvement de la matière se situe à proximité immédiate du flux. Une motorisation électromécanique par l'intermédiaire de différents mécanismes met en mouvement un axe.

i. Convoyer pour mettre en forme : le recours à la bande et aux godets

Un convoyeur à bande est constitué d'un rouleau d'entraînement, d'un rouleau libre et d'une bande flexible. Le schéma ci-à-gauche illustre ce dispositif de transfert de la matière³⁰². La bande flexible (en vert) vient relier les deux rouleaux à l'image d'une chaîne sur une transmission de vélo. Les deux rouleaux reposent sur deux paliers à galets, qui permettent de les maintenir dans un axe tout en limitant les frottements. Le rouleau d'entraînement, aussi appelé « tambour », est mis en rotation par une motorisation électrique par l'intermédiaire d'un moto-réducteur (en bleu). En étant mis en rotation, le tambour tire sur la toile en tension et actionne le rouleau libre. La bande est ainsi mise en mouvement selon un axe et une vitesse déterminés. La matière se déplace sur le tapis selon un mouvement de translation. Chaque tambour peut être actionné indépendamment par les opérateurs qui activent la motorisation depuis les ordinateurs de la salle de contrôle.

Dans le cas de la chaîne à godets, les auges sont fixées sur la chaîne et se déplacent dans l'axe de deux roues dentées, comme pour la bande. La chaîne à godets se situe à l'intérieur du réseau de convoyeurs à bande, après les premières phases de mise en forme de la matière. La chaîne à godet tolère une moindre hétérogénéité de gabarit de la matière que le convoyeur à bande, car elle doit pouvoir la saisir facilement dans son contenant. En revanche, elle a l'avantage de pouvoir assurer des mouvements verticaux de la matière avec un faible empâtement, ce que le convoyeur à bande est incapable de faire. La chaîne à godet permet d'optimiser l'espace disponible dans l'usine en reliant des machines-outils entre elles, sans effectuer de mise en forme importante de

³⁰² Illustration issue de <https://www.elcom.fr/convoyeurs/principaux-elements-dun-convoyeur-a-bande>, consulté le 18/01/22.

la matière. Ces chaînes à godets sont les maillons des réseaux de convoyeurs et bénéficient des mêmes stratégies face à la fragilité technique.

Ces infrastructures fonctionnent selon une logique de segments ou de vecteurs ce qui permet une gestion de la fragilité technique par une mise en réseau. Ces convoyeurs à tapis, et dans une moindre mesure les chaînes à godets, sont des machines transfert ouvertes qui ne canalisent pas la matière et supportent en retour un large éventail de formats. L'inconvénient de cette adaptabilité aux formats est la présence de fuites de matière. Ces fuites de produit constituent une perte de rendement pour la production, mais peu d'actions sont menées pour les endiguer. Le circuit de production n'a encore que peu ou pas valorisé la matière première par des transformations chimiques, la perte de produit apparaît comme une perte économique acceptable et non dangereuse pour les opérateurs.

Ce type d'infrastructures du flux est observable dans de multiples industries. Il est central dans les fabriques de plâtre et de levure, où la majeure partie des infrastructures repose sur ce type de dispositif. La fabrique de plâtre observée dispose d'un réseau de convoyeurs à bande s'étalant sur plusieurs kilomètres associés à des chaînes à godets pour optimiser l'espace et la circulation de la matière dans les ateliers. Ils s'enchaînent les uns aux autres pour transporter le gypse³⁰³ de la mine jusqu'aux broyeurs de l'usine, ce qui permet d'éviter des manutentions par des engins. Le gypse est successivement conduit vers des broyeurs, des tamis et dameurs pour affiner et purifier la matière première. La levure subit des traitements similaires lors de sa réduction en poudre et lors du transport de la betterave³⁰⁴. Ce type d'infrastructure soit principalement mobilisé lors des phases de traitement de la matière première dans les cycles qui visent à sa déstructuration par l'action d'une force mécanique. Le réseau de convoyeurs à bande et de chaînes à godets comprend ces machines-outils automatiques qui par une action mécanique mettent en forme la matière. Cette mise en réseau fait partie d'une stratégie d'anticipation de la panne et pérennisation du flux de production.

ii. Le convoyeur à rouleaux : automatiser la sortie de process

Les convoyeurs à rouleaux sont composés de rouleaux positionnés successivement et formant une table. L'un de ses rouleaux est motorisé et les autres sont libres. Le rouleau motorisé est équipé d'une roue dentée qui est actionnée par le mouvement d'une chaîne et transmet le mouvement rotatif d'un motoréducteur. Le convoyeur à rouleaux se situe à la fin du process,

³⁰³ La roche de gypse est la matière première des usines de plâtre.

³⁰⁴ La betterave est utilisée dans le processus industriel de la levure afin de produire du sucre et ainsi nourrir les levures.

une fois que la matière a été mise en forme. Il supporte un moindre spectre de format de la matière que les autres convoyeurs. Cette infrastructure du flux débute souvent par un système de palettisation ou de mise en sac de la matière. La matière, visible pour l'opérateur, est poussée par le rouleau entraîné par la chaîne, puis glisse sur les rouleaux libres du convoyeur jusqu'au prochain rouleau d'entraînement. Ces réseaux de convoyeurs à rouleaux sont particulièrement utilisés pour ranger les produits en fin de process dans le magasin d'expédition. Ces convoyeurs ont de multiples sorties pour classer et remplir le plus efficacement l'espace disponible. Plusieurs systèmes d'ascenseur et de plateforme pivot sont mis en place pour permettre cette navigation³⁰⁵.

Ces convoyeurs à rouleaux remplacent les chariots automoteurs, qui sont ainsi limités à une fonction de remplissage de la chaîne logistique d'expédition, ou sont reliées à un robot de classement de palettes. Le convoyeur à rouleaux ne relie et ne comporte pas des machines-outils automatisées. Cette infrastructure se situe en fin de processus industriel et sont donc moins sujettes à la fragilité technique et du flux. Elles réalisent seulement des opérations de transfert et de classement. D'ailleurs, on observe que la mise en réseau des différents convoyeurs est bien moins importante que pour les autres infrastructures de convoyeurs. On peut même supposer, qu'en cas de casse sur l'un des convoyeurs à rouleaux, une organisation en dégradé de la sortie du flux de production est possible par la mobilisation d'opérateurs de production utilisant des chariots automoteurs. Cette organisation en dégradé n'aurait pas d'impact sur le reste du process.

2.2.2. Un réseau pour une fragilité, le cas des convoyeurs à bande et des chaînes à godets

Ce réseau de convoyeurs à bande et de chaînes à godets semble la façon la plus simple techniquement et la moins onéreuse de remplacer des engins de manutention tout en assurant une meilleure continuité du process de production. La matière circule continuellement, d'un tapis à un autre, d'une machine-outil à une autre, sans constituer le moindre stock de matière. Cette mise en continuité réalisée par des infrastructures rigides, induit nécessairement une fragilité pour le flux. Si l'un des maillons de la succession de machines-outils et de tapis subit une avarie, le flux de production se tarit. Il est impossible de mettre en place une marche dégradée à l'aide de manutentions réalisées par des opérateurs. La fragilité technique de l'infrastructure réside principalement sur les machines-outils. Du fait du caractère fixe de ces infrastructures, elles ne peuvent pas être contournées par le flux en cas de casse mécanique.

³⁰⁵ Les convoyeurs postaux que l'on pourrait qualifier de convoyeur à écailles semblent prolonger ce type d'infrastructure du flux en combinant avantageusement le convoyeur à rouleaux et la chaîne à godets, pour plus de détail sur ce sujet se référer aux travaux à paraître de Léo Reynes.

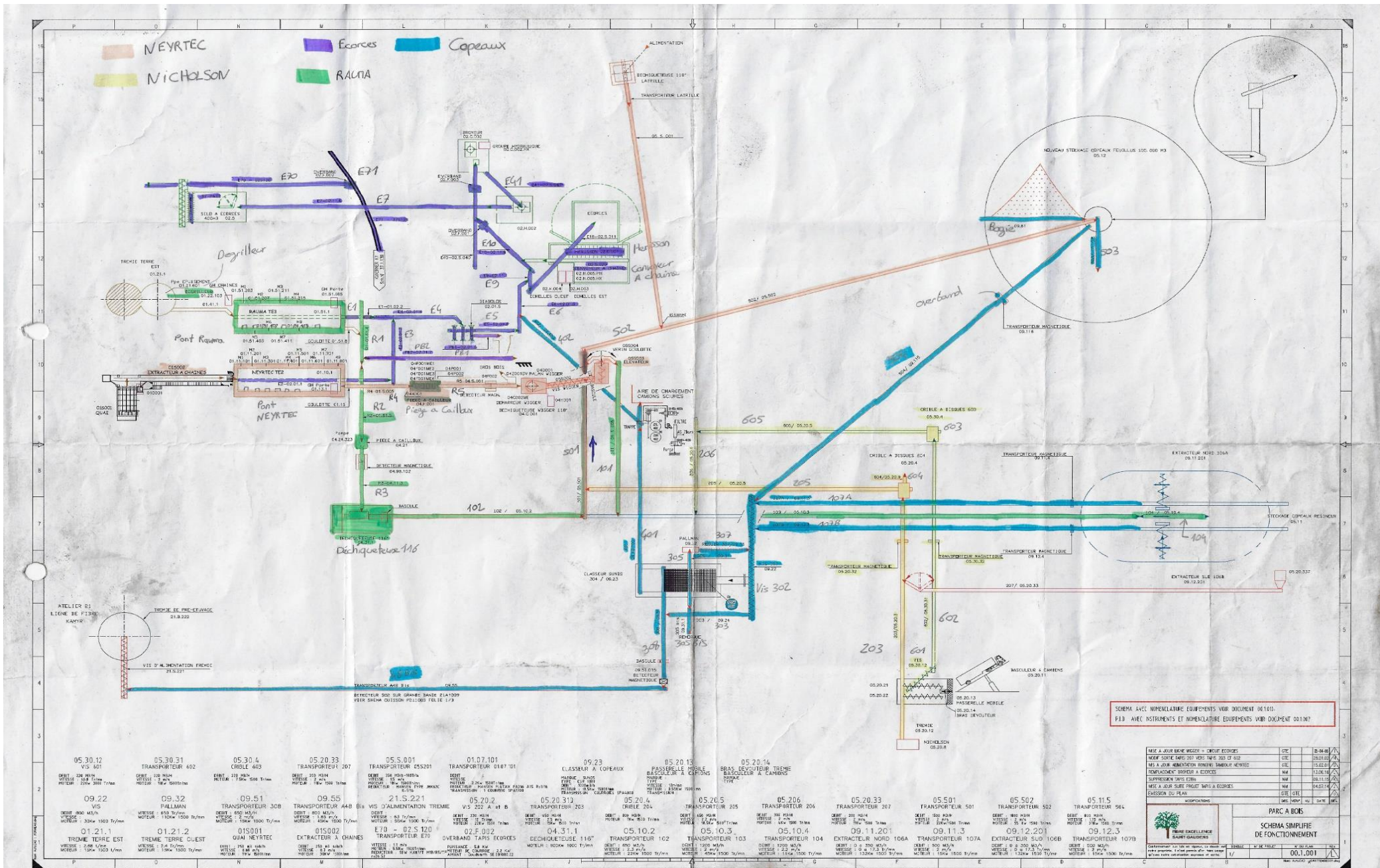
i. Une infrastructure automatique composée de machines transfert et de machines-outils

Ces convoyeurs et ces machines-outils se succèdent les uns aux autres, formant une infrastructure du flux complexe où l'on peut voir circuler la matière. La figure 34³⁰⁶ est une représentation schématique de ce type de réseau. En l'occurrence, il s'agit du plan du parc à bois de l'usine de pâte à papier située à Saint-Gaudens. Ce réseau vise à transporter une matière brute entre différentes machines-outils procédant à un travail mécanique de la matière.

Si l'on suit la ligne Rauma, surlignée en vert sur le plan, on voit qu'elle débute par le tonneau écorceur situé en haut à gauche. Cette machine-outil est la première phase du travail mécanique de mise en forme de la matière. Elle procède à la purification de la matière première en séparant l'écorce et le bois, tout en acceptant un large éventail de gabarit. Les troncs sont transférés par des convoyeurs à bande vers une seconde phase de purification mécanique : « les pièges à cailloux ». Les pièges à cailloux servent à trier le bois d'autres corps étrangers, comme des cailloux ou bouts de fer, qui pourraient endommager les équipements du réseau. Ensuite, ces troncs sont transportés vers la déchiqueteuse, une machine-outil qui déstructure les troncs pour les mettre en forme de copeaux. Les copeaux sont soit conduits directement sur la dune de copeaux située dans le prolongement de la déchiqueteuse par le tapis 102 (en vert), soit versés sur le tapis 501 (en orange et vert), remontant ainsi dans le sens de la flèche vers le tapis 502 (en orange) pour grossir le tas de copeaux situé en haut à droite du plan.

Le conducteur d'installation peut rediriger le flux entre ces deux conduites en fonction des avaries, des opérations de maintenance, mais aussi de l'essence du bois injecté dans le circuit. Cette infrastructure bénéficie des souplesses de sa segmentation en de multiples tapis ou de chaînes à godets. Cette souplesse est nécessaire pour parer l'important risque d'aléa mécanique dû au traitement d'une matière première non purifiée par des procédés essentiellement mécaniques.

³⁰⁶ Il s'agit du plan du parc à bois d'une usine papetière, mis à disposition par l'exploitant et collecté lors d'une opération de maintenance.



SCHEMA AVEC NOMENCLATURE EQUIPEMENTS VOUR DOCUMENT 001010
 P.L.D. AVEC INSTRUMENTS ET NOMENCLATURE EQUIPEMENTS VOUR DOCUMENT 001007

| DATE | DESCRIPTION | PREPARE | DATE | REVISION |
|------------|--------------------------------------|---------|------------|----------|
| 05.30.12 | VIS 401 | | 05.30.12 | 01 |
| 05.30.31 | TRANSPORTEUR 602 | | 05.30.31 | 01 |
| 05.30.4 | CRIBLE 603 | | 05.30.4 | 01 |
| 05.20.33 | TRANSPORTEUR 701 | | 05.20.33 | 01 |
| 05.5.001 | TRANSPORTEUR 55201 | | 05.5.001 | 01 |
| 01.07.101 | TRANSPORTEUR 0107 01 | | 01.07.101 | 01 |
| 09.23 | CLASSEUR A COPEAUX | | 09.23 | 01 |
| 05.20.13 | PASSELLE MISES EN CLASSEUR A COPEAUX | | 05.20.13 | 01 |
| 05.20.14 | BRAS DECOUPEUR TREME | | 05.20.14 | 01 |
| 05.20.5 | TRANSPORTEUR 205 | | 05.20.5 | 01 |
| 05.20.6 | TRANSPORTEUR 206 | | 05.20.6 | 01 |
| 05.20.33 | TRANSPORTEUR 207 | | 05.20.33 | 01 |
| 05.501 | TRANSPORTEUR 501 | | 05.501 | 01 |
| 05.502 | TRANSPORTEUR 502 | | 05.502 | 01 |
| 05.115 | TRANSPORTEUR 504 | | 05.115 | 01 |
| 09.22 | VIS | | 09.22 | 01 |
| 09.32 | PALLAN | | 09.32 | 01 |
| 09.51 | TRANSPORTEUR 308 | | 09.51 | 01 |
| 09.55 | TRANSPORTEUR 448 Bis | | 09.55 | 01 |
| 21.05.22.1 | VIS D'ALIMENTATION TREME | | 21.05.22.1 | 01 |
| 05.20.2 | VIS 202 A ET B | | 05.20.2 | 01 |
| 05.20.313 | TRANSPORTEUR 313 | | 05.20.313 | 01 |
| 05.20.4 | TRAVAIL 204 | | 05.20.4 | 01 |
| 05.20.5 | TRANSPORTEUR 205 | | 05.20.5 | 01 |
| 05.20.6 | TRANSPORTEUR 206 | | 05.20.6 | 01 |
| 05.20.33 | TRANSPORTEUR 207 | | 05.20.33 | 01 |
| 05.501 | TRANSPORTEUR 501 | | 05.501 | 01 |
| 05.502 | TRANSPORTEUR 502 | | 05.502 | 01 |
| 05.115 | TRANSPORTEUR 504 | | 05.115 | 01 |
| 01.21.1 | TREME TERRE EST | | 01.21.1 | 01 |
| 01.21.2 | TREME TERRE OUEST | | 01.21.2 | 01 |
| 01.5011 | QUAI NEYRTEC | | 01.5011 | 01 |
| 01.502 | EXTRACTEUR A CHAINES | | 01.502 | 01 |
| 02.F.002 | TRANSPORTEUR E70 | | 02.F.002 | 01 |
| 02.F.002 | TRANSPORTEUR E71 | | 02.F.002 | 01 |
| 04.31.1 | DECHARGEUSE 118* | | 04.31.1 | 01 |
| 05.10.2 | TRANSPORTEUR 102 | | 05.10.2 | 01 |
| 05.10.3 | TRANSPORTEUR 103 | | 05.10.3 | 01 |
| 05.10.4 | TRANSPORTEUR 104 | | 05.10.4 | 01 |
| 09.11.201 | EXTRACTEUR WORD 106A | | 09.11.201 | 01 |
| 09.11.3 | TRANSPORTEUR 107A | | 09.11.3 | 01 |
| 09.12.201 | EXTRACTEUR WORD 106B | | 09.12.201 | 01 |
| 09.12.3 | TRANSPORTEUR 107B | | 09.12.3 | 01 |

Figure 15 : Plan du parc à bois

- ii. Une mise en réseau des convoyeurs à bande et chaînes à godets pour répondre à une fragilité technique.

A partir du plan du parc à bois, on peut voir que ce problème de fragilité technique a été traité par l'ingénieur de deux façons. Premièrement par un système de doublage de ligne, la ligne Rauma (en vert) et la ligne Nertec (en orange) étant presque identiques et produisant la même chose : des copeaux de bois purifiés. Notons que c'est par un système de chaîne à godets que la ligne Nertec est relié au tapis des flèches. Ces deux lignes ont deux débouchés possibles, ce qui permet de solutionner le problème du goulet d'étranglement que peut représenter une flèche unique comme à la papeterie de Mimizan.

À ce doublage de lignes s'ajoute deux systèmes de recours, en cas de casse mécanique au niveau de l'injection des troncs d'arbres dans le circuit ou sur l'une des lignes. Le premier réseau d'urgence est la ligne Nicolson (en jaune), qui est alimentée en copeaux de bois issus de la filière de l'industrie de la scierie. Ces déchets sont transportés par des camions qui versent directement leur chargement dans cette ligne automatisée. Cette dernière procède automatiquement à un tri et peut ainsi fournir les deux dunes en copeaux en se connectant sur le réseau. Un deuxième système d'urgence permet de rendre ce réseau résilient aux avaries. Il s'agit de la ligne Labrille, située tout en haut du schéma, qui est connectée directement au tapis 502 conduisant à la flèche du réseau. Cette ligne est alimentée par des camions chargés de plaquettes de copeaux produits spécialement pour l'industrie papetière. Il suffit de les déchiqueter pour les utiliser dans le process. Ce produit est plus cher pour l'exploitant, il n'utilise cette ligne qu'en dernier recours.

Il se dessine dans la conception de l'infrastructure une réelle stratégie, ou des mécanismes de réponse à la panne ou à l'aléa. Ils se concrétisent par une infrastructure complexe de convoyeurs, qui vise à repousser le goulet d'étranglement le plus loin possible dans le process, c'est-à-dire quand la matière est davantage mise en forme. Selon la carte, le goulet se forme au niveau de la vis 302 (en bleu) qui récupère les copeaux de deux tapis et procède à un ultime triage. Les copeaux qui ont déjà commencé à fermenter dans les dunes sont dirigés vers des phases chimiques de leur transformation *via* le tapis 48 Bis. Cette dernière section de l'infrastructure implique moins de travail mécanique sur la matière, mais reste sensible à des dysfonctionnements. Leur maintenance préventive, ou réparation à la suite d'un

dysfonctionnement interrompt le flux. La flexibilité permise par la mise en réseau des convoyeurs permet justement de procéder et d'organiser une maintenance préventive sans interrompre la production.

2.3. Une usine tuyaux

Le modèle de l'usine tuyau est certainement celui vers lequel les systèmes productifs automatisés cherchent le plus à tendre³⁰⁷. La mise en tuyau de la matière en vue de sa circulation est une étape supplémentaire dans l'optimisation du principe de continuité. Elle repose en partie sur une mise en forme préalable des matières entrant dans la solution chimique. La matière est dissimulée dans des tuyauteries afin de ne rien en perdre, d'optimiser les transferts et de l'éloigner des opérateurs pour assurer leur sécurité. Le processus productif se libère ainsi des contraintes et limites physiologiques de l'opérateur de production pour gagner en efficacité. La surveillance de la production est réalisée par des conducteurs d'installation depuis des cabines de conduite séparées du lieu de la production. Cette surveillance est assistée par ordinateur et par un rondier de production qui se rend sur le terrain³⁰⁸.

Deux mécanismes de mise en circulation de ma matière permettent la circulation des flux dans des tuyauteries, il s'agit de la vis sans fin et des pompes. Les machines-outils utilisées lors de ces phases du processus productif ont surtout pour fonction de mélanger et de purifier la solution chimique. Le travail mécanique sur la matière est moindre que sur les réseaux de convoyeurs. Il est particulièrement réduit et mis à distance de la matière dans le cas des infrastructures fonctionnant à l'aide pompes. La faible teneur en travail mécanique réduit la fragilité technique de ces infrastructures du flux et d'étendre le principe de continuité du système productif. On trouve ce type d'infrastructure sur presque tous les terrains d'enquête, mais celui-ci est dominant dans les industries pétrochimiques et dans le domaine nucléaire.

2.3.1. Une vis dans un tuyau

Il existe une proximité technique entre les mécanismes d'une vis sans fin, ou vis d'Archimède, et d'un convoyeur à bande. La vis sans fin intervient dans l'architecture du processus de production. Une fois que la matière est épurée, raffinée, broyée mais surtout cuite et mélangée avec des produits chimiques. Dès que le produit est transformé chimiquement ou par un

³⁰⁷ Vatin, op. cit., 1987

³⁰⁸ Rot et Vatin, op. cit.

traitement thermique, les convoyeurs à bande ou chaînes à godets laissent place aux vis sans fin. Ces vis d'Archimède sont serties dans un tube afin d'acheminer la matière sous la modalité d'un tuyau et mettent une distance entre l'opérateur et la matière qui disparaît.

On peut voir sur le schéma ci-contre que le principe du convoyeur à vis sans fin diffère peu du convoyeur à bande. La vis sans fin repose sur deux paliers situés en ses extrémités. Elle est actionnée par une motorisation électrique qui a pour fonction de la mettre en rotation. La vis est montée en ligne avec l'arbre de sortie de la motorisation électromécanique, ce qui réduit le nombre de mécanismes de transmission de mouvement. Par ce mouvement mécanique, la matière est dirigée le long de la conduite. Les fuites de produits sont ainsi limitées.

La fabrique de plâtre montre clairement ce passage de relai entre les deux types d'infrastructures. Le gypse est acheminé par des convoyeurs à bande, mais dès son passage par les fours rotatifs, le gypse devient plâtre et est acheminé par ces convoyeurs à vis. Ces convoyeurs à vis relient principalement des phases de traitement chimique de la matière qui engagent peu de travail mécanique. Le plâtre est successivement recuit et imbibé de produits, jusqu'à l'obtention de la qualité souhaitée. Le risque de casses mécaniques de ces machines-outils étant faible, il n'y a pas de système de réseaux mis en place. Chaque produit à son cheminement de canalisation.

Ces convoyeurs à vis d'Archimède permettent une économie d'espace par rapport au convoyeur à bande, et une plus grande continuité que la chaîne à godets. Le convoyeur à vis d'Archimède permet de s'affranchir des contraintes liées à la déclivité ou à l'ascension de la matière. Ils sont donc particulièrement utilisés à l'intérieur des bâtiments. En revanche, ces tuyauteries à vis tolèrent un spectre de formats de matière peu étendu. La matière transportée doit être mise en forme au préalable pour entrer dans la vis, ce qui semble là aussi réduire la fragilité de ces infrastructures du flux. Cette mise en tuyau est encore davantage perceptible lors des phases essentiellement chimiques du process.

2.3.2. Le couple pompe-tuyau : une mise à distance du travail mécanique

Le parallèle entre la pâtisserie et la chimie est fréquemment mobilisé pour expliquer les différentes réactions de transformation de la matière qui ont cours lors d'une recette³⁰⁹. Sur les

³⁰⁹ Voir par exemple Christina Blais, *La chimie des desserts*, 2007, ou des articles sur internet : <https://lejournalucl.com/2017/01/17/quand-la-chimie-sinvite-en-patisserie/>.

terrains d'enquête, la phase chimique de la transformation de la matière serait une affaire de « cuisine ». En effet, la « cuisine » est le surnom donné aux secteurs de fabrication de la pâte à papier sur les sites papetiers non pourvus de parc à bois. Cette phase du process diffère selon les sites industriels, qui ont chacun leur recette et leur installation tubulaire. Pour poursuivre la métaphore, on pourrait dire qu'avant de commencer le mélange, il faut que tous les ingrédients soient préparés, c'est-à-dire lavés, épluchés, découpés et réduits en solution aqueuse. Ce n'est qu'après ce travail de purification des matières premières et de mise en forme de la matière, que des quantités précises d'ingrédients sont combinées selon un ordre prédéterminé. La mise en forme des différents composants sous la forme de solution aqueuse à la concentration connue, facilite la réalisation d'un processus industriel reposant sur des réactions chimiques. Ils sont stockés dans de grands réservoirs et doivent être conduits à travers l'usine dans différentes cuves où auront lieu le mélange ou la cuisson.

La mise en tuyau de l'usine permet de s'affranchir des problématiques spatiales que peut rencontrer un process industriel, tout en assurant une étanchéité du flux. Les tuyaux survolent les allées, transpercent les murs et débordent des bâtiments, qui ne semblent pas à la mesure ou adaptés à cette circulation incessante de la matière. Il s'agit là encore d'une étape dans l'optimisation du principe de continuité de la production. La matière circule en continu par ces canalisations fermées entre chaque atelier de transformation, sans aucun contact avec un opérateur de contrôle, en optimisant l'espace disponible.

Derrière cette mise en flux de la matière à travers des tuyauteries se trouve l'action d'un travail mécanique : celui de la pompe. Cette appellation regroupe un ensemble mécanique, dont certains éléments assurent la transmission de mouvement entre la motorisation électrique et la roue de la turbine, appelé mobile. La figure 9, présentée ci-contre³¹⁰, donne à voir le schéma d'une pompe industrielle que l'on rencontre fréquemment. Celle-ci est composée d'un moteur électrique qui va produire un mouvement rotatif et le transmettre par son arbre de sortie. Cet arbre est relié à l'arbre d'entrée de la pompe par un accouplement mécanique. Son rôle est de transmettre le mouvement à la roue de la turbine. C'est par la rotation de cet élément que se produit un effet de dépression attirant le liquide du réservoir et son refoulement vers la conduite

³¹⁰ Schéma issu de

http://www.salmson.com/fileadmin/user_upload/UPLOAD/product/notice_mise_en_service/NOLH_Edition_1-NMS.pdf, consulté le 20/01/2022 et modifié par mes soins.

de tuyaux. Ces pompes sont utilisées pour mettre en mouvement des solutions aqueuses, même de forte concentration, des gaz, de la vapeur d'eau et plus rarement des solides. Là aussi, le spectre de matières pouvant entrer sur ce type d'infrastructure est réduit.

Ces pompes sont situées à proximité des réservoirs ou dans des salles dédiées. Elles permettent de déplacer le travail mécanique de l'infrastructure du flux à la périphérie du lieu de transformation de la matière. Le risque d'aléa mécanique est ainsi repoussé loin du lieu de la production. Les interventions de maintenance en sont facilitées. Cette gestion de la panne passe aussi par l'installation d'une pompe de secours sur les conduites stratégiques. Ainsi, si une pompe connaît une avarie ou un dysfonctionnement, la pompe de secours prend le relais. L'infrastructure du flux, c'est-à-dire le système de tuyauteries, n'a alors pas besoin d'être doublée, même si on observe souvent plusieurs cuve-réservoir d'un même produit chimique. Ce système de tuyauterie reste sensible à une usure des matériaux provoquant des fuites de produits.

2.3.3. Transformer chimiquement la matière et éloigner les hommes

Le parcours de la matière dans le circuit productif lui donne progressivement davantage de valeur à mesure des étapes de transformation. Ce phénomène est d'autant plus important que les ingrédients ont fait l'objet d'une transformation préalable dans un cycle de production et ont donc été valorisés. Les fuites de matière deviennent des fuites de produit, et donc des pertes de rendement. La mise en tuyau de ces flux de matière réduit les pertes de produit, car la matière est canalisée. Il s'agit d'une optimisation du système productif, qui a l'avantage de fiabiliser les réactions chimiques du process.

Le recours à des produits chimiques et à des traitements thermiques lors du processus productif, donne des caractéristiques précises à la solution. Ces caractéristiques peuvent se révéler incompatibles avec l'homme. Les acides et les solutions chaudes ou radioactives sont dangereuses pour l'opérateur. La mise en tuyau de la matière permet une mise à distance avec l'homme, lui assurant un environnement de travail en sécurité, même si cet environnement reste hostile. Le conducteur d'installation peut surveiller les réactions chimiques depuis les ordinateurs de la salle de commande et les corriger en mitigeant à distance les vannes et en déclenchant des

pompes. Ils agissent à distance³¹¹ sur le processus productif, sur un produit qui est entièrement dissimulé dans le système de tuyauterie. Les fuites représentent un danger pour l'opérateur, particulièrement pour le rondier de production. Tout un travail de chasse aux fuites se déploie, afin de maintenir les tuyauteries du système productif. A une maintenance quotidienne des installations se combine une maintenance annuelle. Elle nécessite de vider le système de tuyauterie pour que l'homme puisse à nouveau se rapprocher du lieu de transformation de la matière.

2.4. Les tables à cylindres

L'infrastructure de la table à cylindres* associe des phases de transfert de la matière sur des tables composées de rouleaux avec des opérations de mise en forme de la matière, assurées par des cylindres de travail. Il s'agit de l'infrastructure du flux la plus fragile techniquement. Le travail mécanique prédomine sur cette partie du circuit productif, induisant un risque important d'usure et de casse des mécanismes et outillages*. Ces infrastructures fonctionnent en continu et sont un goulet d'étranglement pour le flux qui ne peut être dévié, ni stocké très longtemps. Ce resserrement des flux dans cette infrastructure Confère un caractère critique à la fragilité mécanique de la table à cylindres.

Cette infrastructure combine l'automatisation de la fabrication, du transfert et de la mesure d'une matière en un espace réduit, tout en ayant recours à des procédés de fabrication non chimique. Ce processus mécanique et thermique touche à la structure de la matière et son action mécanique n'est pas réalisable par la main de l'homme. Il s'agit d'un processus pleinement automatique et continu de transformation de la matière par action mécanique. Mais cette automatisation des processus de transformation mécanique nécessite la mobilisation d'une infrastructure du flux lourde et fragile techniquement. Ce qui conduit à un resserrement du flux vers une canalisation unique, et donc à une production de masse. Cette production va être différencié en de multiples produits par des lignes de façonnage que l'on peut qualifier de tables à cylindres simplifiées et à moindre automatisation.

³¹¹ Caroline Moricot, op.cit.

2.4.1. Systèmes productifs mécaniques, continus et automatiques : façonner la matière

Ce type d'infrastructure du flux n'est pas le plus répandu. On le trouve principalement dans l'industrie de la filière du bois et de la métallurgie. Elle permet de transformer une brame, un tronc écorcé, de la poudre ou encore une solution chimique en une bande de matière solide conditionnée en ballot de feuilles ou enroulée sous la forme d'une bobine. Cette infrastructure du flux vise à mettre en forme par des actions mécaniques et thermiques, voire dans certains cas chimiques, une matière préalablement confectionnée par un processus industriel. Elle permet d'automatiser tout un ensemble d'opérations visant à marteler, couper, sécher ou encore lier la matière. Tous les gestes nécessaires à ces opérations sont traduits et transformés en un mouvement rotatif, rendant le processus productif incompatible avec le geste de l'homme. La matière est mise en forme par l'action de cylindres de travail.

Cette mise en forme de la matière nécessite un processus de transformation techniquement et mécaniquement assez lourd. Ces lignes infrastructures du fait de leur concentration spatiale prennent la forme d'une ligne de production. Cette conduite étroite, et non doublée, permet de former un produit de masse et n'est pas très flexible ou adaptable. Elle constitue un goulet d'étranglement pour le flux de l'usine. L'optimisation du circuit productif est contrariée car ces canalisations sont ouvertes ce qui provoque des pertes de matière lors de sa mise en forme et de ses façonnages. Cette limite est probablement liée à une forte sensibilité aux aléas de production de ces phases du processus. La matière est pleinement visible et fait l'objet d'une attention rapprochée des opérateurs de production. L'aspect ouvert de cette canalisation favorise les contrôles directs des équipes de conduite et de maintenance qui réalisent des rondes autour des machines-outils et facilite les interventions correctives. Cette surveillance de proximité de ces infrastructures est nécessaire pour anticiper les fréquents aléas de production ou mécaniques. Les conducteurs d'installation peuvent aussi surveiller la ligne à partir d'appareils de mesure et des ordinateurs de commande. Ils attendent dans ce cas que le système productif automatique ne parvienne plus à réguler la production pour intervenir.

Cette infrastructure du flux permet d'inscrire des productions mécaniques ou semi-mécaniques de transformation de la matière dans la dynamique de l'industrie de processus. L'automatisation de ces industries induit une production de masse, qui peut être progressivement différenciée dans des lignes de façonnage internes ou externes au site de production. Cette production de

masse peut ainsi correspondre à un éventail de demandes. Après que le flux s'est resserré sur les tables à cylindres, il se subdivise en plusieurs flux de production à travers des lignes moins automatisées. La bobine ou le ballot est un conditionnement coûteux et techniquement fragile, mais qui permet une forte valorisation économique des produits et facilite leurs utilisations comme produits semi-finis.

2.4.2. Une concentration de mécanisme pour donner une forme à la matière

Les tables à cylindre se situent généralement à la suite d'une phase chimique de transformation de la matière. La matière industriellement préparée est injectée sur une succession de « tables de fabrication » équipées de cylindres de travail de la matière, de rouleaux d'entraînement et de rouleaux libres de temporisation. Ces cylindres et rouleaux participent tous au processus de transformation. Ils contribuent simultanément à la mise en flux de la matière et à sa transformation. Il s'agit là d'une spécificité de cette infrastructure du flux.

Cet ensemble mécanique semble faire corps sous l'appellation de « machine », mais il s'agit en réalité de plusieurs machines-outils rapprochées spatialement, exerçant des forces mécaniques et des effets thermiques sur la matière. Cette matière peut être successivement réchauffée ou égouttée, pressée, laminée, sectionnée, subir des traitements de surface ou encore être séchée par différents cylindres de travail pour, enfin, être enroulée sur un mandrin ou cisailée en feuilles afin d'être conditionnée en ballots. L'ensemble de ces opérations de façonnage de la matière repose sur la mise en rotation d'un cylindre outillé en vue d'un travail précis. Les cylindres peuvent être lourds et résistants pour laminer, équipés de couteaux pour cisailer, remplis de vapeur pour sécher, habillés d'un revêtement usiné pour appliquer une forme, etc. Les progrès dans la fabrication et l'usinage de cylindre de travail ont permis d'étendre l'automatisation à de nombreuses opérations de mise en forme mécanique de la matière. Ces opérations intégralement repensées peuvent être mises en flux.

La succession de ces phases de travail en un espace restreint induit une forte concentration de motorisations et de mécanismes de transmission de mouvement aux abords de la « machine ». Ces motorisations fonctionnent de concert et selon une rythmique partagée. Des motorisations électriques actionnent un ou une batterie de cylindres de travail par l'intermédiaire de différents mécanismes de transmission de mouvement, comme des réducteurs, des accouplements, des doubles joints cardans, des roues d'engrenages, etc. Le montage mécanique le plus courant

début par une motorisation électrique, qui est liée à un réducteur par un accouplement mécanique. Le mouvement rotatif change de couple par l'intermédiaire du réducteur, et la vitesse de rotation produite par le moteur est réduite au profit de davantage de puissance. Ce mouvement rotatif redimensionné est transmis au cylindre de travail grâce à un double joint cardan depuis le réducteur.

L'ensemble de ces mécanismes de transmission nécessitent des opérations de graissage ou de lubrification, permettant d'optimiser le frottement par renouvellement de la matière lubrifiante dans cette chaîne cinématique au fort travail mécanique. Ces opérations de maintenance font l'objet d'une surveillance quotidienne auxquels s'ajoutent des opérations de maintenance nécessitant des arrêts de ligne. Ces arrêts sont nécessaires pour pénétrer au plus proche du lieu de production et lubrifier les mécanismes de transmission. Ils sont synonymes d'interruption de la production.

2.4.3. Les lignes de façonnage : diversification des flux de la table à cylindres

Les bobines produites par des tables à cylindres sont des produits de masse que d'autres lignes semblables vont redimensionner ou retraiter. La mise en forme de la matière sous forme de bobine facilite ces retraitements. Il suffit de les dérouler pour coller, imprimer, plastifier, aplatir, magnétiser, découper, etc. le papier ou le métal. Cette mise en forme de la solution chimique et de la brique de métal permet de faire correspondre une production de masse d'un produit semi-fini à de multiples débouchés commerciaux. Chaque usine ou ligne de finissage de la chaîne logistique située en aval de la table à cylindres va pouvoir retransformer ce produit semi-fini par un process répondant à une demande davantage spécialisée.

Les lignes de façonnage des bobines reposent sur des infrastructures techniques similaires aux tables à cylindres et fonctionnent en continu. Elles en constituent une version simplifiée et moins automatisée. L'environnement de travail est moins hostile et les lignes de plus petite taille, sont nombreuses. Il n'est pas rare que plusieurs lignes similaires soient montées en parallèle. Par exemple, on retrouve ces lignes dans l'usine de papier sulfurisé de notre enquête, où quatre lignes de sulfuration, installées en parallèle, tournent en même temps. Elles réalisent un retraitement chimique de bobines de papier en les déroulant et plongeant la bande dans plusieurs bains de produit. La tendance est similaire dans les fabriques de cartons et de sacs en papier, où les mécanismes sont assez proches. Plusieurs bobines de papier Craft sont déroulées

simultanément. Certaines sont plissées par des cylindres canneleurs et collées entre elles pour former le papier carton. Même dans l'industrie métallurgique, on observe ces tables de finissage qui déroulent les bobines pour leur donner des caractéristiques spécifiques, comme des revêtements ou des propriétés magnétiques. C'est le cas sur le site de Saint-Chély-d'Apcher où des bobines d'acier, fabriquées à Fos-sur-Mer, sont déroulées, réchauffées et magnétisées selon une infrastructure similaire. Tous les sites papetiers sont équipés de lignes de façonnage, qui permettent *a minima* de redimensionner les bobines de papier. Les lignes de façonnage permettent de trouver une multiplicité de voies d'écoulement au flux.

Le rythme de la production dépend de l'injection manuelle de la bobine dans la ligne de finissage. L'opérateur de production doit en effet réaliser ce travail d'injection. Il cherche néanmoins à mettre en continuité cette phase du processus en se servant de la fin d'une bobine pour injecter la suivante. La phase d'injection n'est pas automatisée. Cette partie du processus reste sensible aux dysfonctionnements mécaniques, du fait du nombre de motorisations et de mécanismes de transmission. A la différence qu'un aléa mécanique n'arrête pas les flux de l'usine, mais bloque seulement une de ses canalisations d'écoulement. La fragilité des mécanismes de transmission est donc moins critique que sur les tables à cylindres.

2.5. *Des types de flux derrière l'industrie de flux*

Sur un même site de production, on observe ces différents flux de matière. Cette diversité apparaît comme nécessaire au fonctionnement du circuit productif, *a fortiori* si l'on considère les sites de productions comme imbriqués dans une chaîne productive. Cette analyse en termes de flux a permis de différencier les flux d'engins qui font l'objet d'une mécanisation du geste de l'homme conduisant à une robotisation et les infrastructures du flux qui reposent sur l'automatisation. Ce critère d'automatisation du système productif repose sur la mise à distance de l'homme aux niveaux physique, gestuel, de l'évaluation et du jugement³¹².

Les flux d'engins ne permettent que de prolonger ou de remplacer la force physique des opérateurs de production et ne touchent pas aux questions qui ont trait à la transformation de la matière. Ce sont des opérations mécaniques de transfert qui à mesure de leur mise en cadence par un système automatisé gagnent en continuité productive. Plus le rythme des transferts est

³¹² Pour une approche systémique de l'opposition entre robotisation et automatisation, il convient de se rapprocher des travaux de Thierry Pillon et François Vatin, *Traité de sociologie du travail*, op.cit.

dicté par une infrastructure du flux, plus l'opérateur doit se conformer à un débit à un rythme de travail engageant une organisation du travail par des rotations en équipes. Cette mise en cadence diminue la résilience de ce flux assuré par des engins et demande davantage de mise en forme de la matière, particulièrement pour tendre vers la robotisation. La robotisation des chariots de transfert permet de mettre à distance l'opérateur qui prend alors de rôle d'un surveillant du flux. Une avarie peut alors être traitée par une marche dégradée du flux, réalisée par des opérateurs prolongés par des moyens de manutention. Le flux réalisé par des engins conserve toujours une forme de résilience en cas d'avarie.

Parallèlement à ces engins de manutention, l'automatisation d'un flux de production prend la forme d'infrastructures du flux. Ces infrastructures lient le transfert, la transformation et la mesure de la matière. Elles permettent d'accélérer la circulation de la matière en tendant davantage vers le principe de continuité. Cette accélération nécessite de repenser les mécanismes de mise en mouvement et de transformation de la matière en utilisant le mouvement rotatif comme principe de mécanisation. Le processus productif automatisé induit une rupture économique et gestuelle avec le travail humain, ce que François Vatin nomma une fluidité technique et économique dans son ouvrage sur La fluidité industrielle. Les opérateurs de production réalisent alors un travail de surveillance-contrôle de ces infrastructures du flux. Il ne s'agit pas de différencier ces infrastructures selon un degré d'automatisation attribué à chaque idéal-type, car un même model d'infrastructure peut être équipé de dispositif de jugement plus ou moins élaboré. Ce travail d'enquête montre que ces infrastructures du flux peuvent être distinguées selon les critères de fragilité, de proximité des opérateurs et de mise en forme de la matière, mais aussi de fonction et de position dans le circuit productif. Si l'on adopte le point de vue de ce circuit productif, les flux d'engins prennent la fonction de rustine entre ces infrastructures du flux automatisées, et la modalité d'engins robotisés correspond le mieux à l'organisation productive de l'usine de flux.

Le réseau de convoyeurs est l'infrastructure la plus rudimentaire techniquement et la moins concentrée spatialement. Les convoyeurs sont une canalisation ouverte qui laisse échapper la matière encore faiblement transformée et valorisée. Cette infrastructure se situe en première ligne d'un système productif plus exigeant en termes de mise en forme de la matière. Les convoyeurs ont pour fonction de transférer vers des machines-outils des matières premières et

des produits faiblement transformés. Le travail mécanique sur la matière est prédominant lors de cette mise en forme. Cette infrastructure accepte un large éventail de format de matière et, grâce à son organisation sous forme de réseau, permet de parer à l'aléa sur une partie des lignes et d'organiser des opérations de maintenance sans arrêter le flux de production. Les conducteurs d'installation peuvent contrôler depuis des cabines de conduites ce réseau mais ils sont souvent mobilisés pour déboucher le réseau et entrent en contact avec le flux.

Le système de tuyauterie est l'infrastructure qui est tend le plus vers le principe de continuité. Cette infrastructure aux canalisations fermées assure une circulation du produit sans perte et permet des transformations chimiques de la matière. Le travail mécanique n'a pas complètement disparu et se situe au niveau de cette mise en circulation de la matière par des pompes. A l'exception de certain produit, comme le pétrole d'une certaine qualité, cette infrastructure ne peut mettre en circulation, transformer et juger que des produits préalablement mis en forme par d'autres système productif. Les conducteurs d'installation surveillent le circuit productif depuis des salles de commande situées à distance des lieux de transformation de la matière, tandis que le rondier de production doit se rendre au plus proche des mécanismes permettant la circulation de la matière. Les fuites de produits sur ces infrastructures sont une perte économique mais aussi un danger pour les rondiers de production. La réduction du travail mécanique au système de pompe ou de mise en rotation de vis permet à ces infrastructures d'être robuste et de doubler les lignes de production.

| Typologie des flux | Intensité du travail mécanique | Forme du flux | Continuité du flux | Proximité entre l'opérateur et le flux | Fragilité du flux | Mise en forme de la matière |
|---|---|--|---------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|
| Des chariots automoteurs | Totale | Le flux est réalisé par les conducteurs de chariots-automoteurs | Faible | Forte | Faible | Faible |
| Des engins d'injection, transfert et retrait | Totale | Poste d'injection, de transfert et de retrait d'un flux existant | Moyen | Forte | Forte | Faible |
| Des engins autonomes | Totale | Le flux de chariot est programmé et autonome | Moyen | Faible | Moyenne | Elevé |
| Le réseau de convoyeurs | Modérée mais proche du flux | Le flux est visible, la canalisation est ouverte | Fort | Moyenne | Faible | Faible |
| Le système de tuyauterie | Faible et périphérique au flux | Tuyau fermé ne laissant pas apparaître la matière | Total | Faible | Moyen | Elevé |
| La table à cylindres | Elevée du fait de la concentration des machines | Le flux est présent et impose aux opérateurs une proximité | Total | Forte | Elevé | Elevé |

Tableau Erreur ! Signet non défini. : Typologie des flux industriels

La table à cylindre se situe souvent après une phase de transformation chimique de la matière afin de donner une forme à cette solution chimique. Cette infrastructure est composée de plusieurs machines-outils concentrées spatialement où la matière circule sans interruption. Le travail mécanique concerne aussi bien la circulation de la matière que sa transformation. Corollairement, cette infrastructure est la plus fragile techniquement car les matières des mécanismes et outillage s'usent lors du fonctionnement des lignes. Cette infrastructure est une canalisation ouverte. La matière est pleinement visible par les rondiers de production et par le conducteur d'installation dont la cabine de commande n'est jamais très éloignée de la ligne. Ces infrastructures constituent un goulet d'étranglement pour le flux de production ce qui rend

cette fragilité encore plus critique. Tout une organisation de la maintenance est nécessaire afin d'assurer la continuité du système productif. Pour faire face à ces fragilités des infrastructures du flux plusieurs organisation de maintenance sont déployées par les maintenanciers. La suite de ce chapitre se propose pour montrer comment chacune de ces fragilités est traitées à partir du point de vue de la lubrification industrielle.

3. Quelles maintenances pour les infrastructures du flux ?

La maintenance des infrastructures du flux fait l'objet de plusieurs organisations de travail qui vont être détaillé dans cette partie. Ces infrastructures sont fixes et apportent de nouvelles contraintes au système productif. Ces contraintes peuvent être analysées sous la thématique de la fragilité³¹³. Dans notre perspective, la fragilité des infrastructures du flux catalyse aussi bien les enjeux de la production, avec le risque d'interruption du flux, que ceux de la maintenance, avec l'usure des mécanismes techniques permettant la transformation de la matière. Les facteurs de goulets d'étranglement du flux et de travail mécanique entrent dans cette analyse, comme facteur de criticité. Pour parer à cette fragilité, on observe différentes organisations de la maintenance dans les industries de flux. Ces organisations de la maintenance se chevauchent ou se succèdent en temporalités de travail identifiables, nommées temporalités de maintenance. Elles se déploient différemment en fonction du type d'infrastructure du flux, certaines étant plus sensibles que d'autres à la fragilité. Cette maintenance des infrastructures cherche à pérenniser les conditions d'écoulement futur du flux. Elle peut être considérée comme une activité cherchant à prendre soin de l'usine de production et à soutenir la santé de l'installation industrielle³¹⁴.

Les flux d'engins ne font pas l'objet de telles organisations pour assurer leur état de marche. Cette situation peut s'expliquer par la résilience du flux d'engins mais aussi par une organisation de surveillance de l'état des engins de manutention. La vérification des engins de manutention est soumise à la réglementation de contrôle périodique du matériel. Ces contrôles périodiques sont réalisés tous les six mois par des organismes spécialisés. Il s'agit d'une forme de contrôle technique de l'engin comme on peut l'observe pour les voitures. Lors de ces contrôles, des opérations de lubrification peuvent avoir lieu, on passe alors du contrôle

³¹³ Jérôme Denis, David Pontille, *op. cit.* 2010 et 2020.

³¹⁴ Mol, Ingunn & Pols, *op. cit.* 2010 ; Puig de la Bellacasa, *op. cit.* 2010 ; Denis et Pontille, *op. cit.* 2015

technique au garage. Les agents de lubrification accomplissent néanmoins quelques opérations sur les engins d'injection dans les infrastructures automatisées. Il s'agit d'opération de graissage et de contrôle des centrales hydraulique de puissance réalisées en coordination avec les conducteurs d'engins. Les engins de manutentions ne font donc pas l'objet d'une organisation interne au processus productif automatisé.

Le premier développement présentera les trois temporalités de maintenance et leur déploiement en fonctions des infrastructures du flux. Le second montrera les effets de la maintenance sur la santé de l'usine de production. Ces développements s'appuient sur des statistiques émanant du logiciel métier de l'entreprise Care qui intervient sur un site papetier.

3.1. Trois temporalités de maintenance des infrastructures du flux

À partir de l'enquête de terrain portant sur les pratiques de lubrification industrielle, on peut discerner trois temporalités de maintenance sur les sites où la production est automatisée. Ces temporalités se différencient au niveau de leur durée, de l'organisations du travail et des types d'opérations effectuées.

La temporalité de maintenance commune aux industries de flux est la maintenance réalisée quotidiennement sur les installations. Elle consiste à réaliser des opérations de contrôle des systèmes de lubrification automatisée et des opérations de graissage sous la forme de tournées programmées. Cette maintenance se déroule pendant que l'usine est en production. C'est pour cette raison que les acteurs l'appellent « En marche ». Par contraste, ils nomment la seconde temporalité de maintenance « Grand arrêt ». Cette seconde temporalité correspond à l'arrêt technique annuel de l'ensemble du système productif. Elle est observable sur tous les sites industriels étudiés. Elle ne dure qu'une quinzaine de jours et consiste, pour les agents de lubrification, à réaliser les vidanges et les graissages de l'ensemble des mécanismes de transmission de l'usine. Cette temporalité revient cycliquement tous les 12 à 18 mois. Entre ces deux temporalités se glisse la temporalité dite « *Stop and Go* ». Celle-ci se caractérise par l'organisation de courts arrêts de production sur des secteurs précis du système productif pour quelques heures. Lors de cette temporalité, l'agent de lubrification réalise des graissages non accessibles pendant la marche des installations. Cette temporalité a lieu toutes les six à huit semaines sur des infrastructures ciblées. Les infrastructures les plus fragiles, comme les tables à cylindres, sont les plus concernées par cette dernière temporalité.

En fonction du degré de fragilité des infrastructures du flux, ces temporalités de maintenance seront plus ou moins déployées. Cette combinaison de temporalités de maintenance produit une variation de la quantité de travail à réaliser par les agents de lubrification, c'est-à-dire des pics d'activité. C'est particulièrement le cas des phases d'arrêt technique et des courts arrêts de production. Certaines infrastructures permettent des stratégies d'anticipation de maintenance, permettant de limiter leur fragilité et la survenue de ces pics d'activité. Le premier développement proposera une observation statistique de ces temporalités de maintenance à partir de l'étude de l'activité de lubrification industrielle sur le site papetier de Mimizan pendant un an. Un second mouvement viendra ensuite montrer comment, pour chaque infrastructure, on peut observer cette fragilité, ainsi que les stratégies d'anticipation des pics de maintenance.

3.1.1. Observer statistiquement les temporalités de maintenance

Pour analyser cette fragilité, regardons l'évolution du nombre d'opérations de maintenance en lubrification réalisées sur le site industriel de Mimizan au cours de l'année 2019. L'enquête a permis d'accéder à l'exportation Excel des données du logiciel métier de l'entreprise spécialisée en lubrification. Ces données ont fait l'objet de plusieurs retraitements, afin de pouvoir devenir pleinement exploitables. Le premier développement expliquera notre démarche. Le deuxième portera sur l'analyse de la variation du nombre d'opérations de lubrification du point de vue de l'ensemble du site.

i. Travailler les données du logiciel métier

Ces données ont été récupérées dans le cadre d'un projet qualité de la prestation de lubrification industrielle sur lequel j'ai travaillé pendant l'enquête. J'ai choisi de prendre les données du site papetier de Mimizan pour conserver une continuité avec la première partie de ce chapitre et car, sur ce site, les trois infrastructures du flux sont présente. Autre critère qui a motivé mon choix, la qualité des données du logiciel métier de ce site. Le logiciel métier est installé et maîtrisé depuis plusieurs années sur le site de production. Le responsable opérationnel enregistre chaque fin de semaine l'intégralité des opérations effectuées par l'équipe au cours de la semaine et précise les quantités de lubrifiant ajoutées dans chaque capacité du site. De plus, Care réalise l'ensemble des opérations de lubrification effectuées sur le site. A l'exception des opérations de lubrification en urgence effectuée le weekend à la suite d'un aléa mécanique. Cette consommation marginale de lubrifiant n'interfère qu'à la marge sur les données et ne rend pas

compte de l'organisation de la maintenance qui est détaillé dans la suite de ce chapitre. Ces données du logiciel métier retracent l'activité de cette maintenance en lubrification industrielle et informent sur le besoin ou la consommation en lubrifiant et huile hydraulique de ce circuit productif.

Le but du projet qualité de la prestation de lubrification industrielle est de mettre en forme les données de l'activité, de façon à montrer cette prestation de service sous un nouvel angle. Il s'agit de mettre en évidence les situations de pics d'activité et de surconsommation de lubrifiant. Les données brutes extraites du logiciel ne sont pas directement exploitables. Le tableau Excel est composé de 54488 lignes d'entrée pour l'année 2019, soit le nombre d'opérations effectuées par l'équipe d'agents sur le site, et comprend beaucoup d'informations. Il informe sur le détail de la nomenclature technique de chaque machine-outil, le secteur où se situe le mécanisme, le type d'opération réalisée, la date de réalisation de l'opération et la quantité de lubrifiant ou de produit utilisée. Plusieurs retraitements rapides ont été nécessaires pour utiliser ces données. Le premier a consisté à créer une colonne index, afin de pouvoir dénombrer les opérations enregistrées. Les dates ont été traduites en semaines, les unités normalisées en kilogrammes, litres ou quantités, pour rendre homogène la comparaison des opérations.

| Secteur G | Colonne6 | Sous secteur | MO | Org 1 | Org 2 | Org 3 | Type Travaux | Désignation | Date de ré | Lubrifiant | Quantité | |
|-------------|-------------------|-----------------|------------------|----------------|---------------------|---------------|------------------|-------------------|------------|------------|----------|--------|
| 1/Cellulose | 11/100 | Lavage/84 | presses laveuse | presse laveuse | Groupe Hydrau | Groupe Hydrau | Echange filtre | 1 gros Filtre pri | 04/01/2019 | TOTAL | AZC | 0,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 19/04/2019 | TOTAL | Misc | 708,00 |
| 1/Energie | Bois | 2/Centrale elec | Centrale electri | SIEMENS N;2/ | Groupe de graissage | | Ctrl et appoint | :Bache de 8500l | 31/05/2019 | Q8 VAN | GOC | 624,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 5 | MAP 5/3 | Sous sol MAP | 5/3 | Groupe HYD/M | 5732 | Groupe graissage | Ctrl et appoint | 01/02/2019 | TOTAL | Misc | 624,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 26/04/2019 | TOTAL | Misc | 624,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 18/01/2019 | TOTAL | Misc | 616,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 01/03/2019 | TOTAL | Misc | 616,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 22/03/2019 | TOTAL | Misc | 616,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 29/03/2019 | TOTAL | Misc | 616,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 6 | MAP 6/32 | Sous sol MAP | 6/204 | Groupe Hyd/M | 6099 | Ctrl et appoint | :Bache de 2500l | 31/05/2019 | TOTAL | Misc | 300,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 5 | MAP 5/3 | Sous sol MAP | 5/3 | Groupe HYD/M | 5732 | Groupe graissage | Ctrl et appoint | 31/05/2019 | TOTAL | Misc | 200,00 |
| 1/Cellulose | 11/Installation F | Fines/ 1 Secho | Tapis 11 roulea | vis | | | Graissage | :2 paliers | 04/01/2019 | TOTAL | Multi | 120,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 5 | MAP 5/3 | Sous sol MAP | 5/3 | Groupe HYD/M | 5732 | Groupe graissage | Ctrl et appoint | 07/06/2019 | TOTAL | Misc | 200,00 |
| 1/Cellulose | 11/Installation F | Fines/ 1 Secho | Tapis 11 roulea | vis | | | Graissage | :2 paliers | 11/01/2019 | TOTAL | Multi | 20,00 |
| 1/Cellulose | 11/Installation F | Fines/ 1 Secho | Tapis 11 roulea | vis | | | Graissage | :2 paliers | 11/01/2019 | TOTAL | Multi | 20,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 02/08/2019 | TOTAL | Misc | 608,00 |
| 1/Cellulose | 11/Installation F | Fines/ 1 Secho | Tapis 11 roulea | vis | | | Graissage | :2 paliers | 20/02/2019 | TOTAL | Multi | 20,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 01/02/2019 | TOTAL | Misc | 516,00 |
| 1/Papier | 0/MAP 3 | MAP 3/12 | Sous sol MAP | 3/121 | Groupe HYD/M | 3663 | Ctrl et appoint | :Bache de 1200l | 10/05/2019 | TOTAL | Misc | 508,00 |

Figure 16 : Tableau d'un extrait d'une exportation des données du logiciel métier

Des retraitements plus importants ont ensuite dû être effectués. La division du type d'opérations en neuf catégories ne permettait pas de rendre compte facilement de la prestation. Le logiciel différencie les opérations de la manière suivante : Graissage, Vidange, Ctrl et appoint, Purge, Réglage rotamètre, Nettoyage filtre, Échange filtre, Détartrage et Type de travaux pression. Ces

opérations ont été regroupées en quatre catégories d'activité dans une nouvelle colonne. Les opérations de Graissage et de Vidange ne font pas l'objet d'un retraitement particulier, car leurs appellations décrivent directement l'opération. Sous la terminologie Surveillance-contrôle (S-C), ont été regroupées les opérations de Ctrl et appoint, de Purge, de Réglage rotamètre et de Type de travaux pression, car chacune de ces opérations consiste à surveiller une variation par rapport à une norme préétablie correspondant au fonctionnement normal du système productif. Ces opérations de surveillance-contrôle doivent nécessairement être réalisées pendant le fonctionnement de l'installation. Inversement, les opérations de vidange ne sont réalisables que pendant un arrêt de la production. Les opérations de graissage ne sont pas soumises à ce découpage, elles peuvent être réalisées lors des phases de fonctionnement ou d'arrêts d'installation, en fonction des conditions d'accès aux mécanismes mécaniques à graisser. Les opérations de Détartrage, Nettoyage filtre et Changement de filtre, ne sont pas en rapport direct avec la question de la lubrification, même si l'état du filtre est un facteur important pour la pérennité du lubrifiant. Ces opérations n'apparaissent pas comme systématiquement confiées à l'agent de lubrification sur les différents sites industriels étudiés. Ces opérations correspondent à l'obtention de contrat de maintenance dans un contexte de cluster industriel³¹⁵. Elles sont regroupées sous le nom d'Opérations de maintenance mutualisées (OMM). Cette répartition est résumée dans le tableau ci-dessous :

| Catégories | Vidange | Graissage | S-C | OMM |
|------------------------------------|---------|-----------|---------------------|----------------------|
| Intègre les opérations de : | Vidange | Graissage | Réglage rotamètre | Détartrage |
| | | | Contrôle et appoint | Changement de filtre |
| | | | Purge | Nettoyage filtre |

Tableau *Erreur ! Signet non défini.* : Répartition des opérations de maintenance.

Grâce à cette mise en forme des données, on peut exprimer à partir du tableau le nombre d'opérations de Graissage, de Vidange, de Surveillance-contrôle et d'Opérations de maintenance mutualisées en fonction de la date exprimée en semaine et de la localisation des mécanismes mécaniques sur l'année 2019. Afin de donner une lecture facilitée des données,

³¹⁵ Pour plus de détail, revenir au chapitre 1.

j'utilise simplement l'outil de tableau croisé dynamique d'Excel pour proposer des illustrations graphiques de ces données de terrain.

Pour réaliser une comparaison de la variation des opérations de lubrification en fonction du type d'infrastructure, la base de données extraite du logiciel métier a été séquencée au niveau des sous-secteurs. La séparation de premier ordre rend compte du découpage en secteurs de l'usine où cohabitent plusieurs types d'infrastructures. En revanche, le niveau 2 de la nomenclature est utile pour différencier les infrastructures de table à cylindres. On peut ainsi sélectionner les machines à papier et l'atelier de finissage. Les convoyeurs et tuyaux sont des infrastructures davantage intriquées dans la nomenclature. Je suis descendu au niveau 3 pour trier et séparer les différents sous-secteurs et les répartir entre les deux modèles³¹⁶. Selon cette clef de répartition, les opérations de maintenance en lubrification industrielle se répartissent de la façon suivante :

| Clef de répartition | Graissage Nb Op | S-C Nb Op | Vidange Nb Op | Graissage % | S-C % | Vidange % |
|---------------------|-----------------|-----------|---------------|-------------|-------|-----------|
| Convoyeur | 5217 | 3449 | 67 | 18,12 | 13,94 | 23,10 |
| Tuyau | 10528 | 7807 | 148 | 36,57 | 31,56 | 51,03 |
| Cylindre | 12527 | 13185 | 75 | 43,52 | 53,30 | 25,86 |
| Engin | 513 | 296 | 0 | 1,78 | 1,20 | 0,00 |
| Somme | 28785 | 24737 | 290 | 100 | 100 | 100 |

Tableau 3 : Clé de répartition des infrastructures

Selon ces données, il apparaît que la maintenance des engins est une activité marginale par rapport à l'ensemble du site. Comme attendu, les convoyeurs seraient l'infrastructure du flux qui nécessiterait le moins d'opérations de maintenance, et serait la plus robuste. Inversement, les infrastructures reposant sur des tables à cylindres font l'objet de nombreuses opérations de maintenance et seraient donc les plus fragiles. Elles mobilisent plus de 43% des opérations de graissage de l'usine et surtout 53% des opérations de surveillance-contrôle. La caractéristique de concentration spatiale de cette infrastructure donne l'impression que c'est là le lieu de la maintenance. En revanche, ce sont les infrastructures sous forme de tuyaux sur lesquelles sont

³¹⁶ Descendre encore davantage, au niveau des machines-outils, aurait fait perdre la dimension de réseau et de process à cette analyse.

opérées le plus de vidanges (51%). L'opération de vidange ne pouvant être réalisée que lors d'un arrêt de production, une contradiction apparaît car ces infrastructures de tuyaux correspondent aux phases de transformation chimique de la matière et n'ont donc pas vocation à être arrêtées. Il en résulte une sorte de fragilité organisationnelle pour leur maintenance.

Cette répartition quantitative du nombre d'opération de maintenance ne permet pas de prolonger l'analyse. Il convient d'étudier la répartition de ces opérations dans le temps et en fonction des infrastructures pour comprendre l'organisation de la maintenance qui se déploie dans les industries de flux. Les données du logiciel métier sont renseignées toutes les semaines, il convient de se limiter à ce découpage temporel.

ii. Trois temporalités de maintenance sur un site industriel

À partir de cette nouvelle base de données, on peut illustrer graphiquement la répartition dans le temps des quatre types d'opérations de lubrification sur le site industriel (fig. 38). Afin de faciliter la lecture du graphique, les données ont été converties en pourcentage de l'activité annuelle. Les courbes répondent à l'ordonnée de gauche et le diagramme bâton à l'ordonnée de droite. Les semaines 20 et 21 marquent une rupture dans le graphique. Les proportions d'opérations de vidange et de graissage augmentent fortement et atteignent leur maximum pour l'année. Parallèlement, les opérations de surveillance-contrôle et d'OMM diminuent pour atteindre 0 en semaine 20. Cette situation particulière correspond à la temporalité du « Grand arrêt » qui est dédiée à la maintenance. Pour lisser au mieux ce pic de travail, les responsables opérationnels de Care appliquent une stratégie d'anticipation du « Grand arrêt ». En amont de l'arrêt annuel, les équipes d'agents de lubrification réalisent toutes les opérations accessibles, sans arrêter le flux de production. A partir de ce graphique, on peut lire les résultats de cette stratégie d'anticipation au premier trimestre de l'année. On observe que des campagnes de vidanges sont particulièrement réalisées en semaine 4,5, 6 et 10. Plus de 30 % des vidanges sont ainsi réalisées avant la temporalité de maintenance qui leur est dédiée. Cela signifie que des lignes de production ont pu être arrêtées et le flux détourné le temps de ces interventions pour maintenance.

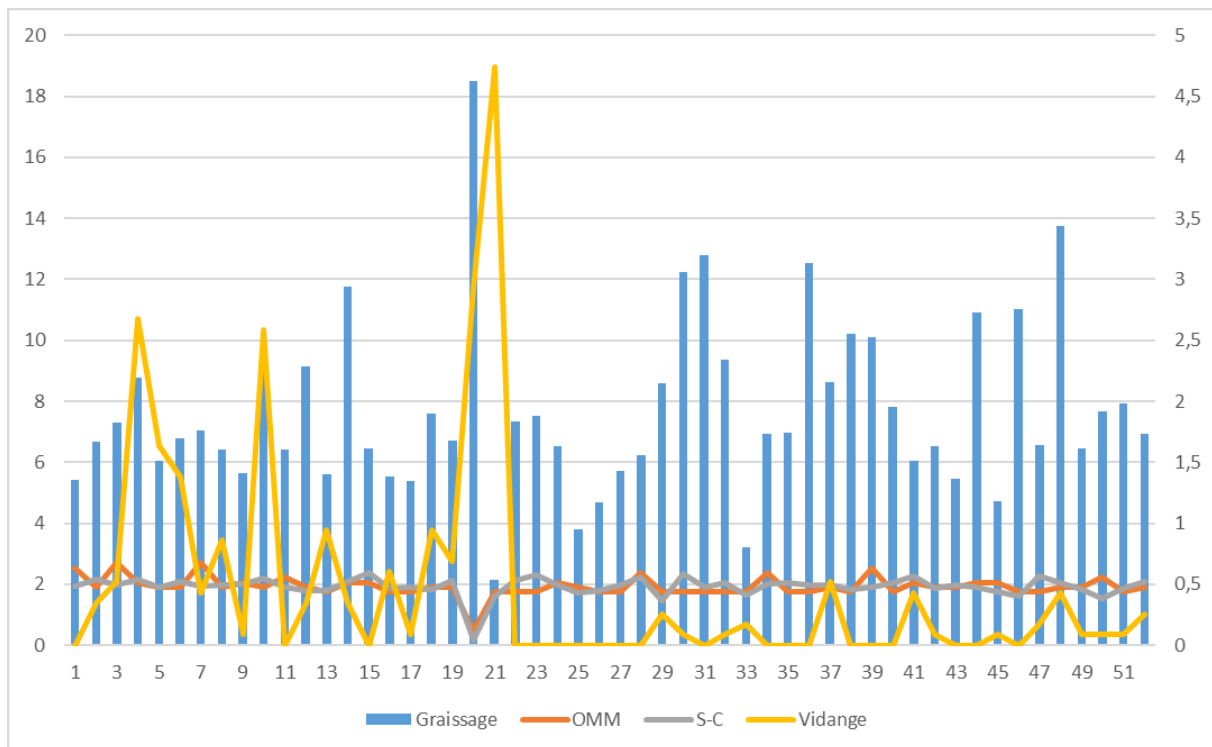


Figure 17 : Graphique de la répartition des activités de lubrification sur une année

Les courbes indiquant la répartition des opérations de surveillance-contrôle et OMM, gravitent autour de 2 % sur toute l'année, à l'exception de ces deux semaines d'arrêt programmé et général de l'installation. Cette stabilité dans la charge de travail correspond à la temporalité de travail « En marche ». Les opérations de maintenance mutualisées sont intégrées aux tournées de surveillance-contrôle de l'installation. L'octroi de ces OMM constitue une solution organisationnelle pour conserver occupées les équipes d'agents de lubrification sur le site, en augmentant la charge de travail journalière.

La répartition des opérations de graissage est bien plus dispersée au cours de l'année. On observe plusieurs pics d'activité, comme en semaines 14, 30, 31, 36 et 48. On peut supposer que ces différentes variations sont les traces statistiques de la temporalité « Stop and Go » où les opérations de graissages sont nombreuses. Il ne s'agit pas d'une organisation pour anticiper l'arrêt annuel car les pics d'opération de graissage ont cours toute l'année, mais bien d'une organisation spécifique pour faire face à une fragilité technique d'infrastructures du flux. Les temporalités du « Grand arrêt » et du « Stop and Go » se manifestent statistiquement par ces pics d'activité de graissage et de vidange. Ces opérations de maintenance correspondent à une certaine fragilité technique des infrastructures du flux, qu'il convient de pérenniser en recourant

à du travail humain. Cette fragilité technique se traduit en une fragilité organisationnelle pour la maintenance. Les différents goulets d'étranglement du flux et les problèmes d'accessibilité liés aux conditions de la production, produisent des effets de suractivité pour les maintenanciers.

3.1.2. Des infrastructures du flux et leur maintenance

Cette capacité d'adaptation est étroitement liée au type d'infrastructure du flux. En fonction de la manière dont la matière est mise en mouvement sur un site industriel, les temporalités de maintenance s'exprimeront différemment et des stratégies d'anticipation ou de lissage de la charge de travail pourront être déployées. Pour analyser l'organisation de la maintenance de chaque infrastructure, il convient d'y associer les activités de maintenance. A partir des retraitements de données du logiciel métier expliqués précédemment, on peut exprimer graphiquement l'activité de maintenance en fonction du temps pour chaque infrastructure du flux. Pour chaque graphique, le pourcentage d'opérations de graissage et de surveillance contrôle sont représentées sous la forme de courbes et dépendent de l'ordonnée de gauche. Le pourcentage d'opérations de vidange par semaine est retranscrit sous la forme d'un diagramme en bâtons et répond à l'axe de droite.

i. Maintenir les convoyeurs : une anticipation par le réseau

L'analyse des opérations de lubrification des convoyeurs à bande montre une tendance bien différente de celle observable à l'échelle du site. Selon le graphique (fig. 39), la temporalité du « Grand arrêt » n'est pas exprimée par un pic d'activité mais, inversement, par une chute de l'activité. En semaines 20 et 21, les opérations de surveillance-contrôle et de graissage diminuent fortement, alors que les opérations de vidange n'atteignent pas leur maximum de l'année. En revanche, des pics d'opérations de vidange surviennent en semaine 10, durant laquelle presque 40 % des vidanges de ce type d'infrastructures sont réalisées, et dans une moindre mesure en semaine 18 (17 %). Il y a une anticipation des opérations de vidange sur les convoyeurs à bande. Cette anticipation n'induit pas un arrêt total de l'installation, car de nombreuses opérations de surveillance-contrôle sont réalisées simultanément. De plus, des vidanges sont effectuées tout au long de l'année sur ces infrastructures. Cela montre qu'il est

possible de détourner le flux dans ces infrastructures, afin de réaliser des opérations de maintenance.

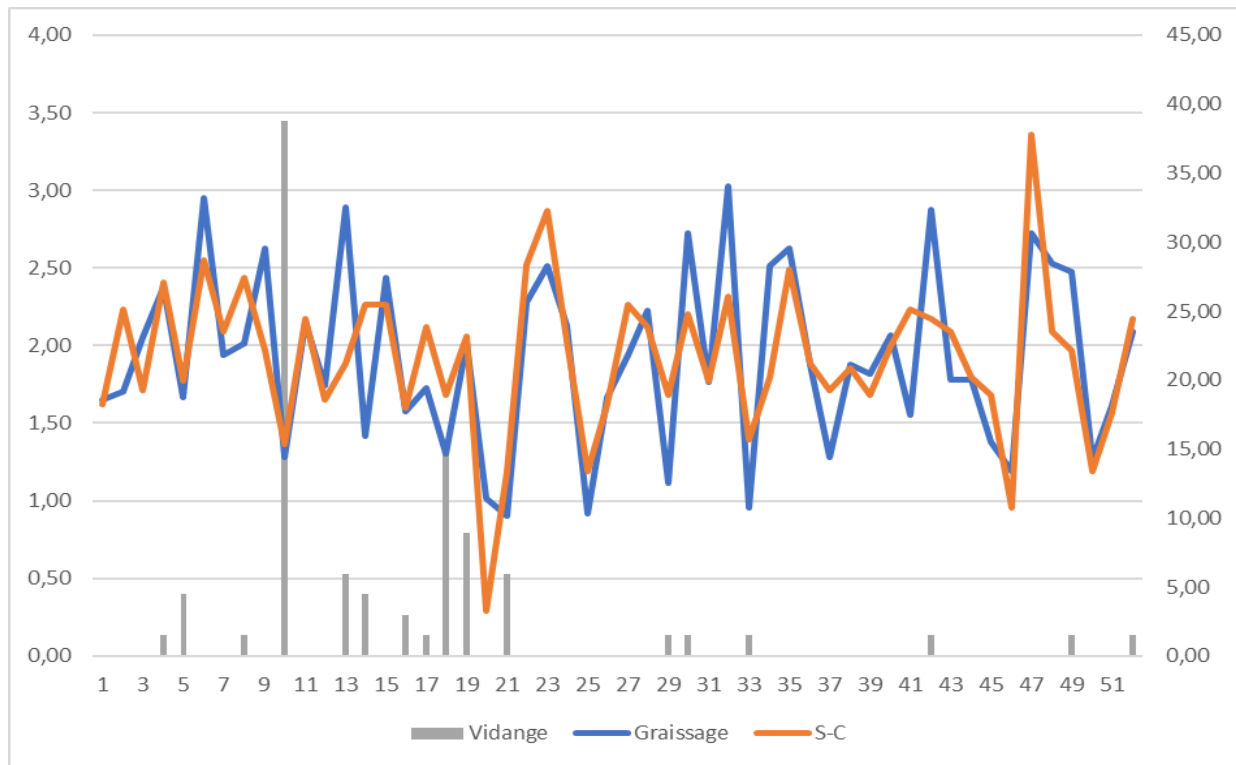


Figure 18 : Graphique des opérations de maintenance en lubrification sur le modèle convoyeur (en %)

Le réseau de convoyeurs, avec ses différents embranchements et son système de double ligne, permet d'organiser des détournements de flux pour maintenance. Le flux de production continue de s'écouler, mais des canalisations sont fermées, afin que soient réalisées des vidanges et opérations de graissage sur des mécanismes mécaniques inaccessibles en fonctionnement normal. La flexibilité du réseau de convoyeurs à bande ne sert donc pas seulement à parer l'aléa de production et la casse mécanique, mais aussi à anticiper des opérations de maintenance préventive. Cette possibilité de mise en réseau complexe des convoyeurs permet de réduire la fragilité du flux du point de vue de la production et de la maintenance. Cette anticipation de la maintenance limite la fragilité organisationnelle de la maintenance à l'échelle du site. Il en résulte que, même si la temporalité du « Grand arrêt » est nécessaire sur ces infrastructures, elle peut ne pas être pleinement observable. Elle se limite à quelques vidanges et opérations de graissage sur les goulets d'étranglement du flux, c'est-à-dire sur des mécanismes stratégiques, uniques et non accessibles, qui ne sont réalisables que lorsque l'usine est complètement stoppée.

Les courbes d'opérations de surveillance-contrôle et de graissage suivent des tendances assez similaires selon le graphique. Le coefficient de corrélation entre ces deux courbes est de 0.719, ce qui confirme ce constat. Il apparaît que sur ce type d'infrastructure, une grande part du graissage a lieu pendant la phase de production. Les mécanismes de transmission sont en grande partie accessibles pendant la circulation de la matière, ce qui rend possible un graissage pendant la temporalité « En marche ». Cette temporalité de maintenance se déploie sur toute l'année avec peu de fluctuation et d'interruption. La charge de travail peut être lissée et organisée en tournée de surveillance. Deux décrochages, en semaines 13 et 42, peuvent rendre compte d'arrêts court pour maintenance ou pour sur casse mécanique. La temporalité de maintenance « *Stop and Go* » reste peu observable sur ce type d'infrastructure.

ii. Maintenir des tuyaux : un pic annuel

Sur les infrastructures de type tuyaux, la temporalité du « Grand arrêt » se manifeste clairement. En effet, en semaines 20 et 21, le nombre d'opérations de surveillance-contrôle et de graissage s'effondre et, inversement, le nombre d'opérations de vidange augmente fortement. C'est au cours de ces deux semaines qu'ont lieu 33.11% des vidanges réalisées dans l'année, dont 27 % en semaine 21. Toutefois, on remarque qu'au cours du premier trimestre, plusieurs opérations de vidange ont pu être réalisées en dehors de cette phase d'arrêt annuel. Lors de la période allant des semaines 4 à 8, 42.57 % des vidanges ont pu être effectuées.

Cela signifie qu'il existe dans ces infrastructures des canalisations qui peuvent être arrêtées sans rompre le flux de production. Parfois, il s'agit de mécanismes hautement stratégiques, comme les pompes alimentaires dont l'arrêt serait synonyme de blocage de l'usine. Un système de doublon est prévu sur l'installation, afin d'éviter des goulets d'étranglement ainsi que la manifestation de cette fragilité. Ce système permet une mise à disposition* de ces canalisations pour les maintenanciers. Cette campagne de vidanges, étalée sur le premier trimestre de l'année, est le résultat d'une gestion visant à lisser le pic d'opérations du « Grand arrêt ». Seul un tiers des vidanges prévues doivent nécessairement être réalisées pendant l'arrêt annuel.

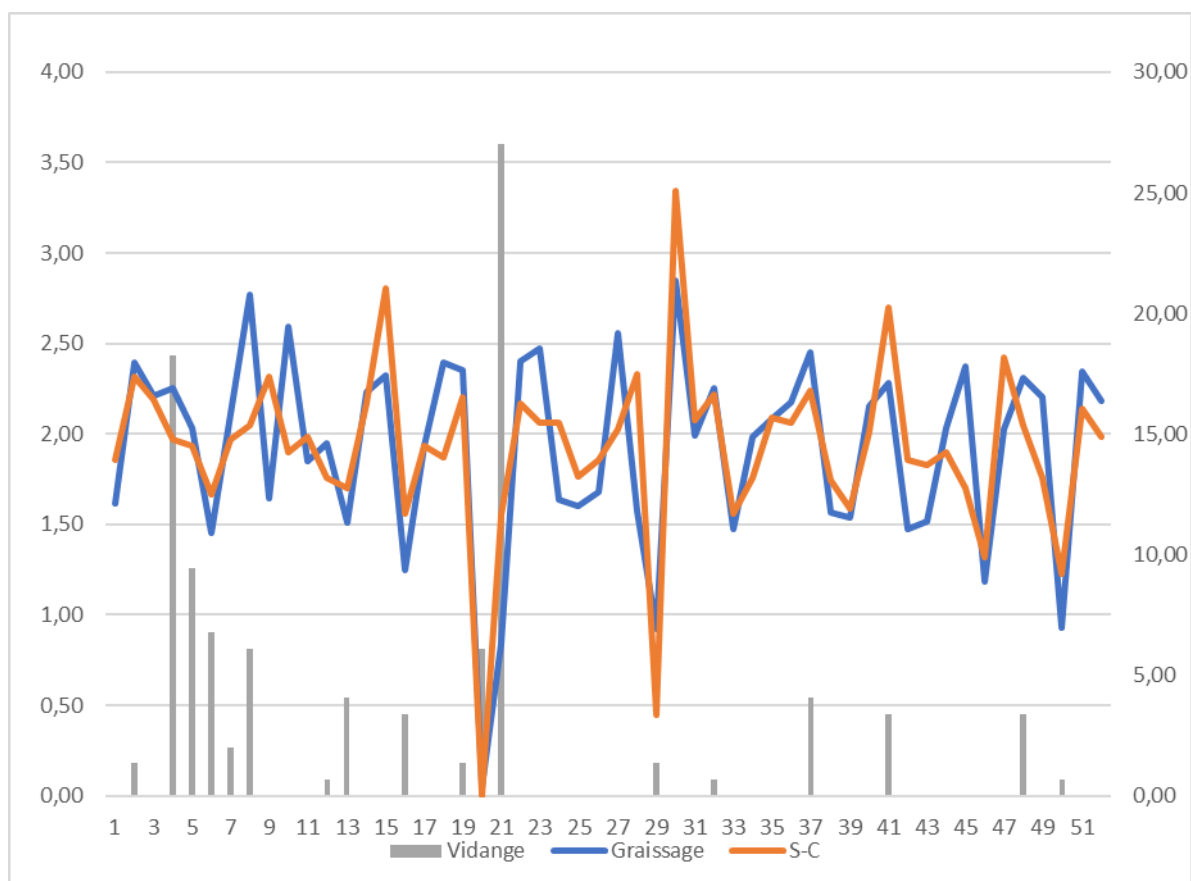


Figure 19 : Graphique des opérations de maintenance en lubrification sur le modèle tuyaux (en %)

Le « Grand arrêt » provoque néanmoins un pic d'activité pour la maintenance. Certaines phases du process chimique ne peuvent donc pas être arrêtées et mises en sécurité puis redémarrées rapidement, sans mettre en péril la poursuite du process industriel. Le réseau de canalisations ne permet pas de lisser complètement sa maintenance. Cette fragilité technique provoque une fragilité organisationnelle de la maintenance.

De la même façon que pour le modèle du convoyeur à bande, les courbes de surveillance-contrôle et de graissage paraissent concorder dans leurs variations. Le coefficient de corrélation de ces deux listes de données est 0.769. Les opérations de graissage et de surveillance-contrôle sont réalisées en même temps, c'est-à-dire pendant le fonctionnement de la production. La temporalité « En marche » comprend les opérations de graissage, en plus de celle de surveillance-contrôle. La temporalité « Stop and Go » n'est là encore pas nécessaire à la pérennité de l'infrastructure.

iii. Des pics de maintenance sur des cylindres

L'organisation de la maintenance des infrastructures de table à cylindres se distingue des autres types d'infrastructures du flux. Elle s'articule avec trois temporalités de maintenance distinctes. La temporalité « *Stop and Go* » peut être statistiquement repérée, car les opérations de graissage et de surveillance-contrôle ne suivent plus les mêmes tendances. La proportion d'opérations de graissage varie en dents de scie tout au long de l'année, alors que les opérations de surveillance-contrôle restent stables. On peut repérer douze pics d'opérations de graissage sur l'année, qui dépassent les 2 % du nombre d'opérations annuelles. Ces opérations ne peuvent pas être réalisées en même temps que la production. Des arrêts réguliers sont organisés pour permettre d'accéder aux mécanismes mécaniques, afin de réaliser ces opérations de maintenance préventive. La régularité de l'évènement indique une organisation formelle répondant à une certaine fragilité technique des tables à cylindres, et l'importance de ces machines-outils pour la production. Cette difficulté d'accès aux mécanismes mécaniques et cette fragilité technique sont confirmées par la temporalité du « Grand arrêt », qui représente un autre pic de maintenance. En semaines 20 et 21, 10 % des opérations de graissage et 48 % des vidanges de l'année sont réalisées.

Ces infrastructures représentent souvent un goulet d'étranglement pour le flux, car aucune déviation n'est possible. Cet environnement de travail est dangereux pour l'agent de lubrification, qui doit toujours rester en retrait du flux de matière apparent. Il faut donc suspendre le flux pour intervenir. Pour faire face à ces difficultés d'accès, les opérations de surveillance-contrôle sont nombreuses, qui permettent de détecter les signes de dysfonctionnements mécaniques pendant les phases de production. La répartition annuelle de ces opérations gravite autour des 2 %, ce qui indique une charge de travail assez linéaire tout au long de l'année. Cette stabilité montre que la production n'a pas été suspendue pour une longue période, et que la temporalité « *Stop and Go* » est de courte durée. Bien entendu, la temporalité « En marche » comprend aussi des opérations de graissage sur les mécanismes accessibles.

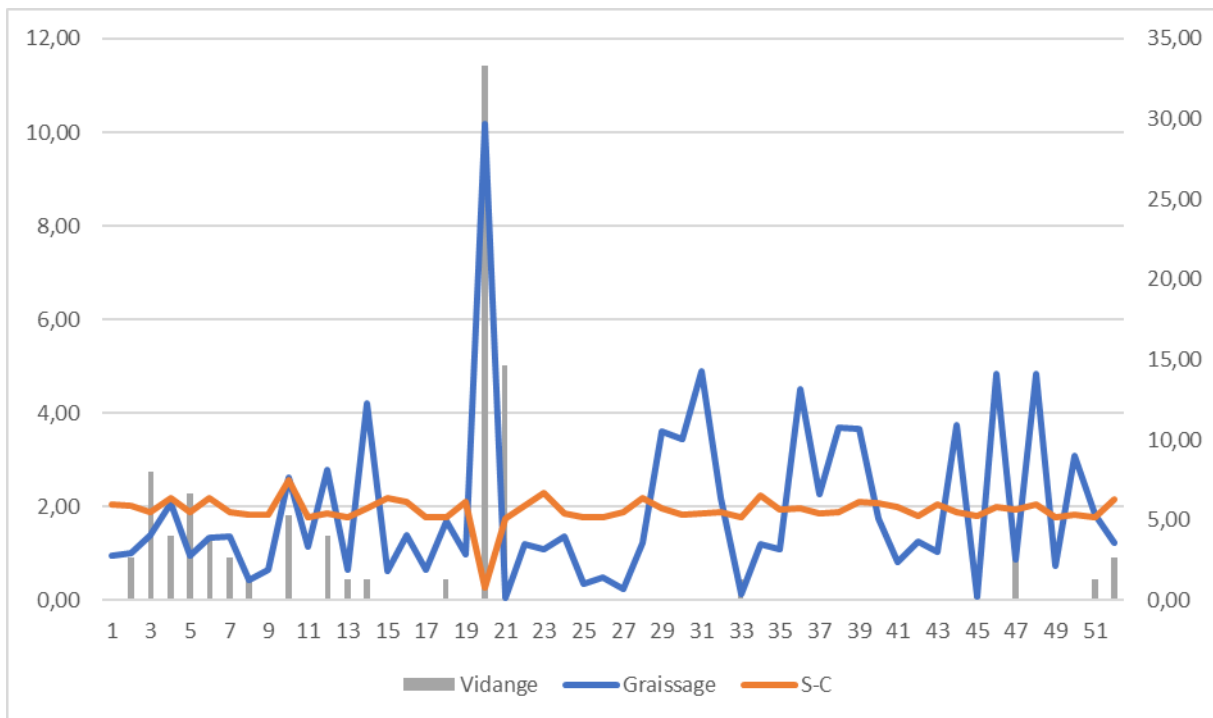


Figure 20 : Graphique des opérations de maintenance en lubrification sur les tables à cylindres (en %).

Ces arrêts de production réguliers permettent de mettre en place une anticipation des vidanges afin de lisser le pic du « Grand arrêt ». On observe cette tendance en semaines 10, 12, 14 et 18, mais le nombre de vidanges reste faible. Cette difficulté d'anticipation trouve son explication dans l'importance de la charge de travail en graissage. En effet, au regard de l'ensemble du site, cette opération est principalement réalisée sur ce type d'infrastructure. Cette phase du process consomme davantage de graisse que les autres infrastructures, à cause du travail physique de mise en forme de la matière réalisé par les cylindres. Cette consommation ou usure du lubrifiant se traduit comme une fragilité technique de l'infrastructure, et pousse à organiser ces arrêts-machine sous pression. Ces pics provoquent une réorganisation temporaire de la maintenance du site, qui consiste en une concentration des effectifs des maintenanciers sur les tables à cylindres. De manière concomitante, les opérations de maintenance sur les autres infrastructures diminuent légèrement lors de la temporalité « *Stop and Go* ». La charge de travail de maintenance des tables à cylindres dicte celle de tout le site.

3.1.3. L'automatisation et des temporalités de maintenance

On peut donc repérer statistiquement trois organisations de la maintenance qui s'expriment de façon plus ou moins saillante selon le type d'infrastructure de flux. Plus le système de mise en flux de la matière dépend d'une canalisation unique et tend vers un idéal de continuité, plus des

temporalités dédiées à la maintenance sont organisées pour pérenniser les infrastructures. Les convoyeurs à tapis peuvent être maintenus sans interrompre la production, grâce au déploiement d'un réseau de conduite et des mises à disposition de lignes. La maintenance peut ainsi en grande partie être lissée dans un travail quotidien. Le modèle du tuyau et en particulier dans sa modalité de conduite unique conduit à organiser une temporalité dédiée : « le Grand arrêt ». Cette temporalité vient rompre le travail de maintenance « En marche ». Le plus large recours à la chimie dans le processus de transformation de la matière rend certains segments de la production difficiles à interrompre pour une maintenance de courte durée. Comme l'a souligné François Vatin sous forme de paradoxe, afin de tendre vers une plus grande continuité de la production, la mise en place d'arrêts d'une quinzaine de jours constitue la solution organisationnelle la plus efficace³¹⁷. Elle provoque cependant un pic pour la maintenance, et donc une fragilité organisationnelle. Cette solution organisationnelle est davantage fréquente et courte sur les tables à cylindres. Ces processus de mise en forme de la matière par pression mécanique nécessitent l'organisation d'une temporalité de maintenance intermédiaire. Ce « *Stop and Go* » est de courte durée et gourmand en main d'œuvre. Il s'agit d'une réponse organisationnelle à une consommation importante de lubrifiant, due au travail mécanique, et à des difficultés d'accès, liées à la dangerosité de l'environnement de production. Cette organisation entraîne de retenir le flux pour limiter le risque d'aléa, et ainsi à s'assurer de la continuité de la production. Ces pics réguliers de maintenance pour graissage renforcent encore la fluctuation en besoin de main-d'œuvre pour maintenance, et posent des problèmes organisationnels. Les entreprises sous-traitantes en maintenance industrielle organisent une circulation de leur personnel afin de lisser ces pics d'activité.

³¹⁷ François Vatin, op. cit. 1993.

| Typologies | En marche | Arrêt-machine | Grand arrêt | Anticipation | Principale fragilité |
|-------------------------------|--|--|---|---|---|
| Le tuyau | Réalisation des opérations de S-C et du graissage | | Période nécessaire et intense pour réaliser les nombreuses vidanges d'éléments non accessibles | Quelques mises à disposition sont possibles pour vidanger les éléments en double ligne | Le flux ne peut pas être stoppé sur une grande partie de l'infrastructure, mais il ne faut intervenir qu'une fois par an |
| Le réseau de convoyeur | Réalisation des opérations de S-C et d'une partie du graissage | | Quelques vidanges et graissages restent à réaliser sur les goulets d'étranglement du flux, situés aux limites du réseau | L'effet de réseau permet d'arrêter des lignes sans endiguer le flux de production. Des opérations de vidange et de graissage peuvent être réalisées | Peu de fragilités grâce au réseau |
| La table à cylindres | Principalement, réalisation des opérations de S-C | Organisation sous pression d'une temporalité de maintenance, afin d'endiguer le flux sur une courte période. Forte activité de graissage | Période au cours de laquelle les activités de graissage et de vidange tendent vers leur pic annuel | La marge de manœuvre pour l'anticipation est faible, car les arrêt-machine constituent un pic d'activité de graissage | Les facteurs de travail mécanique, de goulets d'étranglement et de difficulté d'accès, rendent ce type d'infrastructure fragile |

Tableau 4 : Les temporalités de maintenance en fonction des types d'infrastructures du flux

3.2. Combiner les temporalités pour stabiliser la santé de l'usine

Ces temporalités de maintenance cherchent à repousser l'aléa mécanique, car celui-ci entraînerait des conséquences en termes de débit sur le flux de production. Observer l'évolution de la consommation de lubrifiant permet de surveiller l'état de santé d'un site industriel, c'est-à-dire le degré d'usure des mécanismes de ses machines de production. Cette consommation rend compte des fuites structurelles sur les machines-outils et infrastructures du flux, mais aussi des casses mécaniques et des opérations de réparations préventives. Les temporalités de maintenance se combinent dans le temps, afin de pérenniser les infrastructures du flux et les

machines-outils. Le « Grand arrêt » prend les traits d'un chantier de restauration, ramenant au point 0 le système productif après un cycle de production. La temporalité « *Stop and Go* » ressemble davantage à une opération de rafistolage et de prévention pendant ce cycle, tandis que le travail « En marche » peut être perçu comme une organisation de gestion des dysfonctionnements du système productifs.

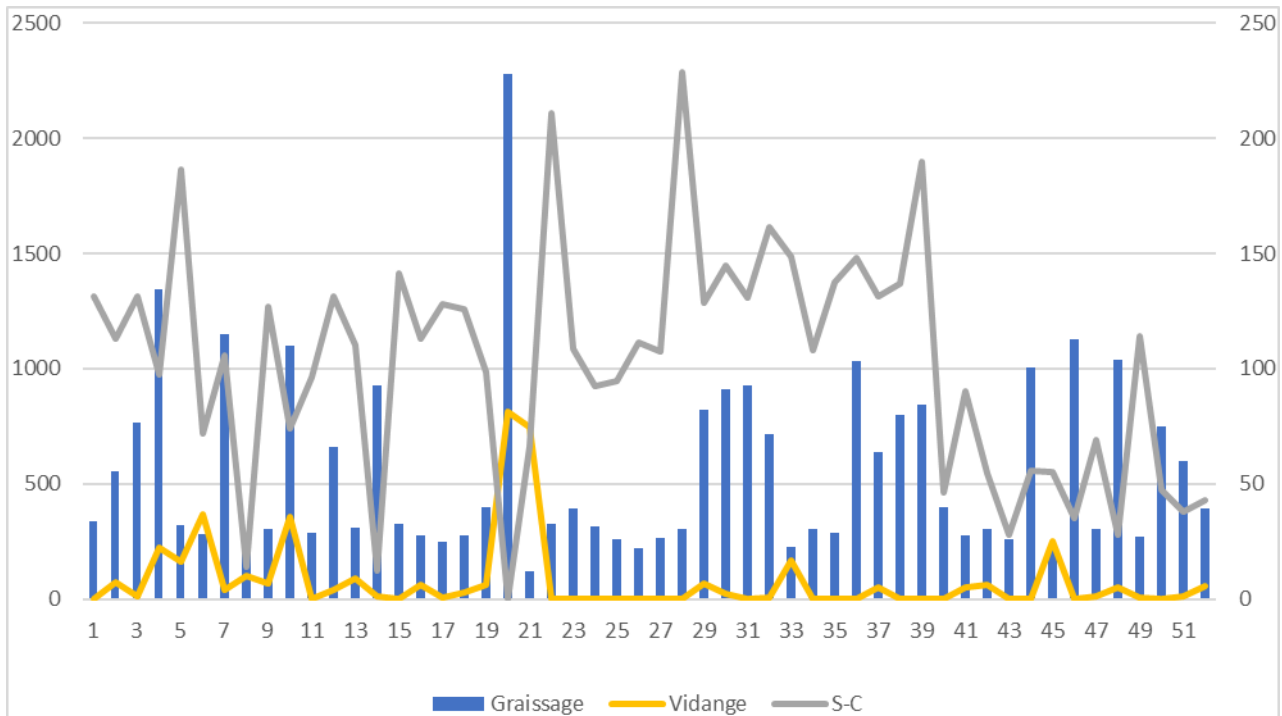


Figure 21 : Graphique représentant la quantité de lubrifiant utilisée lors d'une année sur un site industriel, exprimé en Kilogramme et Litre

Cette combinaison des temporalités de maintenance s'exprime statistiquement dans la consommation de lubrifiant. À partir du graphique³¹⁸ ci-dessus (fig. 42), nous pouvons voir que cette consommation se décompose en quatre périodes au cours de l'année 2019 sur le site papetier. Une période de fin de cycle productif s'étale entre le début de l'année et la semaine 20 où débute pour deux semaines l'arrêt annuel de maintenance. Une troisième phase, dite de rodage, démarre en même temps que l'usine de production en semaine 21 et dure jusqu'en semaine 40. Après la semaine 40, il semble que l'usine ait pris son rythme de croisière en termes

³¹⁸ Ce graphique indique la consommation d'huile sous la forme de courbes qui répondent à l'ordonnée de gauche exprimée en litre. Le diagramme en bâtons rend compte de la consommation de graisse en kilogrammes et répond à l'ordonnée de droite.

de consommation de lubrifiant. Cette consommation est inférieure à celle du début d'année, où un surgraissage avait lieu pour prolonger l'usine de flux jusqu'à l'arrêt annuel.

3.2.1. Réparer peut produire des casses

L'évènement du « Grand arrêt » se situe à la fin d'un cycle de production, qui correspond aussi à une fin de cycle pour tout un ensemble d'outils, de conduites, de tuyaux, de cuves, de lubrifiants etc. Les propriétés physiques et chimiques de ces éléments ont été altérées par le processus productif, et ceux-ci sont « en fin de vie ». Le graphique (fig. 41) montre les effets de cette usure des mécanismes de transmission et des machines-outils avant l'arrêt annuel. Entre le début de l'année et la semaine 20, on peut compter sept pics de consommation de graisse, qui correspondent à la temporalité « *Stop and Go* ». Il s'agit de « faire tenir » les tables à cylindres jusqu'à l'arrêt annuel. La courbe de consommation d'huile varie de façon importante sur la période, ce qui tranche avec la stabilité du nombre d'opérations de surveillance-contrôle enregistrées. Ces appoints d'huile ne concernent pas seulement les systèmes de lubrification, mais aussi les centrales hydrauliques de puissance, qui servent à actionner des machines-outils³¹⁹. Cette consommation de lubrifiant est le signe de la présence de fuites, et donc de dysfonctionnements sur le système productif. Le traitement de ces dysfonctionnements est à considérer comme une modalité de gestion d'un aléa mécanique « En marche ». Ce traitement consiste à pallier les conséquences de ces dysfonctionnements pour la production sans résoudre le problème mécanique. En un sens, le nombre de dysfonctionnements renseigne sur l'état de santé de l'usine.

Paradoxalement, la temporalité du « Grand arrêt » ne représente pas un pic statistique de consommation d'huile, alors qu'elle représente une suractivité en termes d'opérations effectuées. De plus gros volumes d'huile de lubrification et de puissance sont mobilisés pendant le fonctionnement du site avant l'arrêt annuel et, de façon plus frappante encore, après cette temporalité de maintenance. À la suite du « Grand arrêt » s'instaure une période de rodage de l'installation, qui est très consommatrice en huile. Cette temporalité de maintenance est l'évènement déclencheur de multiples dysfonctionnements mécaniques sur le système

³¹⁹ Pour information, l'huile des centrales hydrauliques de puissance n'a pas la même fonction qu'une huile lubrifiante, et ne s'utilise pas de la même façon. Les réservoirs des centrales hydrauliques de puissance ne sont vidangés que pour réaliser une opération de réparation mécanique, et non dans une perspective de maintenance préventive. L'huile de puissance est utilisée dans les centrales hydrauliques de puissance pour actionner par pression des outils de transformation de la matière, comme des presses rotatives.

productif. Ces dysfonctionnements ne représentent pas nécessairement un aléa pour la production, c'est-à-dire qu'ils n'empêchent pas la circulation du flux.

3.2.2. Une période de rodage pour une santé retrouvée

De multiples aléas mécaniques apparaissent à la suite du « Grand arrêt ». Le redémarrage de l'installation est l'unique moyen de révélation de la qualité des réparations effectuées lors de l'arrêt annuel. Il en résulte l'apparition de multiples casses au redémarrage, et les circuits de lubrification ou des centrales hydrauliques de puissance ne sont pas épargnés par ce phénomène. Elles se matérialisent par des fuites massives de lubrifiant ou d'huile de puissance. Ces aléas mécaniques selon leur gravité peuvent conduire à un arrêt de la production, ils deviennent alors un aléa de production. Afin de maintenir le flux à peine relancé, un travail de gestion des fuites est mis en œuvre par les agents de lubrification. Des tournées de remplissage massif sont organisées, afin que cette casse mécanique ne se traduise pas par une rupture du flux de production. Cet aléa mécanique devient alors un dysfonctionnement du système productif.

À cette gestion de l'aléa mécanique en dysfonctionnement s'articulent des opérations de rafistolage, lors d'arrêts courts de production. Pendant cette phase de rodage des installations, la temporalité « *Stop and Go* » permet de réaliser des ajustements d'opérations de réparation réalisées lors du « Grand arrêt » sur les tables à cylindres. Ces infrastructures du flux sont particulièrement sensibles à cette phase de rodage et aux casses mécaniques. D'après le graphique 41, en semaines 29-30-31-32 puis 36-37-38-39, on observe deux campagnes de « *Stop and Go* » sur les machines à papier du site industriel, visant à procéder à des réparations sur des groupes hydrauliques de puissance. Des opérations de graissage sont réalisées, et indiquent ces temporalités de maintenance. À la suite de la seconde campagne, la consommation d'huile diminue fortement, les fuites et casses mécaniques sont réparées et la période de rodage prend fin.

Les infrastructures de flux tirent bénéfice de ce « Grand arrêt » de maintenance seulement plusieurs semaines après cette temporalité. À partir de la semaine 39, le rythme des arrêts-machines retrouve la cadence préalable à l'arrêt annuel et la consommation d'huile, lors des appoints, diminue. Les augmentations sporadiques de la consommation d'huile sont le signe de la survenue d'un aléa technique important sur le système productif qui a nécessité une opération de vidange et de remplissage en urgence. Cependant, des dysfonctionnements du système

productif subsistent malgré ces différentes temporalités de maintenance. Une consommation d'huile résiduelle indique que des fuites d'huile résistent encore aux opérations de réparation. Les opérations de maintenance curative sont parfois trop onéreuses pour être conformément réalisées, laissant le système productif dans une situation de dysfonctionnement perpétuel. Ces dysfonctionnements perpétuels interrogent sur le caractère dégradé de l'activité de lubrification, et sa place dans la division du travail étendue des industries automatisées. Les agents de lubrification mettent certes de l'huile dans les rouages, mais aussi, dans des seaux percés.

4. Conclusion

Trois types d'infrastructures du flux ont pu être mis en lumière à partir de l'étude de plusieurs terrains d'enquête. Ces infrastructures ont été opposées et articulées avec des flux assurés par des engins de manutention actionnés par des opérateurs ou robotisés. Chaque modèle d'infrastructure a une relation spécifique avec les thématiques du degré de travail mécanique et chimique sur la matière, mais aussi avec la thématique de la mise en forme de la matière composant le flux et sa fragilité. Ces infrastructures induisent un environnement de production plus ou moins hostile pour l'homme, et permet donc un degré de proximité entre la matière et l'opérateur. Cette étude a montré que l'opposition entre principe chimique et principe mécanique pour étudier l'automatisation d'un processus productif devait être relativisée car le travail mécanique ne disparaît jamais réellement quand il s'agit de faire circuler la matière et que des processus reposant sur le principe mécanique induisaient une rupture avec le geste de l'homme. A l'instar du principe chimique, le principe mécanique dans son expression dans un chaîne cinématique reposant sur le mouvement rotatif est un facteur de l'automatisation des systèmes productifs. Analyser des circuits productifs mixtes permet de voir l'enchaînement de ces infrastructures du flux et leur fonction au sein d'un cycles productifs complet. L'usine tuyau* apparaît comme un secteur spécifique de circuit productif qui font intervenir en amont et en aval des infrastructures où le principe mécanique permet une automatisation de la production.

La mise en continuité de la production augmente la sensibilité de l'installation à la fragilité technique. L'automatisation conduit à un découplage entre le travail humain et le système de production. De fait, en cas d'aléa technique, la perte d'un maillon de la chaîne automatisée ne peut pas être compensé par du travail humain. Les goulets d'étranglement du processus industriel

deviennent dès lors des zones particulièrement sensibles. Des organisations de la maintenance sur ces infrastructures sont donc déployées pour assurer la continuité du flux et repousser l'aléa mécanique. Trois temporalités de maintenance ont été dégagées à partir de l'enquête de terrain et confirmé par une analyse statistique des données du logiciel métier d'un site papetier. Il apparaît que plus le système de production confond le procès de transformation à celui de circulation, plus la mise en place de temporalités de maintenance induisant une suspension du flux est nécessaire pour assurer sa pérennité. L'hostilité de l'environnement productif à l'homme rend nécessaire des temporalités de maintenance dédiées, durant lesquelles le flux est suspendu, afin de permettre aux équipes de maintenanciers d'intervenir. Ces temporalités de maintenance ne sont pas réservées à la lubrification industrielle, de nombreux corps de métiers interviennent sur les installations à l'arrêt. Le travail lors du fonctionnement des installations s'expriment différemment chez les autres maintenanciers qui ne vont que rarement à proximité du flux. Ils réalisent davantage des opérations de réparation hors ligne ou préparent des ensembles mécaniques ou de tuyauteries qu'ils installeront lors de chantiers futurs. Ils réalisent leur opération de maintenance sur les lignes de production pendant les arrêts annuels et les « Stop and Go ».

Un système productif automatisé nécessite un travail humain, afin d'assurer la pérennité de ses infrastructures et machines-outils de production. Elle repose sur l'organisation d'opérations de maintenance préventive ou curative. Derrière les données statistiques portant sur ces temporalités de maintenance, semble se nouer un paradoxe. Un grand nombre d'opérations de graissage et de vidange sont concentrées sur les deux semaines du « Grand arrêt », qui correspond à la temporalité sanctuarisée pour la maintenance, mais les plus importants volumes de matière sont maniés pendant la marche des installations. Cela interroge sur la variation de l'intensité du travail. Il est difficile d'associer à ces statistiques d'activité de maintenance les facteurs de l'intensité physique, des savoir-faire et de la valorisation de l'activité, associés à chaque temporalité de maintenance. Cela d'autant plus que la position symbolique du travail de l'agent de lubrification semble mise à mal lors de son travail quotidien. C'est en entrant dans l'activité, dans le travail en train de se faire, que l'on pourra davantage différencier et apprécier l'activité de l'agent de lubrification.

Seconde partie

Chapitre 4. Le « Grand arrêt » : un chantier de restauration

La temporalité du « Grand arrêt » est commune à l'ensemble des industries de flux. Elle répond à une usure progressive des matériaux dont est fait l'infrastructure du flux, liée aux conditions normales de fonctionnement du process. En effet, même l'acier, matière réputée résistante, s'abîme au fil du temps et du fait des aléas de production ainsi que des facteurs exogènes à la production. Ce phénomène est observable pour toutes les matières composant des infrastructures³²⁰. Ce chantier de maintenance vise donc à rénover ces infrastructures du flux et se différencie du chantier de construction à l'origine de ces infrastructures.

Lors de cette période de plusieurs semaines, l'ensemble des unités de production sont arrêtées. Les cuves sont vidées, les tuyauteries purgées, les tapis et vis d'acheminement arrêtés et rendus inertes. En revanche, le ballet de camions, trains et bateaux d'approvisionnement et d'expédition ne cesse pas. Le stock de produit fini continu à s'écouler jusqu'à son épuisement et le stock de matière première se constitue et s'accumule. Le flux logistique en amont et en aval de l'usine n'est pas interrompu, seule l'usine est arrêtée.

Ces phases d'arrêt total sont généralement espacées de dix-huit mois. Les besoins de la production influencent cette programmation et l'arrêt peut être retardé ou anticipé en fonction de la « charge » du carnet de commandes de l'entreprise de production ; la production étant toujours prioritaire sur la maintenance. Cette fréquence d'activité de maintenance est aussi contrainte par la réglementation portant sur la maintenance des chaudières produisant l'énergie motrice de l'installation ou participant au processus productif. Cette réglementation s'appuie sur les cas d'incidents techniques qui ont marqué ce type d'installation, et conduit à des catastrophes humaines et matérielles. Étudier ces installations industrielles, du point de vue de la maintenance préventive, permet de se dégager d'approches se focalisant sur les phases de crises et de catastrophes dont William Connolly décrit les mécanismes³²¹, et d'analyser leurs conditions normales de fonctionnement.

³²⁰ Tim Edensor, « Entangled agencies, material networks and repair in a building assemblage: the mutable stone of St Ann's Church, Manchester », *Transactions of the Institute of British Geographers*, 36(2), 2011, pp. 238-252.

³²¹ William E. Connolly, *The Fragility of Things. Self-Organizing Processes, Neoliberal Fantasies, and Democratic Activism*, Durham, Duke University Press, 2013.

Cette temporalité est un moment privilégié pour observer la division du travail étendue, nécessaire à la production automatisée. De nombreuses entreprises extérieures, sous-traitants directs, sous-traitants de second ou troisième rang, investissent les lieux. Des préfabriqués, qui font office de vestiaires, et des barnums, sont montés pour abriter et restaurer cette nouvelle main-d'œuvre ; un camp sort de terre. L'usine, habituellement déserte, fourmille alors d'ouvriers et de techniciens. Le nombre d'ouvrier présent sur le site pendant cet arrêt annuel est multiplié par quatre ou cinq. L'usine de Saint Gaudens, où habituellement deux cents personnes travaillent selon une organisation en cinq huit, accueille pendant cette phase d'arrêt annuel jusqu'à mille deux cents maintenanciers sur le site. Cet ensemble disparate apparaît de prime abord désorganisé, mais si l'on regarde de plus près, chacun semble maîtriser un art et a une tâche précise à exécuter. Des maintenanciers de tous corps de métier s'affairent. Par exemple, certains remplacent des vis d'acheminement de plusieurs dizaines de mètres de longueur en utilisant des grues de levage, d'autres des ensembles motorisés en fin de cycle de fonctionnement, etc. La production qui s'organise sur le site semble alors changer de finalité. Elle prend la forme de multiples chantiers de maintenance insérés sur l'ensemble du site industriel, et vise la remise en ordre de cet écosystème. Autrement dit, elle a pour fonction de restaurer les conditions d'écoulement futur du flux et s'insère ainsi dans la division du travail nécessaire à la production.

L'agent de lubrification, appelé dans cette partie le *lubrificateur*, prend pleinement place dans cette temporalité de maintenance, son chantier couvrant l'ensemble de l'usine. Ce « Grand arrêt » est une temporalité de travail dédiée à la maintenance qui vient rompre l'organisation de production continue que connaît ces sites de production (partie 1). Tout un travail d'organisation est mis en œuvre afin de faire cohabiter les chantiers et réaliser les tâches programmées (partie 2). Le lubrificateur, durant cette période, va principalement manier de l'huile et réaliser des vidanges et des remplissages. Il réalise un ensemble de gestes techniques nécessitant une constante adaptation à un milieu agencé en vue d'une production automatisée (partie 3). Enfin, la figure du lubrificateur s'insère dans la division du travail se déroulant sur le site industriel lors de cette temporalité (partie 4).

1. Quand l'usine de flux devient chantier

Ce second développement va s'attacher à décrire comment un espace, qui est d'ordinaire voué à la production continue d'un bien industriel, se transforme en une zone où vont cohabiter nombre de chantiers qui visent à restaurer ce lieu de production. Ce déplacement induit des changements temporaires pour l'usine, comme une réorganisation de l'espace et de son personnel, ainsi qu'une augmentation de la présence humaine sur le site. L'étude de cas de l'agent de lubrification apportera des éléments sur l'environnement sensoriel et sur le rythme de travail spécifique, qui se dégagent de cette temporalité de maintenance.

1.1. *Un sentiment d'invasion*

Cette interruption de plusieurs semaines de la production, met à mal le quotidien du personnel interne de l'entreprise utilisatrice. Habitué à surveiller le flux de production, le voilà confronté au « personnel extérieur ». En effet, lors de cette temporalité de maintenance, la production s'efface et le site de l'usine est pris d'assaut par l'activité humaine, renversant ainsi la décorrélation entre travail humain et production³²². Ce sont parfois plus de mille personnes qui pénètrent dans un espace habituellement désert. Un autre type de production se joue à cette occasion sur le site, organisé sous la forme de chantiers de maintenance. Une certaine défiance du personnel de l'entreprise utilisatrice à l'égard des entreprises extérieures est alors facilement décelable. Celles-ci pénètrent dans leur usine pour mettre le chantier !

Dès le début du « Grand arrêt », l'usine est transformée. Un camp de fortune composé de bungalows est monté en périphérie des installations. Ces préfabriqués servent de vestiaires et de sanitaires au « personnel extérieur ». Ceux-ci sont installés autour d'une grande tente, qui fait office de réfectoire. Un prestataire extérieur en restauration collective est prévu, auquel incombe la charge de limiter les entrées-sorties du site, d'assurer le ravitaillement et parfois le divertissement des équipes des entreprises extérieures. Monter ce camp permet de circonscrire le personnel sous-traitant loin des zones de vie du personnel interne de l'entreprise utilisatrice. Il y a là une volonté de préserver le réfectoire, les vestiaires et les sanitaires du personnel de l'usine, qui sont autant de lieux qui renvoient à des pratiques liées à la sphère de l'intime et à la promiscuité, où ne doivent pas pénétrer des étrangers à la communauté de l'usine, cela

³²² Pierre Naville, 1963, *op. cit.*

d'autant plus si ces derniers réalisent des activités salissantes. La distinction entre personnel de l'entreprise utilisatrice et personnel extérieur est clairement visible.

Rapidement, l'usine fourmille d'ouvriers et de techniciens, chacun arborant les couleurs de son entreprise, chacun concentré sur son chantier. La division du travail est intense ! Personnels hautement qualifiés et simples « manœuvres » cohabitent et coopèrent. Le personnel de l'entreprise utilisatrice cherche à se distinguer de ces ouvriers extérieurs, dont la présence sur le site est ponctuelle. Il prend des libertés avec les règlements sécurité, entre sur le site par des portes dérobées, ou encore, s'insère dans la hiérarchie des entreprises sous-traitantes.

1.2. Quand l'organisation de l'entreprise de production bascule vers le chantier de maintenance

La temporalité « Grand arrêt » constitue un bouleversement de l'activité pour l'entreprise de production et donc pour ses salariés. Il induit une forme de redéploiement du personnel interne vers des chantiers de maintenance. Cette réorganisation du personnel prend en compte la séparation entre le personnel dédié à la production et celui en charge de la maintenance.

Dans le cas d'une entreprise de production où la maintenance est largement sous-traitée à l'année, des responsables maintenance appartenant au personnel organique de l'usine sont chacun responsables d'une phase du process. Lors du « Grand arrêt » ils deviennent des préparateurs de chantiers. Cette répartition segmentée peut se doubler d'une répartition par type d'activité de maintenance avec un unique préparateur de chantier. C'est le cas pour la lubrification, qui concerne l'ensemble de l'usine. Ces responsables jouent un rôle de coordinateurs de chantiers pendant l'année. L'évènement du « Grand arrêt » constitue alors seulement une phase d'intensification de cette activité de coordination, de planification et de réorganisation.

La situation est un peu différente lorsque l'entreprise de production conserve en son sein une équipe de maintenanciers pour réaliser des rondes et palier à l'aléa mécanique. En période de production, le responsable maintenance de l'usine dirige son équipe en conférant une zone du circuit de production à un ou deux mécaniciens. Cette hiérarchie directe se prolonge lors de la temporalité du « Grand arrêt ». Le mécanicien, subordonné au quotidien au responsable maintenance du site, devient le préparateur de chantier d'un sous-traitant, et donc le responsable

d'un chantier précis. La chaîne hiérarchique de l'entreprise sous-traitante peut se trouver troublée par le positionnement du préparateur de chantier, habitué à réaliser des opérations de maintenance au quotidien. Elle se scinde facilement en deux branches, entre d'un côté le responsable chantier* de l'entreprise sous-traitante, et de l'autre le préparateur de chantier. Ces deux acteurs peuvent avoir des intérêts divergents et les lubrificateurs être pris entre deux feux. Les choses se compliquent d'autant plus en situation de chaîne de sous-traitance, où les équipes de maintenanciers de second ou troisième niveau peuvent avoir de multiples donneurs d'ordre :

*Sébastien a eu un problème sur une vidange d'un réducteur au parc à bois, il n'y a pas de jauge sur le réducteur. Il appelle le responsable opérationnel pour avoir son avis sur la quantité d'huile neuve à mettre, mais il ne répond pas. Régis [notre préparateur de chantier] passe par là. Seb l'interpelle pour son problème de niveau. Dix minutes plus tard, je demande à Seb comment il a fait, s'il avait eu le patron. Il me répond qu'il s'est arrangé avec Régis. Plus tard j'en parle avec le patron. Il me répond que du moment que ça va au client...*³²³

Dans le cas de la lubrification, la dissémination des lubrificateurs sur l'ensemble du site nuit à un système de régie directe du préparateur de chantier sur le chantier. Il en va autrement pour les chantiers fixes :

*Oui maintenant je m'occupe de la chaudière K1, je suis toute la lubrification à l'année, je surveille les moteurs aussi. Je commence à bien connaître. [Je dis : Et là, qu'est-ce que tu fais pendant l'arrêt ?] Ben là, tu vois, j'ai mes ouvriers. [Il me montre du doigt trois personnes qui attendent et nous regardent. Ils portent tous le même bleu, mais pas celui de l'entreprise de production, car ce sont des sous-traitants.] On s'occupe de changer une grosse vis d'acheminement dans la chaudière, faut que je te montre les photos !*³²⁴

Les mécaniciens de l'entreprise de production dirigent l'exécution des travaux, *a minima* en délivrant l'autorisation de débiter le chantier et en surveillant son avancement, au plus en régissant intégralement le chantier et en intégrant de fait le haut de la chaîne hiérarchique. Dans

³²³ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, Saint-Gaudens, 2016.

³²⁴ Grégory, mécanicien d'une entreprise de production, *Grand arrêt*, St-Gaudens, 2019.

les deux cas, ces préparateurs de chantiers vont prendre une posture de facilitateurs, de médiateurs et chercheront continuellement à être informés de l'avancement des travaux. Cette crainte de la perte de contrôle sur l'avancement des travaux peut se concrétiser par l'organisation de point étapes journaliers mais aussi par des appels incessants du préparateur de chantiers auprès du responsable de chantier, voire, directement auprès des agents de lubrification. Le responsable chantier passe donc beaucoup de temps à rassurer son interlocuteur lors des arrêts annuels pour garder la main sur son chantier. En effet, le chantier de lubrification n'est pas imperméable à cette scission de la chaîne hiérarchique.

On observe, à l'instar des travaux de Gabrielle Schulz³²⁵, une relation d'emploi triangulaire qui lie le préparateur de chantier, le responsable opérationnel et l'agent de lubrification, où chacun tente de tirer son épingle du jeu en louvoyant dans cette relation. Le préparateur de chantier peut imposer des opérations supplémentaires, contraindre l'ordonnancement du chantier en fonction de ses priorités mais aussi valider la qualité de la réalisation des opérations et du travail effectué. Il accapare le pouvoir hiérarchique sur des agents de lubrification au détriment du responsable de chantier. Autant de mécanismes conduisant l'agent de lubrification à mobiliser de son côté l'autorité de cet interlocuteur pour se faciliter la tâche et tenter de prioriser son chantier. Il utilise le préparateur de chantier pour court-circuiter sa hiérarchie directe lors de négociations sur la manière d'effectuer le travail. De son côté, la hiérarchie de l'entreprise sous-traitante a aussi recours à la figure du préparateur de chantier pour imposer et justifier des opérations difficiles qu'il souhaite voir réaliser en urgence.

On observe peu de déplacements du personnel de production vers des opérations de maintenance et d'amélioration du process. La complexification du matériel productif et l'évolution des qualifications rendent ce déplacement difficile ou dirigé vers des opérations à faible qualification. Il peut arriver que le lubrificateur rencontre une personne, qui fait d'ordinaire partie du personnel de production, en train de réaliser des opérations de nettoyage et de débouillage. Ces opérations ne demandent pas de qualification particulière ni de matériel spécialisé :

³²⁵ Gabrielle Schültz, « Tirer son épingle du jeu dans une relation d'emploi triangulaire. Le cas des hôtesse d'accueil prestataires », *Revue française de sociologie*, 2014/1, Vol. 55, p. 73-100.

Je suis en haut d'une échelle pour accéder à un réducteur d'une motorisation d'un tapis d'acheminement de copeaux du parc à bois. Je commence à réaliser ma vidange quand une personne de l'entreprise de production monte à son tour. Je le salue, il me demande ce que je fais et je lui explique, puis je l'interroge à mon tour : « Là, pendant l'arrêt, je nettoie les tapis, tu vois il y a plein de merde qui s'agglutine, mais normalement je suis à la prod... Bon après c'est bien aussi d'aider pendant l'arrêt !³²⁶

Les opérations de nettoyage les plus lourdes et les plus difficiles restent, de façon assez systématique, sous-traitées à des entreprises spécialisées. Le personnel de production peut aussi être réaffecté sur des chantiers de maintenance réalisés en interne. Encore une fois, il endosse le rôle d'un personnel déqualifié. Toutefois, il semble globalement assez absent de cette temporalité de travail. Il réapparaît lorsque les chantiers se terminent, à la fin du « Grand arrêt », pour régler les machines automatiques en vue de la production, ou pour relancer progressivement les réactions chimiques interrompues pour la maintenance.

1.3. Le flux s'estompe, le chantier se montre : une perception multisensorielle

Cet arrêt du process de production change progressivement l'environnement de travail. Au fil des jours, il évolue de celui de l'industrie de process vers celui du chantier. Chaque sens du lubrificateur peut ainsi percevoir ce changement.

Les odeurs du process dues aux réactions chimiques et à la combustion des déchets ne cessent pas en un jour. Elles sont progressivement balayées par le vent. C'est le cas de l'odeur du bois en décomposition dans les papèteries, ou du métal en fusion, qui sont de moins en moins prenantes. De nouvelles odeurs font alors leur apparition ou sont plus saillantes, comme celle de la combustion de carburant par les groupes électrogènes d'appoints, ou encore celles des moteurs de camions et autres engins de manutention. Une odeur de combustion d'un autre ordre se fait sentir, celle du travail du métal par les disquieuses ou chalumeaux. Les bruits résiduels du process laissent place aux bruits de ces outils électroportatifs, aux moteurs des groupes électrogènes, aux bips d'avertissement des engins de manutention ou encore à quelques communications lointaines et criardes.

³²⁶ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, Mimizan, 2018.

Ces outils de travail du métal dégagent des signaux visuels sous la forme d'étincelles, d'arcs électrique ou de flammes, indiquant des dangers propres à ce nouvel environnement de travail. L'attention visuelle de l'ouvrier est sans cesse mobilisée pour éviter les situations accidentogènes, particulièrement en ce qui concerne les appareils de levage et de manutention. Des dispositifs de balisage, qui viennent indiquer les zones interdites à toute personne n'appartenant pas au chantier en cours, apparaissent jour après jours, afin de limiter les risques liés à la coactivité. L'espace du site est en perpétuelle évolution. Des zones interdites un jour sont libérées le suivant, quand d'autres deviennent inaccessibles. Le danger ne provient plus du risque d'entraînement mécanique dû au mouvement des machines-outils, mais bien de cette juxtaposition de chantiers de maintenance. La température élevée de l'usine, générée par ce process de production, baisse nuit après nuit. Les premiers jours, le métal qui compose l'usine est encore chaud. Une main posée sur un carter métallique provoque une piqûre de rappel du flux disparu. L'huile bouillante jaillit des réservoirs et heurte alors les corps. Le métal refroidi progressivement et les conditions thermiques du chantier sont alors seulement dépendantes de la météo.

L'environnement de travail perd progressivement ses caractéristiques d'industrie chimique ce qui facilite le déploiement d'un chantier de maintenance. Au bout de quelques jours, les maintenanciers viennent à oublier qu'ils évoluent dans une industrie chimique. Seuls les équipements de protection individuelle (EPI) leur rappellent néanmoins la fonction du site de production. À la panoplie commune, composée d'un bleu de travail, d'un casque, de gants de protection, de chaussures de sécurité et de lunettes anti-projection, s'ajoutent des détecteurs de gaz, masques de fuite ou de guerre et des combinaisons chimiques. La panoplie en elle-même est ajustée à cet environnement de travail. Le bleu de travail doit être ignifugé et compatible avec les atmosphères explosives (ATEX), les lunettes anti-projection deviennent des lunettes étanches, les gants de protection sont en nitrile, etc. Le risque chimique se révèle à travers l'équipement des ouvriers, conçu pour faire face au risque de marquer les corps.

Seul le détecteur de gaz peut être analysé comme un prolongement de son corps³²⁷ du lubrificateur car il prolonge ses facultés olfactives. Le reste de la panoplie de protection individuelle sert à protéger son corps et lui permet d'évoluer dans des environnements

³²⁷ Ernst Kapp, *Principes d'une philosophie de la technique*, Paris, Vrin, 2007.

potentiellement hostiles. Inversement, cette armure limite l'acuité de ses sens. Le toucher est moins précis, la vue est embuée et les gestes sont plus lourds. Le corps est donc simultanément protégé et limité par ces équipements qui parent les effets résiduels de l'environnement de l'industrie de flux³²⁸. L'industrie chimique ne s'efface jamais totalement et reste indéniablement l'environnement dans lequel se déroule le chantier de maintenance. L'agent de lubrification maintient en éveil une attention sensorielle active pour évoluer dans cet espace productif chimique.

1.4. *Un rythme de chantier*

Le rythme des journées reflète ce passage de l'industrie de process au chantier. Le travail ne dépend pas du rythme des quarts de production, mais de la luminosité, de la cadence des repas, de la fatigue des corps et de la durée légale du travail. La dépense physique et le rythme de travail qui ont cours lors de cette temporalité, la rapprochent métaphoriquement d'un marathon. Cette image est amplifiée par les longs déplacements sur le site. Lors de ces jours d'arrêts, ce sont douze à quinze kilomètres qui sont parcourus par les lubrificateurs. L'intensité de l'effort doit être reproductible pendant plusieurs jours consécutifs sur une longue période. Sans être aussi intensif qu'un sprint, il éreinte progressivement le corps. Le marathon se caractérise par cette continuité de l'effort et comprend des phases de légères accélérations, comme au départ et en fin de course.

On retrouve ce phénomène dans le « Grand arrêt ». Les trois premiers jours sont les plus productifs. L'excitation du début du chantier, la fraîcheur physique et la pression du responsable du chantier en sont les causes principales. Peu à peu, les traits des visages se tirent, l'excitation laisse place à la tension et la fraîcheur à l'usure. Progressivement, la fatigue musculaire entre en jeu, les courbatures et douleurs articulaires apparaissent. Plus spécifiquement, ce sont les coups, bleus et chocs dus aux manutentions et déplacements sur le site, qui marquent à proprement parler les corps, sans parler des blessures légères, comme les ampoules, entailles et écrasement ou encore les brûlures chimiques, dus à la chaux et au dégraissant. Le corps se parsème de stigmates. Les jours passants, ce sont les visages qui se creusent, les joues et les yeux sont de plus en plus enfoncés. Les éclats de voix du début du chantier, lors du change dans

³²⁸André Leroi-Gourhan, *Milieu et Techniques. Évolution et Techniques*, vol. 2, Paris, Albin Michel, 1945 (réimpression. 1973, 2012).

le bungalow, laissent peu à peu la place à des silences de fatigue. L'odeur de l'huile usagée s'empare des vestiaires, puis des hommes.

Les journées de travail débutent au lever du jour. Le personnel organique et intérimaire a rendez-vous devant les vestiaires pour se changer et s'équiper en EPI. Il s'en suit une grande matinée de travail qui prend fin vers 13h30, pour la pause de midi : une heure de pause pour se restaurer, fumer, boire un café. Le travail du matin se déroule sans interruption formalisée. On s'arrête pour boire un peu d'eau entre deux grappes d'opérations. Le redémarrage de l'après-midi est toujours plus difficile, l'énergie accumulée lors de la nuit et mobilisée le matin s'est estompée. « *Il faut redémarrer la machine* », remettre le bleu imbibé de transpiration et d'huile. Il paraît toujours plus lourd et humide qu'avant le repas. L'heure de la fin de journée varie en fonction des aléas, mais le responsable opérationnel essaye de freiner les opérations vers 18h30, afin que toutes les équipes soient réunies et prêtes à rentrer pour 19h au bungalow. Chaque équipe cherche à finir ce qu'elle a commencé avant de quitter son chantier, c'est-à-dire qu'elle finit une campagne de remplissage ou de vidange d'un secteur et le note sur sa fiche de travaux.

Cette gestion repose sur la volonté de « *ne pas trop charger les organismes* »³²⁹ et pour rester proche de la limite légale³³⁰ en termes de temps de travail : « *Il faut pas trop tirer sur la corde* »³³¹. Il est en effet tentant pour l'équipe de lubrificateurs de continuer le travail plus tard, afin de bénéficier d'une autre plage horaire permettant un libre accès aux secteurs de l'usine. Le collectif de travail ne se plaint pas de ces journées à rallonge. Le personnel organique et le personnel intérimaire y trouvent d'ailleurs un avantage économique. Plus les journées sont longues, plus ils obtiendront une forte rémunération. Ces journées de travail étendues permettent aussi aux ouvriers de se comparer aux autres corps de métier de façon positive. Travailler dur et longtemps permet au lubrificateur de se présenter comme doté d'une forte résilience physique et d'exposer l'importance de sa charge de travail. C'est un levier de

³²⁹ Christopher, responsable chantier, Care, 2020

³³⁰ La durée légale maximale de travail effectif autorisée par la loi est de dix heures par jour, mais le législateur laisse des marges de manœuvre à l'employeur en cas « d'urgence liée à un surcroît d'activité », permettant d'atteindre douze heures de travail. Ce mécanisme doit rester marginal, car la durée hebdomadaire maximale ne peut dépasser les 48 heures sur une même semaine, et 44 heures par semaine sur une moyenne couvrant douze semaines consécutives. <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F1911> [consulté le 07/09/21].

³³¹ Christopher, responsable chantier, Care, 2020

valorisation de son activité vis-à-vis des autres maintenanciers et du personnel de l'entreprise de production.

Les journées se répètent ainsi sans grande variation. Si les premiers jours, le rythme de travail ne constitue pas une difficulté majeure, rapidement, la fatigue du corps se rappelle à l'agent de lubrification. Pour parer à cette baisse de forme physique, et souvent morale des troupes, le responsable opérationnel s'appuie sur des temps de convivialité en fin de journée, lors des repas. Un *turn-over* est parfois instauré pour amener du sang neuf sur le chantier³³². En plus d'un relais physique, cet apport renouvelle le collectif de travail, car la fatigue accumulée tend les relations au sein des équipes. Les opérations de vidange se succèdent sans être tout à fait semblables, le lubrificateur remonte peu à peu le flux, les équipes se séparent aux points de divergence des tapis d'acheminement de la matière. L'environnement du site est pensé pour la production, ce qui induit un renouvellement continu des calculs et gestes nécessaires à la réalisation des vidanges.

2. L'organisation de chantiers dans une industrie automatisée : le cas de la lubrification

Le « Grand arrêt » est un évènement programmé, mais le type et le nombre de chantiers prévus diffèrent à chaque fois. Un important travail d'organisation préalable est réalisé par l'entreprise utilisatrice, afin de coordonner au mieux l'ensemble des chantiers dans un espace et une durée délimités. Un planning d'accès aux différentes zones de l'usine est dressé, afin de gérer la concurrence d'accès à cet espace circonscrit. Seulement, entre la carte et le territoire se développent rapidement des écarts³³³ qui prennent la forme d'aléas de chantier et se concrétisent par des retards, et donc des conflits.

Comme pour les chantiers de construction, on observe un effet l'accélération du travail lors de l'approche de la date butoir³³⁴. Si cette date est dépassée, les entreprises sollicitées encourent des pénalités économiques. Un retard du chantier de maintenance conduit à la prolongation de la rupture d'un maillon du flux logistique d'une production plus large. Pour le dire simplement,

³³² L'organisation d'un *turn-over* ne concerne que les sites où les équipes de l'entreprise sous-traitante ne sont pas présentes à l'année.

³³³ Alain Supiot, *La Gouvernance par les nombres. Cours au Collège de France (2012-2014)*, Paris, Fayard, 2015.

³³⁴ Gwenaële Rot, « Freins, accélérations et démobilité dans un chantier sous-terrain », in *Travailler aux chantiers*, dir. G. Rot, Hermann, Paris, 2023.

l'usine automatisée est inscrite dans un réseau de production ; maintenir cet arrêt prolonge de fait cette rupture de la chaîne de production à d'autres usines. Il en résulte des pertes économiques importantes, voire un risque de perte de clientèle et une fragilisation de ce réseau. La pression du flux est donc omniprésente, il faut terminer les travaux à temps. C'est par cette pression du flux déjà existant, et ses répercussions économiques en cascade, que la date butoir prend un caractère spécifique, qui différencie les chantiers de maintenance des chantiers de construction. La pression du flux se fait sentir.

La concurrence spatiale entre les maintenanciers conduit à une réorganisation permanente des chantiers. Des activités de maintenance sous régime de coactivités deviennent fréquentes à mesure de l'accumulation de retards dans l'avancement des travaux. L'organisation du chantier de maintenance en lubrification s'organise sous la forme d'une poursuite du flux disparu. Cette organisation est spécifique au chantier de lubrification.

2.1. *L'homme tuyau sur les traces du flux*

La métaphore du tuyau pour décrire les industries de flux a déjà été employée par Pierre Naville³³⁵. Elle met en image la circulation de la matière au sein des usines de process. La logique de production de ces sites industriels repose sur des infrastructures à l'aspect tubulaire, c'est-à-dire sur des canalisations, conduites, tapis d'acheminement et tables à rouleaux, qui transportent la matière tout au long du circuit du process. Ces infrastructures peuvent emprunter n'importe quel chemin et sont censées ne pas perdre une goutte du flux. Quand ce dernier vient à se tarir, lors du « Grand arrêt », ces infrastructures perdent leur fonction. Pour mener son chantier, le lubrificateur suit les traces laissées par le flux. Il imagine comment s'écoule la matière disparue, afin de trouver les éléments rotatifs qui engendrent son mouvement linéaire dans le circuit de production. Au sommet de chaque tapis, cuve ou vis, à proximité de chaque raffineur, pulpeur et agitateur, ou plus simplement pour chaque pompe, se trouve un groupe électromécanique composé d'un moteur électrique et d'un motoréducteur nécessitant lubrification. Un travail de repérage, voire de débusquage, de ces mécanismes de mise en mouvement, est une étape de cette chasse à la panne. Le chantier de lubrification est donc constamment en mouvement le long de ces infrastructures.

³³⁵ Pierre Naville, 1963, *op. cit.*

L'agent de lubrification va vider l'huile usagée présente dans les carters des mécanismes de transmission vers des seaux puis les manutentionner jusqu'à des capacités de stockage appelées « maxi-fûts* ». Il réalise une campagne de vidange de l'ensemble des réservoirs d'huile de sa zone de chantier. Ensuite équipé d'un tuyau et une pompe, le lubrificateur apporte l'huile neuve, jusqu'au sommet des tours et dans les caves de l'usine, là où le flux s'écoule d'ordinaire. Ainsi, toute l'huile de l'usine est remplacée, et chaque élément rotatif est lubrifié selon la méthode du barbotage, c'est-à-dire restauré, remis à « son point 0 ». Il existe des systèmes de lubrification centralisés automatiques, utilisant des canalisations et formant un réseau complexe. Ces dispositifs assurent la lubrification en continu des éléments rotatifs et déplacent l'agent de lubrification en périphérie du chemin du flux. Son activité se concentre sur les bâches de rétention de ces systèmes automatiques, sorte de grand réservoir de lubrifiant, afin d'en réaliser la vidange et le remplissage. L'agent de lubrification connecte ces réseaux de canalisations à une cuve de recyclage d'huile usagée et à l'huilerie du site par des manutentions manuelles. Il réalise une remise à zéro du système automatique qui retrouve alors son autonomie. Plus le système de lubrification de l'installation est automatisé, c'est-à-dire plus l'automatisation englobe la périphérie de la production, moins le lubrificateur aura un volume d'activité important. Cette variation montre que le lubrificateur est une sorte de rustine du processus d'automatisation de la production.

2.2. *Le chantier : un travail d'organisation en amont*

L'organisation de ce chantier de maintenance entraîne un effort important de la part du personnel de l'entreprise utilisatrice qui se voit confier des tâches administratives, voire bureaucratiques. « *Des papiers, des papiers et encore des papiers* »³³⁶ peste un préparateur de chantier au moment de faire signer les plans de prévention, autorisations de travaux, inspections communes préalables (ICP), cahiers de consignation et autres cartes de sécurité. Cette production de papier formalise un travail de préparation en amont du chantier, qui vise à organiser le déroulement de ces semaines de maintenance à la demi-journée près. Ce travail d'organisation débute par l'analyse des besoins de l'entreprise de production en maintenance et par le choix des chantiers sous-traités. Ensuite, les donneurs d'ordre cherchent à répondre à

³³⁶ Quentin, préparateur de chantier, usine Saint-Gaudens, 2021.

la concurrence spatiale à laquelle vont se livrer les maintenanciers. Ils essaient d'administrer cette concurrence sous l'égide de la sécurité du travail.

2.2.1. Appareiller l'offre et la demande de maintenance

En premier lieu, il y a une collecte des besoins en maintenance nécessaires à la pérennisation de l'écoulement futur de la production pour chaque secteur de l'usine. Chaque responsable de secteur de l'entreprise utilisatrice va lister et transmettre les travaux de maintenance à réaliser en fonction des événements et dysfonctionnements recensés depuis le dernier arrêt annuel. Cela peut concerner une pompe qui cesse de fonctionner régulièrement et qui a été réparée sommairement, ou encore des fuites dans les canalisations. Il s'agit donc de répondre aux dysfonctionnements techniques rencontrés, afin de remettre à un point zéro l'ensemble de l'usine.

Dans certaines usines, la maintenance repose sur l'anticipation de la casse. Des motorisations et pompes peuvent être remplacées sans signe de dysfonctionnement, mais simplement parce qu'elles arrivent à l'échéance du temps de fonctionnement défini *a priori* par le constructeur. Des mécanismes sont prévus pour fonctionner pendant une durée précise et doivent être contrôlés ou remplacés. Des opérations de maintenance de parties sensibles des installations sont planifiées en fonction d'obligations réglementaires d'entretien et d'inspection. C'est le cas des chaudières qui font l'objet d'un contrôle et d'une remise à niveau périodiques, qu'il y ait ou non des signes de dysfonctionnement. Il en va de même pour les cylindres sécheurs des machines à papier ou encore les fours des laminoirs. Il existe aussi des techniques de maintenance prédictive, qui jouent un rôle prépondérant dans l'anticipation de pannes et dimensionnent le besoin en maintenance. Des contrôles peuvent aussi détecter une usure, comme l'affaiblissement d'une cuve par la rouille, dont il va falloir anticiper la rupture par un remplacement. Pour la lubrification, le besoin est simple, il s'agit de remplacer toute l'huile comprise dans les capacités des réducteurs et paliers de l'usine. Ce chantier de maintenance couvre l'ensemble du site. Pour les grandes capacités, qui dépassent la centaine de litres, une analyse de la qualité de l'huile est effectuée afin d'éviter des coûts inutiles.

La commande est répartie entre plusieurs entreprises sous-traitantes et le personnel de l'entreprise de production. Cette répartition repose sur plusieurs mécanismes. Le plus prégnant est celui de la reconduction de prestataires qui se sont révélés conformes aux attentes lors de

l'arrêt précédent. Il n'est pas rare de croiser les mêmes personnes d'une année sur l'autre, réalisant les mêmes travaux de maintenance. Le préparateur de chantier construit une relation de confiance avec son sous-traitant. Si cette relation n'est pas mise à mal, elle perdure et le préparateur de chantier réduit son encadrement. Les préparateurs de chantiers consultent de nouveaux prestataires pour des travaux inhabituels, ou en cas de défaillance d'un sous-traitant, c'est-à-dire de rupture de cette relation de confiance. Une rupture peut advenir dans le cas de malfaçons ou d'une gestion de la sécurité déficiente, particulièrement si elle conduit à un accident du travail, à un retard en fin de chantier ou à une casse mécanique lors du redémarrage. Les consultations servent aussi à mettre une pression tarifaire sur l'entreprise sous-traitante habituel ou à garder une alternative en cas de dépréciation de la prestation. L'entreprise utilisatrice cherche à garder la main sur sa sous-traitance. Pour cela, elle conserve plusieurs entreprises de services dans son carnet d'adresse et cela même si elles exercent le même corps de métier. Par exemple, plusieurs entreprises sous-traitantes spécialisées en mécanique industrielle sont présentes sur le site lors du Grand Arrêt. Chaque entreprise a alors obtenu un chantier, une part du marché. Inversement, des chantiers couvrant l'ensemble de l'usine sont confiés à un seul prestataire. C'est le cas des chantiers de nettoyage ou des prestations d'échafaudages, qui sont réalisés par une seule entreprise de services. Le chantier de lubrification entre dans cette deuxième catégorie : l'ensemble du chantier sur le site est confié à un seul prestataire.

Le nombre de chantier de maintenance commandé dépend de la santé financière de l'entreprise de production, car elle détermine le budget disponible. Plus l'entreprise de production bénéficie d'une bonne santé économique, plus elle pourra externaliser sa maintenance et assurer une bonne santé technique au site. Dans le cas d'une bonne santé économique, le personnel de maintenance interne de l'entreprise de production devient alors l'interlocuteur d'un sous-traitant, c'est-à-dire le préparateur d'un chantier. Inversement, si le flux d'argent est faible, un double phénomène se met en place. On observe une priorisation des tâches de maintenance. Certains travaux moins essentiels à la bonne marche de la production et sans impératif réglementaire vont être différés dans le temps. Il y aura donc moins de chantiers. D'autre part, on assiste à une réaffectation du personnel de maintenance quotidienne et de production à des tâches de maintenance sur arrêt. Le personnel de l'entreprise de production va réaliser en certains chantiers avec les moyens du bord. Certains chantiers de maintenance mécanique sont

alors menés par le personnel de la maintenance interne, et des chantiers de nettoyage sommaire peuvent être exécutés par le personnel de production.

2.2.2. Coordonner les chantiers sur un espace circonscrit

Après cette répartition des chantiers entre les différentes entreprises sous-traitantes et l'entreprise utilisatrice, tout l'objectif de l'organisation du « Grand-arrêt » réside dans la capacité à faire travailler tout le monde en même temps dans un espace réduit. Une forme de concurrence spatiale s'instaure entre les maintenanciers.

Il est courant que des chantiers à la charge de différentes entreprises de services se chevauchent spatialement. Différentes tâches de maintenance peuvent avoir lieu sur la même machine-outil. Plusieurs chantiers nécessitent de mettre en place des zones d'exclusion pour des manutentions importantes ou pour des nettoyages avec des produits chimiques, ce qui réduit l'espace disponible et bloque des accès. Il faut donc ordonnancer dans le temps ces opérations pour limiter la coactivité. Il s'agit alors de mettre en place un planning d'occupation par demi-journée pour chaque parcelle du site. Tout ce travail de coordination préalable est réalisé au sein de l'entreprise utilisatrice. Il est peu apprécié par les préparateurs de chantiers, qui le considèrent comme vain et chronophage. Le personnel en charge de la sécurité sur les sites, activité qui est parfois elle-même sous-traitée, associe par ailleurs fortement la coactivité avec le danger. Il essaie, autant que faire se peut, de limiter la présence de plusieurs équipes de sous-traitants sur une même zone, afin de limiter le risque d'accident.

Il en résulte que les préparateurs de chantiers sont davantage intéressés par le temps estimé du chantier par secteur de l'usine, et par l'étude de sécurité associée, que par le mode opératoire proprement technique de l'opération de maintenance. Ce sont ces informations qui vont leur permettre d'établir le planning général et de s'assurer de la prise en compte et la limitation des risques associés à l'ensemble des chantiers. Ces documents sont établis à partir de visites du site (ICP) réalisées par les préparateurs de chantiers avec chaque responsable de chantier d'entreprise sous-traitante intervenante. Ces entreprises sont informées des règles de sécurité spécifiques à respecter en fonction des zones de travail et de la coactivité prévue. Chaque zone peut faire courir un risque spécifique aux intervenants et induire le port d'un équipement de protection individuel (EPI) particulier. Les entreprises sous-traitantes participent ainsi à cette production de papier nécessaire à l'organisation du chantier. Ces visites et réunions sur site sont

aussi des moments de coordination informels entre le préparateur de chantier et le responsable de chantier de l'entreprise extérieure. Où positionner les fûts de vidange et d'huile neuve ? Par où débiter le chantier ? Comment bien se coordonner sur des points sensibles ? Ce sont autant d'éléments non formalisés, qui permettent le bon déroulement du chantier.

Ce planning, une fois finalisé, est présenté à l'ensemble des représentants des entreprises extérieures lors de réunions sectorisées en zones d'intervention. Chaque entreprise intervenante peut alors calibrer son organisation et voir les points sensibles en termes d'accès pour son chantier. L'objectif est de diminuer l'effet de concurrence spatiale et d'ordonner l'ensemble des travaux de maintenance à effectuer. Ces réunions permettent ainsi d'informer les responsables de chantier des entreprises sous-traitantes sur les modalités de contrôle du respect des consignes de sécurité du site. Les consignes de sécurité dépassent les simples préconisations d'équipement en fonction des risques identifiés. Elles débordent sur le « vivre ensemble », c'est-à-dire sur les comportements à observer afin de limiter « *les incivilités et les actes de violence* »³³⁷ sur le site. L'une de ces modalités consiste en des sanctions économiques ou d'exclusion du site en cas de fautes graves ou répétées. Les grandes lignes de ces réunions de préparation sont communiquées lors d'un accueil sécurité. Chaque intervenant doit suivre cette animation avant de pénétrer sur le site. Elle consiste en une vidéo qui rappelle ou enseigne le règlement sécurité, santé, environnement à respecter sur le site. Elle se clôture par un questionnaire, dont le résultat ne conditionne pas l'entrée sur le site. Celui-ci a plutôt pour fonction d'inciter à l'attention des spectateurs.

L'organisation de ce chantier de maintenance demande un effort administratif important à l'entreprise utilisatrice, qui doit déterminer ses besoins, puis évaluer et prioriser les chantiers de maintenance en fonction de sa solvabilité. Le recours à des entreprises extérieures de confiance est prioritaire. Ce travail d'organisation se poursuit par une tentative de planification générale des opérations de maintenance sur le site, afin d'éviter les luttes spatiales entre sous-traitants. Cette planification repose sur le temps de réalisation de chaque chantier, estimé par le sous-traitant, et sur l'objectif de mise en sécurité des intervenants.

³³⁷ Il s'agit des termes employés par les services sécurité des entreprises utilisatrices lors des accueils sécurité. Lors de l'enquête, aucun acte de violence n'a été observé lors des chantiers, ni reporté lors de réunion sécurité animée par les entreprises utilisatrices.

2.3. Pourquoi ça grippe ?

« *Le planning ? Je l'ai déchiré le premier jour de l'arrêt, le planning !* »³³⁸. Cette phrase, prononcée par Baptiste le responsable chantier d'une entreprise sous-traitante en mécanique, au ton empreint aussi bien de dépit que de malice, marque bien la dure confrontation entre un planning de travaux et la réalité du terrain. Si les retards sont chose commune dans les chantiers de construction, ils ne sont pas rares dans les chantiers de maintenance. Ils sont analysés comme des aléas de chantier et sont autant de grains de sable dans la mécanique de planification mise en œuvre préalablement.

Le chantier de maintenance annuel est temporaire et récurrent. Même s'il peut apparaître à première vue répétitif, il tend vers la production d'un ensemble de prestations uniques. Il se rapproche en ce sens de la fabrication d'un prototype³³⁹ et contient un fort degré d'incertitude. Le chantier du « Grand arrêt » est fortement sensible à l'aléa, qui est compris comme un événement hasardeux et survient malgré les efforts pour l'anticiper et le réduire. Dans le cadre du chantier de maintenance, l'aléa peut être de plusieurs natures : mécanique, météorologique, dû à un retard dans les consignations, ou simplement logistique, etc.

*Régis [préparateur de chantier] vient nous voir en fin de journée [premier jour de l'arrêt], il nous dit que le planning est foutu. Ils n'ont pas reçu les grues à la chaudière, le chantier n'a pas débuté. Va falloir se débrouiller pour accéder.*³⁴⁰

Les aléas d'ordre logistique deviennent des problèmes qui immobilisent des chantiers importants et prioritaires, pouvant décaler le commencement de travaux d'une demi-journée voire plus, comme dans ce cas d'un retard de livraison d'engins de manutention. Les conditions climatiques ont aussi des effets importants. Pour la lubrification, les faibles températures influent sur la rapidité d'exécution du chantier. Plus la température du lubrifiant est basse, plus il se rigidifie et devient dense : « *On a perdu toute l'avance de la semaine dernière à cause de ça, l'huile est figée !* »³⁴¹. L'écoulement de l'huile lors de la vidange est ralenti, et c'est toute la productivité des lubrificateurs qui s'en trouve amoindrie. Inversement, une chaleur importante fluidifie l'huile et facilite les vidanges, mais elle rend le travail des lubrificateurs sous leurs EPI

³³⁸ Baptiste, responsable chantier d'une entreprise de maintenance en mécanique, Fos-sur-Mer, 2021.

³³⁹ Marcelle Duc, *Le travail en chantier*, Toulouse, Octarès Editions, 2002.

³⁴⁰ Extrait carnet de terrain, Grand-Arrêt, Saint-Gaudens, 2019.

³⁴¹ Sébastien, responsable chantier, Care, 2019.

bien plus éreintant, pouvant conduire à des malaises et des troubles somatiques. Les bleus de travail s’imbibent de sueur et deviennent de plus en plus lourds, les gestes de manutention de plus en plus difficiles. Les pauses se multiplient pour diminuer les effets des hautes températures. Le vent est également un facteur à prendre en compte ! Il empêche de laisser l’huile s’écouler sans surveillance et implique un réajustement continu du bac de rétention. Le lubrificateur doit alors faire les vidanges les unes après les autres. Et que dire des intempéries :

Avec deux coéquipiers, on est en haut d’un bâtiment, en fin de process des copeaux de bois. On a dû monter plusieurs échelles pour y accéder et se faire passer les seaux, brocs, barquettes et outils à l’aide de cordes. Tout en haut, il y a deux réducteurs couplés à la motorisation de tapis à vidanger. Pendant que l’huile s’écoule, Guillaume, un intérimaire local, regarde vers les montagnes et me dit : « il va pleuvoir dans pas longtemps. ». Je regarde, et en effet, l’horizon se noircit. J’appelle le patron pour le prévenir. Il me demande où on en est, de descendre au plus vite et de se rapatrier dans les bâtiments. Il y a encore du travail sous les hangars ! Les premières gouttes tombent lors des remplissages. On essaye d’étanchéfier au mieux pour que l’eau ne vienne pas s’insérer dans le réducteur. Dès qu’on termine, on plie le chantier. Pendant la descente, la pluie s’intensifie, l’air frais des montagnes transforme la pluie en grêle, les casques ne sont pas de trop³⁴².

Des pluies importantes empêchent ou contraignent le déroulement de certains chantiers qui ne peuvent se dérouler que par temps sec. Ces aléas climatiques ou logistiques influencent le déroulement interne de chaque chantier mais ont aussi un effet domino. Si le chantier prioritaire ou dangereux sur une zone spécifique prend du retard, ce sont tous les autres chantiers qui doivent s’adapter, et le planning général qui devient caduc.

Le planning n’est pas seulement mis à mal par des aléas exogènes à l’organisation du travail. S’y ajoutent des aléas endogènes, qui ont davantage les traits de défauts organisationnels : « *Les Italiens, ils m’ont fait un devis pour un chantier de cinq jours, je les vois arriver trois jours avant, et ils me disent qu’ils auront trois jours de retard, mais de pas m’inquiéter !* »³⁴³ Certaines entreprises sous-traitantes minorent volontairement la durée annoncée de leur

³⁴² Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2018.

³⁴³ Dominique, préparateur de chantier entreprise de production, Saint-Gaudens, 2021.

chantier afin d'obtenir le marché, et négocient des extensions de mise à disposition de zones sur le planning. Le caractère prototypique de certains chantiers conduit à des retards, du fait que le déroulement de l'opération de maintenance est plus long qu'estimé. Ces aléas d'ordre mécanique peuvent être en partie gérés au sein des équipes de maintenanciers, selon le mécanisme de « prescription floue »³⁴⁴. Néanmoins, cette accumulation de retards conduit à une réorganisation permanente de la concurrence spatiale et à une mise sous pression des chantiers à mesure que l'on s'approche de la date butoir.

2.4. *Le chantier de lubrification : un chantier non prioritaire et une organisation flexible*

L'ensemble des acteurs sait bien que planifier cet enchevêtrement de chantiers est vain et que le planning n'est qu'indicatif. Rapidement, une réorganisation permanente du planning des chantiers se met en place. Cette réorganisation formelle passe par des réunions de suivi de la coactivité, qui sont organisées tous les après-midis. Les préparateurs de chantiers, le personnel de sécurité et les responsables de chantiers des entreprises sous-traitantes sont conviés à ces réunions. Les chantiers qui nécessitent de lourdes manutentions et les chantiers en mécanique de précision restent prioritaires. Pour les chantiers non prioritaires, tout un travail relationnel entre en ligne de compte pour favoriser l'accès aux zones les plus demandées. Plus le préparateur de chantier ou le responsable de chantier est intégré dans le collectif de l'usine, plus la réorganisation et l'avancement du chantier seront facilités. Cette organisation et cet effort de replanification sur une courte période n'immunisent pas face à l'aléa, ils permettent seulement de s'y adapter. Il s'agit donc de montrer comment, à travers ce phénomène de réorganisation permanente, formelle mais aussi informelle, on peut discerner un système de coordination propre au chantier de lubrification.

2.4.1. *Une position professionnelle et technique dévalorisée*

Cette négociation s'appuie principalement sur la position dans la hiérarchie professionnelle des travaux de maintenance. Certains chantiers de travaux neufs* ou de maintenance curative* font intervenir des moyens de manutention importants et beaucoup de main-d'œuvre. Ils sont prioritaires sur tous les autres. Ils sont assez longs à réaliser et ont un caractère spectaculaire.

³⁴⁴ Marcelle Duc, 2002, *op. cit.*

Surtout, il est impossible de redémarrer l'installation tant que les chantiers en maintenance curative ne sont pas terminés. Les travaux de maintenance curative conservent une valeur professionnelle importante pour les acteurs, du fait de cette activité d'enquête sur la panne et du risque face à la date de redémarrage : « *réparer des trucs comme ça, tu sais quand tu commences, tu sais jamais quand tu finis* » ou encore « *démonter, c'est pas difficile, ce qui est compliqué, c'est de remonter* »³⁴⁵.

Les travaux de maintenance préventive, comme la lubrification, ne remettent jamais en cause le possible redémarrage du site, même s'il est préférable de finir la liste d'opérations en temps et en heure. Le chantier de lubrification a en plus un caractère diffus. Il se déroule sur l'ensemble du site. Les lubrificateurs sont donc rapidement éparpillés le long des infrastructures du flux. Ils n'occupent pas une zone en concentrant du personnel, ce qui nécessiterait de remplir une case du planning et, de ce fait, exclurait les autres maintenanciers. En sus, l'opération de lubrification doit avoir lieu après l'opération de réparation. Elle perd donc tout aspect prioritaire, à tel point que Tony, un responsable chantier de Care propose ceci : « *Ce qu'il faudrait c'est prolonger l'arrêt d'une semaine juste pour nous, pour qu'on passe une fois que toutes les réparations sont faites.* »³⁴⁶. Sa position dans l'ordonnancement des tâches conduit le chantier de lubrification à ne pas être prioritaire dans la planification des travaux ce qui contribue à placer l'agent de lubrification en dessous des mécaniciens dans la hiérarchie professionnelle de la maintenance. Le responsable de chantier doit adapter son chantier, en étant flexible et en profitant des temps creux, quitte à parfois jouer des coudes pour lubrifier les grains de sable qui grippent le planning.

2.4.2. Un chantier en mouvement

Cette temporalité de maintenance est caractérisée par une pression temporelle diffuse. La pression du redémarrage de l'installation subsiste, malgré les quinze à vingt jours disponibles pour réaliser les travaux. Bien évidemment, plus les jours du « Grand arrêt » s'égrènent, plus la pression du flux se fait sentir sur les équipes. Le responsable du chantier et le préparateur de chantier veillent à maintenir une pression continue sur les troupes mais deux moments de haute pression sont à noter : le début et la fin du chantier.

³⁴⁵ Christopher, responsable chantier, Care, Stenay 2019.

³⁴⁶ Tony, responsable chantier, Care, Fos-sur-Mer, 2020.

i. Lancer le chantier

Le début de chantier est un moment capital pour le responsable de chantier, qui va « *lancer le chantier* » ou le « *démarrer* ». Il cherche à mobiliser l'ensemble de ses lubrificateurs en leur conférant une zone spatiale et un ensemble de travaux. Souvent, il accompagne les troupes sur la zone de chantier pour s'assurer que les réducteurs et paliers ont bien été identifiés, que les outils, seaux, barquettes sont embarqués, que le fût d'huile neuve et le maxi-fût de rétention sont à proximité. Il associe cette mise en mouvement de l'organisation au geste physique. Il marche à pas décidés devant les lubrificateurs pour montrer le chemin, et n'hésite pas à porter des outils si nécessaire. Il presse ses ouvriers de se déployer et de débiter les travaux. Il exerce un maximum de pression, afin que chacun sache ce qu'il a à faire et se mette au travail. Les premiers jours sont déterminants pour le reste du chantier, c'est à ce moment précis que l'énergie musculaire est la plus disponible, et le moral le meilleur. Ces deux éléments s'effritent au fil des jours du fait de l'usure des corps. C'est aussi dans ces premiers jours que le chantier de lubrification peut s'appuyer sur le planning établi pour faire valoir ses droits à l'espace.

ii. Un chantier en mouvement et flexible

Le chantier de lubrification doit se déplacer tout le long du chemin du flux, et cette spécificité lui confère de fait une certaine mobilité, qui peut être utilisée en cas d'aléa, mais aussi pour accéder à un espace à forte demande. L'exemple de la pluie éclaire cette question. Une forte intempérie rend impossible les lubrifications en plein air et donc, presque instantanément, les équipes sont redéployées dans les zones couvertes. Conserver des zones couvertes à traiter en cas de temps incertain fait donc partie de l'organisation du chantier de lubrification. À l'inverse, des chantiers statiques et en plein air sont bien plus démunis face aux intempéries.

Un tel déploiement rapide du personnel peut aussi servir lorsqu'une zone sensible est libérée pendant une heure entre deux chantiers plus longs. L'organisation des équipes de lubrificateurs en binôme permet un redéploiement rapide des équipes par le responsable de chantier. Les chantiers de lubrification peuvent être « repliés » en quelques minutes, et déplacés à l'aide d'une brouette sur une autre zone. Les communications téléphoniques facilitent ces mouvements coordonnés. Par ces déplacements rapides, le responsable de chantier cherche à prendre des positions difficiles d'accès face aux autres maintenanciers et à accomplir les missions établies. En plus de ce travail logistique il réalise des visites de contrôle de chaque

binôme pour pointer l'avancement des travaux et s'assure qu'il n'y a pas de point de blocage. Il adopte une position de ressource pour les binômes, en allant chercher un outil manquant ou en se concentrant sur les problèmes rencontrés. Cette flexibilité de mouvement dans l'espace se combine avec une flexibilité horaire. Les lubrificateurs utilisent les tranches horaires de repos des autres maintenanciers pour éviter la coactivité. Ils décalent ainsi leurs heures de repas et de fin de journée, d'accéder à des zones dans lesquelles la coactivité est déclarée impossible. Une autre modalité de cette flexibilité horaire consiste à venir travailler un des deux jours du week-end, car le nombre d'intervenants y est bien plus faible. Pendant ce travail en horaires décalés, l'équipe de lubrificateurs se trouve dans une totale autonomie sur le site.

Le chantier de lubrification utilise donc pleinement son caractère mobile, mais sa flexibilité horaire marque aussi son aspect dévalorisé. Les lubrificateurs sont contraints d'utiliser les plages horaires vacantes, c'est-à-dire les temps de repas et de repos des autres maintenanciers, pour pouvoir accéder aux espaces concurrentiels du site. Cette situation est perçue par les acteurs comme une stratégie d'accès permettant de réaliser leur mission. En réalité, il s'agit d'éviter la coactivité au maximum, afin de ne pas faire face à des confrontations dont l'issue pourrait être défavorable. Cette coordination par l'évitement se concrétise par une progression contrariée dans le plan de travaux. Aucune zone de l'usine n'est complètement terminée lors du premier passage des agents de lubrification, car des chantiers nécessitant des manutentions bloquent des accès à des mécanismes.

iii. Comblent le gruyère

Le chantier se déroulant sur plusieurs dizaines de jours, il est donc possible d'avancer sur des zones de l'usine et de laisser en attente quelques éléments à lubrifier. De cette façon, si un espace est occupé par une autre entreprise de maintenance pendant une longue période, les lubrificateurs réalisent les opérations prévues en contournant la zone occupée, et notent que les éléments non accessibles ne sont pas traités. Ils utilisent des cahiers de travaux répertoriant toutes les opérations à effectuer pour chaque secteur de l'usine ainsi que le type et le volume de lubrifiant. Pour les vidanges, les agents de lubrification marquent un « V » sur la ligne de l'opération pour signifier qu'ils ont vidangé le mécanisme et un « R » pour le remplissage avec la date. Pour les graissages, c'est un « OK » qui est écrit sur la ligne de travaux avec la date de réalisation. Les zones de chantier ne sont pas nécessairement terminées lors du premier

déploiement de personnel et ces cahiers permettent au responsable de chantier de suivre l'avancée des travaux.

Au bout de quelques jours, le cahier de réalisation des travaux ressemble à un « gruyère », dont il va falloir boucher les trous lors d'un second déploiement. Cette organisation provoque une perte de temps non négligeable et des déplacements qui auraient pu être évités. Parfois, le temps de manutention et de trajet dépasse celui de l'acte de lubrification. Cette organisation n'est pas du goût du préparateur de chantier, qui voit s'accumuler les travaux restant à réaliser, ce qui lui donne l'impression que des oublis vont être déplorés. À l'approche de la date butoir, il met donc une pression importante sur le responsable de chantier pour que ces « trous de gruyère » soient comblés. Le responsable de chantier transmet cette pression en demandant continuellement un suivi de l'avancement, allant de lubrificateur en lubrificateur. Son activité de contrôle est éreintante, car les binômes sont en mouvement permanent aux quatre coins de l'usine. Cette mise sous pression conduit à de nombreux déplacements et à un sentiment d'intensification du travail pour le lubrificateur qui multiplie les manutentions et les distances de déplacement. Leur travail consiste alors à boucher les trous du cahier de travaux en négociant et en forçant des accès.

2.4.3. Lubrifier les grains de sable

Cette flexibilité de l'organisation du chantier de lubrification trouve ses limites face à des chantiers retardés ou occupant l'espace de façon intensive. Tout le travail du responsable de chantier et de son préparateur de chantier consiste alors à trouver du travail pour les lubrificateurs :

On monte sur le train, mais on n'a rien de précis à faire. On déambule de gauche à droite. On est bloqué, on ne peut accéder nulle part. Le bruit des autres chantiers et l'atmosphère enfumée sont éreintants. Le temps semble s'écouler au ralenti. Nico enchaîne les cigarettes. On se précipite dès qu'on nous dit qu'on peut faire un truc, même un petit bricolage³⁴⁷.

Le chantier peut ralentir, mais son arrêt est source de tension au sein de l'équipe, car il conduit à l'ennui des lubrificateurs et à la crainte d'une intensification future. Cette coordination entre

³⁴⁷ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, Fos-sur-Mer, 2018.

les deux parties s'avère parfois âpre. Le préparateur de chantier a ses priorités, il veut que les points sensibles du process de production, c'est-à-dire ceux qui ont connu une panne importante récemment, soient lubrifiés en priorité. Les maintenanciers internes à l'usine de production ont toujours en mémoire les casses importantes pour déterminer ce qui est sensible ou non. Le responsable du chantier cherche quant à lui à obtenir la consignation de zones importantes du process, afin de limiter la dispersion de ses troupes et d'économiser les déplacements. Tous deux ont en revanche intérêt à ce que le chantier avance et que les lubrificateurs restent occupés. Le préparateur de chantier joue un rôle de médiateur et de facilitateur. Il va négocier avec ses collègues de travail, afin de pouvoir accéder à certaines zones sous un régime de coactivité :

Grégory [aide préparateur de chantier] revient de la chaudière biomasse. Il n'est pas parvenu à nous obtenir un accès. Il y a un gros chantier avec des grues, qui vise à changer les ressorts du filtre magnétique de la chaudière. Régis [préparateur de chantier] dit d'un air agacé : « Non mais si tout le monde bloque, on ne va pas y arriver. Suivez-moi ! » Sébastien et son intérimaire prennent le pas décidé de Régis³⁴⁸.

Les maintenanciers travaillent sous un régime de coactivité. Celle-ci est médiatisée et surveillée par les différents préparateurs de chantier qui assurent son bon déroulement. Ces derniers lubrifient cette coopération de quelques instants en endossant le rôle d'agent de la circulation. Dans d'autres cas, le lubrificateur joue lui aussi des coudes, particulièrement face aux chantiers qui ne bénéficient pas d'une place supérieure à la sienne dans la hiérarchie professionnelle :

Je dois m'occuper en vitesse des aspiro-réfrigérants de l'usine, ce sont deux grands ventilateurs de la taille d'une éolienne, mais en position horizontale. Les réducteurs en leur centre sont suspendus dans les airs. La boîte d'échafaudage a monté une plateforme pour y accéder, mais elle en a besoin sur un autre chantier, donc elle va bientôt la démonter... Je suis en place, et je vois deux gars avec des tuyaux et des karchers qui se déploient. Je vais les voir et leur dit : « Ça va pas être possible, les gars, là je dois mettre de l'huile neuve dans les réducteurs, il ne faut pas qu'une seule goutte d'eau entre dans le carter ! J'en ai pour deux heures max ! Vous n'avez pas autre chose à faire ? ». Sans trop de discussion les nettoyeurs ont quitté la zone³⁴⁹.

³⁴⁸ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2018.

³⁴⁹ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2017.

Les chantiers de nettoyage sont considérés comme moins primordiaux que les chantiers de maintenance préventive. Les nettoyeurs se situent en dessous des lubrificateurs dans la hiérarchie professionnelle. La hiérarchie est plus floue entre les agents de lubrification et les mécaniciens qui font de la maintenance préventive. Ces coordinations directes entre maintenanciers sont souvent houleuses et bruyantes, la concurrence pour accéder à l'espace passe alors par d'autres arguments :

Avec Guillaume, on est sur l'électrofiltre en train de faire une vidange, et là, tout d'un coup, on reçoit un bain d'étincelles venant d'au-dessus de nous. Trois mecs sont en train de meuler sans protection. On crie pour les avertir et pour qu'ils arrêtent !³⁵⁰

L'argument de la sécurité reste déterminant. Mettre en danger une autre personne par une coactivité mal maîtrisée conduit souvent à l'arrêt du chantier qui produit la mise en danger. L'argument du temps nécessaire à l'opération avant de libérer l'espace est souvent mobilisé par les lubrificateurs qui ne sont que de passage. À mesure que l'on s'éloigne des chantiers perçus comme prioritaires, la flexibilité du déploiement du chantier, sa capacité à se réorganiser et à redéployer les équipes, devient un avantage prépondérant. Le rôle du préparateur de chantier est important dans cette réorganisation : il est un facilitateur, il ouvre des zones de travail. Il se présente comme un surveillant qui contrôle l'exécution des travaux, mais rapidement il risque de basculer dans le prescriptif, c'est-à-dire de s'insérer dans la chaîne hiérarchique du chantier de maintenance.

3. Le temps du lubrificateur

L'appellation de lubrificateur pour nommer les ouvriers en charge de la lubrification, n'apparaît pas sur les terrains d'enquête. Cette formulation permet d'insister sur la dimension technique saillante de cette temporalité, par l'utilisation et la manutention d'un produit de façon massive : l'huile. Il est difficile de réaliser une estimation précise de la quantité d'huile manipulée au cours du chantier, mais ce sont plusieurs milliers de litres d'huile qui sont manutentionnés. Des fûts de deux cents litres d'huile sont mis en perce chaque jour de travail. En proportion, les opérations de graissage deviennent une activité marginale. Le premier développement analysera l'huile comme une matière technique insérée dans un processus de production automatisée.

³⁵⁰ Extrait carnet de terrain Grand arrêt, St-Gaudens, 2019.

Pour remplacer l'huile, l'agent de lubrification réalise des opérations de vidange et de remplissage sur tout le site industriel. Cette opération fait appel à des techniques et savoir-faire qui seront explicités dans le second développement.

3.1. *De l'huile pour lubrifier le principe de continuité*

L'huile est un élément essentiel pour assurer le fonctionnement continu des processus de production chimique. Ce lubrifiant facilite et médiatise un transfert et une transformation du mouvement rotatif, entre une motorisation électrique et un outil de travail de la matière, en diminuant les à-coups et le risque de casse. L'huile est une matière technique, c'est-à-dire qu'elle est elle-même issue d'un processus de production, et bénéficie de caractéristiques physiques bien définies, lui permettant d'assurer des fonctions de production.

L'huile est une matière que l'on trouve dans la vie quotidienne, en particulier dans la cuisine. Elle est alors d'origine végétale. L'huile industrielle, appelée huile minérale ou synthétique en fonction des compositions chimiques, est un sous-produit du raffinage du pétrole. Plus visqueuse que l'huile d'olive, c'est-à-dire plus dense, sa texture se rapproche davantage de celle du miel, et sa couleur artificielle varie du jaune très clair à l'orange foncé. Ses critères techniques, qui varient d'une huile à l'autre, sont principalement sa viscosité et sa résistance à la température³⁵¹. En fonction des conditions de fonctionnement de la machine-outil ou du mécanisme, une huile spécifique sera sélectionnée pour satisfaire aux conditions de puissance et de vitesse de rotation du couple mécanique, ainsi qu'au poids et à la température de l'équipement. Plus les facteurs de poids et de puissance sont importants, moins l'usage de l'huile sera pertinent. On lui préfère alors le graissage.

L'huile minérale et synthétique se situent entre deux catégories de matière, les matières solides et les matières liquide. Comme l'a explicitement montré Marie Douglas³⁵², cette position peut induire un sentiment de rejet de la part du technicien de maintenance dans son rapport physique avec la matière, car celui-ci éprouve des difficultés à la catégoriser, à la manier. Si l'huile neuve est immaculée, limpide et presque inodore, l'huile usagée est dégradée. Elle perd ses caractéristiques techniques. Elle est en quelque sorte consommée par le processus de

³⁵¹ Des différences existent aussi au niveau des adjuvants qui peuvent donner des caractéristiques spécifiques aux huiles synthétiques, comme les antioxydants.

³⁵² Mary Douglas, *De la souillure. Essai sur les notions de pollution et de tabou*, Paris, La Découverte, 2005.

production, ce qui se traduit par son usure ou sa pollution. Le sentiment de rejet vis-à-vis de cette matière polluée est démultiplié. En effet, du fait des frottements, des poussières de métal et de l'augmentation de la température, l'huile brunit et perd peu à peu sa liquidité et ses propriétés lubrifiantes. Une odeur nauséabonde spécifique s'en dégage, une « *odeur de brûlé* » selon les acteurs.

L'huile, par ses propriétés chimiques et sa viscosité, résiste pendant plusieurs mois, même parfois plusieurs années, au processus de production. Elle ne s'use pas facilement et n'est pas rapidement détériorée. Cette caractéristique permet d'espacer les arrêts de la production pour lancer une « campagne de vidanges »³⁵³ et de remplissages des réservoirs ou « carters »³⁵⁴. C'est en ce sens que ce lubrifiant s'insère dans la recherche d'une extension de la continuité de la production. Bien entendu, plus l'huile est polluée, plus elle perd sa capacité à médier la transmission du mouvement, et plus l'usure des pièces est importante. Le risque d'aléa mécanique de l'installation est proportionnel au degré de pollution de l'huile, et peut même traduire « l'état de santé » du site de production. Plus l'huile s'use rapidement, plus cela signifie que des dysfonctionnements sont présents sur l'installation et que le circuit de production risque de connaître des aléas mécaniques.

Des usures plus rapides de cette matière peuvent être liées aux conditions de fonctionnement dégradées mais normales, de l'installation. Les plus fréquentes sont la présence de fuites sur les réservoirs, et donc d'un niveau d'huile sous optimal. Cette perte de lubrifiant provoque un frottement anormalement élevé, une augmentation de la température, et donc une usure plus importante des engrenages. Cette usure précoce de la matière peut aussi résulter d'un défaut dans le montage des mécanismes de transmission du mouvement. Un alignement approximatif des mécanismes de la chaîne cinématique amplifie le phénomène de frottement et l'abrasion des engrenages. Une pollution fréquente de l'huile découle de problèmes d'étanchéité des réservoirs. De l'eau, de la poussière et des bris de métal s'infiltrant dans les carters, se mélangent au lubrifiant et s'immiscent dans la relation de médiation entre les engrenages. Si l'eau reste un lubrifiant efficace, elle ne résiste pas aux forces, vitesses et températures décuplées lors du process. Dans ces cas de figure, la mixture perd en viscosité et tend à devenir

³⁵³ Terme autochtone.

³⁵⁴ Terme autochtone.

une sauce colorée entre le jaune et le marron : « *C'est de la mayonnaise !* »³⁵⁵. La mixture dégage une odeur repoussante et typique. Ces aspects et odeurs de l'huile souillée renforcent l'appréciation négative de l'ouvrier de maintenance à l'encontre des opérations de vidange, car il craint le contact avec cette matière.

3.2. L'opération de vidange et de remplissage

L'agent de lubrification, pendant cette temporalité, réalise principalement une opération de travail : la vidange et le remplissage. La vidange consiste à retirer l'huile usagée du réservoir. Il s'agit d'une opération banale, que l'on retrouve dans le champ de la maintenance automobile, mais qui réserve son lot de surprises et appelle bon nombre de « coups de main ». La seconde phase consiste à remplir le réservoir avec de l'huile neuve. Une notion de niveau d'huile optimal, et donc de jugement, entre en jeu. Sur le plan théorique, nous avons vu que cela correspond à remplir le réservoir de façon que l'arbre inférieur de transmission soit au contact de l'huile. Dans la pratique, des niveaux à bouchon, œil, tube témoin ou jauge, viennent équiper le jugement du lubrificateur. Ces équipements de jugement ne combleront pas toutes les incertitudes. Souvent, il faut se « débrouiller » pour estimer comment déterminer le bon niveau. Il convient aussi de négocier avec les préparateurs de chantiers, qui s'appuient sur une forme de « mémoire de l'usine » des dysfonctionnements ou des casses, pour estimer ce niveau d'huile.

3.2.1. Vidanger : des savoir-faire pour s'adapter au milieu

À première vue, la réalisation des vidanges peut apparaître comme un travail peu qualifié. Il s'agirait alors simplement de dévisser un bouchon et de regarder l'huile couler. Cette opération nécessite en réalité un ensemble de savoir-faire spécifiques. Derrière le terme « opération de vidange » que l'on trouve sur la liste des travaux, se dissimule une multitude d'ajustements et d'adaptations au milieu de travail. C'est un exemple du classique éloignement entre travail prescrit et travail à réaliser. Chaque vidange induit un calcul nouveau, tout en s'appuyant sur un mode opératoire stabilisé :

Le premier truc à faire, quand tu fais une vidange, c'est de dévisser le bouchon de remplissage, car si tu peux pas le remplir et que tu l'as vidé, on est baisés, puis tu le

³⁵⁵ Sébastien, agent de lubrification, Care, Saint-Gaudens, 2017.

refermes. Ensuite, tu repères le bouchon de vidange et tu regardes comment tu peux faire sortir l'huile sans en mettre partout. T'as des barquettes en alu ou du papier absorbant si besoin pour faire des rigoles. Pour récupérer l'huile, il y a des gamates³⁵⁶ de plein de tailles et des seaux que tu mets en dessous. Ne remplis pas trop les seaux, sinon tu pourras pas les porter jusqu'au maxi-fût³⁵⁷. »³⁵⁸

Tout le problème que posent ces vidanges, réside dans la position de montage du motoréducteur. Il peut être en hauteur, au ras du sol, voire encastré dans un soubassement, mais aussi incliné à 45° ou à 90° et imbriqué sous d'autres éléments mécaniques ou carters de protection. Il est alors parfois tentant de se demander si les opérations de lubrification manuelles ont été intégrées dans le schéma de montage de l'installation. Les responsables maintenance des sites de production pestent sur les bureaux d'études qui ne prennent pas suffisamment en compte les opérations de maintenance dans leurs plans : « *Après, nous, on doit se démerder avec. Ils ne nous demandent jamais si ça nous va !* »³⁵⁹. Il faut donc constamment s'adapter à l'environnement qui n'est pas nécessairement pensé pour la maintenance, mais davantage pour la production. Cet impensé de la maintenance de l'installation peut conduire à des situations où l'opération ne peut tout simplement pas être effectuée. C'est la raison pour laquelle, avant toute chose, il faut vérifier que le bouchon de remplissage soit dévissable et que l'on peut introduire, par l'orifice dégagé, le bec verseur d'un flexible de pompe. Il n'y a rien de plus contrariant que d'avoir mis à sec un réducteur que l'on ne peut pas remplir. Il y a toujours un moyen de s'en sortir, en remplissant par la vidange ou par le bouchon de niveau tout en essayant de créer plus ou moins une étanchéité, mais sans jamais atteindre le niveau optimal.

i. Petit manuel pour dévisser un bouchon

L'opération de démontage reste assez sommaire, il s'agit de dévisser un bouchon, c'est-à-dire une vis. Il existe deux types d'empreintes pour les vis : des vis BTR ou des vis à six pans. Celles-ci varient en taille. Le lubrificateur s'équipe avec bon nombre d'outils de démontage, tels que des jeux de clefs, pour parer à toutes les situations. Il économise ainsi ses pas lors de ces longues journées, en évitant de s'infliger un aller-retour entre le conteneur à outils et le lieu

³⁵⁶ Terme autochtone. Se référer au glossaire.

³⁵⁷ Terme autochtone. Se référer au glossaire.

³⁵⁸ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2017.

³⁵⁹ Quentin, prédateurs de chantier, entreprise utilisatrice, Grand arrêt, 2021.

du chantier pour une clef manquante. Les bouchons de vidange sont souvent grippés. Cela peut être dû à la poussière qui sertit la vis, ou au joint d'étanchéité qui, par élévation de la température, fait effet ventouse. Parfois même, la peinture apposée sur le réducteur neuf recouvre et unit l'ensemble. Ces bouchons n'étant manipulés que lors de ces arrêts annuels, il n'est pas surprenant qu'ils soient difficiles à dévisser.

Lorsque le bouchon résiste, tous les moyens sont bons pour faire « sauter le bouchon »³⁶⁰. Tout l'enjeu consiste à augmenter l'effet de levier pour appliquer plus efficacement la force de l'agent de lubrification. Celui-ci peut utiliser une clef plus longue, un emboîtement de clefs BTR et à tubes, ou tout simplement un tube dans lequel il coince la clef. Dans les cas où le bouchon est récalcitrant, un bon coup de pied dans le manche de la clef ou un coup de marteau bien senti le sort d'affaire. Encore faut-il savoir bien positionner la clef sur l'empreinte de la vis. Si ce n'est pas le cas, la force déployée va venir « foirer » * l'empreinte de la vis et la rendre indévissable. Il faut alors utiliser d'autres outils plus difficiles à manipuler efficacement, comme la clef à griffe ou le marteau et le burin. Une fois que le bouchon a bougé, il sera facile à dévisser. La difficulté réside précisément dans sa mise en mouvement.

ii. Dompter le flux d'huile

Si le remplissage est possible et le bouchon débloqué, l'opération de vidange peut débuter. L'agent de lubrification va alors imaginer l'écoulement du flux d'huile et essayer de le canaliser vers un seau de manutention. Une adversité entre l'huile usagée ou impropre, qui apparaît comme indomptable, et le lubrificateur se noue :

*Je me suis fait avoir ce matin, pour vidanger un réducteur, j'ai débouché le bouchon de remplissage pour m'assurer de pouvoir le remplir. Pas de problème et du coup, après avoir préparé mon bac de rétention, j'ouvre le bouchon de vidange et là, geyser ! Je me suis fait doucher par l'huile...*³⁶¹

Il faut prendre garde à bien refermer le bouchon de remplissage, sinon le lubrificateur favorise l'écoulement rapide de l'huile en créant un appel d'air. L'huile chaude sort brutalement par la vidange. Tout contact est ressenti par l'ouvrier comme une souillure à cause du caractère pollué,

³⁶⁰ Locution autochtone qui signifie : parvenir à décoller la tête de vis de la paroi du réservoir.

³⁶¹ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2017.

liquide, glissant et collant du lubrifiant. Dompter le flux d'huile n'est pas chose facile et nécessite une habileté de la part de l'intervenant :

Il faut vidanger le réducteur d'entraînement des copeaux situé juste au-dessus de la tour de lavage, le bouchon de vidange est positionné sous le réducteur et il n'y a pas de vanne installée dessus. Pour y accéder, on doit marcher sur le haut d'une cuve, il faut donc mettre le harnais pour accéder. Je suis recroquevillé sous le réducteur, assis sur une fesse, le visage vers le haut pour voir ce que je fais. Le seau lui aussi est trop grand, il ne passe que de biais. Me voilà en train de démonter le bouchon d'une main et de tenir le seau de l'autre. Après l'avoir débloqué avec une clef plate, je finis de le dévisser à la main. J'arrive au dernier filetage, l'huile surgit très fort, j'ai à peine le temps de baisser la tête et de tenter de mettre le seau sous le flux. Petite douche... Mon chef de chantier, qui assiste à la scène, me dit d'en profiter pour installer une vanne³⁶².

Des systèmes de tuyaux peuvent être montés directement sur le bouchon de vidange grâce à des raccords. L'opération consiste à installer une vanne à la place du bouchon, pour ensuite y raccorder un tuyau. En contrebas, le lubrificateur positionne alors un bidon dans lequel il fixe le tuyau. En ouvrant la vanne, il aperçoit l'huile qui s'écoule, simplement grâce à la gravité. D'autres outils servent de rigoles entre le réducteur et le bidon. Sur certains sites, les lubrificateurs utilisent des gouttières en PVC. L'huile n'a donc qu'une seule voie de sortie, elle est ainsi canalisée et conduite par déclivité vers un seau. Dans d'autres cas encore, ils utilisent des barquettes en aluminium vendues dans le commerce pour les plats cuisinés.

Le responsable du chantier m'a encore envoyé au réducteur du bac à cendres de la chaudière, 25l d'huile à vidanger à l'aide d'une barquette d'aluminium de 0.5l... Et encore, il faut la déformer pour la faire rentrer dans le petit trou situé sous le bouchon de vidange, donc je suis sûr que je perds en volume. Pendant 1h30, je transvase progressivement l'huile. Le plus délicat est de ne rien renverser et de revisser le bouchon de vidange dans le torrent d'huile chaque fois que la barquette est pleine³⁶³.

Ces barquettes en aluminium présentent l'avantage de pouvoir être modelées tout en conservant une certaine rigidité. Elles peuvent être adaptées à de nombreuses situations. Une autre

³⁶² Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2019.

³⁶³ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2018.

technique consiste à détourner l'usage du papier absorbant, prévu en cas de fuite, pour l'utiliser comme revêtement pour diriger l'huile vers le seau. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, le temps d'absorption de l'huile par ce papier est long, et il convient parfois mieux de s'en servir comme d'un tuyau. Dans les cas de vidanges les plus critiques, c'est-à-dire quand le bouchon de vidange est inaccessible, les lubrificateurs utilisent une pompe à dépression pour ôter l'huile des réducteurs. Cette pompe va aspirer l'huile du réducteur par un tuyau que l'on fait pénétrer par le bouchon de remplissage. L'opération est plus lente, moins efficace, et l'huile au fond du réservoir est plus difficile à capter. Les conditions d'exécution et les techniques employées pour réaliser la vidange font partie de la narration positive de cette tâche :

Je suis devant un réducteur qui est encastré dans un bac de rétention incliné, le bouchon de vidange est au ras du sol. Le R.O. passe, je lui montre la situation et il me dit : « Va demander à Christopher comment faire, il est devenu adroit avec les barquettes ». En effet, Christopher double les barquettes de papier absorbant afin de les rigidifier, et fabrique ainsi une gouttière malléable qu'il peut adapter à toutes situations. On s'entraide pour réaliser la vidange qui reste compliquée...³⁶⁴

Les lubrificateurs se targuent d'avoir rusé ou utilisé une technique particulièrement ingénieuse à la vue de l'environnement de travail. Cette débrouillardise fait appel aussi bien à des outils dédiés, comme des pompes ou des tuyaux et raccords, qu'à des objets détournés à cette fin. Ces ficelles du métier peuvent se complexifier et sont transmises de lubrificateur en lubrificateur.

iii. Surveiller l'écoulement des flux d'huile

Une forme de concurrence s'établit entre les équipes de lubrificateurs. Elle repose sur le nombre de vidanges réalisées, la quantité d'huile vidangée et l'aspect qualitatif de l'opération. À chaque moment de pause, ou lorsque les lubrificateurs se croisent à l'atelier, ils discutent de l'avancement de leur travail, des problèmes qu'ils ont rencontrés et de la façon dont ils sont parvenus ou non à les résoudre. Parallèlement, avancer dans son travail permet aussi à cet ouvrier de chasser l'ennui. Le temps d'écoulement de l'huile peut être perçu comme long, il peut se compter en minutes comme en heures. L'agent de lubrification se sent bloqué et captif de ce temps de vidange. Parfois, il doit rester inerte pour surveiller l'écoulement de l'huile ou

³⁶⁴ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2019.

tenir en équilibre la gamate ou le seau de vidange. Sa perception du temps se trouve brouillée, les minutes se transforment en heures.

L'agent de lubrification connaît des trucs et astuces pour augmenter la vitesse des vidanges sur un secteur de travail. Pour autant, il ne peut avoir qu'un rôle de facilitateur, car c'est la force de gravité qui constitue la principale force motrice de l'huile en phase de vidange. Comme nous l'avons dit plus haut, ouvrir le bouchon de remplissage permet d'accélérer l'écoulement du flux grâce à un appel d'air. Il faut en revanche être d'autant plus vigilant, car un flux plus fort étant moins facile à contrôler, il peut déborder de son canal ou du seau de vidange. La surveillance doit donc être plus serrée. Une autre façon d'augmenter sa productivité est de lancer plusieurs vidanges en même temps :

Ce matin, j'ai eu pour mission de m'occuper des vidanges des paliers des tambours de l'écorceuse. Le jeune type de Lille est avec moi. J'ai déjà fait plusieurs fois l'écorceuse, les réducteurs sont gros et les bouchons de vidange mal positionnés, mais ils sont tous en ligne. Pour récupérer l'huile, il faut des gouttières. On se rend sur zone. J'ouvre le premier réducteur et avec la gouttière, m'assure de l'écoulement de l'huile dans un seau. Ce ne fut pas une mince affaire, le bouchon est peu accessible et fort serré. L'huile coule dans la rigole dès que je retire le bouchon et m'asperge les doigts. J'enlève ma main et accentue la déclivité de la gouttière avec des copeaux. Je dis au Lillois de bien surveiller que les seaux ne débordent pas ! Je continue sur quatre réducteurs. N'ayant plus de gouttière, je m'arrête. Pendant quinze à vingt minutes, avec le petit Lillois on surveille le remplissage des seaux et la position de la gouttière pour ne pas créer une mare d'huile. Au fur et à mesure, on remplace les seaux et on manutentionne l'huile jusqu'au maxi-fût en contre-bas. Dès qu'un palier est vide, j'en mets un nouveau en perce³⁶⁵.

En effet, une fois une première vidange lancée et maîtrisée, on peut en démarrer d'autres. C'est parfois cinq à six réducteurs qui s'écoulent en même temps. Les lubrificateurs réalisent alors une surveillance des canalisations et contenants du flux d'huile. La mise en vidange de plusieurs réducteurs ou paliers de façon synchrone suppose que le lubrificateur a élaboré un système de récupération d'huile autonome, afin de ne pas avoir à tenir une barquette, une gouttière ou un

³⁶⁵ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2019.

seau. Il doit mettre en condition son infrastructure provisoire : les gouttières doivent être en déclivité, les canaux n'avoir qu'une seule sortie possible et il faut que les seaux soient positionnés en-dessous du flux d'écoulement de l'huile. Il utilise des chiffons, ses outils et parfois même son environnement (bouts de bois ou de métal, copeaux, bâti, etc.), afin de créer un circuit pour l'huile. Lors de l'élaboration de sa stratégie de canaux, l'environnement devient une ressource. Une fois le dispositif installé, le lubrificateur réalise une opération de surveillance de l'écoulement de l'huile. Il est prêt à anticiper ou répondre à tout aléa. Il risque de se laisser surprendre par un débordement, des affaissements de son infrastructure provisoire et par les variations d'intensité du flux. Les réajustements des conduites sont alors nombreux.

L'huile de vidange s'écoule de ces différentes façons vers des bidons spécifiques. Ces seaux ont une capacité de vingt-cinq litres. Il ne faut pas les remplir jusqu'à la limite, sinon l'épreuve de force est rude. La manutention des seaux au travers des installations, échelles, rampes d'accès et escaliers peut se révéler fastidieuse. La distance de plusieurs centaines de mètres qui sépare les points de vidange du maxi-fût de rétention apparaît parfois comme interminable. Le lubrificateur manipule ces contenants à l'aide de poignées en plastique. Les musques de ses épaules, de ses bras et de ses mains le brûlent de plus en plus à chaque heure de la journée. L'huile souillée transportée est malodorante et tâche facilement. Il doit prendre garde à ne pas en renverser une goutte au cours du chemin. La quantité d'huile de vidange déversée dans le maxi-fût permet au lubrificateur de montrer à ses pairs l'étendue de son travail de vidange. La gestion du flux d'huile est tout un art, où des compétitions en habileté se nouent entre les lubrificateurs. Cette compétition amène à des partages de techniques et de compétences qui concourent à l'apprentissage continu des ficelles du métier et à chasser l'ennui. Elle se concrétise par une adaptation sans cesse renouvelée au milieu de travail, à la maîtrise des modes opératoires et outils, mais aussi par de la débrouillardise, le détournement d'objets et par la recherche de gains d'efficacité. Ces compétitions en habileté se différencient des arènes de virtuosité observées par Nicolas Dodier³⁶⁶, car elles s'insèrent dans une logique de gain de productivité ou de savoir-faire professionnel et non seulement dans une démonstration de la maîtrise du geste.

³⁶⁶ Nicolas Dodier, *Les hommes et les machines. La conscience collective dans les sociétés technicisées*, Paris, Métailié, 1995.

3.2.2. Remplir c'est aussi juger

La seconde phase de l'opération de vidange consiste à remplir les capacités vidées avec de l'huile neuve. Cette opération fait appel à la force physique des lubrificateurs, mais aussi à leur capacité de jugement lors des remplissages.

i. Remplir à la pompe manuelle



Figure 22 : Remplissage d'un réducteur à l'aide d'un oil-safe

Tout comme la phase de vidange, la phase de remplissage peut apparaître répétitive. Elle consiste à remplir manuellement un réservoir vide avec une quantité précise d'huile. Le lubrificateur utilise pour réaliser cette opération un *oil safe*, c'est un bidon de forme ergonomique, censé faciliter sa manutention, de dix litres de capacité et surmonté d'une pompe manuelle. Une représentation d'une de ces pompes est

présente sur la photographie³⁶⁷ ci-à-gauche. Le lubrificateur remplit son *oil safe* à partir d'un fût de deux cents litres d'huile. Le positionnement de la réserve d'huile est un enjeu stratégique, il doit avoir une position assez centrale par rapport à la zone de chantier. Le fût est « couché »³⁶⁸, c'est-à-dire positionné horizontalement, afin de le mettre en perce. Une vanne est montée sur le fût et permet l'utilisation aisée de l'huile qui s'écoule grâce à la force de la gravité. Le lubrificateur transporte manuellement l'huile. Souvent, il prend deux *oil-safe* à la fois pour gagner en autonomie. Il doit parfois les hisser avec une corde, d'autres fois monter des escaliers avec, ou escalader un peu. Différentes prises sont utilisées. Certains lubrificateurs prennent les *oil safe* par les poignées moulées sur les bidons, mais cette prise provoque rapidement une fatigue musculaire au niveau des muscles des mains et des bras. Ils portent la charge près du corps pour s'aider de leur bassin et de leurs cuisses pour ces manutentions. D'autres utilisent des chiffons qu'ils font passer par une boucle du socle de la pompe pour la hisser sur leur épaule. Cette technique permet de relâcher quelque peu l'effort sur les muscles des membres supérieurs.

³⁶⁷ Photographie issue d'un ancien mode opératoire de l'entreprise d'accueil.

³⁶⁸ Terme autochtone, c'est-à-dire mis à l'horizontal.

Cependant, le chiffon cisaille progressivement la peau de l'épaule rendant la manutention désagréable et douloureuse.

Le remplissage d'un réducteur se fait par le bouchon supérieur. La pompe du *oil safe* est équipée d'un flexible pourvu d'un « bec »³⁶⁹ à son extrémité, lui permettant de rentrer facilement dans cet orifice. Avant de commencer à pomper l'huile, le lubrificateur vérifie combien de litres sont recommandés pour le réducteur ou le palier. L'information peut être écrite sur le réservoir ou nécessiter une estimation qui s'appuie sur le volume apparent de la capacité, ou sur le volume d'huile usagée retiré. Le pompage est une opération physique qui mobilise tout le corps. Celle-ci peut être éreintante physiquement en fonction de sa durée, de sa répétitivité, mais surtout de l'environnement de travail, comme la chaleur, la poussière, etc. et surtout de la densité de l'huile !

Ce pompage manuel, qui est une action physique simple, renvoie aux limites de l'automatisation sur lesquelles s'appuie cette temporalité de maintenance. Le lubrificateur n'est plus simplement une canalisation mobile et temporaire. Il devient une pompe pour acheminer le flux d'huile. Si l'automatisation de la lubrification était déployée intégralement, ces opérations n'auraient pas lieu d'être aussi importantes en nombre, volume et superficie. Elles seraient concentrées au niveau des centrales de lubrification où des grands volumes d'huile seraient renouvelés par une force pneumatique. Les pompes pneumatiques pour l'huile ne sont, dans le cas de cette temporalité de maintenance, utilisées que pour remplacer des volumes d'huile de plusieurs centaines de litres dans de gros réservoirs. Le temps et les manutentions nécessaires à l'installation des pompes pneumatiques diminuent la pertinence de leur utilisation pour les petits volumes d'huile.

ii. Équiper le jugement du lubrificateur

Les réservoirs d'huile, que ce soit pour les réducteurs ou les paliers, sont équipés d'éléments indiquant le « bon » niveau requis lors du fonctionnement du mécanisme. Ce niveau ne peut être contrôlé réellement qu'à l'arrêt de l'installation, d'où l'importance de faire un niveau précis lors de cette temporalité de maintenance. Il existe quatre types d'équipements permettant d'évaluer ce niveau : le bouchon, qui est une simple vis, la jauge, l'œil (type A) et le voyant

³⁶⁹ Terme autochtone.

(type B). Ces trois derniers sont illustrés ci-dessous³⁷⁰. On observe, à travers ces dispositifs, différents rapports avec la matière et la machine-outil qui tendent vers l'éloignement. En effet, le bouchon permet un contrôle du bon niveau par débordement de l'huile, et induit donc un contact avec la matière et une proximité avec la « machine ». La jauge favorise une diminution du contact avec le lubrifiant lors du contrôle du niveau. L'œil permet de contrôler le niveau avec une perception visuelle, mais induit une proximité spatiale avec la « machine ». Le voyant étend ce double éloignement avec le produit et la « machine ». Il permet un contrôle du niveau à bonne distance, tout en assurant une absence de contact avec l'huile.



Figure 23: Les différents dispositifs d'évaluation du "bon" niveau

Le bouchon de niveau est le seul de ces dispositifs qui ne fait pas appel à un remplissage de précision. Une fois que l'huile déborde par l'orifice laissé vacant, l'ouvrier visse rapidement le bouchon. Il ajoute ensuite « *un coup de pompe pour le client* »³⁷¹, afin d'anticiper le futur contrôle de son travail par son préparateur de chantier. Il s'assure ainsi du jugement positif du client. Les autres dispositifs de niveaux relèvent de remplissages de précision, car des marques de type « mini-maxi » ou des cibles viennent réduire la marge d'interprétation du niveau. Lors du remplissage, dès que le lubrificateur aperçoit un peu d'huile dans ou sur le dispositif, il ralentit la cadence des coups de pompe. S'il y a une jauge, il la plonge à plusieurs reprises dans le réservoir après l'avoir nettoyée avec un chiffon pour constater la progression du niveau d'huile. Si le réservoir est équipé d'un œil (type A) ou d'un voyant (type B), l'agent de lubrification scrute attentivement les variations du niveau d'huile jusqu'au centre de la cible.

L'augmentation du niveau indiqué par ces dispositifs n'est pas immédiate et constante. Elle dépend de la viscosité de l'huile, qui s'étale plus ou moins rapidement dans le réservoir, mais aussi de la forme du réservoir lui-même. Par exemple, la présence de renforcements peut induire des variations de la vitesse de remplissage, tout comme l'agencement de l'engrenage. Le lubrificateur doit anticiper ces variations sous peine de devoir procéder à des appoints et,

³⁷⁰ Photographie issue d'un ancien mode opératoire de l'entreprise d'accueil.

³⁷¹ Julien, agent de lubrification, Care, Grand arrêt, Saint-Gaudens, 2017

plus regrettable encore, de recommencer une phase de vidange. Il a alors le sentiment de perdre son temps et d'avoir en quelque sorte échoué à remplir sa mission.

iii. Le jugement face à la mémoire de l'usine

Paradoxalement, l'information produite par ces dispositifs d'évaluation du niveau est parfois non suivie ou brouillée. Il est fréquent que les bouchons de niveaux soient remplacés par des systèmes de niveaux par voyants afin de permettre un contrôle plus rapide, tout en étant éloigné de la matière et des machines. Le fonctionnement de ces voyants repose sur le principe de la poussée d'Archimède, ils permettent de voir le niveau d'huile monter dans le réservoir. Seulement, la cible du niveau n'indique pas nécessairement le niveau théorique du mécanisme. En effet, le choix du voyant dépend davantage du stock de matériel disponible en magasin que d'une étude technique du mécanisme de transmission. Il en résulte que certains voyants ne sont pas adaptés ou compatibles. Ils sont souvent trop grands, car plus visibles, et provoquent des situations de débordements d'huile à la suite d'un trop plein. Ces événements contraignent le lubrificateur à analyser le mécanisme pour déterminer le « bon » niveau et le faire accepter à son préparateur de chantier dont le jugement prévaut.

Ce jugement s'appuie en partie sur ses connaissances techniques, mais aussi sur une forme de mémoire des incidents qu'a connus l'usine et sur sa perception du process industriel. La lubrification étant un bouc-émissaire assez courant des problèmes techniques rencontrés, le préparateur de chantier transmet parfois des prescriptions techniques qui vont à l'encontre des indications des niveaux : « *Côté transmission vous mettez tous les voyant à un tiers et côté conducteur* à deux tiers, ça chauffe plus derrière* »³⁷². Ce genre de recommandation peut surprendre, car l'huile est prévue pour résister jusqu'à une température donnée et n'a pas de propriété de refroidissement. D'autres fois, les préparateurs de chantiers préconisent de mettre plus d'huile que ce que recommande le fabricant, parce que « *ça travaille beaucoup* » ou « *on a toujours des problèmes avec celui-là* ». Il en découle que la sur-lubrification se présente comme une solution évidente pour éviter la panne, alors qu'elle entraîne une montée de température supérieure et une résistance mécanique plus importante ou, autrement dit, augmente l'usure mécanique.

³⁷² Prescription du préparateur de chantier, portant sur le niveau de remplissage des paliers des cylindres sécheurs de l'appareil de sulfurisation n°3 lors du *Grand arrêt* de la papèterie de Saint-Séverin, 2018.

La position de montage du mécanisme de transmission peut aussi rendre les dispositifs de niveaux inopérants. Un réducteur est un mécanisme standard mais son positionnement est, lui, corrélé à la place disponible et à sa fonction dans l'installation. Le réducteur peut être monté à l'envers, de biais ou tout bonnement perpendiculairement au sol. Le lubrificateur doit imaginer une nouvelle fois où se situe l'arbre le plus bas, afin de déterminer quel bouchon de niveau il convient de choisir. Prêter attention à la quantité d'huile retirée s'avère, dans ces cas, fort utile pour remettre le mécanisme dans l'état dans lequel il l'a trouvé.

Christopher m'appelle. Il en est au remplissage du réducteur d'un overband d'un tapis du parc à bois. Il me dit qu'il n'y a pas de niveau sur le réducteur. Je le vois inquiet, je monte par la rampe le long du tapis pour aller voir. En effet, le réducteur de l'overband n'a ni voyant, ni bouchon, et encore moins de jauge. Je regarde le volume du réducteur et lui demande combien de litres il a vidangé. Il me montre le seau avec l'huile usagée et estime le volume d'huile retirée à entre 3 et 4 litres. Vu la taille du réducteur, cela paraît beaucoup. Je lui demande s'il a une clef Allen* sur lui. Il me répond que oui en me montrant son trousseau. Je prends le jeu de clefs et je le positionne contre le réducteur de façon que les segments courts restent au-dessus du réducteur. Puis je choisis celle dont la longueur du segment long est légèrement supérieure à la distance entre le sommet du réducteur, où il y a l'orifice de remplissage, et l'arbre inférieur de transmission de la motorisation. Je lui tends alors la clef et lui dit : « Tiens, voilà ta jauge ». Julien m'avait montré l'astuce lors de mon premier « Grand arrêt »³⁷³.*

Lors de cette modalité temporelle d'activité, le recours à la débrouillardise, à l'habileté et aux savoir-faire professionnels n'est jamais bien loin en cas de problème technique ou de difficultés dues à l'environnement de travail. Une fois que le lubrificateur juge que le niveau du réservoir du réducteur est « bon », il ferme le bouchon de remplissage, passe un coup de chiffon pour rendre son chantier propre avant de passer au réducteur suivant. Ces opérations de vidange et de remplissage font appel à l'imagination de l'ouvrier en lubrification. À partir de l'idée qu'il se fait de la situation, il développe des stratégies pour contrôler le flux d'huile et parer aux débordements ou trop plein. La valorisation de son travail par ses pairs est liée à sa productivité, mais aussi à sa capacité à solutionner des problèmes et à s'adapter à l'environnement. Cette

³⁷³ Extrait carnet de terrain, Grand arrêt, St-Gaudens, 2019.

facette de son travail prend un relief tout particulier dans la valorisation que fait le lubrificateur de cette temporalité de maintenance. La partie suivante se propose d'en faire un plus large écho.

4. Le « Grand arrêt » : la temporalité du « bon boulot » pour l'agent de lubrification ?

De prime abord, le travail du lubrificateur, par ses opérations de vidanges successives, le contact avec une matière souillée et ingrate ou encore par ses journées éreintantes et presque ininterrompues, semble peu attrayant. Cela d'autant plus que le résultat de ce chantier de restauration, qui vise à remettre l'usine à un point zéro, est invisible. Il se concrétise par l'absence de dysfonctionnements futurs comme des bruits anormaux, des frottements ou des casses mécaniques. Sa production est donc difficilement perceptible et ne peut être évaluée qu'après le redémarrage de l'installation. Pourtant, les lubrificateurs évaluent positivement cette temporalité de maintenance au regard de leur travail quotidien. Bien entendu, l'aspect annuel de l'événement, qui se traduit comme une épreuve imposée à un collectif de travail, joue sur cette perception et lie les intervenants. De plus, pour le lubrificateur, cette temporalité de maintenance à la pression temporelle diffuse semble lui permettre de se dégager de son activité de maintenance préventive pour s'engager vers une activité de maintenance curative. Il explore les contours de son identité professionnelle pour découvrir celle, tant souhaitée, du mécanicien.

4.1. *Créer un collectif de travail dans l'adversité*

Le « Grand arrêt », du fait de sa faible fréquence, constitue un événement exceptionnel. Il rompt avec le travail quotidien. Cette temporalité de maintenance conduit à une augmentation brutale de la charge de travail. Sur les chantiers avec une prestation annuelle, l'équipe d'agents de lubrification est dimensionnée pour répondre à cette variation d'activité. Pour les sites sans prestation annuelle, c'est toute une équipe de maintenanciers qu'il faut mobiliser et déployer pour le « Grand arrêt ». Au personnel organique s'ajoute dans ce cas du personnel intérimaire inconnu et aux compétences incertaines. Pour autant, on observe la création d'un collectif de travail, qui s'étend au-delà des statuts d'emplois. Différents mécanismes se combinent pour instaurer une forme de solidarité entre les lubrificateurs.

Le premier d'entre eux repose sur un retournement assez simple. Les aspects *a priori* négatifs de ce travail, comme la grande dépense énergétique journalière et répétitive qui se traduit par

une forte fatigue ainsi que la dureté physique du travail en lui-même, sont réinvestis. Ils deviennent autant d'arguments de valorisation pour cette temporalité. Travailler aussi longtemps et durement devient une forme de réponse à une épreuve et fonde un sentiment d'appartenance à un groupe de travail. Ce sentiment dépasse les structures contractuelles et produit une forme de solidarité entre les lubrificateurs et intérimaires. Il est saillant, et testé lors de la survenue d'aléas, d'imprévus, de difficultés. Ces événements jouent un rôle déterminant pour bâtir ce sentiment d'appartenance, car ils suscitent de l'entraide, qui se traduit par un phénomène de réorganisation et de dépense physique. Ils participent à la construction de récits et de sentiments d'aventure de la part des lubrificateurs, et donc à la valorisation de leur travail auprès de leurs pairs. Venir donner la main ou apporter son habileté pour sortir autrui de l'ennui, resserre les liens et participe à la construction de ce collectif face à l'adversité. Corollairement, échouer face à l'adversité physique mais aussi technique de l'épreuve conduit à un phénomène d'exclusion, et cela quelle que soit la relation contractuelle ou institutionnelle du membre du groupe.

Les repas sont les principaux moments de convivialité partagés par les lubrificateurs. Sur les chantiers situés en périphérie d'un cluster, le personnel organique est réuni dans le même hôtel. En soirée, l'utilisation de l'alcool procure un caractère festif et anesthésiant aux fins de journée où les corps sont épuisés et endoloris, pour ainsi permettre d'engager une nouvelle journée de travail³⁷⁴. Pour le repas de midi, le personnel intérimaire est convié avec l'ensemble de l'équipe. Ce sont autant de moments utiles, en dehors du temps de travail, pour souder le collectif.

Cette relation entre les intervenants est tissée tout au long de l'arrêt annuel. L'organisation du travail sous forme de binômes permet de créer une relation privilégiée entre des membres du groupe. Ceux-ci vont se « donner la main » en se passant des *oil safe* pleins d'une passerelle à l'autre, descendre des seaux d'huile usagée à la corde, se relayer pour maintenir une gamate en équilibre, etc. L'organisation en binôme permet de chasser les phases d'ennui que risquent de provoquer des vidanges particulièrement longues, et qu'il faut surveiller de près. Les deux ouvriers peuvent ainsi discuter de leurs expériences professionnelles ou personnelles. Chaque membre du binôme surveille le travail de l'autre. Une personne seule pourrait davantage

³⁷⁴ Marie Ngo Nguene, « *Travail et consommation d'alcool dans les chantiers du bâtiment parisiens* », in *Travailler aux chantiers*, dir. G. Rot, Hermann, Paris, 2023.

négocier avec elle-même le fait de « bâcler » une vidange, quand le temps lui semble trop long. L'œil du coéquipier veille involontairement à ce que le travail soit bien fait.

Les différents binômes ne se croisent qu'au camp de base, au conteneur à outils, aux maxi-fûts de vidange ou aux fûts de remplissage. Ces binômes en profitent pour discuter de l'avancement de leur travail et des problèmes rencontrés, mais aussi de leur future localisation dans le secteur. Si les binômes ne travaillent pas ensemble directement, une communication est toujours possible pour un possible renfort en cas d'aléa, ou simplement pour apporter de l'eau ou un outil à un pair en difficulté. Ces échanges participent à donner le sentiment que le chantier avance et que tous les binômes y participent. En outre, ils conduisent aussi à une forme de compétition.

Le sentiment d'appartenance au groupe se poursuit au-delà du « Grand arrêt ». Il se traduit par une reconnaissance des membres de l'équipe qui ont fait face à l'épreuve et par l'instauration d'un climat de confiance. D'ailleurs, l'entreprise de lubrification se sert de cette temporalité de maintenance pour sélectionner ses intérimaires réguliers, en les évaluant dans l'adversité maximale. Les intérimaires ainsi sélectionnés seront par la suite mobilisés lors des autres temporalités en cas de nécessité. Ils deviennent des intérimaires fidélisés. Ce lien construit lors des arrêts annuels est une forme d'assurance contre l'absentéisme du personnel intérimaire, qui peut survenir face à l'âpreté du travail de maintenance. C'est aussi un gage d'investissement de l'intérimaire, vis-à-vis duquel l'agent de lubrification peut investir sa confiance. Cette solidarité permet de diminuer la charge physique et mentale du travail, participant de fait à la productivité du chantier.

4.2. Du temps pour d'autres maintenances ?

La spécialisation des tâches et la division du travail qui lui est concomitante, répondent à un impératif d'efficacité de la production. La moindre pression temporelle exercée par le flux permet à l'agent de lubrification de réaliser des opérations qui diffèrent de sa spécialité. Il peut alors s'aventurer dans des opérations de maintenance qui s'articulent avec ses opérations de vidanges et de mises à niveau. Le lubrificateur va explorer le champ de la maintenance curative, c'est-à-dire réaliser des opérations de réparation. Il renouvelle aussi le terrain de la maintenance préventive auquel il est habitué en réalisant de nouvelles opérations de contrôle, entrant à pas

feutrés dans le domaine du mécanicien. Le lubrificateur réalise ainsi des opérations de maintenance davantage valorisées techniquement par ses pairs et les autres maintenanciers.

4.2.1. Résoudre un problème

La recherche de la panne, le diagnostic, le fait de se poser un problème et de réfléchir à une solution, sont autant d'activités qui tranchent avec la réalisation d'opérations programmées. La panne se déclare de façon imprévisible lors du fonctionnement des installations. Le lubrificateur détecte des dysfonctionnements du système de production. Ils se concrétisent par des fuites d'huile, c'est-à-dire par des pertes d'étanchéité des réservoirs des mécanismes de transmission. Partant, ces dysfonctionnements sont une anticipation du fonctionnement futur de l'installation. En effet, une fuite d'huile induira une casse mécanique et un aléa de production, lorsque l'installation sera en fonctionnement. Ce dysfonctionnement représente un aléa pour l'agent de lubrification, auquel il va devoir apporter une réponse spécifique. Après une phase de diagnostic qui consiste à repérer la source de la fuite, arrive une phase de réparation jalonnée par des tentatives de réparation. Le lubrificateur quitte alors le domaine de la maintenance préventive pour entrer dans celui de la maintenance curative :

On est en train de lubrifier les paliers de la sécherie qui ne sont pas sur un système de lubrification centralisé. Après la vidange, on passe au remplissage. Nico est en train de pomper depuis la passerelle, moi j'ai grimpé à travers les roues d'entraînement pour mettre le flexible dans le palier et vérifier le niveau. Après quelques coups de pompe, je constate que l'huile ne rentre pas dans le niveau à voyant et ne permet donc pas d'évaluer le bon niveau. Je dis à Nico d'arrêter. Il vient voir à son tour. Il me dit qu'on a un problème, il va falloir vidanger à nouveau et démonter le voyant. Il me dit de continuer les remplissages, il s'en occupe. L'opération de réparation se prolonge. Je vois Nico faire des allers-retours, démonter soigneusement le niveau à tube sans égarer les petits joints, remplir et vidanger au moins une autre fois encore. Peut-être deux heures plus tard, je le retrouve l'air satisfait. Je lui demande si ça va et s'il a trouvé le problème. Il me répond que oui et qu'il est content, il a « le sentiment du travail accompli »³⁷⁵.

³⁷⁵ Nicolas, agent de lubrification Care, Grand arrêt, Saint-Séverin, 2018.

Alors que la recherche de la cause d'un dysfonctionnement constitue une surcharge de travail pour l'agent de lubrification et implique un travail minutieux de démontage, jointage et remontage, il apprécie cette opération. Contrairement aux vidanges annuelles qui apparaissent comme vides de sens, à cause du caractère impalpable de leur finalité (réduire la fréquence des casses), la réparation donne le sentiment d'un travail accompli. Le lubrificateur peut aisément percevoir la réalisation de son travail : le réservoir ou le raccordement ne fuit plus, il est étanche.

La recherche et la réparation de pannes fait donc appel à d'autres compétences du lubrificateur. Il doit poser un diagnostic, mener une enquête, répondre à l'adverbe « pourquoi » et non plus simplement au « comment ». Une réparation fait aussi appel à une dextérité spécifique avec les outils, c'est-à-dire à des savoir-faire différents de ceux qui sont nécessaires aux vidanges, plus proches de ceux du mécanicien. Ce déplacement des tâches entre le lubrificateur et le mécanicien s'observe aussi dans le domaine de la maintenance préventive.

4.2.2. Un lubrificateur « mécano » et « tuyauteur »

Ce même mécanisme de captation et de valorisation d'opérations de maintenance appartenant au champ d'actions du mécanicien, se retrouve sous une autre forme lors de cette temporalité. Les opérations de mesure des jeux mécaniques des mécanismes de transmission du mouvement rotatif peuvent-être récupérées par les lubrificateurs. Le jeu mécanique est l'espace subsistant entre deux pièces usinées imparfaitement assemblées. En effet, il est impossible de produire des pièces avec une géométrie parfaite. Le jeu devient alors une nécessité dans l'assemblage des éléments d'un mécanisme. Une marge de tolérance est acceptée lors de l'ajustement des deux pièces, en fonction des types de montage et contraintes s'appliquant sur le mécanisme de transmission du mouvement. L'intensité du frottement entre les deux pièces assemblées sera proportionnelle au jeu mécanique les espaçant. Les opérations de contrôle des jeux mécaniques des roulements de paliers, des engrenages de réducteurs ou des articulations des joints cardans restent à proximité de la fonction de chasseur de panne de l'agent de lubrification.

Si le contrôle du jeu des joints cardans est une opération assez sommaire, réalisée à l'aide d'un pied de biche, l'opération de contrôle des paliers et des engrenages est plus subtile. Dans le cas des contrôles des paliers, cette opération consiste à faire passer de très fines cales de métal sur la partie supérieure du roulement, de façon à déterminer l'espacement maximal entre les galets

et la cage du roulement. Cette prise de mesure se fait par la superposition progressive de cales de métal à l'épaisseur connue.

*C'est simple, tu vois, tu passes une première lamelle, [il me montre le jeu de cales, soit un ensemble de lamelles liées par un boulon pivot]. Si elle passe large, tu mets celles de 0.5 en plus, jusqu'à ce que ça bloque, et après tu affines avec les petites. Tu sais que c'est bon quand les lamelles accrochent un peu mais passent quand même*³⁷⁶.

Cette opération de mesure comporte une part de subjectivité, car elle fait appel à la sensation d'accroche de la lamelle sur les galets ressentie par l'opérateur. Pour uniformiser la mesure, il est convenu que « *ce soit toujours la même main qui prend le jeu* »³⁷⁷. Cette opération de mesure du jeu mécanique est hautement valorisée par les agents de lubrification. L'aspect métrologique les séduit, ils ont le sentiment encore une fois d'effectuer un travail plus qualifié et reconnu, et donc plus valorisant :

*Tu vois, à Mimizan, Pierre à feu [surnom donné à un sous-traitant en mécanique du site], il dirait que le contrôle des jeux, ce n'est pas un travail de graisseur, mais de mécano. Alors que tu vois, on peut le faire, ce n'est pas non plus si compliqué, et ça change du graissage*³⁷⁸.

Cette prise de mesure peut révéler un dysfonctionnement et un risque de casse mécanique futur. Détecter un jeu important sur un roulement entraîne une opération de maintenance. En effet si le jeu du roulement dépasse la tolérance établie par le fabricant, les « mécanos » vont devoir réaliser un remplacement en urgence du roulement. Cette opération n'est pas anodine et mobilise trois à quatre personnes pendant une demi-journée.

Cette appropriation des tâches du « mécano » par le lubrificateur s'ancre dans la dynamique de répartition du « sale boulot »³⁷⁹. La recherche de fuites, de problèmes d'étanchéité et la prise de mesure de jeux mécaniques ne sont sans doute pas les tâches phares des mécaniciens. Ils peuvent se délester de ces opérations de maintenance annexes, surtout en période de haute activité de maintenance. Un phénomène de vase communicant du « sale boulot » des

³⁷⁶ Nicolas, agent de lubrification, Care, Grand arrêt, Saint-Séverin, 2018.

³⁷⁷ Olivier, agent de lubrification, Care, Grand arrêt, Saint-Séverin 2018.

³⁷⁸ Nicolas, agent de lubrification, Care Grand arrêt, Saint-Séverin, 2018.

³⁷⁹ Everett Hughes, op. cit.

mécaniciens vers les agents de lubrification n'est alors pas à exclure. Non sans raison, elles deviennent en un sens le « bon boulot » du lubrificateur, car elles appartiennent à un corps de métier plus valorisé dans la hiérarchie professionnelle. Les agents de maintenance utilisent alors les savoir-faire et outils propres aux mécaniciens pour faire leur boulot. Cette situation est d'autant plus valorisante pour les lubrificateurs issus de filières en mécanique automobile. Ils retrouvent pour un instant la place dans la hiérarchie professionnelle qui correspond à leurs études. Ce redéploiement des activités de maintenance leur permet de se hisser au niveau technique des mécanos. Il peut aussi avoir pour conséquence d'abaisser les mécaniciens au niveau des agents de lubrification, en montrant que ces derniers ont les facultés techniques pour accomplir aisément ces tâches.

Lors des arrêts annuels, l'agent de lubrification réalise des montages éphémères de tuyauteries pour réaliser les vidanges. Il cherche à rendre plus accessible les orifices de vidange des réservoirs d'huile afin de réaliser plus proprement et plus rapidement son travail. Les bouchons de vidange sont parfois situés au ras-du-sol, dans un endroit exigu ou en hauteur. L'agent de



Figure 24 : Tuyauterie éphémère

lubrification va ajouter temporairement une tuyauterie au mécanisme de façon à simplifier l'opération, c'est-à-dire faire en sorte que l'huile s'écoule dans un seau posé sur le sol et n'ait qu'à surveiller le niveau du récipient.

Ce montage fait appel à des connaissances techniques et à une capacité de repérage propre au tuyauteur. Il est nécessaire de penser le montage avant de le réaliser et d'ordonner les éléments en fonction de l'environnement de travail. L'agent de lubrification doit repérer et associer les éléments en fonction du

filetage des bouchons du mécanisme et des tuyaux dont il dispose dans sa « caisse à raccord ».

L'agent de lubrification combine des « vannes à bobine » avec des tuyaux rigides, des raccords de réduction, des coudes et des tuyaux flexibles afin de faire passer sa tuyauterie entre les obstacles. Il garde toujours à l'esprit que seul le phénomène de gravité s'applique à son montage. Une fois sa tuyauterie imaginée et partiellement montée, il dévisse le bouchon de

vidange d'une main et tient sa vanne dans l'autre afin de rapidement procéder à un « dévissage-revissage » et fermer la vanne installée. Ensuite, il raccorde sa tuyauterie et positionne son seau de vidange, puis il ouvre la vanne et contrôle son montage. S'il n'y a pas de fuite, l'agent de lubrification peut passer à une autre vidange et contrôler cette opération au fur et à mesure de son avancement. Dans l'exemple de la photographie ci-dessus, on peut voir la combinaison d'une vanne quart de tour* avec deux coudes et deux tuyaux rigides de façon à réaliser la vidange d'un réducteur. En plus du gain de productivité que permet l'installation de cette tuyauterie éphémère, c'est la faculté de l'agent à ne pas subir son environnement qui est valorisée par le lubrificateur. Il utilise les rudiments du tuyauteur pour avoir prise sur les mécanismes et créer son propre dispositif de vidange. A la fin de l'opération, il retire son montage pour laisser l'environnement comme il l'a trouvé avant son passage. Parfois, il laisse la vanne installée pour faciliter sa prochaine « campagne de vidange ».

La valorisation de la temporalité du « Grand arrêt » comporte plusieurs ressorts et s'avère finalement assez positif. L'augmentation de la rémunération due aux dépassements horaires en est certainement l'un des facteurs, tout comme l'épreuve collective, répétée sur plusieurs dizaines de jours, qui construit un sentiment de solidarité entre les membres de l'équipe. Un réel esprit de camaraderie se dégage, qui est tourné vers l'avancement du chantier : il s'agit de vaincre l'épreuve. Celui-ci se manifeste d'autant plus en cas de déplacement sur un site périphérique, sur lequel les lubrificateurs mangent et dorment ensemble pendant toute la période. Cette temporalité comprend aussi des actions de diagnostic et de réparation, c'est-à-dire de chasse à la panne. On glisse alors de la maintenance préventive à la maintenance curative, des opérations du lubrificateur à celles du mécanicien. Ce déplacement est hautement valorisé par les agents de lubrification.

5. Conclusion

La temporalité du « Grand-arrêt » est celle qui revêt le plus clairement les traits d'une organisation du travail sous la modalité du « chantier ». Elle répond à une régulation réglementaire du risque de panne, qui s'appuie sur l'histoire des incidents industriels majeurs pouvant conduire à une catastrophe écologique et humaine. Ce chantier débute par une phase préparatoire, qui se concrétise par un planning général regroupant l'ensemble des travaux, lequel mène jusqu'à une date butoir présentée comme indépassable. L'analyse sensorielle de

l'environnement de travail montre une atténuation progressive de l'industrie de flux et l'avènement progressif d'un environnement semblable à celui d'un chantier. L'imposante division du travail qui se déploie dans l'usine se traduit par la présence d'une multitude d'ouvriers de tous bords et de toutes compétences, et tranche avec le fonctionnement normal des industries de flux. Ces différents corps de métiers se côtoient, se disputent et coopèrent, chacun essayant de réaliser sa tâche dans les délais impartis. L'entreprise utilisatrice administre et contrôle cette mise en concurrence spatiale des entreprises sous-traitantes. L'agent de lubrification, pour parer à la mise à bas du planning, suit une stratégie d'évitement, stratégie qui traduit aussi bien sa place dans l'ordonnancement technique de la maintenance que sa position dans la hiérarchie professionnelle.

Le « Grand-arrêt » ne fait pas l'objet d'une projection vers ce qui va être, mais consiste bien à remplacer l'existant. C'est pour cette raison que cette temporalité appartient au champ de la maintenance, et non à celui de la construction. Il s'agit d'un chantier de restauration qui répond à l'usure naturelle, ou à la consommation, des matériaux composants les infrastructures du flux. Chaque prestation de maintenance vise à remettre « à niveau zéro » l'installation productive, et non à changer le cours du flux. Le lubrificateur remplace l'huile, le chaudronnier renouvelle une cuve, un mécanicien subroge une pompe ou une vis d'acheminement à une autre, etc. Il en résulte qu'il est plus ou moins difficile, pour les maintenanciers, de percevoir le résultat de leur travail. Il n'est pas rare que les travaux les plus dantesques disparaissent dans les entrailles des installations, ne laissant aucune trace du travail de maintenance qui s'est joué pendant plusieurs semaines. Si le chantier de construction rend possible la production en continu en créant un environnement adéquat, ce chantier de restauration vise à maintenir cette possibilité. Pour analyser les industries de flux, il faut étudier la division du travail qui s'y applique comme étendue temporellement entre des phases de construction, d'exploitation et de maintenance.

La valorisation du travail de lubrification réalisé lors des « Grands arrêts » ne se concrétise pas par la production d'un produit palpable. Les maxi-fûts remplis d'huile de vidange sont les seules traces visibles de cette campagne annuelle. L'agent de lubrification ne peut pas percevoir directement le résultat de son travail. C'est l'absence de casse des mécanismes de transmission lors du redémarrage de l'installation qui est le signe de la qualité de son travail de maintenance. Privé de résultat concret, il fonde l'appréciation de son travail autour d'un sentiment de victoire

face à une épreuve commune et sur la réalisation d'une maintenance curative et le montage de tuyauteries éphémères. Le travail du lubrificateur se caractérise par une forte fatigue, due à des efforts de manutention et de déplacements répétés sur plusieurs journées. Les sensations de douleurs musculaires prolongées et de révolutions face, d'une part, au lubrifiant souillé, d'autre part, à sa difficile préhension, conduisent à l'externalisation de cette opération de maintenance auprès d'une entreprise sous-traitante dans un contexte de surplus d'activité. Paradoxalement, le lubrificateur s'enorgueillit auprès de ses pairs et des autres maintenanciers de sa résistance physique et de son endurance. Cette valorisation de l'endurance face à la douleur a été remarquée par Georges Vigarello dans ses travaux portant sur l'*Histoire de la fatigue*, pour distinguer un groupe professionnel³⁸⁰. Les lubrificateurs utilisent ce même mécanisme pour fonder leur identité professionnelle auprès de leur pairs maintenanciers.

L'organisation de cette temporalité de travail, par sa faible pression temporelle et le pic d'activité des mécaniciens, redistribue les tâches et ouvre la possibilité au lubrificateur de réaliser des opérations de maintenance curative. Il quitte quelques instants son rôle de « tuyau » pour celui de « mécano ». En un sens, il remonte alors le courant de la délégation des tâches dévalorisées et exécute des tâches habituellement conservées par les mécaniciens. À partir du « sale boulot » que représente l'activité de vidange, l'agent élabore des savoirs faire et des techniques afin de l'anoblir ou tout du moins de la professionnaliser. Le « Grand arrêt » correspond à un moment où des liens de solidarité se tissent entre les membres de l'équipe qui font face à une quantité de travail importante, à une coactivité parfois belliqueuse et à une usure physique se prolongeant dans le temps. L'équipe fait corps de telle sorte qu'elle se crée des adversaires, comme le personnel assurant la sécurité par exemple, et des liens fraternels qui dépassent les bornes de cette temporalité de travail.

L'huile est la matière lubrifiante la plus en adéquation avec le principe de continuité de la production. Elle peut circuler à travers un réseau de canalisations pour lubrifier les engrenages des machines automatisées. Elle conserve ses propriétés sur une longue durée et ne craint ni la vitesse de rotation, ni les conditions thermiques extrêmes. Néanmoins comme toute matière, elle s'use progressivement. Le « Grand arrêt » serait alors une réponse organisée à cette dégradation progressive. L'ensemble du système de production subit une anesthésie générale,

³⁸⁰ Georges Vigarello, *Histoire de la fatigue. Du Moyen Âge à nos jours*, Paris, Seuil, 2020.

afin de pouvoir réaliser de multiples opérations de restauration des infrastructures du flux. Les maintenanciers revêtent les habits de chirurgiens de la « machine ». Cette phase de maintenance est observée sur l'ensemble des sites industriels étudiés. Ce chantier de restauration permet de repousser les aléas techniques et les casses futures qui touchent les systèmes automatisés en phase de production. Seulement, une usure prématurée semble perdurer au sein des phases de la production, durant lesquelles le flux subit un travail mécanique important. Il s'agit d'une forme d'arthrose chronique. Le chapitre suivant développera l'opération médicale réalisée par les maintenanciers pour contrer cette maladie.

Chapitre 5. Le « Stop and Go »

Ce chapitre s'intéresse aux opérations de maintenance qui ont lieu lors de courts arrêts de production. Le « *Stop and Go* », n'est pas présent sur tous les sites industriels. Sur certains, il est absent, sur d'autres, cette modalité temporelle de maintenance est très fréquente. Pour comprendre ces différences d'organisation de la maintenance, il convient de prendre en considération le type de process industriel mobilisé, et plus particulièrement l'intensité et la localisation des pics de travail mécanique sur la matière dans le circuit de production. Pour dire les choses autrement, plus le travail mécanique est périphérique à la production, et moins cette temporalité de maintenance sera présente.

Les processus industriels qui ont une importante composante mécanique sont techniquement fragiles. Le travail mécanique s'exerce aussi bien sur la matière mise en flux que sur celle constituant l'outillage, les mécanismes de transmission ou bien le lubrifiant, conduisant à un phénomène d'usure rapide et global. Ces lieux à fort travail mécanique excluent physiquement l'homme et empêchent une proximité sensorielle de l'homme avec la « machine ». Afin de préserver son intégrité physique, le maintenancier ne peut pas exercer un contrôle direct sur les mécanismes de transmission actionnant les machines-outils automatisées. Il convient dès lors d'accorder une attention spécifique à cette fragilité technique et de développer une modalité particulière de « chasse à la panne », permettant au maintenancier de s'insérer pour quelques heures dans les entrailles de la « machine ».

Si l'on s'appuie sur la typologie dressée préalablement, un type d'infrastructure du flux nécessite ce mode de maintenance : le modèle de la table à cylindres. Cette temporalité de maintenance est particulièrement intense physiquement pour les maintenanciers et concentrée spatialement. L'agent de lubrification va principalement réaliser des opérations de graissage portant sur les paliers des roulements, les accouplements ou joints mécaniques et les articulations à rotules des arbres de transmission. Dans ce chapitre, il sera appelé *graisseur*, afin de renvoyer à son activité de maniement de la graisse. Cette appellation est aussi communément utilisée sur le terrain pour nommer l'agent de lubrification. Cette temporalité débute avant l'arrêt de la « machine », par la phase organisationnelle d'un chantier de maintenance sous pression. Cet arrêt de la production va permettre à l'ouvrier de réinvestir ses capacités sensorielles dans des opérations de maintenance préventive au sein d'un espace exigu et à forte

coactivité. Les spécificités de cette courte opération sous pression fondent l'identité professionnelle de l'agent de lubrification qui apprécie cette activité productive.

1. Organiser un chantier sous pression

Lors du « *Stop and Go* », l'activité consiste en la réalisation d'un ensemble de tâches de maintenance préventive préétablies en un temps court. L'entreprise en charge de la lubrification va devoir mettre en place une organisation temporaire de travail, afin d'accomplir ces missions de maintenance et répondre à ce pic d'activité. Le personnel de l'entreprise de production, qui souhaite redémarrer au plus tôt l'installation, applique une pression managériale importante sur les maintenanciers. Le préparateur de chantier joue un rôle de modérateur vis-à-vis des services de production et d'accélérateur sur les équipes de sous-traitants dont il est responsable. Il intervient, au coup par coup, pour débloquer des situations de coactivité ou pour régler des dysfonctionnements liés à l'installation. L'organisation du chantier se déroule en plusieurs phases. Certaines prennent un caractère formel et légal, tandis que d'autres sont de l'ordre du plan de bataille et de l'informel. Cette organisation fait l'objet de plusieurs négociations. En fonction de la présence d'un cluster industriel, cette modalité temporelle de maintenance conduit à la formation d'un sureffectif au sein de l'équipe de maintenanciers ou à la fidélisation d'intérimaires.

1.1. *La gestion d'un pic d'activité : l'influence du cluster industriel*

La temporalité « *Stop and Go* » a toutes les caractéristiques du pic d'activité. Les journées s'allongent, le rythme de l'activité s'intensifie, la quantité de travail augmente et la dépense énergétique de l'agent de lubrification s'accroît. Plusieurs organisations de travail sont possibles pour répondre à ce pic. On peut dégager deux grandes tendances, liées au degré d'insertion du site client au sein d'un cluster économique industriel.

La première repose sur la constitution d'un sureffectif dans le personnel organique de l'entreprise de services industriel. Elle correspond à une situation où cette entreprise opère au sein d'un cluster assez dense. En effet, plus les sites industriels reposant sur une infrastructure du flux proche du modèle de la table à cylindres sont nombreux, plus le recrutement d'un agent de lubrification supplémentaire est pertinent. Ce sureffectif pourra être déployé sur les différents sites industriels qui composent le cluster au rythme des arrêts-machine. La seconde tendance s'appuie sur la fidélisation de personnels intérimaires à proximité des sites de

production. Cette stratégie est particulièrement utilisée lorsque le site est isolé géographiquement de tout cluster industriel. Un lien avec une main-d'œuvre peu formée au travail industriel est alors établi par l'entreprise sous-traitante, de façon à s'assurer un renfort lors des arrêts. Parfois, ces deux organisations se combinent pour répondre aux spécificités d'un site industriel client à la limite d'un cluster.

On peut mettre en évidence trois cas de figure permettant d'explicitier l'organisation de la temporalité « *Stop and Go* » au regard du degré d'insertion du site de production dans un cluster industriel : le chantier centre, les chantiers annexes et les chantiers périphériques.

Dans le premier cas, on se situe sur des sites industriels où la temporalité de maintenance « En marche » est sous-traitée à la même entreprise de services en lubrification. Pour rappel, lorsque les tâches de graissage et de lubrification réalisées lors des phases de production sont externalisées, ce contrat de sous-traitance comprend les autres temporalités de maintenance et donc ce pic d'activité. L'équipe de graisseurs est alors dimensionnée pour répondre à cette hausse fréquente d'activité. La contrepartie est la faible intensité du travail quotidien. Dans ce cas de figure, l'entreprise n'a pas recours à du personnel intérimaire. Les agents de lubrification font partie du personnel organique recruté en contrat à durée indéterminée.

Les chantiers annexes se situent dans le cluster autour d'un chantier centre. Ils lui sont annexés. Ces chantiers concernent souvent des sites de plus petites dimensions, où la quantité et l'intensité du travail mécanique sont moins importantes. Les opérations se situent davantage sur des machines transfert à rouleaux que sur des appareils de transformation mécanique de la matière. L'entreprise sous-traitante ne traite pas la temporalité « En marche », qui reste dans le giron du personnel de maintenance de l'entreprise utilisatrice. L'entreprise de services va alors profiter d'un sureffectif structurel de son site central pour aller exécuter la temporalité de maintenance « *Stop and Go* » sur le site annexe, quitte à mettre en sous-effectif le chantier principal. L'entreprise sous-traitante va donc ajuster la répartition de son personnel en fonction des temporalités de maintenance des entreprises de production appartenant au cluster. Dans des situations de forte synergie du cluster, l'entreprise de service peut être amenée à augmenter son sureffectif structurel. L'entreprise utilisatrice du chantier centre bénéficie de ce nouveau sureffectif « gratuit » lors de ses propres temporalités de maintenance. La mutualisation de son sous-traitant avec d'autres usines de production lors de la temporalité « *Stop and Go* » lui assure

une diminution du coût de sa maintenance. Ses gains passent donc par du personnel gratuit, c'est-à-dire par un travail plus rapidement exécuté, une sécurité face à l'absentéisme et au *turn-over* du personnel sous-traitant. Mais c'est surtout le partage des frais de gestion de son prestataire avec d'autres entreprises de production qui lui offre un avantage économique.

Les chantiers périphériques posent un autre problème : ils ne bénéficient plus des avantages économiques des grappes d'entreprises. Ce sont souvent des sites industriels de grande ampleur, avec des process de transformation mécanique et chimique de la matière. Leur isolement n'a pas permis la mise en place d'une offre structurée de maintenance sur leur territoire. De ce fait, l'externalisation totale de la maintenance induit un coût économique important. Souvent, seules les phases d'arrêt de la production pour maintenance sont sous-traitées. Le déploiement du personnel organique de l'entreprise de service industriel sur les chantiers périphériques est moins aisé, car le temps de trajet contraint les maintenanciers à des déplacements sur plusieurs jours. La mobilisation de l'effectif en déplacement est donc plus importante et plus onéreuse. Parallèlement à cela, la quantité de travail à réaliser est élevée. L'entreprise sous-traitante utilise du personnel intérimaire pour épauler son personnel organique, afin de baisser ses coûts et ne pas trop déséquilibrer l'organisation des chantiers centre.

Le travail de gestion de ces pics d'activité consiste à prendre en considération les opportunités de sureffectifs qu'offrent les clusters industriels et les besoins des sites périphériques. Ce travail se concrétise dans une recherche d'équilibre dans le déploiement des effectifs. Il s'agit de répondre aux demandes des clients périphériques ou annexes, tout en ne déstabilisant pas le site centre. « *Il ne faut pas déshabiller Paul pour habiller Jacques.* »³⁸¹, voilà le maître mot de cette gestion des pics d'activité, selon un responsable opérationnel.

1.2. *Des moments d'organisation formels et informels*

Trois moments d'organisation préalables au chantier peuvent être identifiés pour préparer cette temporalité de maintenance. Le premier est dédié à la sécurité, et consiste à élaborer une organisation du travail sur le plan des méthodes et des équipements. Elle est réalisée conjointement par le préparateur de chantier et le responsable chantier de l'entreprise sous-traitante. Le deuxième se déroule lors de moments conviviaux et informels ayant souvent lieu

³⁸¹ Christophe, chargé de chantiers secteur ouest, Care 2021

la veille du chantier. Enfin, la dernière phase réside dans l'élaboration du plan de bataille et de sa transmission aux graisseurs.

1.2.1. Organiser le travail par la sécurité

Tout chantier de maintenance, même court, doit faire l'objet d'une formalisation bureaucratique afin de préparer la mise en sécurité de l'intervention. L'entreprise sous-traitante et l'entreprise utilisatrice, *via* leurs représentants, ont l'obligation légale de réaliser avant le chantier une inspection commune préalable afin de rédiger un plan de prévention spécifique pour la durée de l'arrêt. L'ICP consiste là aussi en une visite préalable du chantier où l'accent est mis sur la question de la coactivité. Chaque lieu où l'entreprise sous-traitante doit intervenir est passé au crible, afin de déterminer les risques afférents à l'environnement de travail, les possibles coactivités et communiquer sur les dispositifs de protection recommandés par le site de production pour en diminuer l'impact ou la fréquence. Cette visite est l'occasion de faire un rappel des EPI imposés par le site de production, même s'il ne parvient pas toujours à les faire porter par ses propres salariés. Cela induit nécessairement une forme de préconisation dans les méthodes de travail : comment accéder à une zone ? Combien de personnes sont-elles nécessaires pour effectuer cette tâche ? etc.

L'ICP permet notamment d'aborder la thématique de la coactivité et de prévenir les sous-traitants de grosses œuvres ou manutentions importantes pouvant directement impacter leur activité. Les graisseurs qui parcourent l'ensemble de la zone de chantier ont particulièrement besoin de ces informations pour adapter leur plan de bataille. Certaines zones ne seront disponibles que jusqu'à telle heure ou à partir de telle heure, ou un chantier d'une autre entreprise de maintenance peut par exemple induire la mise en place d'une vigie de sécurité. C'est donc à ce moment que vont être transmises les grandes lignes de coordination pour « l'arrêt-machine ». Sur des sites peu structurés en termes de prévention des risques, ces informations seront égrainées au fil de la visite, tandis que sur des sites industriels de grande ampleur, une réunion de coordination sera organisée. L'absentéisme des responsables chantier des entreprises sous-traitantes et parfois même des animateurs de la réunion de coordination, traduit le peu d'intérêt porté à cette phase de préparation. Sa récurrence participe à ce désintérêt, mais c'est davantage l'aspect bureaucratique de l'événement qui rebute les participants.

Ce moment de l'ICP va aussi être l'occasion, pour le préparateur de chantier, de faire un retour sur les informations qu'il a reçues de la « prod »³⁸², concernant des opérations de graissage à surveiller ou sur des équipements qui se sont montrés délicats à faire démarrer ou fonctionner. Il peut parfois se nouer un dialogue sur ces remontées de la production, qui peut par exemple conduire à un changement de lubrifiant. Cette inspection se conclut sur la signature du plan de prévention spécifique (PPS). Ce plan est composé de la liste de travaux à effectuer, d'une longue énumération des risques, d'une carte renseignée pour se repérer, et le plus souvent d'une reprise des éléments de sécurité essentiels à savoir avant de pénétrer sur le site. Chaque personne amenée à se rendre sur le chantier doit avoir signé le PPS, mais bien entendu, tout le monde ne prend pas le temps de le lire.

1.2.2. Organiser le travail de chantier lors de moments de convivialité

À l'approche de cette opération de maintenance, les graisseurs échangent lors de moments informels sur les arrêts-machines précédents. Afin de se préparer à l'événement et de se remémorer le travail à exécuter. Le responsable du chantier insiste sur les opérations de maintenance spécifiques à réaliser et présente les coactivités dangereuses comme les manutentions de charge par des grues ou des ponts de manutention. S'il y a un nouveau graisseur dans l'équipe, une nouvelle recrue de l'entreprise ou une personne venant effectuer un dépannage sur un site qui lui est étranger, la communication est plus importante. Elle peut se dérouler lors du repas du midi ou au cours de pauses café-cigarette. Lors des déplacements sur un site périphérique, les conversations se déroulant pendant le repas de la veille de l'arrêt gravitent autour de l'arrêt du lendemain :

Je mange avec Christopher ce soir. On est la veille de l'arrêt et le chef arrive dans la nuit. On discute de l'organisation pour demain. On a deux intérimaires de prévus, des inconnus... Du coup, lors de l'ICP, j'ai négocié avec le client de ne pas ouvrir les accouplements du presse-pâte, ça va être plus simple. Je lui propose qu'il s'occupe de cette zone et que de mon côté je débute par les accouplements des agitateurs, où j'ai mes habitudes. En contrepartie, je récupère l'intérimaire, qui aura l'air le plus vaillant des deux. L'organisation de départ est posée, lui en haut, moi en bas. Christopher me raconte que la fois dernière, il a bien galéré pour connecter l'agrafe aux arbres

³⁸² Terme autochtone.

*flottants. Je lui donne mon truc : « Faut prendre une agrafe hydraulique coudée, et dès que tu es en pression, demande à l'intérimaire de faire tourner l'accouplement moteur pour te mettre en position. Ça se fait bien, mais si t'as un problème je viendrais t'aider ».*³⁸³

Ces dialogues portent le plus souvent sur des aspects techniques sensibles et sur la localisation des éléments à graisser lors de la mission. Une opération plus compliquée ou particulière au site, sort souvent du lot. Généralement, elle est intégrée au programme du nouvel arrivant, accompagné d'un habitué, afin qu'il puisse réaliser au moins une fois cette opération singulière, spécifique au site. Ces échanges permettent aussi de décrire le site, le process qui a lieu et la zone sur laquelle l'équipe va intervenir. Il est en effet toujours difficile de se repérer sur un site inconnu. La succession d'anecdotes et d'histoires racontées dissimulent un ensemble de savoir-faire de l'agent de lubrification, qui est communiqué au sein du groupe. Les situations qui ont marqué les mémoires et les solutions apportées, sont un partage d'expérience. La dimension homérique de ces retours, prépare collectivement le graisseur à l'affrontement qui va bientôt avoir lieu. Cette phase de préparation est aussi l'occasion de lever des incompréhensions sur le vocabulaire employé sur chaque site industriel :

Nico : J'ai eu l'air bête, cet après-midi, en discutant avec Tony (chef de site). Je lui ai demandé ce qu'il y avait à faire pour demain. Il m'a répondu des « petites allonges ». Du coup, je lui ai demandé : « qu'est-ce que c'étaient des allonges », et il m'a décrit des cardans, etc., donc j'ai eu l'air de pas connaître.

*Christopher : Oui, ici ils appellent les cardans des allonges, et d'autres trucs s'appellent des allonges ici. Au niveau des dégrossisseuses, tu as de gros arbres mécaniques pour actionner la presse supérieure, et ça aussi, ce sont des allonges. Tu sais, d'un site à l'autre, c'est toujours différent.*³⁸⁴

1.2.3. Le plan de bataille

Parfois, au détour de ces moments informels ou juste devant la « machine » en train de perdre de la célérité, un plan de bataille est communiqué aux graisseurs. Celui-ci consiste en une logistique presque militaire, reposant sur une segmentation spatiale de la « machine », selon

³⁸³ Extrait d'un carnet de terrain, Saint-Gaudens, 2022.

³⁸⁴ Extrait d'un carnet de terrain, Fos-sur-Mer, 2018.

deux critères communs à l'ensemble des tables à cylindres. La ligne de flux sépare la succession de machines-outils en deux faces, induisant la différenciation entre le côté conducteur et le côté transmission. Le côté conducteur se situe devant les cabines de conduite, les outils de transformation sont pleinement visibles, l'accès à la « machine » est propre et dégagé. C'est le côté présenté lors des visites d'usine, en somme, le côté de la production. À celui-ci s'oppose le côté transmission, où sont positionnées les motorisations électriques de tous les éléments rotatifs de transformation de la matière, reliés les uns aux autres par des arbres mécaniques³⁸⁵. L'espace entre la « machine » et le mur du bâtiment la comprenant est souvent plus qu'exigu et encombré par les éléments de transmission, le bâtis de la « machine », des tuyaux ou autres débris oubliés ici ou là.

Le second critère de quadrillage du chantier se calque sur les phases du process. Les machines-outils se succèdent, semblant faire corps, mais elles travaillent la matière différemment. L'environnement de travail s'en trouve radicalement changé, tout comme les matières lubrifiantes utilisées. En effet, ces zones de production à haute intensité mécanique sont composées de plusieurs phases de process concentrées spatialement. Par exemple, une machine à papier, phase finale du process de production d'une bobine de papier, se décompose en quatre segments : zone humide, zone presse, sécherie, bobinage. Chacune de ces zones possède sa propre atmosphère de travail (chaleur, humidité, déchets), et induit l'utilisation de lubrifiants spécifiques, résistants à ces conditions de fonctionnement.

Les graisseurs vont se répartir le travail à effectuer sur la « machine » selon les consignes du chef d'équipe, et en fonction de ces deux critères. Ils évoluent alors seuls et en autonomie sur une zone du chantier. On leur attribue une ou plusieurs pompes, ainsi que la ou les graisses correspondant à la zone sur laquelle ils se déploient. Ils partent avec un récapitulatif de la zone de travail, appelé « plan de graissage ». Les conditions du partage sont plurielles. On peut toutefois observer que les zones les plus salissantes sont régulièrement laissées aux nouveaux arrivants, tandis que les zones plus techniques et celles qui sont plus ardues physiquement, sont conservées par le personnel le plus établi. Elles se déroulent souvent dans des conditions difficiles, et un nouvel arrivant ne terminerait pas la zone dans les délais impartis. Il y a peu de roulements entre les agents, il en résulte qu'il est responsable en cas d'oublis ou de casses

³⁸⁵ Ici, par « arbre mécanique », j'entends aussi bien les arbres de transmission que les cardans ou arbres flottants.

mécaniques sur sa zone. Quand l'un d'entre eux a fini sa liste d'opérations, il part en renfort sur une zone où un équipier est en difficulté. Il y a là une forme de solidarité ouvrière de l'équipe de maintenanciers face à la pression de l'écoulement du flux³⁸⁶. La bataille ne sera gagnée que lorsque l'ensemble des opérations prévues seront réalisées.

Une fois l'objectif atteint, les graisseurs peuvent « replier » leur chantier ; la journée de travail est finie, selon la modalité du « fini/parti ». Dans les faits, la charge de travail permet rarement un départ anticipé des graisseurs. Le plan de chantier, assez sommaire, vise seulement à la gestion du déploiement sur les zones. Il s'agit d'une prescription floue³⁸⁷ permettant des réorganisations et de faire face aux aléas rencontrés, ainsi qu'à des blocages produits par des chantiers d'autres maintenanciers qui ne souhaitent pas se coordonner ou organiser une coactivité. Le responsable du chantier tourne de zone en zone afin de veiller au bon déroulement des chantiers, faciliter le travail en apportant des outils ou produits manquants au graisseur, mais aussi et surtout afin de gérer les aléas et d'utiliser au mieux les ressources en travail humain. Il parcourt la « machine » de long en large, ce lieu où se déroule cette temporalité de maintenance sous pression du flux.

2. La « machine », lieu d'une temporalité de maintenance singulière

Au cours de ce développement, l'aspect singulier de cette temporalité de maintenance portant sur les tables à cylindres va être exploité sous plusieurs angles. Les acteurs appellent cette phase du process la « machine », appellation qui permet de personnifier cette succession dense de machines-outils automatisées. Ils nomment cette temporalité « arrêt-machine », locution qui lie l'arrêt programmé de ces machines-outils à des opérations de maintenance sur une courte durée. La complexité de l'enchaînement mécanique de cette phase du process rend difficile la compréhension de cette partie du processus de production et de ses différentes composantes. Un œil novice ne parviendra que difficilement à repérer les différentes machines-outils et leur fonction, ne percevant qu'un ensemble anarchique de métal.

Dans un premier temps, l'organisation et les raisons techniques de cette phase d'arrêt-machine seront détaillées : il s'agit de mettre à disposition des maintenanciers un espace de travail. Dans

³⁸⁶ Nicolas Dodier, 1995, *op. cit.*

³⁸⁷ Marcelle Duc, 2002, *op. cit.*

un second temps, sera développée la thématique de l’insertion dans cet espace de travail dense et exigü, où se joue un corps à corps avec la « machine » et des coopérations conflictuelles.

2.1. *L’arrêt-machine*

Cette temporalité de maintenance est concentrée sur des phases spécifiques du process de production. Circonscrite à un atelier de transformation de la matière, elle induit un engorgement en amont, et un asséchement en aval du flux de matière. Pour arrêter ces lignes de production il faut respecter une procédure de consignation afin que chaque équipement ne soit plus alimenté électriquement, mécaniquement ou par un fluide. Ce lieu du process devient alors la scène d’une toute autre production : l’opération de maintenance.

2.1.1. *Suspension momentanée du flux*

Les phases du processus de production qui reposent essentiellement sur le travail mécanique pour transformer la matière se situent en fin de processus. La matière liquide travaillée chimiquement sort des tuyaux et va être asséchée ou refroidie, afin de subir un traitement mécanique et thermique. Le flux sortant est alors constitué à nouveau d’objets indépendants. Bien que reléguées à une extrémité du process de transformation de la matière, ces successions de machines-outils se situent spatialement au cœur de l’usine et constituent la préoccupation centrale du personnel de production et de maintenance. Dans ce secteur de l’usine, le flux ne peut plus seulement être mû par des pompes. Un entraînement mécanique généré par des cylindres et rouleaux est nécessaire. De ce fait, le long de ces machines-outils cohabite une myriade de mécanismes de transmission et de transformation du mouvement rotatif, liants des motorisations électromécaniques aux rouleaux d’entraînement ou cylindres de travail de la matière. Leur positionnement, au plus proche du flux, rend impossible leur accès lors du fonctionnement de l’installation. La transformation de la matière, qu’elle soit mécanique ou chimique, reste incompatible avec la présence de l’homme.

Il faut donc nécessairement arrêter la « machine » afin de se rapprocher de la ligne du flux, pour réaliser des opérations de maintenance préventive et curative. D’autant plus que le travail mécanique induit une usure plus importante de la matière constitutive des outils de façonnage des machines automatiques, mais aussi des lubrifiants. Ce phénomène est amplifié par les

conditions thermiques et hydrométriques ambiantes, induisant une certaine attention à la fragilité technique de cette partie de l'installation³⁸⁸.

Pendant les opérations de maintenance, le flux est canalisé dans des retenues en amont ; plus le temps s'écoule, plus sa pression augmente et plus les conducteurs-machines trépigent d'impatience pour relancer la production. Un ou deux quarts de surveillance du personnel de production est dédié au chantier de maintenance ; un chantier sous pression de la production. Le rythme du travail de maintenance est dans cette temporalité impulsé, contraint, ou calqué sur celui de la production.

2.1.2. Un interstice pour un chantier de maintenance sous pression.

Cet arrêt momentané débute tôt le matin, un peu après la relève du personnel de production. Il répond au tempo horaire de l'organisation de la production en continue, selon la modalité des 3x8. L'équipe de nuit commence les procédures de consignation, tandis que celle de jour les boucle et donne le feu vert pour les opérations de maintenance. Le personnel des entreprises sous-traitantes arrive sur le site pendant que ces procédures sont en cours. Dès leur arrivée, les équipes se parent d'un bleu de travail et d'équipements de protection individuels. Des vestiaires peuvent être mis à leur disposition. Parfois, c'est toute une base vie qui est investie par ce personnel « extérieur » à l'usine même s'il est présent à l'année sur le site. D'autres fois encore, les équipes se changent au « cul du camion », quelles que soient les conditions météorologiques.

Une fois en tenue, le responsable de l'équipe de maintenanciers contacte son préparateur de chantier pour connaître l'avancée des procédures de consignation. Sans perdre de temps, les équipes vont aux abords de la zone de travail. C'est l'occasion de préparer les outils, d'amener les pompes pneumatiques, les cartons de chiffons et les pulvérisateurs de dégraissant à proximité. Les différentes équipes de maintenanciers se croisent, se serrent la main, s'alpaguent et se parlent, promptes à démarrer des dialogues sur les coordinations à venir, quand d'autres se contentent de simples signes de tête. Des mécaniciens, des chaudronniers, des tuyauteurs, des nettoyeurs et des grutiers sont présents en même temps, parés pour travailler sur la table à cylindre. Plus on se rapproche de la « machine » et plus le bruit devient puissant. Les débutants abaissent leurs protections auditives sur leurs oreilles, tandis que les plus expérimentés ont pris

³⁸⁸ Jérôme Denis et David Pontille, 2020, *op. cit.*

d'autres habitudes. Dans un sens, leur corps s'est adapté tant bien que mal à cet environnement de travail machinique. Alors que la machine fume encore, tous les maintenanciers sont prêts, ils attendent le top départ :

La ligne de départ

Il est encore tôt, peu après 6h. La machine met du temps à être arrêtée. Le passage de témoin d'une équipe de production à l'autre, la nécessité de finir une bobine de papier, le temps de consigner électriquement toute la machine à papier et d'arrêter les pompes de la pâte liquide etc., tout cela prend du temps.

Il y a du retard. Pendant ce laps de temps, toutes les entreprises sous-traitantes se tiennent derrière la ligne de sécurité. Il n'y a pas beaucoup d'espace en largeur entre le bord du hangar et la machine. Les hommes se répartissent donc en longueur, le long de la ligne, face à la machine. Ils discutent, se serrent encore la main, rigolent, se charrient. D'autres commencent à réfléchir à comment faire pour changer ce rouleau, cette presse. D'autres encore nettoient et approchent leurs outils, pompes pneumatiques, rouleaux sur brancard, pont roulant, etc.

Le temps passe. La machine s'arrête, la rotation des presses se ralentit peu à peu. Maintenant, il faut consigner. La horde de travailleurs est prête à se jeter sur la machine inerte mais encore chaude. On sent l'impatience qui monte. La ligne de sécurité est une ligne rouge à ne pas encore franchir.

Si les maintenanciers doivent attendre les bons de consignation pour commencer à acter, la machine, elle, doit redémarrer à l'heure prévue. Plus le temps passe, plus ils seront pressés dans leur travail. Plus le temps passe, plus ils vont terminer tard. Comme c'est le cas pour les postiers et les éboueurs, on pratique le « fini-parti ». Une fois que la mission de maintenance est effectuée, les ouvriers s'en vont. Mais inversement, tant qu'elle n'est pas finie, il faut cravacher afin de tenir les délais ! ³⁸⁹

A l'instant où la procédure de consignation est terminée, le graisseur pénètre dans les entrailles encore chaudes de la machine, là où le flux s'écoulait quelques instants auparavant. Il grimpe

³⁸⁹ Extrait d'un carnet de terrain, 2017.

dans les roues, se faufile entre les rouleaux, se glisse sous les arbres de transmission. Le métal de la machine l'accroche, le heurte, lui rend ses coups et chocs. Les préparateurs de chantiers pressent les maintenanciers pour que les travaux soient exécutés le plus vite possible. Cette pression rejaillit sur le management de l'équipe de sous-traitants, qui encourage une forte dépense d'énergie :

Le client vient de dire à mon responsable que l'on doit intervenir en urgence sur la présécherie avant un nettoyage à la soude. Je suis en zone humide et je n'ai pas fini. Je rechigne un peu à bouger. Je vois mon responsable qui saisit mon chariot de graissage et commence à partir tout seul avec. Il le fait passer par-dessus des tuyaux, le bouge dans tous les sens, le hisse, le retient... À son âge, j'ai cru qu'on allait le perdre pour la journée. Une fois le chariot en place, il me tend la poignée et me dit : « c'est bon tu peux commencer ! »³⁹⁰

Ces opérations induisent un fort engagement physique, afin de pouvoir crapahuter sur le tronçon en un temps court. La métaphore du *sprint* correspond à ce travail en urgence, inhérent aux industries de flux³⁹¹.

2.2. S'insérer dans un espace exigü

Une fois la « machine » arrêtée, elle devient donc accessible aux maintenanciers, qui se ruent sur elle. Elle devient un décor déroutant et impénétrable pour les personnes novices dans les métiers de la maintenance. Bien que consigné, ce lieu de production conserve son atmosphère et stimule singulièrement les sens du graisseur, qui va devoir faire sa place dans cet espace exigü au sein duquel se déroulent plusieurs chantiers de maintenance.

2.2.1. Une forêt de métal impénétrable ?

Si l'analogie entre une forêt impénétrable et les tables à cylindres peut surprendre, elle peut néanmoins s'avérer heuristique. Cet environnement de travail présente des implications multisensorielles, mobilisant la vue, l'ouïe, l'odorat et le touché, provoquant une perte de repères. Cet artifice narratif est un moyen simple pour immerger le lecteur dans ce milieu qui lui est souvent inconnu.

³⁹⁰ Extrait d'un carnet de terrain, 2022.

³⁹¹ Gwenaële Rot, « Urgence et flux tendu dans l'industrie automobile », *Science de la société*, 1998, no. 44, pp. 99-111

Les premiers contacts avec une telle succession de machines-outils peuvent déboussoler. Celle-ci apparaît comme une forêt de métal, dont le toit du hangar métallique serait la canopée. Cet effet est dû à la densité d'éléments mécaniques qui réside sur ces lignes de production. Le graisseur novice, lors de son premier arrêt « *Stop and Go* », ne perçoit pas la logique de fonctionnement de ces installations hautement automatisées. Comme dans une forêt, il est difficile de se déplacer. Le parcours est chaotique, il s'agit de se faufiler, de grimper, de franchir, en somme, de se frayer un chemin. Les canalisations se présentent tels de jeunes arbres s'allongeant pour chercher la lumière. Les tuyaux s'accrochent au bâti de la « machine » à l'instar du lierre ou des lianes sur des troncs plus anciens. Les arbres mécaniques, cardans et roues d'entraînement, sont des branches ou des racines, à la fois obstacles et supports d'escalade.

Le graisseur novice, à l'instar du randonneur peu expérimenté, ne connaît et ne reconnaît aucun mécanisme, aucune essence. Il est confus et perdu dans ce nouvel environnement. C'est seulement à la suite d'un apprentissage, *via* une sorte de parrainage, qu'il va peu à peu commencer à différencier un rouleau d'entraînement d'un rouleau boucleur, un cylindre aspirant d'un cylindre sécheur, une presse d'une cisaille rotative, etc. Ainsi, il peut repérer les mécanismes de transmission et de transformation du mouvement rotatif à graisser, c'est-à-dire les paliers, les accouplements et cardans, à partir de ces différents rouleaux et cylindres de travail. Il s'agit alors pour le graisseur de pleinement identifier ces éléments et leur environnement de fonctionnement, afin d'y associer la bonne technique de graissage et le bon produit. Cette capacité de repérage et d'identification est primordiale, car il ne faut pas oublier des éléments au cours du cheminement ou utiliser un produit inadapté, sous risque de casse. À partir du type de mécanisme, l'agent de lubrification doit encore trouver où se situe le dispositif de graissage. Celui-ci peut prendre la forme d'un point d'accroche qui a la fonction de vanne ou bien d'un bouchon à dévisser. Ces éléments de taille réduite sont rarement visibles, et nécessitent d'aller au plus proche du mécanisme, en mobilisant le sens du toucher pour les déceler. L'agent de lubrification est contraint d'utiliser ses autres sens pour contrôler le bon déroulement de son travail sans le voir, il doit apprendre à voir avec ses mains³⁹².

³⁹² Céline Rosselin, Elodie Lalo, Déborah Nourrit, « Prendre, Apprendre et Comprendre. Mains et matières à travailler chez les scaphandriers », *ethnographiques.org*, *La part de la main*, 2015, no. 31. [En ligne]. <https://www.ethnographiques.org/2015/Rosselin-Lalo-Nourrit>.

2.2.2. Un corps à corps avec la « machine »

« *Il faut que ça vienne !* »³⁹³ Cette locution guerrière, ce mot d'ordre, résume fort bien la capacité d'agir de cette temporalité. Il n'est plus l'heure de se promener dans l'usine déserte. Il est temps de surmonter tous les obstacles qui se présentent, avec pour première arme l'intensité physique. Il s'agit d'escalader la « machine », de grimper dans les roues, de démonter les carters, de traverser des torrents d'eau, de cuire dans les sécheries encore chaudes, etc. La « machine » est arrêtée, mais tout l'environnement hostile à l'homme ne s'est quant à lui pas encore dissipé. L'humidité, la température des éléments mécaniques, la poussière et les déchets issus du flux sont encore bien présents. Les sens sont pleinement mobilisés dans une attention sensorielle active, non pas pour dépister une anomalie, mais bien pour évoluer dans l'espace, afin de préserver son corps et de réaliser les opérations de graissage.

Une fois la machine inerte et consignée, le graisseur va pouvoir accéder à un espace qui lui est interdit pendant le cycle normal de production : le « côté transmission »³⁹⁴. Celui-ci se situe du côté des motorisations de l'ensemble des machines-outils automatisées. « Côté transmission », il n'y a pas de passerelles d'accès ni d'éclairage, l'espace y est trop exigü. Les lampes frontales et de poing sont essentielles dans cet environnement hostile pour prolonger la vue des agents. Ce couloir est le lieu où est exacerbé le « corps à corps » avec la « machine ». Les éléments métalliques accrochent les bleus ou combinaisons et retiennent les flexibles que l'on tire depuis la pompe pneumatique. Tout devient difficile, les pièges et obstacles se multiplient, tout comme les heurts physiques et les efforts musculaires intenses.

Les différentes phases du processus induisent un environnement de travail variable. Les zones de sécheries et de fours entretiennent une chaleur étouffante. Le métal des tuyaux, canalisations et outils de travail est chaud, il pique et marque les corps. Les gants et le bleu de travail ne protègent qu'imparfaitement, face à cette température dangereuse. Le corps, dissimulé intégralement sous le bleu de travail, le casque, les gants, les bottes, et parfois même par des combinaisons chimiques, transpire largement pour se refroidir. Des gouttes d'eau ruissellent sur les verres des lunettes de protection, déjà encombrés par la buée, et alourdissent les vêtements de travail. *A contrario*, les zones humides, comme la table de fabrication d'une

³⁹³ Locution autochtone employée par plusieurs membres de Care au cours de l'enquête.

³⁹⁴ Terme autochtone.

machine à papier, transforment l'espace en forêt tropicale. L'eau est partout et imprègne les gants et les bleus. Les bottes de sécurité sont indispensables pour traverser des ruisseaux ou des mares temporaires. Les résidus liés au process se mêlent à l'eau et viennent recouvrir les paliers et autres éléments mécaniques d'une pâte plus ou moins visqueuse. On est régulièrement amené à imaginer que cela fait des dizaines d'années qu'une âme ne s'est pas aventurée par ici.

Au sol, les dépôts de lubrifiants et d'huile de coupe se mélangent avec la poussière de matière issue du flux. Ce mélange imprègne d'abord la « machine » en elle-même, puis le graisseur qui, tel un chiffon, récupère la saleté. Le bleu de travail, les combinaisons étanches, les gants en nitrile, les sur-gants, les lunettes de protection, les bottes de sécurité et le casque de chantier sont autant de protections visant à mettre une barrière entre cette matière souillée et le graisseur, mais rien n'y fait ! Cette matière perce progressivement ces protections et pénètre au plus près du corps, venant même à l'imbiber. La graisse et le cambouis, au fur et à mesure de l'arrêt, imprègnent ces protections et pénètrent dans les pores de la peau du graisseur. Il cherche à ne jamais toucher son visage pour le laisser immaculé. C'est le signe d'une bonne maîtrise de son travail, des matières maniées et de son environnement, ou autrement dit, d'une technique corporelle rodée

L'usine imprègne le graisseur de l'odeur de son process. Au cours des jours suivants, les pores de la peau rejettent peu à peu cette matière, à l'instar du charbon pour les mineurs³⁹⁵. La métaphore de la mine pour caractériser cette temporalité est d'ailleurs mobilisée. « *A Fos, au début c'était la mine ! Ça va mieux maintenant. Bon, ce n'est toujours pas facile, faut quand même s'en occuper, mais ça va mieux.* »³⁹⁶ La temporalité « *Stop and Go* », par l'intensité et la rugosité du travail qu'elle demande, a toutes les caractéristiques d'un sprint de huit heures. À la fin de l'opération commando, les corps sont fourbus. Les agents de la maintenance s'investissent sans retenue, sachant que cela constitue leur pic d'activité, leur moment³⁹⁷. Une forme de griserie s'empare d'eux, mêlé à un sentiment de mission accomplie face à un environnement hostile.

³⁹⁵ Thierry Pillon, *Le corps à l'ouvrage*, Paris, Stock, 2011.

³⁹⁶ Tony, responsable opérationnel, Care, Fos-sur-Mer, 2019.

³⁹⁷ Mathilde Bourrier, *Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation*, Paris, PUF, 1999.

2.2.3. Se faire sa place en milieu hostile : une coopération conflictuelle ?

Lors de ces arrêts-machines, plusieurs opérations de maintenance sont prévues. Plus le processus de production fait intervenir une part importante de travail mécanique, plus les opérations de maintenance seront fréquentes et de grande ampleur. Les arrêts « *Stop and Go* » sur les sites papetiers ou sur les aciéries, font intervenir plusieurs corps de métier. La dégradation importante et continue des pièces et outils des machines automatisées nécessite de mobiliser une main d'œuvre spécialisée et diversifiée pour les maintenir. Des électriciens, des mécaniciens, des chaudronniers, des manutentionnaires, des nettoyeurs, etc., qui appartiennent à différentes entreprises sous-traitantes ou à l'entreprise utilisatrice, ont des tâches plus ou moins complexes à réaliser. Ces entreprises sous-traitantes sont souvent spécialisées sur des opérations spécifiques, tandis que le personnel de l'entreprise de production est plutôt polyvalent. Il y a une forte concentration de personnel sur une même zone de travail.

L'espace de travail étant limité et concentré, une concurrence spatiale s'instaure entre les maintenanciers pour accéder aux mécanismes de la machine. Cette concurrence n'est pas administrée ou gérée préalablement par les préparateurs de chantier. La coordination entre ces chantiers de maintenance devient rapidement brutale et décentralisée :

Je suis en train de graisser les cardans de la motorisation du pinceur supérieur du deuxième groupe et pendant ce temps, Nico doit s'occuper des paliers du wrap de la bobineuse. Il se situe juste en dessous de moi, j'ai un contact visuel. Il me regarde avec un air embêté et me crie « Je suis bloqué ! » en me montrant un type qui coupe à l'arc une tuyauterie à partir de la passerelle d'accès. Je demande à Nico pour combien de temps il en a avec son arc. Nico me répond : « pour quatre heures ». Je lui crie alors « Nico, fais-toi ta place ! ». Nico monte sur la passerelle et se glisse vers les paliers. Le maintenancier coupe alors son arc et renégocie avec Nico leur coactivité.³⁹⁸

Le chantier des graisseurs couvre l'ensemble de la succession des machines-outils. Les graisseurs sont donc amenés à se déplacer et à négocier pour s'insérer et pénétrer des chantiers plus statiques. Tous les moyens sont bons pour atteindre la zone de travail. Cela peut passer par une négociation sur le temps nécessaire pour réaliser le chantier : « *J'en ai que pour dix minutes*

³⁹⁸ Extrait d'un carnet de terrain, Fos-sur-Mer, 2017.

et après je bouge. »

Ces estimations de temps d'exécution sont plus ou moins de bonne foi, mais présenter l'opération de maintenance comme simple et rapide à exécuter est un bon argument pour être prioritaire. La négociation peut aussi s'appuyer sur des raisons de sécurité évidentes :

Je rentre dans l'intercage où deux techniciens analysent l'usure d'une presse rotative. Je leur dis bonjour et commence à préparer mon chantier pour le graissage de paliers et de cardans. Rapidement, je vois venir des équipiers des deux protagonistes dans l'intercage, deux, trois, puis quatre et cinq. Ils restent là sans faire grand-chose. Leur chef me tape dans le dos en disant : « Là en termes de sécurité, on n'est pas bon, on est trop nombreux, c'est dangereux. Il faut que tu reviennes plus tard. Je réponds : « Ok, je reviendrai à midi... ».³⁹⁹

La question de la sécurité est un argument d'autorité manié assez facilement par les acteurs. Des stratégies de mise en situation de possibles risques sont parfois employées pour faire place nette et se dégager d'une coactivité. Le graisseur, par sa mobilité, peut aller et venir sur les zones des autres chantiers et utilise les pauses repas ou pauses cigarette des autres maintenanciers pour s'insérer sur leurs chantiers. Il s'agit là d'un avantage important, mais cette réorganisation permanente du travail du graisseur constitue une marque du caractère dégradé de son activité. D'ailleurs, les autres maintenanciers ne se gênent pas pour leur rappeler cette position « *Fais attention à pas mettre de la graisse partout !* »⁴⁰⁰, et s'en servent comme argument pour repousser sa tentative d'insertion. Une autre stratégie consiste en une coordination forcée. Elle peut débiter par un « *Bonjour !* » franc et audible. Afin d'éviter des négociations, le plus simple est parfois de dire bonjour pour signaler haut et fort sa présence et commencer à travailler.

Certains chantiers prennent un caractère dominant dans cette concurrence spatiale. Les négociations d'accès sont alors entravées. C'est le cas lors de la manutention d'une charge *via* le pont roulant. Sa sonnerie est un élément d'autorité, tous les maintenanciers doivent alors se retirer pour permettre cette manutention en sécurité. Dès que la vigie s'éloigne, ils reprennent leur place. Le chantier à l'espace le plus hermétique est celui qui est réalisé par le personnel de

³⁹⁹ Extrait d'un carnet de terrain, Fos-sur-Mer, 2017.

⁴⁰⁰ Un maintenancier en mécanique industrielle travaillant pour une entreprise sous-traitante, Fos-sur-Mer, 2017

maintenance interne à l'usine. La relation entre « salarié maison » et « salarié extérieur », s'exprime par une imperméabilité de ces zones de travail et une priorisation forte des « chantiers maison ». Les chantiers des entreprises extérieures doivent louvoyer avec ces chantiers internes. Cela passe par des demandes d'autorisation plus formelles, des temps d'attente et de mise à disposition du personnel de l'entreprise sous-traitante, malgré la pression du flux.

Parfois, la négociation échoue et un chantier bloque les graisseurs dans leur avancement. Quand les temps d'attente se prolongent et viennent mettre à mal l'organisation du chantier de graissage, il peut arriver que le responsable de chantier décide de se décharger de l'opération de lubrification auprès des maintenanciers bloquants. Cette menace peut libérer de l'espace, mais montre aussi les limites acceptables de ces coordinations bilatérales. La question de la mise en sécurité du chantier peut aussi entraver ces négociations :

On a presque fini le chantier, il n'y a plus qu'à entrer dans la bob 5 pour graisser les paliers, il semble qu'on ait assez de longueur de flexible. Là, je vois dans la cage des bobs des types d'Endel qui descendent avec un pont un énorme vérin dans la cage. Deux types sont en bas pour le réceptionner et l'aligner pour le monter. Je vois aussi de l'autre côté de la passerelle où je me trouve, qu'Endel a bloqué les accès à la bob avec de gros cadenas.

Je demande au chef comment on va faire. Il me répond qu'on n'a pas le choix, il faut avancer. Il demande d'en haut, à l'un des mécanos d'Endel, pour combien de temps ils en ont. Il répond : « avec le montage, pour bien deux heures ». Le chef descend illico dans la bobineuse. Il regarde où sont les points de graissage et analyse la situation. Il voit que le mandrin est quasiment en place et à un mètre cinquante de notre zone. Il dit au type, « ça vous dérange si on se met là pour graisser les wraps ? ». Le type répond « il faut voir ça avec le chef en haut », tout en montrant du doigt un individu qui regarde la situation d'une passerelle au-dessus de nous. Il y a des salariés d'Arcelor avec lui, ils sont bien reconnaissables avec leur uniforme tout propre. Le chef me dit, « c'est bon envoie le flexible ! » Je lui fais parvenir, il contrôle que la longueur soit bonne, puis remonte vers moi. Il me dit d'aller commencer à graisser, qu'il me rejoint après. Je descends donc par le même chemin que le chef. Quand j'arrive, j'analyse à mon tour la situation de manutention, et je me dis que c'est bon, qu'il ne va rien se passer. Je jette

un œil en haut pour voir s'il n'y a pas trop de types d'Arcelor. Bon personne, ils sont partis. Je saisis la poignée du pistolet et commence à graisser. Je fais le tour de la bobineuse pour aller faire le contrôle visuel sur les paliers et évite soigneusement la zone de manutention⁴⁰¹.*

De la même façon, les agents de lubrification peuvent mobiliser l'argument de la sécurité pour se décharger de tâches rendues trop périlleuses à cause d'une coactivité avec un autre chantier. Mais plus fréquemment, ils franchiront ces règles de sécurité pour accomplir leur mission et avancer, quel que soit le danger objectif de la situation de travail.

Les chantiers de maintenance s'imbriquent, se déplacent et se juxtaposent sans cesse au cours de ces quelques heures d'arrêt. Des stratégies de négociation se substituent à une organisation formelle de la coactivité. Elles reposent finalement sur une convention tacite : chacun doit pouvoir effectuer son travail, et il faut toujours parvenir à s'arranger. Si la convention n'est pas respectée, cela peut conduire à des situations de retrait, c'est-à-dire de réorganisation de la répartition du travail, ou de non-respect d'autres règles de coordination de l'activité. L'articulation de cette division du travail de maintenance semble reposer sur une coordination conflictuelle en vue d'un travail bien fait⁴⁰².

3. La temporalité du « graisseur » : une chasse programmée

Lors de cette activité de maintenance, l'agent de lubrification manie principalement de la graisse, d'où l'idée de le nommer le « graisseur » dans ce chapitre. Sur le terrain d'enquête, cette appellation de « graisseur » est la plus fréquemment utilisée par les autres maintenanciers pour nommer les ouvriers en lubrification. Elle se rapporte directement à la matière maniée, mais aussi au dispositif de vanne qui permet l'acte de graissage : le graisseur. Le premier mouvement de ce développement s'attardera sur les matières et outils nécessaires à cette chasse à la panne programmée. Dans un second temps, nous détaillerons les techniques et gestes de cette opération de maintenance préventive.

⁴⁰¹ Carnet de terrain, Fos-sur-Mer, 2017.

⁴⁰² Yves Clot, *Le prix du travail bien fait. La coopération conflictuelle dans les organisations*, Paris, La Découverte, 2021.

3.1. Des outils et matières pour repousser la panne

Ce premier développement vise à décrire précisément le système technique attendant au graissage sur arrêt-machine. Il débute par les matières maniées, c'est-à-dire les différentes graisses, et la perception sensorielle que les acteurs en ont. Seront ensuite présentés les objets techniques utilisés pour réaliser ce graissage.

3.1.1. La graisse, une matière technique

Les graisses contemporaines sont des produits à caractéristiques et fonctions techniques précises. Certaines d'entre elles sont gluantes et difficiles à saisir, quand d'autres sont denses et contraignantes à étaler. Ces matières savonneuses sont à la fois glissantes et collantes, ont des odeurs envahissantes, et il est difficile de s'en défaire. Malgré leurs couleurs pimpantes, rouge, jaune, blanche bleu, etc. en sortie du fût, elles restent associées par les autochtones à une matière impropre.

Lors de l'une de mes premières expériences en tant qu'agent de lubrification, pendant des vacances universitaires, j'ai été contraint de transvaser de la graisse d'un fût de 208kg dans un tonnelet de 50kg vide. Impossible de faire basculer le fût, j'ai donc dû, avec un collègue, utiliser directement mes mains pour pratiquer l'opération. Opération marquante : la matière s'infiltre entre les doigts et sous les ongles et colle aux mains, ce qui ne facilite pas l'opération. Pendant ce temps, des mécanos de l'usine passent et ne manquent pas de commentaires : « Ah les gars, carrément avec les mains ! » nous montrant du doigt, riant et s'écartant. Après ça, rien à faire, il reste une fine pellicule de graisse qui semble revenir sans cesse sur mes mains et les marque de son odeur.

La manipulation de ces lubrifiants crée un sentiment de révolusion qui s'appuie sur les sensations de touché, mais aussi sur une forme de souillure qu'induit ce contact avec la matière⁴⁰³. Pourtant, la graisse se présente comme un produit complexe et raffiné techniquement. Sur un même site industriel, une dizaine de graisses différentes sont utilisées par les agents de lubrification. En effet, chacune d'entre elles possède des propriétés particulières, répondant à un environnement de fonctionnement spécifique. Les principaux critères qui ressortent de cet environnement sont la vitesse de rotation du mécanisme, la force

⁴⁰³ Mary Douglas, 2005, *op. cit.*

transmise, la chaleur dégagée par le process et la présence d'eau. Des graisses adaptées et résistantes à ces conditions, par leur degré de viscosité par exemple, vont permettre d'assurer la pérennisation des mécanismes de transmission et de transformation du mouvement rotatif.

Ce sentiment est amplifié lorsque ces graisses sont usées par le processus de production. Du fait des frottements et de l'environnement de fonctionnement, elles brûlent, s'abîment, se diluent, perdant ainsi progressivement leurs propriétés physico-chimiques. Il faut donc opérer pour remplacer les lubrifiant se situant dans les organes de la machine-outil. Un responsable maintenance d'une fabrique de sac ira même jusqu'à dire « *c'est la graisse qu'on mange ici* », signifiant le caractère consommable du produit. La graisse perd alors sa couleur claire pour prendre un aspect grillé, noir et malodorant. Cette matière est considérée par les acteurs comme « polluée ». Elle tâche et s'infiltré dans les habits de travail, jusqu'au corps.

Rares sont les agents de lubrification qui domestiquent la graisse. Celle-ci reste considérée comme un produit dangereux pour la santé et sensoriellement désagréable. Une fois qu'elle est consommée par le processus de production, elle devient un déchet, une matière polluée qu'il faut remplacer, essuyer, retirer des mécanismes.

3.1.2. Préparation de la traque : inventaire du matériel

Afin de réaliser ce remplacement de lubrifiant, le graisseur utilise différents types de pompes pneumatiques, électriques ou manuelles. Plus rarement, il peut être amené à réaliser le graissage « manuellement », grâce à des spatules. La plupart des mécanismes de transmission de mouvement sont équipés de dispositifs permettant un graissage grâce à une pompe, seuls les accouplements à ressorts ou à lacets semblent déroger à cette simplification de l'opération de graissage. Ce développement se propose de décrire les différents outils et matériels nécessaires à cette opération.

Dans les conditions de pression temporelle et d'urgence d'un arrêt-machine, la pompe pneumatique est privilégiée par rapport aux autres types de pompes. Elle bénéficie en effet d'une plus grande capacité de stockage et de puissance, même si elle perd en maniabilité. Les pompes électriques ou manuelles seront réservées pour des opérations spécifiques. Généralement, une pompe pneumatique à piston est positionnée sur un fût de graisse d'une

capacité de 50 Kg ou de 208 Kg. L'ensemble est monté sur des chariots ou des diables de façon à être déplaçable par une seule personne, en autonomie (figure 46).

Pour que les pompes pneumatiques à piston fonctionnent, il faut les relier par un « tuyau d'air »



Figure 25 : Cinq chariots de graissage équipés de leurs tuyaux, flexibles et poignées de graissage.

(en jaune sur la photo) au service d'air comprimé de l'usine, appelé « les servitudes »⁴⁰⁴.

L'air comprimé est la seule énergie utile pour le fonctionnement de la pompe, permettant de la mettre sous pression. L'agent de maintenance visse, en sortie de pompe, un « flexible de graissage » (en noir sur la photo), sur lequel il monte un « pistolet » ou une poignée de

graissage. Cette poignée comprend elle aussi, à sa sortie, un flexible de longueur et de diamètre bien inférieur, sur lequel est vissée la fameuse agrafe, ou « embout » de graissage. L'activité de l'agent de lubrification se résume à ces gestes de raccordement de la pompe aux servitudes de l'usine et jusqu'à chaque mécanisme de « la machine ».

L'agrafe, vissée au bout du « pistolet » de graissage, a pour fonction de pousser la bille du graisseur et d'assurer l'étanchéité par un joint en caoutchouc entre la pompe pneumatique et le mécanisme. Sous l'action de l'agrafe, le graisseur s'ouvre alors pour permettre le remplissage de la capacité de stockage par de la graisse sous pression. Une fois l'agrafe déconnectée, la bille revient à sa position de départ *via* un ressort, et assure à nouveau l'étanchéité de la capacité. Différentes formes de graisseurs existent : des graisseurs « à pousser droit »⁴⁰⁵, « à pousser pencher »⁴⁰⁶ et « à tirer »⁴⁰⁷ ou des « plats »⁴⁰⁸, auxquels répondent plusieurs types d'agrafes.

⁴⁰⁴ Terme autochtone.

⁴⁰⁵ Terme autochtone.

⁴⁰⁶ Terme autochtone.

⁴⁰⁷ Terme autochtone.

⁴⁰⁸ Terme autochtone.

Les différents types d'agrafes et de graisseurs sont illustrés ci-à gauche. Ces appellations font directement référence à des gestes techniques à réaliser lors du graissage en fonction du type de graisseur ou plus simplement, de leur apparence. De son côté, la littérature technique différencie deux types de graisseurs, les graisseurs hydrauliques, qui correspondent aux graisseurs « à pousser », et les graisseurs Tecalemit, dits « plats ». Les graisseurs hydrauliques sont de trois types, H1, H2 et H3, qui indiquent leur degré d'inclinaison, respectivement de 90°, 45° et 0°. Les graisseurs Tecalemit revêtent la forme d'un boulon. Ils étaient d'ailleurs appelés préalablement « graisseurs-boulons », avant que le nom de la marque du fabricant dominant ne prenne le dessus.

Les graisseurs sont parfois absents sur les accouplements mécaniques. À leur place sont installés des bouchons ou de simples écrous vissés dans les flasques sertissant les ressorts de l'accouplement. L'agent de lubrification doit alors monter un embout mâle sur sa pompe, afin de le visser dans le filetage de l'écrou. D'autres fois, ce sont les flasques qu'il faut démonter pour accéder directement à ces ressorts. Ces systèmes sont moins élaborés et demandent davantage d'opération de démontage à l'agent de lubrification.

3.2. *La chasse à la panne.*

Ce second développement va décrire plus précisément l'activité de graissage lors d'un arrêt-machine, qui consiste en une opération de raccordement en milieu hostile et exigu. Un second temps sera ensuite consacré à la question du « bon graissage » comme norme professionnelle partagée par les agents de lubrification.

3.2.1. *Une pompe et des organes*

L'activité de l'agent de lubrification, dans cette temporalité, consiste dans un premier temps à parvenir à raccorder une pompe aux mécanismes de la machine, une opération plus complexe qu'elle n'y paraît. Cette opération se décompose en deux temps, la phase de mise en place de la pompe et la phase spécifique de raccordement.

i. *Déplier la pompe*

« Mettre en branle une pompe »⁴⁰⁹ ou la « déplier »⁴¹⁰ consiste à dérouler totalement le

⁴⁰⁹ Terme autochtone.

⁴¹⁰ Terme autochtone.

« flexible de graissage » et le « tuyau d'air », et à raccorder le second au système d'air comprimé. Inversement, « replier la pompe »⁴¹¹ se résume à enrouler les tuyaux et flexibles autour du chariot ou de la pompe, de façon qu'ils ne touchent pas le sol après que la pompe a été mise hors pression. Ces opérations simples sont en réalité chronophages et fatigantes. Brancher ou débrancher la pompe au système d'air centralisé *via* un raccord à « tête de chat »⁴¹² demande un certain coup de main. Opération rapide pour l'agent de graissage aguerri, elle peut être une réelle difficulté pour le débutant ; tout comme peut l'être l'action d'enrouler le « flexible de graissage » autour de la pompe. Le flexible, lourd et rigide lorsqu'il se remplit de graisse, n'est pas aussi facile à discipliner qu'il n'y paraît. Or une mauvaise maîtrise du flexible est courante chez les novices, et suscite des moqueries de la part des plus expérimentés : « *On aurait dit un chaton qui se battait avec une pelote de laine !* »⁴¹³.

La perception de Guy Delisle⁴¹⁴ retraçant le caractère redoutable d'un enchaînement de gestes en apparence simples d'exécution, trouve ici sa pleine illustration. L'agent de lubrification doit se frayer un chemin dans la forêt métallique, son « pistolet » à la main. Parfois, il coince le flexible avec son buste pour pouvoir utiliser ses deux mains pour s'insérer dans la « machine ». Il doit « tirer »⁴¹⁵ son flexible le plus loin possible pour s'assurer de pouvoir atteindre l'extrémité de sa zone de travail. Mais dérouler le flexible demande de la réflexion : « *Comment le faire passer pour atteindre ce point de graissage ?* » Les conséquences d'une trajectoire sont insoupçonnées. Le flexible est indiscipliné, il s'enroule autour d'obstacles ou se coince. Sans être rigide, la structure du flexible et la pression de la pompe qui s'y exerce, le rendent peu maniable. Son poids complique la tâche, tout comme le « pistolet », qui ne cherche qu'à chuter et se bloquer en contre-bas. Dérouler le flexible afin d'arriver à l'extrémité de la zone de travail est donc une réelle opération de manutention. Les graisseurs peu expérimentés sont amenés à faire de nombreux aller-retours pour décoincer le flexible ou le faire passer au plus court. Cette inefficacité gestuelle se traduit par une fatigue accrue. Il en résulte que le choix de la place où la pompe doit être installée est primordial pour cette temporalité, car il n'y a pas de temps ni d'énergie à perdre. Ce choix est guidé par deux facteurs : d'une part, la pompe doit être à

⁴¹¹ Terme autochtone.

⁴¹² Terme autochtone. Système de raccord pneumatique rapide.

⁴¹³ Gilles, Responsable chantier, Care, Arrêt-machine, Mimizan, 2019

⁴¹⁴ Guy Delisle, 2021, *op. cit.*

⁴¹⁵ Terme autochtone.

distance de flexible des extrémités de la zone de travail, d'autre part elle ne doit pas gêner d'autres opérations de maintenance en cours. Les bons coins pour positionner les pompes sont connus par les graisseurs, qui se les transmettent de pair en pair.

ii. Raccorder la pompe aux mécanismes

C'est seulement après cette installation que l'agent de lubrification va pouvoir réaliser ses opérations programmées. Il cherche les points de graissage sur chaque palier, cardan ou accouplement mécanique. Les graisseurs ne sont pas toujours visibles. Parfois, ils se présentent simplement sur la capacité, mais le plus souvent, ils se nichent sous la poussière ou les déchets du process. L'obscurité régnante amplifie cette difficulté de repérage. L'agent passe ses mains équipées de gants sur l'ensemble du mécanisme. Les gants contrarient la précision de la sensation qui est parfois nécessaire pour déceler ces petites vannes. Alors, l'ouvrier gratte avec une spatule, une pince ou une clef pour enlever les aspérités issues de la poussière ou des déchets du processus ou nettoie à l'aide d'un chiffon. Il allume sa lampe frontale pour voir ce qu'il fait de ses mains, et sa lampe de poing pour voir plus loin lors d'un graissage déporté via des tuyaux. Les graisseurs peuvent aussi se situer dans le creux des articulations ou du côté du flux de matière, ce qui empêche l'agent de les voir. Ce dernier mobilise alors seulement son sens du toucher à travers les gants pour le repérer, et surtout connecter l'agrafe au graisseur. Il se représente alors mentalement la forme du graisseur, son inclinaison et sa position, afin d'y associer l'agrafe.

Pour les graisseurs hydrauliques, raccorder l'embout et le graisseur consiste à exercer une pression de façon à pousser la bille en charge de l'étanchéité. Pour que la connexion se fasse et tienne, il faut veiller à être parfaitement aligné. Un petit écart de degré suffit pour que, lorsque l'agent de lubrification appuie sur la gâchette du « pistolet », l'agrafe, sous la pression, quitte le graisseur et répande ainsi la graisse sur le lieu de travail. L'agent doit alors nettoyer le graisseur avant de recommencer l'opération. En ce qui concerne les graisseurs-boulon, pour établir la liaison il faut faire passer le graisseur par l'ouverture latérale de l'agrafe et de tirer assez fort d'un coup de poignet sec et à trente degrés, pour qu'ils s'enclenchent. Une fois en place, le couple ne se sépare pas sous la pression du flux de graisse, le graisseur est maintenu, serti dans l'agrafe.

Si l'ouvrier en lubrification estime que la connexion est établie, il ouvre la vanne, ou appuie sur la gâchette du « pistolet », et entend la pompe pneumatique « taper »⁴¹⁶. Ce bruit retentit presque instantanément. Un bruit d'impact lourd au rythme régulier et plutôt lent rassure l'agent. Il s'agit du seul signal qu'il peut capter pour être renseigné sur le bon fonctionnement de la pompe pneumatique, car celle-ci est éloignée d'une dizaine de mètres. Il vérifie en premier lieu l'étanchéité de son raccordement. Si le raccordement est visible, son contrôle est aisé, car en cas de problème la graisse neuve de couleur claire surgit à grande vitesse par l'agrafe, colorant ainsi le monde gris métallique et noir de la machine. Si le contact visuel est impossible, l'agent utilise ses doigts ou un chiffon pour vérifier l'absence de dépôt coloré autour de l'agrafe. Lors de connexions difficiles, il se tient prêt à refermer la vanne, car la situation peut rapidement induire une fastidieuse phase de nettoyage.

Le graisseur passe ainsi de points en points, de graisseurs en graisseurs, en essayant de ne pas oublier un palier, un cardan ou un accouplement sur la centaine de mètres que fait la machine. La saturation de l'espace en mécanismes et tuyauteries rend difficile ce repérage, la connexion de l'agrafe et le contrôle visuel de son travail. Cet acte technique du raccordement constitue une facette importante de l'opération de graissage comprise dans cette temporalité de maintenance. Parvenir à réaliser ces connexions, le faire le plus rapidement possible, avec le moins d'échec d'étanchéité, sont les axes d'évaluation d'une arène d'habileté structurante pour ce groupe professionnel. Tout un ensemble de coups de mains, de techniques personnelles, s'articule en effet autour de cette arène. Les ouvriers en lubrification les plus expérimentés développent une habileté technique et sensorielle, qui fait l'objet de jugements par leurs pairs⁴¹⁷. Une technique du corps est nécessaire pour pouvoir évoluer dans cet environnement et pour réaliser les opérations de façon efficace, quelles que soient les conditions⁴¹⁸.

3.2.2. Le « bon » graissage

Une fois que la pompe « tape » et que le graisseur s'est assuré de l'étanchéité du raccordement, il doit juger du « bon » graissage, c'est-à-dire de la durée de l'opération. En fonction des sites de production, de l'environnement de travail et des équipements métrologiques disponibles, les

⁴¹⁶ Terme autochtone.

⁴¹⁷ Nicolas Dodier, 1995, *op. cit.*

⁴¹⁸ Marcel Mauss, « Les techniques du corps » *Journal de Psychologie*, 1936, XXXII, no. 3-4.

sens seront plus ou moins mobilisés dans cette phase de jugement. Les outils et techniques s'appuyant sur la métrologie font évoluer les savoir-faire partagés par les agents de lubrification. En leur absence, un « bon » graissage est un graissage en parti visible, et donc contrôlable par le préparateur de chantier, même si parfois, il ne s'appuie que sur la perception sensorielle de l'agent de lubrification. L'utilisation de d'outils de métrologie dans la lubrification semble désarmer davantage le contrôleur que l'exécutant qui scientifise sa pratique.

i. Graisser sans mesurer, une opération avide de sens

Une fois l'agrafe raccordée au graisseur, l'agent appuie sur son pistolet pour remplir de graisse neuve la capacité de du mécanisme visé, afin d'en chasser la graisse usée. Rapidement, cette dernière se craquelle et émet un bruit de crépitement. Le graisseur mobilise ainsi son ouïe afin de contrôler son opération. La graisse marquée par le travail mécanique et brûlée par l'échauffement dû aux frottements, jaillit par les joints du mécanisme, parfois accompagnée par de l'eau. L'agent continue à graisser jusqu'à ce qu'il voie apparaître la couleur claire et franche de la graisse neuve le long du joint de l'articulation. Il ferme la vanne ou relâche la gâchette, et essaye de nettoyer au mieux le débordement de graisse à l'aide de chiffons ou de papiers, afin de réduire et non d'effacer ces traces. Cette opération permet de remplacer la graisse usée par de la graisse neuve. Néanmoins, une part de la graisse neuve injectée dans le mécanisme ressort par les joints lors de la remise en route de l'installation. La mise en rotation de l'arbre dans le palier fait varier la position des galets du roulement et diminue l'espace disponible entre les galets et la cage du palier. C'est la raison pour laquelle il est conseillé de réaliser ces graissages en marche, lorsque que les conditions d'accès le permettent.

La convention la plus largement répandue pour déterminer la fin de l'opération de graissage est le débordement de la graisse le long des joints de l'articulation, ou par une purge positionnée sur la partie supérieure de l'articulation. Ce débordement fait principalement appel au sens de la vue pour être évalué. La bonne réalisation des graissages est alors aisément contrôlable par le préparateur de chantier, qui pourra s'en assurer par un contrôle visuel. Ce surgraissage, qui a fonction d'indice du travail du graisseur, a pour conséquence d'user plus rapidement les joints d'étanchéité des mécanismes de transmission.

Dans les cas où le matériel est le plus résistant et où la production est la moins sensible à la pollution par un lubrifiant, les débordements de graisse sont encouragés. Il vaut d'ailleurs mieux un bon débordement, de façon à remplacer toute la graisse de la capacité et ainsi s'assurer d'une remise à un point zéro de la lubrification, que de faire dans la précision. Rapidement, des quantités importantes de graisse, souvent mêlées à de l'eau issue du processus productif, s'écoulent sur le sol. Une partie est nettoyée par le graisseur, qui anticipe parfois les débordements en positionnant préalablement des chiffons, le reste se joignant aux déchets-process qui jonchent le sol. Une telle situation est bien évidemment incompatible avec les industries appartenant au secteur alimentaire.

Dans certains environnements de travail, le faible accès à ces mécanismes de transmission et de transformation du mouvement rotatif rend tout contrôle visuel impossible. Le graisseur va alors s'appuyer seulement sur le bruit de crépitement de la graisse brûlée pour déterminer le moment du « bon » graissage. Le préparateur de chantier investit alors une totale confiance dans le graisseur, ne pouvant réellement contrôler et juger ses opérations. De son côté, l'agent de lubrification construit un savoir-faire professionnel à partir de cette attention sensorielle volontaire portée sur l'environnement matériel⁴¹⁹. Son jugement du « bon » graissage des mécanismes de la « machine » s'appuie sur cette attention sensorielle volontaire⁴²⁰.

ii. Mesurer, c'est mettre à distance ?

En fonction des sites industriels et des contraintes de qualité s'apposant à leur production, ces techniques de débordement seront plus ou moins appréciées. Dans une fabrique de levure ou dans le papier alimentaire, les débordements de graisse ne sont par exemple pas acceptés. La nature du produit mis en flux influe sur la qualité de la prestation de lubrification. Il se développe alors une tendance à la métrologie, qui consiste à déterminer quelle quantité de graisse doit être ajoutée dans le mécanisme de transmission, afin d'éviter la casse.

Une première méthode consiste à s'appuyer sur un échantillon de mécanismes pour mesurer la quantité de graisse moyenne ajoutée avant débordement et à l'appliquer à l'ensemble des mécanismes de même type de la machine. L'objectif est alors de trouver une valeur approximative maximale, qui n'induit pas de débordement. Cela peut prendre la forme d'un

⁴¹⁹ Joël Candau, *Mémoire et expériences olfactives. Anthropologie d'un savoir-faire sensoriel*, Paris, PUF, 2000.

⁴²⁰ Agnès Jeanjean, *Basses œuvres. Une ethnologie du travail dans les égouts*, CTHS, Paris, 2006.

nombre de coups de pompe prescrits à l'agent de lubrification. Lors de l'effectuation de son opération, celui-ci s'appuie alors sur le bruit de va et vient de la pompe, et compte dans sa tête un coup sur deux. Ce décompte lui permet de déterminer la fin de son opération sans attendre un débordement. De façon moins rudimentaire, cette méthode empirique peut s'appuyer sur un compteur de graisse, qui se monte en série entre la poignée de graissage et le flexible où est vissée l'agrafe. Ce compteur va informer précisément l'ouvrier de quelle quantité de graisse exprimée en gramme il a administré dans la capacité du mécanisme. La quantité de graisse à ajouter peut s'appuyer sur « la mémoire de l'usine », transmise de pair en pair, et qui a démontré une fiabilité. On met alors telle quantité de graisse car « on » (la mémoire de l'usine, en somme) a « toujours » fait ainsi. Le plan de graissage n'est alors qu'une répétition de ce qui a été fait préalablement. Si l'agent de lubrification ne doit plus déterminer le moment du « bon » graissage, il doit surveiller si un débordement plus rapide survient et ajuster la préconisation au fur et à mesure de l'arrêt. Il guette alors le surgraissage.

Une autre méthode consiste à déterminer la quantité de lubrifiant à remplacer dans le mécanisme à partir de ses caractéristiques techniques, c'est-à-dire à partir des données du constructeur. Des formules mathématiques permettent aisément de déterminer le volume disponible et dédié à la graisse dans le mécanisme, et ainsi de préconiser le remplacement d'une fraction de ce volume lors des arrêts-machines. Cette méthode se combine avec une surveillance de la variation de la température de ces organes mécaniques lors de la phase de production. Plus directement, elle se combine avec la mise en place d'un système de cartérisation des machines-outils, qui les rend moins dangereuses, mais aussi moins accessibles. Cette distance avec les mécanismes rend le contrôle visuel ou sonore plus difficile. Des tuyauteries de graissage permettent de « déporter » les points de graissage, c'est-à-dire de les mettre à distance. Elles rendent possible la lubrification sans accéder au mécanisme. Une préconisation appuyée sur une revue constructeur devient alors le seul moyen de réaliser le « bon » graissage.

Cet éloignement spatial de l'ouvrier par rapport à la « machine », affaiblit le recours à l'attention sensorielle volontaire du maintenancier lors des phases de contrôle de son travail, mais lui permet de s'affirmer autrement comme un professionnel. Il peut s'appuyer sur un savoir presque scientifique pour justifier son graissage. Cette mise à distance entre en synergie avec la recherche de l'optimisation du principe de continuité du flux de production. En effet, elle

permet de réaliser davantage d'opérations de lubrification pendant la marche de l'installation, et ainsi de réduire davantage l'activité de maintenance à réaliser lors des arrêts de production.

4. Ordonnancement technique, place dans la hiérarchie professionnelle et gestion des aléas

La position de l'agent de lubrification dans la hiérarchie professionnelle des maintenanciers le rend particulièrement sensible à l'imputation à son encontre des aléas mécaniques survenant lors des phases de production. Plus globalement, sa position dégradée dans la division du travail le conduit à devoir gérer des aléas de chantiers, comme des blocages, en sus des aléas propres à son activité. Le premier développement approfondit l'insertion de l'agent de lubrification dans l'ordonnancement technique des tâches de maintenance. Dans un second temps, nous montrerons comment le graisseur s'adapte et gère la problématique des aléas de chantier et des aléas futurs de la production.

4.1. *Ordonnancement technique et positionnement professionnel du graisseur*

Lorsque les opérations de graissage ne sont pas sous-traitées ou confiées à une personne dédiée au sein du personnel de l'entreprise de production, ce sont les mécaniciens qui en ont la charge. Peu enjoués et intéressés par les activités de graissage, ils cherchent à ne plus les réaliser. Cela se traduit souvent par des problèmes de suivi, de fiabilité et de casses mécaniques. Lors de l'enquête, ce mouvement d'exclusion est observable à l'occasion de la prise d'un nouveau contrat par Care. En pénétrant dans le site pour organiser le chantier, on se rend alors compte du peu de soin qui est porté aux infrastructures et de la faible connaissance de ce versant de la maintenance par les responsables de la maintenance en interne. Surgraissage, sous-graissage, liste des opérations inconnues, etc. : la fragilité matérielle de ces phases du processus révèle rapidement ce délaissement, et conduit à la recherche de solutions internes ou externes.

L'opération de graissage est liée aux opérations de mécanique préventive ou curative réalisées par les « mécanos » lors des arrêts. Après avoir remplacé un cylindre, un roulement ou encore un accouplement, il faut appliquer de la graisse ou de l'huile sur le mécanisme de transmission. Parfois même, apposer de la graisse fait partie du mode opératoire de montage, permettant de faciliter les emboîtements mécaniques. Cette situation conduit à ce que les tâches des mécaniciens soient prioritaires sur celles réalisées par l'agent de lubrification qui doit intervenir

une fois le montage réalisé : « Ici c'est nous qui faisons le démontage et le remontage des conduites de graissage centralisé avant et après les chantiers des mécanos, on les a trop bien habitués... »⁴²¹

Les graisseurs expriment cet ordonnancement technique de la façon suivante : « Est-ce que les mécanos finissent leur boulot ou non ? », c'est-à-dire lubrifient-ils les mécanismes après les avoir montés ? Est-ce que le chantier prend fin une fois que l'opération de montage ou de réparation est réalisée par les mécaniciens ? Pendant cette modalité de maintenance, il y a une incertitude sur cette répartition des tâches entre les mécaniciens et les agents de lubrification car il ne s'agit pas d'une restauration des équipements mais d'une maintenance sous-pression. Cette répartition des tâches varie d'un site à l'autre en fonction de l'organisation du travail. Plus la maintenance est sous-traitée, plus on rencontre une organisation par spécialisation des tâches. Les graisseurs n'ont aucun intérêt à s'imbriquer dans un tel émiettement, et vont donc s'appliquer à s'en tenir aux travaux de maintenance préventive et s'éloigner des travaux de réparation ou de remplacement effectués par les mécaniciens. Ces derniers cherchent à se délester de ces opérations dévalorisées, et donc à se concentrer sur le montage des mécanismes et laisser de côté la lubrification. Une telle division du travail conduit à des blocages importants du chantier de graissage, et à des disputes entre professionnels :

Il est bientôt 19h, avec Nico on a fini toute notre zone aux bobineuses et le patron nous a dit d'aller aider Tony aux dégrossisseuses. On trouve Tony en train de fumer sa clope avec Alex. Il me dit qu'il ne reste que le gros accouplement en haut de la cage R6, mais que les mécanos n'ont pas fini. On attend une heure comme ça. Après quelques discussions, l'ennui qui se couple à la fatigue, se fait sentir. Tony est allé voir les gars en haut pour savoir pour combien de temps il y en a encore. Ils lui ont répondu 1h de plus, c'est-à-dire jusqu'au moment où on doit rendre les consignations. Le patron arrive, ça l'irrite, il nous dit d'approcher les pompes et va dire au chef mécano de faire le graissage lui-même, et qu'on ne va pas rester là à les attendre. On s'exécute, c'est un peu la menace suprême : fais le graissage toi-même ! Curieusement une coactivité est subitement devenue possible⁴²².

⁴²¹ Brahim, agent de lubrification, Care, Tarascon, 2020.

⁴²² Extrait carnet de terrain, Stop and Go, Fos-sur-Mer, 2018.

Dans ces cas, le chantier du graisseur se prolonge dans le temps, car son opération se situe en dernière position dans l'ordonnement technique du travail de montage. Il est donc sensible aux aléas que rencontrent les autres chantiers de maintenance en mécanique, ainsi qu'au bon-vouloir des chefs de chantiers à accepter et faciliter une coactivité. Le graisseur doit donc s'adapter aux autres chantiers qui ont lieu lors de l'arrêt de production. Ce fractionnement du travail conduit à une dilution des responsabilités en cas d'aléas mécaniques par une complexification de l'information, insérant de fait l'agent de lubrification dans la chaîne de responsabilité des opérations curatives des mécaniciens. La position des graisseurs dans l'ordonnement des tâches ainsi que leur position dans la division du travail conduit à des ralentissements, blocages dans l'exécution de leur travail, mais ils savent aussi jouer de cette position. Symboliquement dévalorisées, ces opérations en médiation directe avec la matière ne sont pas prioritaires dans la hiérarchie des opérations de maintenance. Tout l'enjeu, pour le graisseur, est de se frayer un chemin entre les autres chantiers, de jouer des coudes, et de parvenir à s'imposer ou tout au moins à s'immiscer.

4.2. *L'aléa de chantier et du flux futur*

Le phénomène de l'aléa dans un chantier de maintenance, à l'instar du chantier de BTP, est un problème récurrent. Des dispositifs organisationnels ont vocation à réduire son impact sur le déroulement du travail⁴²³. À la différence d'un chantier de construction, le chantier de maintenance se répète. Il s'agit d'une opération chronique dont on espère des résultats sur une période donnée : la phase de production. Il convient donc de gérer les aléas durant l'opération, mais aussi ceux survenant après redémarrage de la machine, c'est-à-dire après l'opération. En cas d'aléa technique, lors de la phase de production, les maintenanciers doivent prouver qu'ils n'ont pas commis d'erreurs engageant la santé de l'installation. Ils vont donc devoir construire les preuves de la bonne exécution de leur travail. Au cours de leur insertion au plus près des mécanismes de la « machine » et lors de l'opération de graissage, les agents sont susceptibles de découvrir des dysfonctionnements mécaniques. En fonction de leur évaluation, plusieurs réponses de maintenance curative sont observables. Une réorganisation permanente et des mises sous pression vont venir répondre à ces différents aléas survenant lors de la temporalité « *Stop and Go* ».

⁴²³ Marcelle Duc, 2002, *op. cit.*

4.2.1. Gérer les aléas de chantier

Dans le chantier « *Stop and Go* », l'aléa est difficile à maîtriser et peut retarder l'exécution des travaux. En sus des problèmes d'accès dus à des coactivités bloquantes, il peut arriver des défaillances d'outils, comme les pompes pneumatiques, ou des casses des graisseurs sur la « machine ». Le responsable de chantier joue un rôle déterminant dans ces situations anormales. Passant de graisseur en graisseur, il s'assure que chacun avance dans la liste de travaux qui leur a été confiée. Quand des problèmes d'ordre techniques surviennent, il les prend en charge pour permettre au graisseur de poursuivre ses opérations. « *Je suis là pour le geste technique* », répétait régulièrement Christopher un chef de chantiers.

J'ai un graisseur coupé net sur un palier d'un rouleau, impossible de le démonter avec ma clé à molette ou ma pince multiprise. J'appelle mon chef, il me dit de ne pas bouger, il arrive. Il amène avec lui un extracteur, aussi appelé « tourne à droite », et me dit de regarder comment il fait. Il utilise un foret pour percer le graisseur bloqué dans la capacité en tournant en sens de dévisse. Petit à petit, il marque un filetage avec son foret et en continuant à dévisser le graisseur remonte le long du foret et est extrait du filetage du palier. Il me laisse continuer et me dit : « maintenant tu sais faire. »⁴²⁴*

Cette opération demande une réelle habileté. Tout l'enjeu est de ne pas casser la tige de filetage du graisseur en le dévissant de l'intérieur, sinon, il faut percer et pratiquer un taraudage. Ces opérations sont confiées en urgence au personnel le plus adroit techniquement. Ces situations sont aussi des moments d'apprentissage et de transmission des gestes techniques permettant de se sortir de l'embarras.

L'aléa de chantier sur lequel l'ouvrier a le plus de prise, concerne la panne de ses propres outils de lubrification. Malgré leur aspect robuste, les pompes pneumatiques à piston ont des mécanismes plutôt fragiles. Elles tombent régulièrement en panne, et le signal retentit au moment où elles sont sollicitées. Cette détection de la panne se fait donc à l'oreille, lorsque l'agent de lubrification est dans la « machine » en train de graisser. Un bruit rapide de percussion lui indique que la pompe aspire de l'air et qu'elle « *s'emballe* »⁴²⁵. S'il n'intervient pas rapidement sur la pompe, elle risque de se casser. Il doit alors sortir précipitamment de la

⁴²⁴ Extrait carnet de terrain, Stop and Go, Descartes 2016.

⁴²⁵ Terme autochtone

« machine » pour « choquer »⁴²⁶ la pompe, c'est-à-dire la soulever et la réenfoncer dans le fût. Il sent, lors de la phase descendante, la résistance qu'exerce sur le piston la graisse située dans le fût et agence la pompe en fonction. Les percussions de la pompe s'espacent. Parfois, il doit simplement changer le fût de 50 kilogrammes, ce qui n'est pas une mince affaire. L'absence de bruit de détonation ou le retentissement de détonations très espacées indiquent aussi un problème sur la pompe pneumatique. L'agent de lubrification doit alors sortir de sa zone de travail pour aller analyser ce qu'il se passe :

On commence l'arrêt par le secteur du premier groupe des bobineuses. J'ai raccordé le chuteur de pression au raccord push pull des paliers pour sur-presser le graissage centralisé. J'ouvre la vanne et n'entends pas le bruit fort et régulier de la pompe. Je ferme la vanne, sort de la bobineuse et remonte voir la pompe. C'est une tout autre opération de maintenance qui est devant moi. Je cherche pourquoi la pompe est H.S. L'air ? Le mano ? La pompe en elle-même ? Je commence par ouvrir et fermer les différentes vannes de la tuyauterie de la pompe.*⁴²⁷

C'est alors une tout autre chasse à la panne qui commence. Le graisseur se mue en « mécano » et cherche à réparer sa pompe sur le vif. Il commence par vérifier le raccordement de la pompe à l'énergie en rebranchant le tuyau d'air. Si la pompe ne fonctionne toujours pas, le graisseur essaye d'ouvrir différentes vannes pour chasser une éventuelle présence d'air dans le mécanisme et tente de régler différemment le manomètre, *via* la vis de pression. Si la pompe reste encore inerte, les choses compliquées commencent. Le graisseur démonte les raccords pour atteindre les filtres d'air et le manomètre pour vérifier le montage. Il peut aussi dévisser la poignée de graissage pour supprimer une pression, un bouchon, ou encore changer d'agrafe pour parer une avarie. Dans les cas les plus compliqués, le responsable de chantier vient en support du graisseur, voire dans certains cas prend en charge la réparation et « redéploie »⁴²⁸ le graisseur avec une autre pompe d'appoint ou sur une autre zone.

Le responsable de chantier, conscient des ralentissements dus aux aléas, n'hésite pas à remobiliser ses troupes en multipliant les visites et en les motivant verbalement. Même les

⁴²⁶ Terme autochtone

⁴²⁷ Extrait carnet de terrain, Stop and Go, Fos-sur-Mer, 2019

⁴²⁸ Terme autochtone.

courts retards sur les opérations de maintenance exacerbent les tensions avec les préparateurs de chantier et le personnel de production. Tant qu'un maintenancier est sur la « machine » et qu'il n'a pas rendu sa consignation, la production ne peut libérer le flux de sa retenue. En fin de chantier, les conducteurs-machines sont déjà à leur poste et trépignent d'impatience pour relancer la machine, quitte à parfois enfreindre les procédures de sécurité. Les préparateurs de chantiers tentent de réguler ces conflits. Il est pourtant rare que des opérations de lubrification soient reportées d'un arrêt sur l'autre ou qu'un chantier ne soit pas fini. Les fines marges de manœuvre temporelle dues à l'aspect progressif de la phase de redémarrage permettent de rattraper quelque peu ces aléas.

4.2.2. Détecter des dysfonctionnements

Les graisseurs se déplacent au plus proche de l'ensemble des mécanismes de « la machine » et sont amenés à constater des dysfonctionnements mécaniques. Certains n'ont pas traité à ses opérations de graissage, il les signale simplement à son préparateur de chantier. D'autres en revanche sont directement en lien avec l'opération programmée, et nécessitent une évaluation et prise de décision de sa part. Le graisseur doit alors juger si le dysfonctionnement apparaît comme assez critique pour nécessiter une opération de maintenance mécanique, ou s'il peut réaliser lui-même une maintenance :

Lors de cet arrêt, Maxime s'est fait avoir sur les paliers du wrap des bobineuses. Il s'est branché sur la platine de départ et a graissé. Au bout de 30 minutes, je lui demande où il en est. Il me répond qu'il en est au premier palier, ça ne déborde pas. Je vais à sa rencontre et entre dans la bobineuse pour bien voir. J'aperçois alors un immense tas de graisse qui coule au centre de la bobineuse. Je lui crie d'arrêter. La tuyauterie du graissage centralisé a lâché, on est bon pour nettoyer et réparer les flexibles percés.⁴²⁹

Il est en effet courant qu'en mettant en mouvement la matière, le process arrache ou casse des tuyauteries et flexibles appartenant au système de graissage centralisé automatique. Remplacer un flexible ne prend pas beaucoup de temps et n'est techniquement pas exigeant. L'agent de lubrification estime avoir la capacité de réaliser cette réparation sans mettre à mal le planning de travaux et sans mettre en danger la santé future de l'installation. Certains

⁴²⁹ Extrait carnet de terrain, Stop and Go Fos-sur-Mer, 2018.

dysfonctionnements plus importants, portant directement sur les mécanismes, sont plus difficiles à régler :

Lors de l'arrêt de la machine 3, Nabil est tombé sur une casse mécanique. Il était côté transmission de la machine, en train de graisser les cardans. Il me raconte : « j'ouvre le carter du gros cardan du cylindre aspirant. Je commence par graisser le côté réducteur, puis je regarde du côté cylindre, et là je vois que les croisillons du cardan se sont emboîtés l'un dans l'autre. Ils se sont bloqués, comme sertis. Et en fait la machine a tourné comme ça, et on ne l'avait pas détecté avec les analyses vibratoires. « Du coup qu'est-ce que tu as fait ? T'as prévenu la méca ? » « Ouais, j'ai prévenu le chef mécano direct. Ils ont remplacé le cardan en urgence pendant l'arrêt. » « Et pourquoi ça a cassé ? » « Pour moi, le cardan a lâché car ils n'ont pas arrêté de lancer et de stopper la machine cette semaine, ça a forcé sur les croisillons.⁴³⁰

Si l'agent de lubrification ne se sent pas en mesure de réaliser la réparation ou si l'opération de graissage prévue n'assure pas de repousser le risque d'aléa mécanique, il signale le dysfonctionnement à son responsable. Si ce référent technique ne peut pas « *se débrouiller* », c'est-à-dire si la réparation dépasse le champ de la lubrification et de la maintenance pour entrer pleinement dans celui de la réparation mécanique, il signale le dysfonctionnement à son préparateur de chantier. C'est alors à lui de chercher une solution de colmatage jusqu'au prochain arrêt, durant lequel une maintenance plus large pourra être planifiée. En effet, il s'agit de ne pas retarder le redémarrage de l'installation, habituée à fonctionner malgré des dysfonctionnements⁴³¹. L'enquête montre que tant que la casse n'est pas évidente ou imminente, la consigne est de graisser et de refermer. Il vaut mieux redémarrer la production et planifier au prochain arrêt une maintenance mécanique, que de prolonger l'arrêt de plusieurs heures. Dans les cas de dysfonctionnements plus critiques, qui peuvent rapidement devenir des aléas techniques et perturber la production, une opération en urgence est organisée. Elle est le plus souvent réalisée par des mécaniciens internes à l'entreprise de production.

⁴³⁰ Extrait carnet de terrain, Stop and Go, Mimizan, 2022.

⁴³¹ Henry Petroski, *To engineer is human. The role of failure in successful design*, London, Macmillan, 2006.

4.2.3. Gérer les aléas futurs : construire une preuve

Après la remise en service de la « machine », il demeure quelques indices du passage de l'agent de lubrification. De légers débordements de graisse colorée le long des roulements des arbres et sur les joints des cardans ; parfois même des marques en caoutchouc sont accrochées sur les « graisseurs » pour signaler le passage dudit graisseur. Plus qu'une production du chantier, il s'agit là d'une preuve de l'exécution de la tâche. Ce débordement de la graisse est réalisé pour permettre au contrôleur du chantier de juger positivement l'opération, car *in fine*, il ne sert techniquement à rien d'user le joint assurant l'étanchéité de la capacité. Ces repères sont particulièrement utiles dans les industries où les débordements sont proscrits. Ils servent au graisseur dans la dernière phase de son travail. Lorsqu'il prend un peu de recul sur ses opérations et se retire des entrailles de la « machine », il cherche à suivre le cours du flux qui a disparu, imaginant le chemin de la bande, de la toile ou simplement de la matière. Cette opération de contrôle final consiste donc à penser et imaginer le chemin du flux et à vérifier qu'à chacun de ses détours, que pour chaque mécanisme, une marque colorée est visible. Ces « marques » colorées assure une traçabilité au client, mais aussi un suivi pour la hiérarchie directe du graisseur. Lors d'un incident mécanique en production, le préparateur de chantier et le responsable de chantier peuvent savoir si le graissage a bien été effectué par l'agent de lubrification lors du dernier arrêt.



Figure 26 : Les 3 phases de graissage manuel d'un accouplement à ressorts "Citroën"

Les rapports écrits sont un autre système de preuve utilisé dans ces industries de flux. Ils s'appuient sur la prise de photographies, et servent particulièrement lorsque le mécanisme graissé est positionné sous des carters de protection démontés puis remontés lors de l'opération. Le travail de graissage devient invisible dès la fin du chantier, et donc pendant le fonctionnement de la « machine ». La réalisation de l'opération est difficile à contrôler par le préparateur de chantier et à justifier par le responsable de chantier lors de casses.

Ci-à-gauche (fig.51), les photographies, issues d'un rapport de chantier, réalisées lors d'un arrêt-machine concernant les accouplements Citroën graissés manuellement. L'objectif de l'opération est de remplacer la graisse sur les ressorts de liaison du mécanisme. Pour cela, il faut l'ouvrir, c'est-à-dire démonter les deux flasques qui le protège, nettoyer les ressorts, regraisser puis refermer les flasques. Seules ces photographies peuvent rendre compte de l'opération. La première fait état de l'accouplement une fois ouvert. La seconde démontre l'opération de

nettoyage effectuée, et permet d'avoir un aperçu du contrôle de l'état du ressort supérieur. La troisième photo prouve que le mécanisme a ensuite été graissé convenablement avant que les flasques ne soient refermées.

L'agent de lubrification ne doit pas faire trop proprement son travail, en laisser une trace ou alors fabriquer une preuve. Les traces de son activité productives arment le jugement du préparateur de chantier en cas de vérification des travaux, mais surtout en cas d'incident technique car : « Tu sais ici, chaque fois qu'il pleut c'est la faute des graisseurs ! »⁴³² En effet,

⁴³² Julien, responsable chantier, Care, Mimizan 2021.

les soupçons du personnel de l'entreprise utilisatrice se portent rapidement sur les maintenanciers sous-traitants pour expliquer la survenue d'une casse mécanique. La segmentation de la population ouvrière entre « ouvriers maison » et ouvriers d'entreprises sous-traitantes, devient alors manifeste⁴³³. L'agent de lubrification met donc en place des outils pour prouver son innocence en cas de possibles accusations futures. Ces indices visuels et informationnels du travail réalisé par le graisseur, équipent et allongent la chaîne d'imputation mobilisée lors d'incidents techniques⁴³⁴. Ils permettent que l'enquête se poursuive au-delà du manque de lubrifiant.

5. Le bon boulot de l'agent de lubrification

Malgré les contacts répétés avec une matière difficile à catégoriser, l'évolution dans un environnement souillé et une place symbolique dégradée, cette temporalité de maintenance est particulièrement valorisée par les agents de lubrification. Ce mécanisme de valorisation s'insère dans un maillage important d'acteurs⁴³⁵ et dans un rapport à l'effort physique court et violent. Cette activité de maintenance fonde en quelque sorte l'identité professionnelle de l'agent de lubrification qui se construit envers et contre les autres professionnels. L'activité du graisseur lors de cette modalité temporelle de maintenance va consister principalement à relier une pompe aux mécanismes de « la machine », à l'aide de différents tuyaux et flexibles. Cette opération de raccordement laisse à penser que cette activité viendrait pallier un défaut de vascularisation de la machine automatisée. En ce sens, le graisseur serait simultanément une rustine du processus d'automatisation et un chirurgien cardiaque opérant la machine. Le premier mouvement insiste sur les mécanismes de valorisation de cette activité et de la construction d'une identité professionnelle. Le second mouvement rend compte de la fragilité de cette identité au regard de l'extension de l'automatisation des infrastructures de production.

5.1. *Fonder une identité professionnelle dans l'adversité*

Le principal ressort de cette valorisation semble reposer sur l'engagement physique nécessaire à l'accomplissement de la tâche, mais aussi sur l'impression d'avoir accompli une mission. La délimitation d'une zone de travail restreinte réalisée en autonomie, la mobilisation d'un certain

⁴³³ Pauline Seiller, « Sous-traitance et segmentations ouvrières dans la construction navale. », *Sociologie*, 2014, vol. 4, no. 5, pp. 387-403.

⁴³⁴ Nicolas Dodier, 1996, *op. cit.*

⁴³⁵ Everett Hughes, *Le regard sociologique*, Paris, EHESS, 1997.

savoir-faire technique, l'intensification du rythme de travail et la rupture de la routine participent à cette évaluation. Il en résulte un sentiment de travail bien fait et terminé, ou autrement dit de « bon boulot »⁴³⁶, en rupture avec le travail quotidien. « *Alex ? Bah ça va Alex, tu vois bien, cette semaine il était malade, il est pas trop venu. Par contre quand je lui ai dit, mardi il faut être à 5h sur le train, il était là. C'est là où les choses se passent, où il faut être présent* »⁴³⁷ me précisait Tony, un responsable de chantier, acceptant de fait une certaine flexibilité horaire, voire présenteielle, lors de la maintenance quotidienne des installations.

5.1.1. Perte de repères sensoriels

Lors de ces journées de travail sur arrêt, les perceptions sensorielles habituelles de l'agent de lubrification sont brouillées. Il entre aux premières lueurs du jour dans ce grand hangar qui abrite la « machine » pour huit, neuf, parfois douze ou quatorze heures de travail. Le temps s'écoule différemment sous ces tôles en acier et cet éclairage artificiel constant. Les repères quotidiens, comme l'heure de réveil ou l'évolution de l'intensité lumineuse sont troublés, le fil des heures se perd. « *On fait journée continue les jours d'arrêt-machine.* »⁴³⁸ L'importance de la charge de travail à effectuer ne laisse pas d'espace à des temps-mort ou à de l'ennui, l'esprit et le corps sont pleinement mobilisés et concernés par le travail. Chaque déplacement de zone en zone, chaque opération de graissage prennent du temps et de l'énergie. La faim se rappelle à l'ouvrier, non par habitude, mais par besoin calorique. La pression du flux, l'heure de redémarrage, la volonté de s'immiscer dans les chantiers de mécanique à la moindre opportunité, poussent les graisseurs à repousser, voire à éviter les pauses. Lorsque le redémarrage est prévu en début d'après-midi, les agents de lubrification se restaurent à la fin du chantier. Ils travaillent plus de huit heures consécutives. Pour les arrêts de plus de neuf heures, une brève pause repas est aménagée en décalée. Elle ne dure jamais très longtemps, afin de ne pas trop couper le rythme et perdre du temps.

Malgré les difficultés physiques rencontrées, la faim ressentie et la quantité de travail à effectuer, la temporalité « *Stop and Go* » est valorisée par les agents de lubrification. Valorisée *a posteriori* par des narrations d'affrontements homme-machine héroïques, dans lesquelles le graisseur sort vainqueur de l'adversité. Valorisé aussi à travers la sensation de griserie que ce

⁴³⁶ Alexandra Bidet, *L'engagement dans le travail. Qu'est-ce que le vrai boulot ?*, Paris, PUF, 2011.

⁴³⁷ Tony, responsable chantiers, Care, Fos-sur-Mer, 2021

⁴³⁸ Gilles, responsable chantier, Care, Mimizan, 2019.

travail en sprint leur procure. Savoir repousser la faim, dépenser son énergie de façon violente et efficace, constituent des leviers de la construction de l'identité de groupe.

Plus subtilement, l'agent de lubrification valorise cette activité de maintenance au regard des autres temporalités de travail. Cette temporalité rompt la monotonie et la tranquillité du quotidien, qui est source d'ennui. Le graisseur a le sentiment d'avancer et d'accomplir une mission claire, identifiée et circonscrite spatialement, qui a une fin opératoire et temporelle : graisser la « machine ». La fréquence de l'événement, un jour toutes les six semaines par table à cylindres, permet aussi une récupération de l'effort physique consenti.

5.1.2. Une opération chirurgicale de maintenance

Les activités techniques réalisées par les graisseurs lors des arrêts-machine, nourrissent un discours et des représentations à leur avantage. Ces phases d'arrêts programmés leur permettent de se distinguer du personnel de production qui, pendant ce temps, surveille une machine inerte dans un semblant d'oisiveté. Ce personnel extérieur s'enorgueillit de travailler dur pendant que les « producteurs maison » discutent dans les cabines. On se situe dans une sorte de revanche vis-à-vis du travail quotidien du maintenancier, qui est exclu de la finalité productive de l'installation industrielle. L'agent de lubrification exclut à son tour le personnel de production des chantiers de maintenance.

Son activité de graissage conduit l'agent de lubrification à pénétrer au plus proche de la « machine » afin d'atteindre, en ouvrant par endroit son corps, les organes mécaniques. Il réalise une opération de raccordement entre une pompe et des organes, par l'intermédiaire de tuyaux. Cette opération laisse à penser que le graisseur réalise une sorte de vascularisation manuelle de la machine automatisée sous anesthésie locale. L'agent de lubrification se comporte en chirurgien qui mobilise ses sens et ses savoirs professionnels propres afin de réaliser une opération. Le graisseur mobilise cette temporalité pour renforcer symboliquement son activité de lubrification dans la division du travail de l'usine, de telle sorte que celle-ci est au fondement de son identité professionnelle.

Ce discours de valorisation de l'activité de l'agent de lubrification s'adosse aussi à une figure négative et inférieure à lui dans la hiérarchie professionnelle : celle du « maçon ». Dans ce contexte, le « maçon » incarne l'homme de manœuvre du chantier, principalement utilisé pour son apport en travail de force dans l'organisation du travail. Cette appellation est souvent

utilisée pour juger négativement un intérimaire venu prêter main-forte, afin de signifier qu'il n'était bon qu'à cela. Le graisseur peut ainsi différencier son activité de maintenance d'un pur travail de manutention et insister sur son aspect technique et sur les savoirs qui y sont associés.

5.1.3. Et entre chirurgiens ?

Ce mécanisme de valorisation se poursuit à l'encontre des mécaniciens, qui ont en premier lieu repoussé les tâches de graissage. Quel que soit leur statut d'emploi, les « mécanos » qui remplacent des organes sur les arrêts sont dépréciés par les graisseurs : « *Pour moi, ils ne font pas de la mécanique, les gars de CMI, ils font du lego, voilà tout !* »⁴³⁹. Ou plutôt, ils sont ramenés au même niveau que les ouvriers en lubrification, car au fond, ces derniers souhaiteraient faire le travail des « mécanos ». Cette déconsidération technique est simplement l'expression de « je pourrais faire pareil ».

Toutes les opérations de mécanique ne sont pas logées à cette enseigne. Les opérations de réparation engageant des savoir-faire rares, des prises de mesures, des calages délicats, de la haute précision ou encore mobilisant des technologies de pointe, sont hautement valorisées et souvent réalisées par des sous-traitants :

*Mon chef vient me voir pour contrôler mon avancement, je suis en train de graisser la partie humide de la machine à papier CT. Il me dit : « quand tu as fini, va voir là-bas, au niveau des presses, il y a des gars qui font un truc extraordinaire. Ils réparent les presses par ajout de matière sans les démonter. C'est une boîte de Villeneuve qui fait ça. » Je vais voir et en effet, en faisant tourner la presse, un appareillage ajoute progressivement de la matière sur le cylindre, une rectifieuse inversée en somme.*⁴⁴⁰

Ces opérations de réparation mécanique, en l'occurrence il s'agit d'une activité de réparation qui consiste à ajouter de la matière, sortent de l'ordinaire et sont considérées comme des expériences portant sur le monde industriel, dont le graisseur peut témoigner auprès de ses pairs. Il existe donc une forme de corrélation entre les niveaux d'habileté technique des mécaniciens et leur position au sein de la hiérarchie professionnelle des maintenanciers.

⁴³⁹ Michel, responsable chantier d'une entreprise de maintenance généraliste, Fos-sur-Mer, 2020

⁴⁴⁰ Extrait carnet de terrain, Stop and Go, Descartes, 2016.

5.2. *Une identité professionnelle liée au degré d'automatisation*

En considérant l'activité de graissage du point de vue de la machine automatisée, comme une activité de vascularisation manuelle de ses organes, on la lie avec le processus d'automatisation. En fonction du degré d'automatisation de l'installation, les tâches à réaliser par l'agent vont varier. L'automatisation de la lubrification permet de tendre davantage vers une mise en continuité de la production, et fait entrer les tâches qui y sont attenantes dans le champ de l'industrie de process. Celles-ci varient bien entendu en quantité, mais aussi, et plus fondamentalement, en lien avec le déplacement de l'activité de lubrification. L'intégration de la lubrification dans le processus automatisé de la production va fragiliser l'identité professionnelle de l'agent de lubrification, bloquant ses leviers de valorisation.

L'activité du graisseur apparaît alors comme une rustine temporaire de ce mouvement d'extension de l'automatisation des systèmes de production. Son activité de raccordement et d'agencement de tuyaux serait alors à comprendre comme la mise en place d'infrastructures du flux provisoire, fragile et précaire. Les systèmes de graissage automatisé, à l'inverse, sont composés d'une pompe pneumatique fixe, reliée par un système de tuyauterie, de distributeurs et répartiteurs à l'ensemble des organes mécanique de plusieurs machines-outils. Il s'agit d'un vaste réseau pyramidal, dans lequel le débit de graisse est contrôlé automatiquement et les fuites sur le réseau à haute pression sont surveillées grâce à des capteurs. L'automatisation prend aussi la forme de mécanisme graissé à vie, qui ne nécessite pas d'opération de maintenance préventive au profit de la maintenance prédictive. Autrement dit, le nombre d'heures de fonctionnement indique la cadence de remplacement.

Cependant, l'enquête montre que l'extension de l'automatisation semble avoir davantage un effet d'éloignement et de transformation de l'activité de graissage que de suppression pure et simple. Sur les installations où le graissage est fortement automatisé, les arrêts-machines ne sont pas pour autant supprimés, et les graisseurs absents. De nouvelles opérations de maintenance, liées au graissage de l'installation, s'articulent avec ce degré d'automatisation. Elles montrent les limites sensorielles qui caractérisent encore ces dispositifs automatisés.

Sur les sites où le graissage est automatisé, l'opération la plus fréquente consiste à « surpresser »⁴⁴¹ le réseau du graissage automatisé en différents points de l'installation. Pour le décrire simplement, cela revient à connecter une pompe pneumatique à piston pouvant développer une pression importante au circuit de canalisation du système de graissage automatisé par l'intermédiaire d'un raccord « *push-pull* »*. Ces raccords peuvent supporter une pression importante, et évitent de créer des fuites sur le réseau à haute pression du graissage centralisé. Ce raccordement au circuit éloigne spatialement l'agent de lubrification des mécanismes de transmission. Ce changement de raccord induit une adaptation technique du graisseur, qui n'est d'ailleurs pas neutre. Les gestes changent, et une nouvelle dextérité se met en place. Cette activité de « sur-pressage » a principalement vocation à assurer une remise à zéro en bout de réseau, c'est-à-dire à veiller à ce que le réservoir final soit rempli de graisse. Le graisseur mobilise alors ses savoir-faire pour juger de la nécessité d'effectuer cette remise à zéro. Il est particulièrement attentif à l'aspect de la graisse. Ce contrôle visuel communique une information sur la pollution du lubrifiant que le système de graissage automatisé ne peut percevoir. L'agent de lubrification met alors encore ses sens au service de la machine automatisée.

L'autre fonction de cette activité de « sur-pressage » réside dans la détection des fuites et des bouchons sur le réseau de graissage centralisé. En effet, les systèmes de surveillance automatique ne peuvent déceler que des grosses fuites portant sur les canalisations les plus importantes et sont aveugles quant au problème de bouchon sur un répartiteur. Les tuyaux situés en bout de réseau sont des flexibles de faible diamètre, parfois assez longs, qui relient le distributeur final au mécanisme à graisser. Les fuites situées en fin de chaîne ne sont pas détectées par le système d'alerte du graissage automatique, car elles n'induisent pas de baisse de pression sur le circuit. Il faut donc vérifier manuellement les extrémités du système. Un tel contrôle des tuyaux terminaux n'est pas réalisable lors des phases de production, car ceux-ci sont profondément entrelacés dans la succession des machines-outils automatisées. Le graisseur essaye, par des contrôles visuels effectués en suivant les différentes lignes du flux de graisse, de s'assurer de l'état de santé de la vascularisation de l'installation. Il cherche des fuites et des bouchons sur les répartiteurs. Il déclenche manuellement des cycles de graissage automatisés

⁴⁴¹ Terme autochtone.

lors de ses tournées de vérifications. Les flexibles et conduites du graissage centralisés sont régulièrement arrachés et sectionnés par le flux de matière, le mouvement de la machine, les aléas de production, etc. Ces infrastructures sont fragiles et nécessitent donc une maintenance curative, dont va se saisir le graisseur. Ce dernier déborde alors sur le métier de tuyauteur, en remplaçant des parties du réseau du graissage automatisé qui sont endommagées.

Cette activité de maintenance curative, réparateur de canalisation, permet au graisseur de glisser du champ de la maintenance préventive, qui constitue une part de son activité, vers la maintenance curative. Il se lance ainsi dans une nouvelle chasse à la panne et capte les tâches du tuyauteur. Cette profession est davantage instituée et fait l'objet de formation scolaire spécialisée. Le graisseur en réalisant des tâches simples de tuyauteur essaye d'améliorer sa position dans la hiérarchie professionnelle et s'adapte à l'automatisation de la lubrification. Pour autant, son activité perd de sa dimension physique et surtout, sa fin n'est plus si facilement discernable. En effet, les réparations des tuyauteries finales du système de graissage automatisé sont souvent très nombreuses et difficiles d'accès. Effectuer toutes les réparations lors d'un arrêt n'est pas obligatoire pour redémarrer la machine qui est prévue pour fonctionner avec ces dysfonctionnements d'un arrêt sur l'autre. Le sentiment d'avoir accompli sa mission disparaît au profit de celui d'avoir produit un travail inachevé, impossible à réaliser dans les temps, et surtout avec un manque de moyens.

6. Conclusion

Cette temporalité d'arrêt représente un moment crucial pour l'organisation de la maintenance de l'installation. Elle répond à une fragilité technique d'un secteur de la production et provoque une certaine fragilité organisationnelle, du fait de l'augmentation temporaire du besoin en main-d'œuvre qualifiée. Elle constitue une sorte de pic de production pour la maintenance. Il en résulte qu'elle est régulièrement sous-traitée. L'entreprise de production se soustrait ainsi à cette double fragilité et aux responsabilités attenantes. De son côté, l'entreprise sous-traitante doit gérer au mieux son effectif pour répondre à ce pic, cela pouvant conduire à un délaissement disciplinaire lors de la maintenance au quotidien.

Ce pic d'activité pour la maintenance signifie une rupture temporaire du flux de production, et constitue ainsi un obstacle à la poursuite du principe de continuité de la production. L'optimisation de la production continue passe par l'extension de l'automatisation de

l'installation et vise à supprimer ces arrêts. Le graissage, qui peut apparaître comme périphérique au système de production, entre dans ce processus plus large d'automatisation et de redéploiement des activités de maintenance.

L'activité du graisseur pendant ces arrêts apparaît comme une rustine temporaire de cette extension, alors qu'elle est pourtant au fondement de leur identité professionnelle. Ce connecteur de tuyaux temporaire, qui met en place des canalisations éphémères, trouve son « bon boulot » à travers une attention sensorielle volontaire, l'habileté technique qui s'y joue, les savoir-faire et expertises partagés qui s'y nouent et une forte dépense physique. Tel un commando se déployant sur un théâtre d'opérations hostile, le graisseur accomplit sa mission périlleuse au péril de son corps et fait vigoureusement face à son environnement matériel. À l'instar d'un chirurgien, il pénètre dans le corps de la machine afin de réaliser cette opération de vascularisation manuelle des organes mécaniques. À la fin de son opération, il referme les carters de protection, se retire du corps de « la machine », où son travail est dissimulé. Le fonctionnement régulier de l'installation après redémarrage est le signe de l'accomplissement de sa mission. Il est difficilement associable par les agents à son travail de maintenance. Seul l'aléa mécanique futur est un événement qui témoigne bruyamment des manques ou erreurs de la maintenance. L'agent de lubrification construit des preuves de la bonne exécution de son activité de graissage, afin que la chaîne de responsabilité ne grippe pas sur lui.

Paradoxalement, sa position en bas de la hiérarchie professionnelle des maintenanciers, qui sont apparentes lors de ces arrêts de production, n'affecte pas négativement ce sentiment de valorisation. Pas plus que le contact avec la graisse neuve et usée, et plus largement avec les déchets du process, qui donne un caractère souillé à son activité. Ses obstacles et difficultés sont alors autant de leviers de valorisation, d'opportunités de victoire et de démonstration d'une discipline corporelle acquise. À la fatigue produite par l'intensification du travail, est associé la griserie du sprinteur. Le graisseur peut alors se comparer à ses pairs maintenanciers, et tancer le personnel de production inactif, en attente, ou trépignant d'impatience de pouvoir redémarrer la « machine », de récupérer la main sur cet espace, et basculer vers la temporalité de la production.

La diminution de cette activité de maintenance par l'extension de l'automatisation fragilise à son tour leur identité professionnelle. Des opérations de tuyauterie, et donc de maintenance

curative, se substituent aux opérations de graissage classique. De plus, on observe le développement d'opérations de surveillance du réseau de canalisation ainsi qu'un éloignement de l'agent des mécanismes de transmission de mouvement. Ces activités ressemblent alors à celles réalisées pendant le fonctionnement des installations, elles tendent vers une activité de surveillance des conditions d'écoulement futur de la production. L'allongement de la fréquence entre deux « *Stop and Go* » et la diminution des temps d'arrêt et de la charge de travail a pour corolaire l'extension de la temporalité de maintenance « En marche ». Le chapitre suivant se propose de rendre compte plus précisément des activités de maintenance qui s'y déroulent.

Chapitre 6. « En marche » : surveiller et maintenir les conditions d'écoulement futur du flux

La modalité temporelle de travail, nommée « En marche » par les acteurs, correspond aux opérations de maintenance réalisées lorsque l'usine est en production, pendant que le flux de matière s'écoule à travers les canalisations et les ensembles de machines-outils automatisées. Une équipe de maintenanciers réside à l'année sur le site de production. Dans notre cas, il s'agit d'une externalisation d'une partie de la maintenance de l'usine. Des maintenanciers sous-traitants vont côtoyer le personnel de production et de maintenance interne à l'entreprise d'exploitation. Le personnel de production effectue des opérations de surveillance-contrôle, s'assurant du bon déroulement du process. Il attend et corrige les aléas de production, c'est-à-dire les événements qui ne sont pas gérés par le système de régulation automatique du circuit de production⁴⁴².

La maintenance des infrastructures du flux n'a pas pour objet la gestion de la survenue d'un aléa de production, mais davantage la surveillance des conditions d'écoulement futur du flux. Cela pousse les maintenanciers à s'intéresser aux dysfonctionnements que rencontre le système de production. Ils cherchent à les détecter, à les prévoir et à les corriger de façon définitive ou provisoire, afin de repousser l'arrivée de la panne. La survenue d'un aléa mécanique, d'une casse des mécanismes de transmission de mouvement ou de tuyauteries qui provoquent une rupture du flux restent un événement rare. Elle perturbe l'organisation du travail quotidien en nécessitant une réponse en urgence. On observe alors une scission entre la gestion de l'aléa de production, qui reste intégré dans l'organisation de l'entreprise d'exploitation, et la gestion de la panne mécanique, qui peut faire l'objet d'une externalisation vers des entreprises de services.

Le travail de l'agent de lubrification pendant la marche des installations s'organise entre des rondes de contrôle prédéfinies et des opérations de graissage programmées (partie 1). Pourtant, l'appellation de rondier, pour qualifier son activité, est absente sur le terrain. Pour les agents de lubrification, le rondier appartient au personnel de production. Il obéit aux commandements du conducteur d'installation et contrôle des points sensibles de l'installation lors de sa tournée de

⁴⁴² François Vatin, *Le travail, sciences et société. Essais d'épistémologie et de sociologie du travail*, Bruxelles, Université de Bruxelles, 1999.

prise de poste⁴⁴³. La ronde de l'agent lubrification diffère peu de celle de ce personnel de production, mais elle est orientée spécifiquement vers les mécanismes de transmission et comprend des opérations correctives, comme des appoints d'huile. Au cours de son chemin, le rondier s'arrête ici où là, regarde des points précis, contrôle un niveau, pose sa main sur un palier pour en vérifier la température. Les sens à l'affût, il recherche la panne ou le dysfonctionnement en utilisant aussi bien la vue, l'ouïe, le toucher que l'odorat (partie 2). Son activité de maintenance se situe spatialement au plus proche du lieu de la production. Les conditions de travail induisent une adaptation de ses techniques de chasse à la panne, afin de préserver les infrastructures et son corps (partie 3). Cette répartition des tâches entre personnel de production, personnel de maintenance de l'entreprise de production et maintenanciers d'entreprises sous-traitantes, ajoute à l'opposition classique entre production et maintenance⁴⁴⁴, celle entre personnel interne et personnel externe à l'entreprise utilisatrice. Cette répartition entre plusieurs acteurs influence le mécanisme de valorisation de cette activité de maintenance par l'agent de lubrification. Les caractéristiques de régularité et de répétitivité de l'activité sont au centre du faible attrait de cette temporalité du point de vue de l'agent de lubrification (partie 4). Ce travail de rondier éloigne l'agent de lubrification de son identité professionnelle de maintenancier pour le faire tendre vers celle d'un personnel de surveillance de second rang.

1. Organiser une ronde

Au quotidien, l'agent de lubrification réalise plusieurs opérations de maintenance préventive sous forme de « tournées » et d'interventions sur des éléments accessibles. Ces tournées de surveillance sont planifiées et sont organisées selon un chemin et des points de contrôles prédéfinis. Pouvant être qualifiées d'opérations de contrôle et de régulation, elles portent sur les conditions d'écoulement futur du flux, et non pas sur la gestion d'un aléa technique ou de production. Ces tournées sont organisées selon le principe du circuit, elles suivent un chemin préétabli. Le « chef de site »⁴⁴⁵ et le rondier sont les deux principales figures de cette organisation. Le premier est le responsable opérationnel du contrat et de la prestation de lubrification, il joue un rôle de gestionnaire. Il doit déployer au mieux les agents de lubrification

⁴⁴³ Gwenaële Rot et François Vatin, *Au fil du flux. Le travail de surveillance-contrôle dans les industries chimique et nucléaire*, Paris, Presses des Mines, 2017.

⁴⁴⁴ Michel Crozier, *Le phénomène bureaucratique*, Paris, Seuil, 1963.

⁴⁴⁵ Appellation autochtone pour nommer le responsable opérationnel.

dans une usine sectorisée. Les agents de lubrification vont réaliser des rondes, mais aussi des graissages et vidanges au quotidien, afin de lisser les pics d'activité de la maintenance.

1.1. Une organisation formelle du travail quotidien

La mise en sous-traitance de l'ensemble des opérations de lubrification conduit à externaliser aussi le travail d'organisation nécessaire à sa réalisation, c'est-à-dire sa planification et son suivi. Le responsable opérationnel de l'entreprise sous-traitante exerce cette fonction. Il est aussi le garant d'un niveau d'expertise technique portant sur les mécanismes de transmission. Il est sollicité en cas de problèmes techniques rencontrés par ses agents, lors du repérage de dysfonctionnements ou de la survenue de casse mécanique. Il est le principal interlocuteur du responsable de la maintenance et du chargé d'affaires de l'entreprise utilisatrice. Il adopte une position d'intermédiaire, et filtre la communication entre les rondiers, le responsable de la maintenance et la structure administrative de l'entreprise sous-traitante. Il communique l'information entre toutes les parties.

Le responsable opérationnel doit organiser et planifier l'ensemble des opérations de graissage et de lubrification du site industriel en prenant en considération les phases de production et d'arrêt pour maintenance. L'externalisation de la maintenance « En marche » induit nécessairement l'externalisation à la même entreprise de services des deux autres modalités temporelles de maintenance. Il cherche à diminuer les variations d'intensité de travail, et donc à intégrer dans la phase de production, et dans la temporalité « En marche », le plus d'opérations de maintenance possibles. Pour cela, il va devoir déterminer quelles opérations sont physiquement réalisables sans excès de risque. Il cherche à adapter les systèmes de lubrification des mécanismes, afin de les lubrifier pendant la phase de production.

L'ensemble des opérations est enregistré dans un logiciel de planification où sont renseignés les périodicités et le type de lubrifiant à utiliser. Chaque mécanisme du site industriel est recensé dans le logiciel lors des premiers mois du contrat. Un expert vient en renfort pour la construction de la base de données du logiciel. Il fixe une périodicité de lubrification selon les caractéristiques techniques du mécanisme, son utilisation, son accessibilité et la notice technique du constructeur. Le constructeur de machine-outil préconise en fonction des conditions de production des fréquences d'opérations de vidange et de graissage ainsi que les produits lubrifiants adaptés. Pour les opérations de surveillance, le responsable opérationnel et

l'expert vont prendre en considération les remontées de terrain informant sur des fuites structurelles des carters et des tuyauteries, mais aussi sur les casses mécaniques antérieures. Certains mécanismes mécaniques ont une fonction stratégique pour l'écoulement de la production, et sont donc davantage surveillés. Par exemple, les niveaux des paliers des pompes alimentaires des chaudières présentes dans les sites papetiers sont visités journalièrement par les agents de lubrification. Si une casse survient sur ces pompes, toute la production électrique de l'usine est impactée et toutes les motorisations du site s'arrêtent. Certaines opérations doivent être réalisées tous les jours, d'autres une fois par semaine, une fois par mois, toutes les six semaines ou encore une fois tous les trois, six ou douze mois.

Chaque site industriel est découpé en plusieurs secteurs par l'entreprise de production. Cette organisation spatiale correspond aux différentes phases du processus de production. Care adopte ce découpage pour organiser les rondes. Chaque agent de lubrification est rattaché à un secteur du site industriel. Cette spécialisation semble, de prime abord, liée à la difficulté de mémorisation du chemin de la tournée et des différents mécanismes à visiter. Certains agents expérimentés maîtrisent deux tournées pour assurer des remplacements. Seul le responsable opérationnel est censé posséder une connaissance de tous les secteurs, afin de pouvoir procéder à des contrôles. Ce rattachement d'un agent à un secteur, permet aussi au responsable opérationnel un suivi des dysfonctionnements et d'avoir un interlocuteur unique en cas de casse mécanique. L'agent est ainsi responsable de son secteur. La casse mécanique devient le signal déterminant de la qualité de son travail, car il est difficile de surveiller au quotidien les différents rondiers. Ils doivent assumer une certaine autonomie dans leur travail.

Ces tournées de contrôle et de régulation occupent les agents de lubrification pendant les matinées de travail, et parfois moins. L'effectif, dimensionné pour répondre au pic de maintenance, est en surnombre pour réaliser les tournées. Afin de rendre cette inadéquation moins importante, l'agent de lubrification doit réaliser en plus des tournées sectorisées, des opérations de graissage planifiées à la semaine, au mois, au trimestre, etc. Ces opérations ont été estimées réalisables par le responsable opérationnel pendant la phase de production, sans mettre en danger le salarié. Cette organisation permet de diminuer la charge de travail à réaliser pendant la temporalité « *Stop and Go* ». Par effet de vases communicants, ce premier lissage va

permettre d'en engager un second. Le responsable opérationnel va de cette façon pouvoir étaler la réalisation des vidanges annuelles lors des courtes phases d'arrêt des machines-outils.

1.2. *Une organisation sur le terrain*

L'agent de lubrification dispose en début de semaine d'une liste de travaux à effectuer. Cette liste est composée d'opérations à réaliser à fréquence journalière, « la tournée », d'autres ont une fréquence hebdomadaire, bihebdomadaire, mensuel, etc. Fort de cette liste, il va devoir organiser son travail, entre ronde quotidienne et opérations de graissage planifiées.

Les journées du rondier commencent assez tôt le matin, aux alentours de sept heures et finissent vers 16h. Il n'est donc ni sur le rythme des trois-huit de la production, ni sur celui du personnel administratif. Les maintenanciers travaillent sur une plage horaire particulière. Après s'être réuni avec ses pairs aux vestiaires et s'être équipé, le rondier part en début de matinée avec sa liste de travaux. Il ne rejoint ses coéquipiers que lors de la pause de midi et le soir, à la débauche. Sa ronde prend alors un aspect solitaire, les abords des machines, des vis ou tapis d'acheminement et des canalisations sont déserts. Il peut parcourir son secteur sans croiser une âme, ne côtoyant que cuves et tuyaux. L'usine peut facilement apparaître comme un labyrinthe, particulièrement dans les caves, où les escaliers et les salles se succèdent sans points distinctifs. Le nombre de maintenanciers en train d'opérer lorsque l'usine fonctionne normalement est faible. Ils sont concentrés spatialement dans les ateliers de maintenance. Ils réparent des pompes, des motorisations ou des réducteurs qui ont connu des casses ou des dysfonctionnements. De son côté, le personnel de production reste dans les cabines de contrôle. Dès que l'agent de lubrification croise quelqu'un, il le salue mais l'échange, rendu difficile par l'environnement de travail, s'arrête là.

L'agent de lubrification réalise en autonomie les opérations selon la cadence qu'il souhaite, dans la limite de l'exécution de son planning de la semaine. La plupart des agents préfèrent avancer beaucoup en début de semaine, c'est-à-dire « envoyer »⁴⁴⁶, de façon à bénéficier de plusieurs jours moins intenses par la suite, mais surtout à s'imprimer un rythme de travail. Il n'est pas rare qu'en fin de semaine, un agent de lubrification qui a fini son programme, aille « donner la main »⁴⁴⁷ à un camarade en difficulté. Le nombre d'opérations à réaliser variant

⁴⁴⁶ Terme autochtone.

⁴⁴⁷ Terme autochtone.

d'une semaine sur l'autre et d'un secteur à l'autre, cette solidarité entre agents, ce système d'entre-aide, permet à chacun de s'assurer pour l'avenir en cas de surcharge de travail ou de multiples aléas. Cette coopération dans le travail quotidien permet de rompre avec son organisation solitaire. Gare à celui qui n'a jamais fini son programme en avance et ne participe pas, en position de crédeur, à cette coopération. Il risque de se trouver progressivement mis à l'écart du groupe. Certains choisissent en fin de semaine de s'avancer pour la semaine suivante, de façon à répartir d'ores et déjà le programme, leur charge de travail, et se prémunir en cas de difficultés. D'autres répartissent parfaitement leur programme, de façon à le finir le dernier jour de la semaine à la dernière heure de la journée.

Cette flexibilité du rythme de réalisation de l'ensemble des opérations supplémentaires à la tournée, permet de rendre disponible des agents de lubrification pour des interventions sur des sites périphériques, sans bouleverser l'organisation du site principal. L'agent peut anticiper ou rattraper son planning de travaux sans grandes difficultés, le responsable opérationnel ou un autre agent pouvant prendre à sa charge la tournée de contrôle. Les opérations planifiées selon une fréquence mensuelle ou plus sont reportables à la semaine suivante, même si le responsable opérationnel cherche à limiter ces retards.

L'autonomie du rondier dans son travail le conduit ou lui permet d'acquérir une connaissance fine de son secteur, comme la localisation et la fragilité des mécanismes, ainsi que la présence de fuites ou de zones dangereuses. Un temps d'apprentissage est nécessaire pour savoir où sont situés les mécanismes et afin que le rondier parvienne à les associer à leur nom, leur fonction et leur fragilité. Même si des systèmes de rotation sont mis en place pour couvrir les vacances, maladies ou déplacements professionnels, l'agent de lubrification accumule un savoir précis et exclusif sur la zone où il intervient le plus fréquemment.

Des secteurs de l'usine sont plus prisés que d'autres. Les plus prestigieuses, décrites comme les plus techniques, sont en réalité les plus sensibles, les plus fragiles. Ce sont celles où la proportion de travail mécanique sur le flux de matière est la plus importante. Les mécanismes de transmission de mouvement y sont nombreux et concentrés. L'environnement de travail s'y révèle inhospitalier : il fait chaud, le bruit est fort et la lumière du jour absente. En revanche, les opérations sont diversifiées, ce qui est perçu positivement par le rondier. Le risque d'aléa mécanique ou de production y est important, et chaque casse mécanique nuit gravement à

l'écoulement du flux. Ce poste à responsabilité dissuade quelque peu les candidats, mais c'est aussi le secteur qui assure une promotion interne dans l'entreprise et externe sur le marché du travail. Les zones à éviter sont celles où l'environnement de travail est le plus sale ou malodorant. Cet état peut être dû aussi bien à la fonction de la zone, s'il s'agit par exemple d'une station d'épuration des fluides de l'usine, qu'à une présence anormale de déchets de process, comme c'est le cas au four à chaux ou à la « régénération »*, ou encore à une faible maintenance globale du secteur. La zone est perçue comme moins stratégique, moins vitale pour la production, même si cela n'est pas forcément exact. L'infrastructure du flux est surtout plus résiliente. Les primo arrivants sont souvent testés sur ces zones difficiles. Les rondiers établis se déchargent ainsi d'une partie du sale boulot quotidien.

Il existe tout un jeu de répartition des secteurs de travail en fonction des critères d'évaluation des acteurs et de leur stratégie. Certains rondiers vont essayer de se positionner sur les zones prestigieuses pour connaître une ascension professionnelle, d'autres préfèrent conserver des secteurs intermédiaires, ni trop sales, ni trop techniques, sans risque d'aléas mécaniques. Il semble qu'avoir sa ronde habituelle permet à l'agent d'obtenir une certaine sérénité dans son travail. Parfois, le sentiment de sérénité de l'agent de lubrification bascule vers l'ennui.

2. Les industries de flux : un environnement matériel singulier

Lors de cette modalité temporelle de travail, l'agent de lubrification évolue dans un espace de production automatisé en fonctionnement. Il entre en contact régulier avec l'équipe de tableautistes qui est composée à minima de deux tableautistes et d'un rondier de production. Le tableautiste, appelé « conducteur-machine » ou « conducteur d'installation », est installé dans des salles de contrôle dans lesquelles des ordinateurs lui permettent de surveiller le flux, de contrôler et de réguler la production. L'équipe de tableautistes se répartit spatialement sur les différentes phases du processus. Parfois, la salle de contrôle est au plus proche d'un tronçon sensible, ce qui rend possible une surveillance visuelle de la « machine ». Il s'agit dans ce cas de cabines de conduite. Ces cabines préservent les conducteurs du bruit, de la température ou de la poussière issus du process.

Le rondier de production, ou opérateur extérieur, réalise une ronde sur le secteur en début, milieu et fin de quart de surveillance. Le reste du temps, il est à la disposition du tableautiste qui l'envoie contrôler *in situ* le système productif automatisé. Les tableautistes sont en

communication continue avec les rondiers de production, qui cherchent à élucider des problèmes de production. Sur commande des tableautistes, l'opérateur extérieur va régler manuellement une vanne ou d'autres mécanismes du système de tuyauteries. Ces opérateurs sont directement en prise avec l'environnement de production et perçoivent des stimuli sensoriels utiles dans leur recherche de panne ou de dysfonctionnement. Les agents de lubrification se trouvent dans la même situation. Ils arpentent l'usine déserte, en longeant la succession de machines-outils et mettent à disposition leur acuité sensorielle à la recherche de dysfonctionnements techniques.

Lors de sa ronde, l'ouvrier de lubrification évolue en terrain hostile pour l'homme. Les installations automatisées ont pour principale caractéristique de repousser les hommes à la périphérie du lieu de la production, lui interdisant physiquement son accès. Les produits chimiques utilisés et le mouvement rotatif, par sa vélocité ou sa puissance, rendent les abords des machines-outils dangereux. La phase de préparation d'un contrat annuel est assez illustrative du caractère accidentogène du travail « En marche ». A partir de l'inspection commune préalable (ICP) réalisée pour la rédaction du plan de prévention annuel (PPA) sur un site chimique, le premier développement s'attachera à présenter le traitement du risque corporel dans un environnement de travail dangereux. Le second rendra compte de la mobilisation des sens lors de cette chasse à la panne. Comment, dans un environnement hostile, l'homme peut-il mobiliser ses sens physiologiques en vue de réaliser une maintenance préventive des installations ?

2.1. Préparation d'un chantier annuel : comment préserver les corps ?

La préparation de ce qui est appelé un « chantier annuel » par les acteurs, passe par plusieurs phases : une phase de recrutement du personnel, de constitution de l'équipe, puis une évaluation des besoins en matériel et outil à partir d'une visite technique. La dernière phase de préparation concerne la thématique de la sécurité au travail, il s'agit de l'inspection commune préalable en vue de la rédaction d'un plan de prévention annuel. C'est une étape obligatoire régie par les articles R4511-1,2,3,4 du code du travail⁴⁴⁸, qui consiste en une visite des installations, réalisée par des représentants de l'entreprise utilisatrice, et suivie par des représentants de l'entreprise

⁴⁴⁸https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072050/LEGISCTA000018491522/#LEGISCTA000018529833, consulté le 06/12/21.

sous-traitante. Il s'agit le plus souvent du responsable maintenance du site de production et du futur responsable opérationnel de l'entreprise extérieure. Les membres du CHSCT⁴⁴⁹ de l'entreprise utilisatrice sont invités, mais ne sont que rarement présents. Parfois, le responsable de la sécurité du site de production fait le déplacement. Cette activité n'attire pas les foules.

L'ICP concerne que les chantiers de maintenance. En effet, les chantiers du bâtiment, de construction ou les chantiers navals ont leur propre cadre légal de gestion du risque. Cette inspection vise à repérer et à énumérer les risques auxquels est susceptible d'être soumis le personnel extérieur lors de la réalisation de ses travaux. Cette phase prend une importance particulière quand les travaux concernent l'ensemble d'un site industriel en production, *a fortiori* quand le site industriel est classé SEVESO. Les risques d'exposition à des produits chimiques nocifs pour la santé des intervenants et d'entraînement mécanique sont présents.

2.1.1. L'accueil par la sécurité

Pour entrer sur les sites industriels classés SEVESO dans le cadre d'une activité professionnelle annuelle, il est obligatoire de suivre un accueil sécurité. Il faut repasser cet accueil tous les ans. Il en existe différentes formes, mais, dans la plupart des cas, cela consiste à suivre une vidéo qui fait état des numéros d'alerte à mémoriser ou à enregistrer sur son téléphone, ainsi que la localisation des zones à risque gaz, des lieux de sureté et des principaux risques présents sur le site. Un questionnaire de vérification des connaissances est fourni dès le début de la vidéo, afin de s'assurer de l'attention des auditeurs.

*Lors de l'accueil sécurité, plus de la moitié de l'effectif ne parlait pas français. Les animateurs se sont rendu compte qu'ils n'avaient pas de version en anglais de la vidéo... De toute façon, en l'occurrence, une version en portugais aurait été plus appropriée. La vidéo en français est diffusée et à la fin, mon voisin me montre sa feuille blanche puis la mienne que j'ai remplie pendant l'animation pour gagner du temps. Je lui montre ma feuille, il recopie la combinaison de croix du questionnaire à choix multiple, puis ses camarades font de même. Les évaluateurs ferment les yeux...*⁴⁵⁰

Les largesses laissées par les évaluateurs sont importantes. Ils sont confrontés à un public international et parfois à des individus rencontrant des difficultés face à la lecture. Les

⁴⁴⁹ Cet acronyme renvoie au Comité d'hygiène de sécurité et des conditions de travail.

⁴⁵⁰ Extrait carnet de terrain, Fos-sur-Mer, 2018.

questionnaires sont parfois remplis au hasard ou avec l'aide d'un tiers. Lors de l'enquête, aucune personne n'a vu son accès à un site refusé pour un échec à l'accueil sécurité.

Une fois cette étape franchie, on peut pénétrer sur le site pourvu des équipements de protection individuels préconisés et rejoindre le responsable maintenance du site. Il est le principal interlocuteur du contrat. Sa préoccupation première est de s'assurer de la viabilité de l'organisation que le sous-traitant va mettre en place. Il l'éprouve par de multiples questions et éclaircissements, et cherche à mettre la pression sur son sous-traitant. Il souhaite que tout soit prêt pour démarrer avant que le contrat ne commence. L'accueil est donc toujours ambigu. Le sous-traitant sait que s'il a obtenu le contrat, il est désiré et sélectionné, mais les premiers contacts sont toujours assez rugueux. La thématique de la sécurité est un point important, car en cas d'accident, la responsabilité entre l'entreprise utilisatrice et l'entreprise sous-traitante n'est jamais clairement établie préalablement à l'enquête de l'inspection du travail. Le responsable maintenance, qui est souvent le préparateur de chantier, appose sa signature en bas de l'ICP, ce qui lui confère une certaine responsabilité du point de vue des mesures de prévention à mettre en place.

2.1.2. Un site coupe gorge

L'ICP débute peu après cette réunion sur l'organisation de la prestation. Elle prend la forme d'une visite minutieuse de chaque secteur de l'usine et peut se dérouler sur plusieurs jours. Sur un site papetier, chaque phase du process renvoie à un environnement de travail particulier, auquel est associé un ensemble de risques :

On sort du poste de maintenance générale et on prend la première allée de l'usine. Elle longe d'un côté les épurateurs, de l'autre le secteur régénération de l'usine, où un monticule de chaux de couleur bleue s'est formé en-dessous d'un tapis et se répand progressivement dans l'allée. Le goudron au sol est abîmé, il est parsemé de nids de poule et est détérioré par l'usure de la chaux et des intempéries. Le responsable sécurité se retourne vers nous et nous dit : « attention, risque de chute de plain-pied ! » Il me montre du doigt l'un des nids de poule. Je dis discrètement à mon camarade que la journée va être longue.⁴⁵¹

⁴⁵¹ Carnet de terrain, Tarascon-sur-Rhône, 2020.

Cette phase de préparation des travaux vise une certaine exhaustivité dans le repérage ou la mention des différents risques rencontrés sur le site. Elle traduit aussi l'habitude du personnel de l'usine de cet environnement et aux produits qui circulent. Ce n'est pas l'effondrement progressif du monticule de chaux dans l'allée qui est dangereux, mais bien l'usure du revêtement de l'allée. Pour chaque risque repéré, il convient de trouver une réponse organisationnelle ou matérielle permettant l'amélioration de la mise en sécurité du personnel intervenant.

Cette visite du site invite à passer de niche en niche de l'écosystème de production. Les secteurs essentiellement chimiques, comme celui de la zone de « régénération », constituent des environnements au sein desquels la chaleur et l'aridité sont prédominantes. La chaux vive consommée une première fois y est reconditionnée à l'aide de produits chimiques et d'un traitement thermique dans de longs fours rotatifs. La chaux s'échappe des tapis au gré du vent et vient se répandre sur tous les éléments de l'installation. Le sol, les escaliers, les caillebotis, les rambardes, les fours, les chaînes et les motorisations sont d'un blanc immaculé. Des dunes de chaux sont stockées ici et là. On voit cette matière qui circule et qui nous entoure. Elle est dangereuse, il faut se protéger les voies respiratoires de cette poussière qui réagit avec l'humidité de la trachée et des poumons, ou plus simplement avec la transpiration qui se loge dans des plis de la peau du cou et des poignets. Le corps doit être entièrement recouvert. Même les lunettes de sécurité sont prévues pour être étanches, afin que l'on puisse évoluer sereinement dans cette zone où les produits chimiques corrosifs et les déchets process sont présents.

Le parc à bois d'une papeterie propose un univers totalement différent : végétal et humide. Il n'est pourtant éloigné que d'une centaine de mètres des fours à chaux. La poussière d'écorce et de bois s'échappe des tapis, pour se poser sur les toits et recouvrir les voies de circulation. L'eau de pluie et l'eau s'échappant du processus productif s'y mêlent et dégradent les fibres de bois. Les fuites d'huile et de graisse des machines de broyage et d'écorçage imbibent ces fibres végétales. Le bruit est plus important, la saleté fait davantage son apparition. Le passage des engins de manutention et le ballet incessant de camions nécessitent une attention de tous les instants, car les piétons ne sont ici pas prioritaires, cela au profit de la production.

*Méfiez-vous quand vous traversez le parc à bois, car parfois, pour nettoyer, ils enlèvent les grilles des égouts et oublient de les remettre. Il n'y a pas longtemps, un mec est tombé dans l'égout, on le voyait avancer, avancer, et tout d'un coup, plouf...*⁴⁵²

Même avec toute l'attention possible, l'intervenant ne semble pas à l'abri d'une mauvaise chute. L'évènement indésirable est travesti dans les mémoires en histoire potache au lieu que ne soit identifiée la source du problème, ce qui laisse l'auditeur dans l'expectative.

Les zones couvertes sous des hangars préservent des intempéries, mais prennent la forme de labyrinthes. Les escaliers et les salles se suivent, comportant chacun des pompes et motorisations électromécaniques. Les repères sont difficiles à trouver, car il n'y a pas beaucoup d'éclairages, et les murs de béton vierge ne donnent pas beaucoup de prises. Le bruit est lui bien plus présent, il heurte les oreilles et couvre les voix. La chaleur des sécheries et des fours vient rendre les conditions difficiles et introduit un risque de brûlure thermique. C'est sous ces hangars que sont installées les tables à cylindres. Leurs abords sont particulièrement dangereux à cause du risque d'entraînement mécanique.

À cela s'ajoute la présence de produits chimiques utiles au process circulant dans le réseau de tuyauterie. Ils peuvent être relâchés sans coordination avec la maintenance : « *Quand vous montez sur la tour du lessiveur, regardez dans quel sens va le vent. Si l'ascenseur passe au travers du nuage, n'y aller pas ! Vous ne savez pas ce qu'ils sont en train de brûler !* »⁴⁵³ Lors de l'ICP, le personnel de l'entreprise utilisatrice égraine les risques et lieux dangereux que l'équipe d'agents de maintenance va rencontrer lors de son travail. À cela s'ajoutent des zones avec des risques invisibles, comme c'est le cas pour le gaz :

*En haut de l'escalier, là, pour travailler en haut il faut le masque de guerre ! » dit le responsable sécurité de la visite. « Le masque de guerre ? », je réponds d'un air interrogatif. « Oui le masque à visière et cartouche. » me précise-t-il.*⁴⁵⁴

Il montre aussi les points de rassemblement et la localisation des extincteurs et douches de sécurité, en insistant sur les vies sauvées grâce à ces dispositifs. Des anecdotes concernant des accidents mortels ou graves font, elles aussi, partie de la visite, tout comme celles relatant des

⁴⁵² Carnet de terrain, Tarascon-sur-Rhône, 2020.

⁴⁵³ Carnet de terrain, Tarascon-sur-Rhône, 2020.

⁴⁵⁴ *Idem.*

incidents écologiques plus ou moins dissimulés ou véridiques. Et parfois au détour d'un bac de rétention : « Là, c'est la cuve d'évacuation de la liqueur⁴⁵⁵, alors il faut faire très attention parce que parfois elle déborde et c'est plein de liqueur noire partout. »⁴⁵⁶

Cette énumération crée un effet d'accumulation produisant un sentiment de danger du site industriel. Celui-ci est amplifié par les informations denses données à propos des éléments techniques fragiles du site. Le visiteur se perd lors de la visite, il peine à se repérer, à retenir toutes les informations. Parfois, cela conduit à une forte appréhension de sa part :

À la fin de la première journée d'ICP, le potentiel futur responsable opérationnel du site me dit : « Ce n'est pas possible, je me le sens pas, je ne sais pas, l'ambiance, la taille du site, les produits chimiques, l'odeur. Je ne sais pas si je vais y arriver. »⁴⁵⁷

Les émanations de produits chimiques et de gaz, que les acteurs associent à l'odeur du site, peuvent décourager les personnes peu habituées à ces environnements de travail qui adhèrent au discours accidentogène du personnel de l'entreprise utilisatrice. En outre, ce discours les érige au statut d'hommes valeureux qui affrontent au quotidien un environnement se rapprochant de celui des tranchées de la Seconde Guerre mondiale. Une fois que le moment de la narration du conte d'horreur est passé, l'interlocuteur contrat remet au centre du problème la question suivante : « Comment vous allez faire pour réaliser le travail ? »

Un ensemble de dispositifs de protection collectifs, comme des détecteurs de gaz fixe, et de protection individuelle, des masque FFP3 par exemple, vont pouvoir être utilisés pour réaliser les opérations sur le site en production. Une procédure d'accès et de consignation ou d'autorisation de travaux est développée pour assurer une coordination entre production et maintenance. Sans diminuer réellement la dangerosité de l'environnement de travail, ces dispositifs cherchent à en atténuer les effets. Ce discours sur la dangerosité de l'environnement de travail n'est déclamé que lors de la visite. Dès que le travail commence, seules les solutions de protection permettant le travail sont émises. Le respect des procédures organisationnelles et le port des équipements sont étroitement surveillés par le personnel de production, qui ne manque pas de reprendre un sous-traitant laxiste.

⁴⁵⁵ Terme autochtone.

⁴⁵⁶ Carnet de terrain, Tarascon-sur-Rhône, 2020.

⁴⁵⁷ Carnet de terrain, Tarascon-sur-Rhône, 2020.

2.2. *Des rondes en environnement hostile : une perte de sens ?*

Le travail « En marche » mobilise particulièrement l'attention sensorielle de l'agent de lubrification. Le rondier doit pouvoir se déplacer sur le site de production, traverser différents environnements productifs hostiles, afin de réaliser des opérations de contrôle. Son attention sensorielle est volontairement consacrée à son travail de maintenance préventive. Cependant, lors de sa ronde, l'agent de lubrification surveille involontairement l'état de santé de l'installation industrielle. Il ne se préoccupe pas seulement des missions ayant trait à la lubrification. Ses sens sont en éveil et il repère machinalement des dysfonctionnements. Cette capacité de détection fait l'objet d'un apprentissage, d'autant plus que les repères sensoriels de cet acteur sont, au départ, brouillés par la culture matérielle⁴⁵⁸ spécifique des industries de flux. Le port des EPI va lui aussi induire une phase d'apprentissage pour l'acteur, qui va devoir apprendre à toucher avec des gants de protection, à écouter avec les protections auditives, à voir avec une lampe de poing ou frontale, etc., et surtout, apprendre à distinguer les événements normaux de fonctionnement des signes de dysfonctionnement du processus de production.

2.2.1. *Reconfigurer sa motricité sensorielle*

Pour effectuer ses rondes de surveillance, l'agent de lubrification doit évoluer dans un environnement construit et pensé pour la production. Ce chasseur de panne mobilise ses sens afin de détecter et repousser l'aléa mécanique qui induirait une rupture du flux de production. Cette activité sensorielle est une activité spontanée du corps, qui engage un schéma de représentations en vue de réaliser une action de régulation ou de correction du système productif automatisé. Il s'agit d'une attention sensorielle machinale qui engage dans un second temps une comparaison situationnelle. Le maintenancier s'engage dans un apprentissage mobilisant tous ses sens afin d'incorporer la culture matérielle de cet environnement productif⁴⁵⁹. Il doit apprendre à sentir différemment et à associer ses sensations à une grille de significations en lien avec sa sécurité et la viabilité du système productif.

Il revêt pour son travail plusieurs équipements de protection individuelle, qui ont pour but de le protéger d'éventuelle blessure corporelle ou d'intoxication respiratoire, afin qu'il puisse faire face à cet écosystème. Le bleu de travail ignifugé, les gants de protection chimique et anti-

⁴⁵⁸ Jean-Pierre Warnier, 1999, *op. cit.*

⁴⁵⁹ Marie-Pierre Julien et Céline Rosselin (dir.), *Le sujet contre les objets... tout contre. Ethnographies de cultures matérielles*, Paris, CTHS, 2009.

coupure, les lunettes antiprojections, les bouchons d'oreilles, le casque de chantier ou encore les bottes de sécurité sont autant d'outils qui rendent possible l'activité du maintenancier. Ils viennent se positionner en intermédiaire entre le corps et l'environnement. L'acuité sensorielle est diminuée par ces équipements. Ce phénomène est recherché et pérenne. Il permet de pallier la sensation de douleur à laquelle pourrait être exposé le maintenancier. Il en est autrement pour les sens de la vue, du tact, de l'ouïe ou tenant à l'équilibre et la motricité dans l'espace. Le maintenancier doit pouvoir mobiliser pleinement ses sens afin de réaliser cette chasse à l'aléa mécanique.

Ces outils de protection reconfigurent la motricité sensorielle des maintenanciers afin de l'adapter à cet environnement matériel. Une phase d'apprentissage est nécessaire pour que l'agent parvienne à sentir à travers les couches des gants, à voir malgré les lunettes et la buée qui s'y dépose, à communiquer malgré les bouchons d'oreilles et à se déplacer sans « cogner le casque » ou buter sur le sol à cause du poids des bottes. Cette phase peut être coûteuse pour les acteurs, et de multiples résistances sont à l'œuvre contre ces équipements, particulièrement en ce qui concerne le port des gants, des lunettes et des bouchons d'oreilles, qui participent à la protection des sens les plus utilisés dans le travail. Il en résulte une usure prématurée des corps et des organes sensoriels. Le port des gants de protection est symptomatique. Plus ils sont épais, plus ils protègent des coupures, écrasements, brûlures ou entraînements mécaniques, mais cela sera au détriment de la sensation du tact. Un recalibrage de cette sensation du toucher se fait alors progressivement.

Pareillement, il est fréquent que les nouvelles recrues refusent de porter les lunettes de protection. Les lunettes sont perçues comme une gêne au travail. Lors des tournées, une fine pellicule de buée se place sur les verres et aveugle l'opérateur. Les contacts avec des produits gras, comme la graisse ou l'huile, sont autant d'occasion d'obstruer les verres. Leur nettoyage d'un coup de chiffon n'est pas aisé et provoque des rayures, ce qui ne participe pas à l'amélioration de la situation. Les agents de lubrification préfèrent risquer leur rétine pour un meilleur confort de travail. Au fil du temps, ils apprennent les techniques qui permettent de réduire la quantité de buée s'apposant sur les lunettes. Ils deviennent plus adroits pour se protéger des produits gras et ne les touchent plus de la journée. Ils les positionnent de façon précise, expirent vers le bas, et parfois apposent de la mousse à raser sur la monture des verres.

L'odeur d'un site industriel est un bon indicateur du degré de familiarité qui se tisse entre l'agent de lubrification et l'environnement industriel. Ces odeurs imprègnent les vêtements, les voitures, les outils et parfois même les hommes. Lors de leur première arrivée, les visiteurs sont dérangés par ces odeurs de bois en décomposition, d'acier en fusion ou de produits chimiques. Le rondier prend l'habitude de l'odeur de son site. Sans qu'elle ne disparaisse, celle-ci devient familière, et signe de bon fonctionnement du site industriel. Chaque site a son odeur et les agents de lubrification peuvent différencier l'odeur de leur usine d'origine d'autres sites industriels, en y attachant toujours une dimension positive car habituelle : « *Tout le monde, à Mimizan, se plaint de l'odeur de la papette, mais celle-là...* »⁴⁶⁰ Une odeur nouvelle interroge. Pour les acteurs, elle est signe de danger ou de dysfonctionnement technique. Des détecteurs de gaz permettent de calculer les conditions d'explosivité de l'atmosphère ou de repérer la présence de gaz inodores et nocifs, et alertent l'intervenant du danger par des combinaisons de vibrations, signaux lumineux et sonores. Des lumières portatives de forte puissance éclairent le lieu de travail et facilitent les interventions, malgré l'absence de lumière naturelle ou artificielle. Ces équipements ne nécessitent pas d'apprentissage particulier et se situent davantage dans une adaptation ou une augmentation des capacités sensorielles de l'homme, lui permettant de rendre son activité sûre, voire plus efficace. Le rondier s'habitue à travailler dans l'obscurité et devient adroit pour diriger un faisceau lumineux et pour contrôler des éléments mécaniques situés à distance et dans le noir.

2.2.2. Une attention machinale pour détecter les dysfonctionnements

Un second apprentissage s'impose à l'agent de lubrification pour pouvoir réaliser ses rondes de surveillance-contrôle. Il s'agit de construire une nouvelle grille de représentations, différenciant l'état normal du process de l'aléa. Cette grille prend appui sur les perceptions sensorielles de l'agent et entre en contradiction avec les représentations acquises dans un environnement extérieur aux industries de flux. Des évacuations brutales de produits, des détonations sourdes, des odeurs nauséabondes qui coupent le souffle, des bruits qui agitent les entrailles et rendent sourd, ne sont pas signe d'alarme ou d'avarie. Il s'agit seulement de l'environnement de travail. Ce n'est que par la répétition des rondes et l'attention aux changements sonores, visuels ou olfactifs de son environnement de travail, que l'agent de lubrification aura la capacité de

⁴⁶⁰ Sébastien, agent de lubrification, Care, 2019.

détecter un aléa. Il pourra ensuite, par une forme « d’aperception professionnelle »⁴⁶¹ être machinalement attentif aux variations sensibles et procéder automatiquement à des opérations de comparaison entre ces stimuli et cette grille de représentations.

Cette attention machinale permet à l’agent de lubrification de détecter des dysfonctionnements mécaniques, des fuites de produits entrant dans le processus de transformation ou encore des incendies et autres évènements de production. Au détour de sa ronde, si l’agent de lubrification repère visuellement des boulons coupés nets au pied d’une pompe, il les associe à une future rupture de canalisation et le signale aux tableautistes. En déambulant dans les caves des machines-outils, il capte des signaux de dysfonctionnement invisibles depuis les cabines de conduites. Cela peut être une odeur de caoutchouc brûlé lui indiquant que des courroies de transmission sont usées. Le bruit s’impose au rondier, qui déambule dans l’usine malgré les protections auditives. Il l’appréhende et l’apprivoise. Le bruit mécanique continu et régulier du process de production lui devient familier. Il l’oppose au bruit qui « accroche », qui « frotte », qui « tape » : au mauvais bruit, en somme, celui du dysfonctionnement, annonciateur d’une future casse mécanique. S’il entend un bruit de frottement inhabituel, l’agent pose sa main sur le palier de l’arbre de transmission concerné pour percevoir sa température et ses vibrations. Il passe ainsi d’une attention machinale à une attention volontaire. Parfois, il pose la lame d’un tournevis sur le palier et écoute le frottement en approchant son oreille de l’extrémité du manche en bois de l’outil : « *Mais il faut enlever les bouchons d’oreille pour faire ça !* »⁴⁶² Par l’intermédiaire du manche, il essaye de se créer une image sonore du frottement pour diagnostiquer un dysfonctionnement. Il détermine ainsi, grâce à ses sens, des anomalies des systèmes de lubrification et des mécanismes de transmission, et planifie des visites de maintenance sur arrêt.

L’agent de lubrification communique au tableautiste et à son responsable opérationnel les dysfonctionnements qu’il a détecté. Il valorise particulièrement ces « *remontées techniques* »⁴⁶³ réalisées au plus proche du terrain. Si les perceptions sensorielles de l’agent ne sont pas mises en doute, leur interprétation comme aléa de production nécessitant une action de régulation, est loin d’être automatique. Les tableautistes s’appuient sur cette information sensorielle

⁴⁶¹ Christel Sola, « « Y a pas de mots pour le dire, il faut sentir. » », *Terrain*, 49, 2007, pp. 37-50.

⁴⁶² Georges, agent de lubrification, Care, La Rochette, 2021

⁴⁶³ Terme autochtone.

supplémentaire afin d'alimenter leur propre interprétation des conditions de l'écoulement du flux. L'agent de lubrification s'insère de cette façon dans la division du travail nécessaire au fonctionnement des industries de process. Par son attention sensorielle machinale, il réalise un travail de rondier de production de seconde gamme. Il met sa vue, son ouïe, son toucher et parfois son odorat au service du système de production pour parer ses limites sensorielles et combler les failles des mécanismes de régulation. Ces limites bougent sans cesse en fonction de l'équipement des machines automatisées et des maintenanciers. Le tableautiste est prolongé sensoriellement, tout en bénéficiant d'une mise à distance vis-à-vis de l'environnement de production. Il mobilise, commande et tire profit des perceptions sensorielles *in situ* des rondiers, qu'elles soient volontaires pour l'opérateur extérieur, ou machinales pour le maintenancier.

2.2.3. Les sens de la ronde

L'agent de lubrification suit au quotidien un chemin prédéfini avec une liste d'opérations de contrôle à réaliser. La vue est le sens le plus sollicité pour ce travail de maintenance préventive. Elle est essentielle pour évoluer dans l'environnement et pour procéder aux contrôles, mais ne suffit pas pour réaliser une détection d'un aléa mécanique sur un mécanisme de transmission ou une centrale de lubrification. Les autres sens viennent, aux détours de la ronde, alerter l'agent de lubrification d'une situation anormale.

L'opération la plus récurrente est la vérification des niveaux d'huile dans les réservoirs des réducteurs. L'agent de lubrification regarde par l'œil de niveau s'il distingue non pas l'huile, mais la « bulle d'air » laissée libre par l'huile. Les huiles de lubrification étant presque incolores, il faut se rabattre sur cette séparation entre liquide et gaz pour déterminer le niveau. L'agent essaye, à l'aide de sa lampe, d'éclairer l'œil par le dessus, afin d'amplifier cette démarcation. Il regarde aussi en-dessous et autour du réducteur pour contrôler s'il n'y a pas de traces de fuites. L'huile laisse une trace sombre au sol, car la poussière s'accroche au liquide pour former une sorte de mélasse. En cas de suspicion de fuite, l'agent touche la mélasse ou passe la main sous le réducteur pour vérifier si ses doigts, équipés de gants, ont été recouverts par la texture glissante du produit. Les fuites sur les réducteurs sont monnaie courante et souvent de faible ampleur. De fréquents appoints d'huile permettent de corriger l'anomalie et de maintenir le bon niveau, c'est-à-dire de faire apparaître la « bulle d'air ». Cette opération de régulation du niveau est habituelle et ne nécessite pas d'analyse spécifique. Elle repose sur une

chaîne opératoire établie et n'engage pas une attention supplémentaire à celle nécessaire pour exécuter la ronde.

L'automatisation du système de lubrification fait varier cette opération de contrôle, en éloignant spatialement l'agent des mécanismes à surveiller. Ces systèmes sont appelés des centrales de lubrification. Celles-ci sont composées d'un réservoir de lubrifiant et d'une pompe à engrenage qui propulse le lubrifiant dans un circuit de canalisations fermé reliant en série chaque mécanisme. L'huile circule constamment, passant d'un mécanisme à un autre jusqu'à son retour dans le réservoir de départ. L'agent vérifie le niveau de cette bache de rétention par un dispositif optique similaire à celui d'un réducteur. La baisse du niveau d'huile de la bache indique la présence de fuites sur le circuit fermé de tuyauteries reliant la bache à chaque mécanisme de transmission. L'agent de lubrification recherche ces fuites en suivant les canalisations, parfois, il en découvre d'autres au détour de sa ronde.

Le contrôle des systèmes de graissage automatisés diffère de celui des centrales de lubrification. Les centrales automatiques de graissage sont constituées d'une pompe à piston de forte puissance et d'un réseau de tuyauteries équipé de répartiteurs alimentant chaque mécanisme de transmission en son centre. La graisse acheminée déborde du mécanisme par ses joints et n'est pas récupérée. L'indication du niveau de graisse restant dans le réservoir de la pompe, indique la quantité de graisse pompée dans le réseau de tuyauteries et n'informe pas sur l'état de fonctionnement de la centrale de graissage. Le contrôle de l'état du système de graissage automatisé porte sur la variation de la pression dans le circuit de tuyauteries. Une procédure de test est parfois prévue sur le dispositif automatique, qui peut détecter lui-même des chutes de pression anormales et communique à l'agent l'anomalie par un signal lumineux. Sinon, les pompes sont lancées manuellement et la procédure de contrôle est similaire à celle d'une pompe pneumatique classique. Elles « tapent » d'abord frénétiquement et bruyamment pour progressivement ralentir le rythme dans une percussion plus sourde. Ce signal sonore indique la montée en pression du réseau et le bon fonctionnement de la centrale de graissage automatique. Si la pompe « s'emballe », c'est-à-dire continue à « taper » à vive allure, une phase de diagnostic plus approfondie débute. De l'air est-il entré dans le réseau, une fuite est-elle survenue, le stock de graisse est-il vide ? Chaque hypothèse est testée par ce signal sonore.

L'attention sensorielle volontaire de l'agent permet d'établir un diagnostic et de répondre à l'aléa technique par un mécanisme de comparaison situationnelle.

Une part de la maintenance de ces systèmes de lubrification automatiques repose sur l'attention machinale de l'agent lors de sa ronde. Lorsqu'il emprunte son chemin prédéfini, ses sens lui permettent d'évoluer en sécurité dans un espace à forte concentration d'éléments mécaniques, à faible luminosité et parfois humide ou glissant. Cette attention machinale à son environnement l'aide à repérer les différentes fuites du circuit de lubrification. Il voit des marres d'huile se former, des amas de graisse se développer et peut ainsi intervenir ou signaler cet aléa du système de maintenance qui reste dans la plupart des cas un dysfonctionnement pour la production.

3. Surveiller, lisser et attendre : les techniques de chasse à l'aléa mécanique

L'agent de lubrification a pour mission de réaliser une chasse à la panne selon une activité de surveillance-contrôle planifiée des conditions d'écoulement futur du flux. Plus les mécanismes de transmission sont lubrifiés à vie ou par des centrales de lubrification automatisées, plus l'agent de lubrification réalise une activité de surveillance et sera éloigné de la ligne de production. Il se concentre alors sur des points précis, les centrales de lubrification, et sera à distance des matières lubrifiantes et du lieu de la production. Inversement, une faible automatisation de la lubrification des mécanismes de transmission va conduire à la mise en place de tournées de contrôle des niveaux et d'opérations de graissage programmées. Cette planification est dictée par les possibilités physiques de l'agent de lubrification, qui sont limitées en dépit de son équipement. Les opérations de graissage programmées réalisées en marche correspondent à une gestion des pics d'activité, que représentent les autres temporalités de maintenance. Il s'agit de réduire les pics. La tournée de contrôle des niveaux consiste en une opération de détection et de régulation des fuites des réservoirs.

Le premier mouvement de cette partie présentera l'activité de surveillance-contrôle planifiée des conditions de l'écoulement futur du flux. Le second portera sur l'activité de graissage programmé en marche réalisée par l'agent de lubrification dans cet environnement de travail dangereux. Enfin, cette partie se terminera sur la question de l'aléa mécanique, moment durant lequel la panne s'invite de façon impromptue dans le travail du rondier. Ce moment de perturbation touche les dimensions économique, technique et organisationnelle du site, et se traduit par une organisation en urgence.

3.1. Surveiller les conditions d'écoulement futur du flux

Cette activité de surveillance-contrôle programmée est liée au degré d'automatisation du système de production et s'exprime par une délocalisation des gestes⁴⁶⁴. L'agent de lubrification agit à distance pour contrôler la lubrification des mécanismes de transmission. Cette mise à distance est spatiale et tactile. Elle a trait à la proximité physique entre l'agent et le flux de production. Elle concerne aussi les contacts entre l'agent et les matières lubrifiantes. L'automatisation de la maintenance préventive de l'installation et la mise en place d'une maintenance prédictive conduisent à cette double mise à distance, qui influe sur le contenu de l'activité de l'agent de lubrification. Par souci de présentation, sont opposées ici la surveillance portant directement sur les mécanismes mécaniques, et celle qui se rapporte aux systèmes de lubrification automatisés. Il n'a pas été observé de systèmes de production dans lesquels l'automatisation de la lubrification serait totale. Le rondier exécute une activité complexe, qui combine ces différentes modalités de surveillance programmée sous la forme de rondes quotidiennes.

3.1.1. Surveiller les mécanismes : entre prévention et prédiction

La surveillance des mécanismes se divise en deux types d'activité, qui prennent du relief avec notre analyse sensorielle. La première, la plus fréquente pour le rondier, est la surveillance des niveaux d'huile des réservoirs des engrenages. La seconde induit l'utilisation d'appareils de mesures et de prélèvements. Le travail du rondier se rapproche dans ce cas de celui de l'infirmier.

i. Réguler les niveaux d'huile : contrôle et appoint si nécessaire

« Contrôle de niveau et appoint si nécessaire ». Il s'agit de l'appellation formalisée sur les fiches de travaux pour désigner cette opération de surveillance programmée des mécanismes mécaniques. Celle-ci n'a cours que pendant que l'usine est en fonctionnement. Certains contrôles sont journaliers, tandis que d'autres sont davantage espacés dans le temps.

Lors des tournées de lubrification en route, il faut vérifier les niveaux d'une multitude de machines, particulièrement les pompes, les tapis et les épurateurs. Cela consiste à se balader dans toute l'usine et s'arrêter régulièrement pour regarder les yeux de niveaux,

⁴⁶⁴ Caroline Moricot, *Agir à distance. Enquêtes sur la délocalisation du geste technique*, Paris, Classique Garnier, 2021.

tirer les jauges ou dévisser la vis témoin pour constater s'il y a le bon niveau d'huile. Ce sont des opérations de surveillance, elles ne prennent pas beaucoup de temps chacune, mais sont nombreuses. Il y a beaucoup de choses à surveiller. Les agents de graissage surveillent l'installation, ils passent partout sur le site⁴⁶⁵.

Les réservoirs d'huile peuvent être situés à proximité immédiate du flux de production. Lors de ses tournées de contrôle des niveaux, le rondier est spatialement et sensoriellement inséré au plus proche du lieu de la production. Son évaluation de niveau et son opération de régulation entraînent un contact avec de l'huile à température élevée. L'absence d'automatisation de la régulation des niveaux d'huile induit cette double proximité entre le rondier et la production.

Cette tournée des niveaux dure toute la matinée. Elle est présentée comme primordiale et non repoussable. Il est pourtant difficile de déterminer le niveau d'huile dans le carter, car le lubrifiant est en mouvement. Il est brassé par les engrenages en rotation. De plus, ces dispositifs de contrôle sont prévus pour indiquer le niveau lorsque la machine est à l'arrêt et l'huile froide. Quand la machine fonctionne, le niveau apparaîtra plus bas qu'il ne l'est réellement, car l'huile est répartie sur les différentes surfaces des engrenages. Les acteurs disent que l'agent de lubrification peut, par expérience, déterminer si le niveau d'huile est bon ou insuffisant sur chaque carter de sa zone de travail. Il s'agit d'une sorte de savoir professionnel propre et exclusif au rondier. Cette opération de contrôle reste soumise à l'interprétation et au diagnostic de l'agent de lubrification. Si celui-ci considère que le niveau est bas, il réalise un appoint avec son *oil-safe* contenant l'huile appropriée. L'action de régulation de cette maintenance préventive est immédiate.

Sans douter de l'expertise empiriquement constituée par l'agent de lubrification, cette tournée de contrôle sert simplement à s'assurer qu'il y a de l'huile dans le réservoir du réducteur ou du palier. La tournée permet de détecter des fuites importantes et d'endiguer des « dysfonctionnements structurels », qui fragilisent le système de production. La recherche d'un niveau d'huile constant et parfait apparaît comme un vain projet qui anime le rondier. Cette

⁴⁶⁵ Extrait carnet terrain, En marche Stenay, 2017.

opération demande à l'agent de produire un diagnostic et l'engage dans une opération de régulation qui assure la pérennité du flux de production.

ii. Un infirmier à l'écoute du corps des machines

Le rondier réalise aussi des opérations de prélèvement d'huile, de collecte de température, de prise de mesures vibratoires et de relevés d'ultrasons. Ces opérations relèvent de la maintenance prédictive. À partir de ces prélèvements ou de ces données, des opérations de maintenances préventives ou curatives peuvent être décidées par le préparateur de chantier et planifiées lors des arrêts.

Afin de pouvoir analyser la qualité de l'huile dans un réservoir, il faut prélever un échantillon de lubrifiant et l'envoyer à un laboratoire spécialisé. Le rondier réalise ce prélèvement en ouvrant le bouchon de vidange du carter, après avoir positionné un bac de rétention en dessous. Il laisse couler quelques secondes le lubrifiant brûlant, puis, à l'aide d'un tube, extrait un échantillon d'huile et ferme le bouchon. Ces quelques secondes de purge servent à éviter de fausser les tests, du fait de la concentration élevée de poussières de métal au fond du réservoir. Les contacts entre le rondier et l'huile sont inévitables lors de cette opération de prélèvement. Cette analyse d'huile est l'un des principaux outils à la disposition du responsable opérationnel et de son préparateur de chantier pour repousser les vidanges planifiées lors de la temporalité « Grand arrêt » à l'année suivante. Ces analyses sont organisées sous forme de campagne semestrielle et portent sur les capacités à grand volume. Plus la quantité d'huile à remplacer est importante, plus le suivi de l'évolution de son usure est économique. Cette opération de surveillance de la qualité de l'huile induit un contact direct entre le rondier et le lubrifiant, mais le diagnostic est entièrement réalisé par un laboratoire spécialisé. L'agent de lubrification, malgré sa perception sensorielle du lubrifiant, ne produit plus de diagnostic et s'insère dans cette division du travail. Il est celui qui collecte la matière et se situe au plus près du flux.

Les prises de mesures de températures, de vibrations ou d'ultrasons sont réalisées *via* des appareils métrologiques : un thermomètre laser, un vibromètre ou un stéthoscope. Le rondier équipé de ses outils vise un point précis et identifié sur la capacité de stockage du lubrifiant. Ces appareils affichent une mesure que le rondier consigne dans un document de suivi informatique ou papier. Ces valeurs sont ensuite étudiées par le responsable opérationnel au



Figure 27 : Prise de température de palier au pistolet laser.

regard des prises de mesures réalisées au préalable. Cette analyse consiste en une étude des variations de la valeur des mesures, qui traduisent l'évolution du frottement au sein du mécanisme. Cette analyse des relevés peut conduire à une adaptation de la fréquence et de la quantité de lubrifiant ajoutée dans la capacité, ou à une

opération de maintenance curative programmée lors du prochain arrêt de production. La photo ci-à-gauche (fig. 52) présente un rondier en train de réaliser une prise de température. Les outils de prise de mesure induisent une mise à distance entre le rondier, la matière lubrifiante et le mécanisme de transmission.

Son attention sensorielle ne porte plus sur les mécanismes, mais seulement sur son outil de mesure. Le rondier devient un collecteur de données et ne réalise plus d'activité de diagnostic. L'utilisation d'appareils métrologiques provoque donc une mise à distance de l'agent de lubrification, qui n'a plus besoin de mobiliser ses sens afin de détecter un dysfonctionnement. Il devient une sorte d'infirmier qui consigne les mesures des signes vitaux des organes de la machine. Il est privé de l'interprétation des bruits, vibrations et températures qu'il peut percevoir avec ses sens. Cet aspect sensoriel de son activité, qu'il ne parvient pas à formaliser dans un savoir construit, lui échappe. Les mesures objectives des outils métrologiques et l'analyse scientifique en laboratoire suffisent pour alimenter les décisions de la chaîne hiérarchique, qui joue alors le rôle de médecin. Le mécanisme de comparaison des données récoltées par rapport à la norme historique, semble constituer les prémices d'une automatisation plus large de la lubrification, consistant à étendre les capacités sensorielles du servo-régulateur du système de production.

3.1.2. Automatiser la lubrification : surveiller et gérer par la mise à distance

Sur la plupart des sites de production, la lubrification est en partie automatisée. Cette automatisation renvoie au mouvement d'extension de l'automatisation du système de production. Ce mouvement d'extension a d'abord touché les tâches de manutention situées en amont ou en aval des machines, par l'installation de machines transferts, afin de tendre vers davantage de continuité productive. Le travail humain ne disparaît pas pour autant, et se redéploie en fonction de ce nouvel environnement productif. La maintenance préventive s'intègre dans ce processus d'automatisation, ce que nous proposons ici d'appeler l'intégration de la périphérie du flux. L'agent de lubrification subit ce mouvement et réalise des opérations de surveillance et de gestion du système de lubrification automatisé.

Cette automatisation de la lubrification prend la forme d'un système de pompes et de tuyauteries. Elle consiste en la mise en flux de la lubrification. À l'instar d'un système cardiovasculaire, la pompe propulse le lubrifiant dans le réseau de tuyauteries pour irriguer chaque mécanisme. Les centrales de graissage consomment de la graisse à fond perdu et nécessitent de fréquents appoints, tandis que les centrales de lubrification à huile fonctionnent en autonomie le temps de l'usure du lubrifiant. Dans les deux cas, la matière lubrifiante mise en flux par cette extension de l'automatisation du processus productif à sa périphérie est usée par le travail mécanique, et dissimulée dans un réseau de canalisations. L'agent de lubrification réalise des tournées de contrôle planifiées de ces centrales automatisées, il surveille le flux du lubrifiant :

On part avec Alex réaliser la tournée de graissage du train. Habituellement, il le fait seul, mais comme je souhaitais voir comment cela se passe, il m'a pris avec. On a nos EPI habituels avec en plus, un détecteur de gaz. Il s'occupe de la partie sud du train et Nico de la partie nord. On file par un escalier dans les caves sous la machine en train de laminier des brames d'acier. On entend le bruit lourd des laminoirs des cages des dégrossisseuses. Alex démarre une grosse pompe pneumatique, cela fait un bruit de tous les diables. Il va voir le tableau de contrôle et me dit : « Il n'y a pas de fuite, on peut y aller ». La pompe, après avoir tapé trois ou quatre coups, s'est en effet mise sous pression. On s'enfonce dans les entrailles du bâtiment, les salles se suivent et se ressemblent. On arrive devant une autre pompe qui dispose d'une capacité de stockage,

appelée « poste Farvall ». Alex ouvre une vanne sur un tuyau de raccordement à la pompe et démarre le « poste ». Une petite pompe à la base de la capacité de stockage se déclenche, et la tige témoin du plateau suiveur de la capacité monte peu à peu. Alex m'explique que la grosse pompe pneumatique est raccordée à chaque poste Farvall disposé tout autour du train. En ouvrant la vanne, il remplit la capacité et en démarrant le poste, il vérifie l'étanchéité du circuit grâce au tableau de commande propre du poste. Sur le tableau, il y a un système d'alarme qui détecte plusieurs types de problèmes (fuites de pression, bouchons, etc.). Après 10 minutes d'attente, Alex ferme la vanne et coupe le poste Farvall, puis il mesure l'extension de la tige et inscrit sur sa feuille la distance en centimètres de progression de la tige. Il convertit cette donnée en quantité de graisse. On poursuit cette tournée dans ce sombre labyrinthe, sans jamais apercevoir la succession de laminoirs⁴⁶⁶.



Figure 28 : Deux postes Farvall et leurs systèmes d'alarme.

Le rondier reste cantonné à la périphérie du flux de production dans les caves de l'usine. Le réseau de canalisations permet de laisser l'agent de lubrification à distance des mécanismes en mouvement. Il contourne les machines, et donc le flux de production. Cette mise à distance est possible, car un système d'alarme équipe chaque centrale de graissage

et le renseigne sur la présence d'un dysfonctionnement sur le réseau de canalisations ou sur la pompe. Sur la photographie ci-à-gauche (fig. 53), on peut voir en jaune deux centrales de graissage, appelées « postes Farvall ». À leur base, on distingue le système de pompe en vert, qui est actionné par le tableau de commande gris à droite de la photographie. C'est sur ce tableau de commande que les dysfonctionnements sont signalés, par des alarmes lumineuses. Si une alarme s'allume, l'agent de lubrification avertit rapidement le responsable de la maintenance de l'entreprise utilisatrice. Selon la gravité du dysfonctionnement, il prévoit une opération de maintenance lors d'un arrêt de production, ou décide d'effectuer une réparation provisoire en urgence. Le rondier est un rouage du système du graissage centralisé. Il ouvre les vannes et

⁴⁶⁶ Carnet de terrain, En marche, Fos-sur-Mer, 2019.

dirige le flux de graisse dans différentes capacités de stocks tampons. Il lance aussi manuellement un cycle de graissage automatique pour interroger le système de détection d'alerte. Il vient s'insérer dans les boucles de régulation du système de graissage automatisé. Pendant un court instant, l'agent de lubrification vient prendre la main sur la conduite du flux de lubrifiant, afin de s'assurer du bon fonctionnement du système de conduite automatique. Cela montre les limites de ce système d'alerte des centrales de graissage, qui n'est pas encore coordonné avec les cabines de conduite des machines.



Figure 29 : Mesure de la tige témoin d'un poste Farvall

Sur la photo ci-à-gauche (fig. 54), l'agent de lubrification mesure l'avancement du plateau suiveur de la pompe, c'est-à-dire sa progression vers le haut, et traduit cette distance parcourue en kilogramme de graisse ajoutée. Il utilise un mètre pour mesurer l'extension de la tige hors du réservoir du « poste Farvall ». L'étude de la variation de la quantité de graisse consommée, et donc ajoutée par l'agent de lubrification d'une ronde à l'autre, permet à ces maintenanciers de suivre et prouver la prestation de maintenance. Cela constitue une preuve utile en cas de casse mécanique.

La surveillance des centrales hydrauliques est basée sur le niveau d'huile restant dans la bêche de la pompe. Souvent, les centrales hydrauliques sont monitorées par des systèmes de sondes, qui informent les conducteurs d'installation de l'évolution de la température et du niveau d'huile de chaque centrale. Selon les dires des agents de lubrification les tableautistes ne connaissent pas la procédure pour accéder à ces informations. Les tableautistes considèrent que ce suivi ne fait pas partie des missions de la production et le laissent aux agents de lubrification. Le contrôle des niveaux est donc manuel, tout comme le réglage des répartiteurs d'huile du réseau appelés rotamètres. Ce sont les agents de lubrification qui régulent le flux d'huile vers les mécanismes des machines de production. Ils conduisent ces flux d'huile par des réglages fin. Les rotamètres sont situés dans les caves, sous les machines, à proximité du flux de production.

Si le niveau de la bête est bas, c'est qu'il y a une fuite dans le réseau fermé de canalisations. L'huile n'étant plus récupérée par le réseau, une flaque qui prend rapidement la forme d'un lac se constitue progressivement sous l'installation. Le rondier repère ces fuites, parfois massives, lors de sa tournée. Celles-ci sont traitées lors des arrêts pour maintenance, car elles ne sont que des dysfonctionnements pour la production. Ce sont parfois plusieurs centaines de litres d'huile qui sont ajoutés chaque semaine et qui participent à l'entretien des lacs artificiels. L'huile est alors considérée par l'entreprise utilisatrice comme de la graisse, c'est-à-dire comme un consommable non récupérable.

Grâce à un système d'indication de niveau, dans le cas des centrales hydrauliques, ou d'une console de surveillance, pour les systèmes de graissage centralisés, le rondier est à même d'établir des diagnostics simples sur la présence d'un dysfonctionnement. Il peut réagir en fonction de son diagnostic en ajoutant du lubrifiant dans la capacité de stockage et en prévenant sa hiérarchie ou le personnel de l'entreprise utilisatrice. Cette automatisation de la lubrification déplace l'activité de l'agent de lubrification vers un rôle de surveillance-contrôle du flux de lubrifiant, qui est spatialement éloigné du lieu de la production. Il surveille les conditions de l'écoulement futur du flux de production en réalisant des contrôles programmés d'un flux de matière consommable.

3.2. Lisser les pics de maintenance en s'insérant dans le flux

La temporalité de maintenance « *Stop and Go* » représente une phase de pic d'activité pour la maintenance préventive au cours de laquelle l'agent de lubrification réalise principalement des opérations de graissage. Pour autant, l'activité de graissage des mécanismes est aussi observable lors des autres temporalités de maintenance. Lorsque que l'usine est en fonctionnement, le rondier réalise des opérations de graissage à proximité d'éléments mécaniques en rotation, induisant de fait un risque d'entraînement mécanique mortel. A ce risque s'ajoute ceux liés aux caractéristiques chimiques et thermiques du processus de production. Ces opérations de graissage réalisées « En marche », permettent de limiter les pics d'activité lors des arrêts, voire de ne pas en organiser. La planification de ces opérations de graissage est conditionnée aux limites du corps et de sa capacité à s'insérer au plus proche du flux. La flexibilité du système de production, c'est-à-dire la capacité du personnel de production à rediriger le flux sur des

canaux parallèles sans interrompre la production, permet d'organiser « *des mises à disposition* »* de ligne et ainsi de réaliser des graissages.

3.2.1. Graisser ce que le corps permet

L'objectif de l'agent de lubrification reste simple lors de cette temporalité. Il s'agit de remplir des paliers de graisse, afin d'optimiser la transmission du mouvement et de limiter l'usure des roulements des arbres mécaniques.

Ce matin, j'ai suivi Nicolas lors de la tournée. La tournée se concentre sur les vis sans fin d'acheminement du gypse broyé dans les fours rotatifs. Les vis sont serties dans des tubes métalliques, la matière est donc invisible pour l'opérateur. Nicolas s'approche d'un premier tube et pose la main dessus. Il me dit que celle-ci [la vis] tourne, et il commence à graisser les deux demi-paliers de maintien de la vis avec sa pompe à main. Il met dix coups et il me dit que c'est dix coups. On monte à l'étage et on croise un autre tuyau. De la même façon, il pose sa main dessus et me dit : « Ah, celui-ci, il ne tourne pas, du coup on ne le graisse pas. » Je lui demande « pourquoi ? » Il me répond que « sinon la graisse, elle se répartit pas, et si on graisse tous les jours sans que ça tourne, cela va mettre plein de graisse dans le gypse. » On continue la tournée⁴⁶⁷.

Le diagnostic sur l'opportunité du graissage s'appuie sur le sens du toucher. Le rondier cherche à percevoir les vibrations de la vis et de la matière mise en mouvement sur les parois du tuyau, pour déterminer s'il doit ajouter de la graisse. Le rondier travaille en fonction du flux de production. Il s'y adapte, comme devrait pouvoir le faire un système de graissage automatisé. En plus d'une raison technique, Nicolas adopte le point de vue de la production pour justifier ce choix de graisser seulement les mécanismes en mouvement : il faut en effet éviter que de la graisse ne se mélange avec le produit. C'est bien à l'aune de la qualité de la production que va être évaluée sa prestation de maintenance préventive.

La littérature technique est en accord avec les agents : graisser le mécanisme en mouvement permet de réduire l'effet du poids de l'outil, et donc de ne pas « surgraisser » le roulement. Le graissage « En marche » serait plus pertinent, que de graisser pendant les arrêts d'installation, mais aussi plus difficile à réaliser, voire plus risqué pour les corps des agents de lubrification.

⁴⁶⁷ Observation du travail de Nicolas, agent de lubrification, Care, réalisé *En marche*, 2019.

Le risque d'entraînement mécanique est le plus fréquent et critique. Un moment d'inadvertance ou un mauvais geste peuvent entraîner des graves conséquences physiques sur les acteurs qui développent et incorporent progressivement une gestuelle corporelle salvatrice. Cette gestuelle ne permet pas de répondre à tous les facteurs de l'environnement. Certains rendent insoutenables pour les organismes la réalisation du travail de graissage :

Le responsable maintenance du site nous demande de graisser les paliers des cylindres de la sécherie côté conducteur en marche. Normalement, on les fait à l'arrêt, mais ils veulent gagner du temps. Le conducteur nous dit qu'il va monter les stores, composés de plaques de métal, qui servent à maintenir la température de la sécherie, pour qu'on puisse y avoir accès. La pompe est installée, on est deux pour la mission. Le responsable opérationnel nous a dit d'alterner et de ne pas rester trop longtemps dans la sécherie. Je glisse mon bras dans la zone de la sécherie, il transpire instantanément... On n'a pas trop le choix, on met bien les EPI et on y va. On se relaie, deux paliers par deux paliers. Tout est bouillant, le palier en fonte, le bâti, l'air... De la buée se dépose sur les lunettes, et des gouttes de transpirations viennent s'y mêler. Je n'ai jamais transpiré comme ça ! À la fin de la mission, on avait mauvaise mine. Le responsable opérationnel nous a dit que plus jamais on ne ferait un truc comme ça⁴⁶⁸.

La température et la présence de déchets du process, comme la liqueur noire*, peuvent rendre le travail humain impossible. Ces limites sont souvent testées, ce qui permet de constater, de manière empirique, ce qui est réalisable « En marche », et ce qui met réellement en danger les ouvriers. Ces limites font l'objet de négociations entre les agents de lubrification, le responsable opérationnel et le responsable maintenance. Il s'agit de déterminer « *ce qui est faisable et ce qui n'est pas faisable sans entrer dans des trucs extraordinaires* »⁴⁶⁹. Il existe un certain flou autour des activités réalisables « En marche » car elles interrogent les limites du corps de l'intervenant. Ce flou laisse une place à cette négociation continue entre les acteurs sur ce qui est réalisable ou non.

Les tables à cylindres sont des espaces inatteignables lors des phases de production. Les agents n'ont pas la capacité physique de s'approcher assez près pour réaliser des graissages. Le

⁴⁶⁸ Extrait carnet de terrain, Descartes, 2016.

⁴⁶⁹ Christophe, chargé de chantiers, Care, 2020

graissage « En marche » est davantage observable dans les ateliers en amont ou en aval de cette phase du process. Les agents peuvent graisser les paliers des pompes des installations à transformation chimique et les paliers des tapis ou vis d'acheminement de la matière. Le rondier graisse les mécanismes de transmission de ces infrastructures selon une périodicité préétablie.

3.2.2. Lubrifier ce que le flux permet

Les industries de flux ne sont pas constituées que d'une seule ligne. Souvent, il existe des systèmes de canaux parallèles, c'est-à-dire des ensembles de machines jumelles, ou tout du moins, qui ont la même fonction dans le process. Par exemple, il y a souvent deux tonneaux écorceurs dans une papèterie, et plusieurs lignes de raffinage de la pâte. Arrêter une ligne, conduit à une opération de redirection du flux sur l'autre canal en le sollicitant davantage, c'est ce qui est appelé « *un inversement* » par le personnel de production. Les systèmes techniques à multiples voies assurent une certaine sécurité envers l'aléa technique, car le flux peut toujours circuler dans le processus productif, même de façon dégradée. Inversement, les systèmes de table à cylindres, comme les machines à papier ou les trains à bandes, représentent un goulet d'étranglement pour les flux. Arrêter ces ensembles bloque le flux de production.

Du point de vue de la maintenance, cette situation de multiples flux permet de prévoir des opérations de maintenance sur des mécanismes de transmission sans arrêter le circuit de production. Lors de ces arrêts de maintenance, la pression est bien plus faible, et les vidanges et les graissages sont réalisés sur les machines-outils en quelques minutes. Le plus difficile n'est pas de terminer les travaux dans les temps, mais d'obtenir auprès du personnel de production l'arrêt de l'ensemble des machines. Ce type d'arrêt s'éloigne de ce qui est observable lors du « *Stop and Go* ». L'organisation de ces arrêts est plus informelle, seuls les agents de lubrification interviennent pendant quelques dizaines de minutes. Ils sont l'occasion d'une négociation directe entre le personnel de production et le rondier.

Dans les cas de figure où le système productif est faiblement automatisé et où le flux est distendu, cette coordination entre le personnel de production et l'agent de lubrification se déroule sereinement. C'est le cas dans la tréfilerie située en région parisienne. Le rondier guette les moments de pause du personnel de production et surgit afin de réaliser rapidement les opérations de lubrification pendant le laps de temps où la machine-outil est disponible. L'agent de lubrification essaye de se glisser au mieux dans les interstices de cette production

discontinue. « *C'est une relation de service* » explique Jimmy le responsable opérationnel du site pour décrire son organisation. Le rondier est au service de la production et réalise ces opérations de maintenance le plus discrètement possible et en s'adaptant continuellement au rythme de travail du conducteur.

Dans les usines au processus plus automatisés, où le flux est plus pressant, la coordination grippe plus régulièrement. « *Bob, tous les vendredis, ils le font poireauter une heure devant la machine, ça les amuse !* »⁴⁷⁰. L'agent de lubrification peut attendre parfois une heure avant de pouvoir intervenir, car le personnel de production ne peut - ou ne veut - pas stopper ou dévier le flux de production. De l'avis des agents de lubrification, il s'agit de mesquineries de la part de la « *prod* », qui apprécierait de les « *faire poireauter* ». Les agents de production arguent quant à eux des quotas de production à respecter. La raison de ces accrochages se situe peut-être ailleurs :

Il nous reste à réaliser les vidanges des huit paliers des quatre pompes alimentaires de la chaudière biomasse. On suit Régis, notre préparateur de chantier à travers l'usine avec notre équipement. Ces pompes sont installées dans un petit hangar au pied de la chaudière. Les pompes tournent encore dans le bâtiment, un raffut terrible en sort dès que la porte s'entrouvre... Régis nous dit : « Ce n'est pas consigné ! Je vais voir la prod pour qu'elle s'en occupe tout de suite et je reviens vous voir. » On attend donc le retour de Régis à l'extérieur du bâtiment. Les minutes sont longues. Elles commencent à se compter par dizaines. Au bout de 45 minutes, deux lignes de pompes s'arrêtent et peu de temps après, Régis revient et entre dans le bâtiment pour baisser les ICV et apposer ses cadenas de consignation sur deux des quatre blocs électriques. Deux pompes continuent à tourner, le bruit encore présent s'est estompé quelque peu. Les protections auditives ne sont pas de trop. Il nous donne le top pour intervenir et nous surveille. On se presse pour réaliser les vidanges et les remplissages. Dès que l'on a fini, il remonte les ICV, les pompes ne redémarrent pas instantanément. Il nous dit : « Je retourne les voir pour les deux autres ! » Je lui demande pour combien de temps il en aura. Il me répond : « Ils vont au plus vite, mais c'est le bordel de consigner les pompes. Il faut

⁴⁷⁰ Olivier, agent de lubrification, Care, En marche, Mimizan, 2020

faire des « inversement ». Ils peuvent le faire que deux par deux, pour conserver l'énergie pour la chaudière. »⁴⁷¹*

Il s'avère que l'action de mettre à disposition les machines, même les plus simples, comme des pompes, nécessite une bonne maîtrise technique et intellectuelle de l'ensemble de la circulation du flux. Les pompes ne sont pas seulement un ensemble mécanique, mais constituent un engrenage du process productif. Les arrêter nécessite de rediriger le flux dans un autre canal et de mettre en situation de fragilité le process de production.

On vient de réaliser la vidange de la première pompe des turbines hydroélectriques de la station d'épuration, j'appelle le responsable de la zone pour qu'il fasse l'inversement. Il me répond : « Pas de problème. » On attend quelques minutes, et il vient nous voir, installé dans son camion, et me dit : « Je ne peux pas arrêter la seconde turbine, car pour la redémarrer, je risque de ne pas avoir assez de jus ! Allez bon appétit ! » Il part dans un nuage de poussière⁴⁷².

Cet argument technique est difficilement vérifiable ou infirmable, et, peut-être, l'approche de l'heure du repas constitue une meilleure explication. Les excuses peu orthodoxes du personnel de production pour refuser ou décaler à une autre équipe les manœuvres de « mise à disposition »* des machines sont fréquentes. Elles impliquent une attente ou une réorganisation des rondiers. Ces opérations « d'inversement » constituent une surcharge de travail pour le personnel de production habitué à surveiller l'écoulement du flux. Elles impliquent une prise de risque de leur part et une connaissance approfondie du processus de production.

3.3. L'aléa mécanique : enquête et organisation en urgence

Lorsqu'un aléa survient, chaque seconde qui passe représente un chiffre d'affaires potentiel qui échappe à l'entreprise utilisatrice. Le flux économique se tarit ou se réduit, car le circuit de production de valeur est rompu ou entravé. Plus l'aléa se situe au niveau d'un goulet d'étranglement du flux, plus ses répercussions économiques seront importantes. Il est toujours urgent de pallier l'aléa. L'évènement suscite deux réactions : l'imputation des responsabilités et une intervention désordonnée.

⁴⁷¹ Extrait carnet de terrain, En marche, Saint-Gaudens, 2021.

⁴⁷² Extrait carnet de terrain, En marche, Saint-Gaudens, 2021.

3.3.1. Mener l'enquête

Un aléa de production, c'est-à-dire « *une mauvaise manipulation* » ou une réaction non anticipée du processus productif, peut conduire à un arrêt momentané du flux. C'est par exemple le cas quand « *ils [le personnel de production] cassent la toile* » sur une machine à papier. Les conducteurs-machines et les opérateurs extérieurs se coordonnent rapidement pour « *débourrer la machine* » afin de relancer le flux. Certaines mauvaises manipulations peuvent conduire à une perte de toute une fournée de produit qui est recyclée dans le processus. Mais un aléa de production peut aussi provenir de la casse d'un mécanisme d'une des machines de production, il s'agit alors d'un aléa mécanique engendrant un aléa de production.

L'aléa mécanique, c'est-à-dire la casse d'une pompe, d'un palier d'une turbine ou d'une presse, parfois même de toute une chaudière, est imprévu et imprévisible. Il est causé par des manipulations maladroites du personnel de production, par l'usure des matériaux des machines et tuyauteries ainsi que par des malfaçons de la maintenance.

*Chaque fois qu'il y a une casse ils [le personnel de production] disent que c'est la faute de la maintenance ! Mais quand ils font des conneries, des mauvaises manip, ils ne disent rien ! C'est toujours pour nous*⁴⁷³.

La survenue de cet événement pose des questions en termes de responsabilité, entre la maintenance et la production. Chaque groupe essaye de se décharger de cette responsabilité et de la renvoyer vers l'autre. L'opposition classique entre personnel de production et personnel de maintenance lors de la survenue de la panne, est liée à des relations de pouvoir⁴⁷⁴. L'équation se complexifie et la chaîne d'imputation des fautes s'éclaircit dès que des entreprises extérieures ont la charge de la maintenance :

Un matin d'arrêt où on devait vidanger les surpresseurs du presse-pâte, Régis nous dit : « Cette fois, les gars, vous faites bien attention quand vous remplissez les surpresseurs ! » Je lui demande pourquoi et il me répond : « La dernière fois, au redémarrage, ils ont péché direct ! » Surpris de pas avoir eu écho de la casse, je lui

⁴⁷³ Quentin, ouvrier en maintenance préventive d'une entreprise de production.

⁴⁷⁴ Michel Crozier, 1963, *op. cit.*

demande « Et c'est à cause de l'huile ? » « Bien sûr que c'est à cause de l'huile ! » « Mais il y en avait ? » « Oui mais pas assez ! »⁴⁷⁵

Juger coupable un intervenant d'une entreprise extérieure coupe court à de plus longues enquêtes internes. La segmentation de la population ouvrière entre ouvrier « maison » et ouvrier d'entreprises sous-traitantes est alors pleinement visible⁴⁷⁶. Lorsqu'une pompe, un réducteur, un accouplement ou tout autre mécanisme de transmission de mouvement rotatif ou attendant à celui-ci casse, la responsabilité de l'agent de lubrification est engagée, et *a fortiori*, si la prestation est réalisée par une entreprise sous-traitante : « *Tu sais ici, chaque fois qu'il pleut, c'est la faute des graisseurs !* »⁴⁷⁷ L'agent de lubrification est le premier maillon de la chaîne de responsabilité⁴⁷⁸ et il doit démontrer son innocence.

Le responsable opérationnel participe à l'enquête pour montrer et vérifier les preuves du passage de son agent de lubrification auprès du responsable de la maintenance du site. Il s'appuie sur un logiciel qui permet de suivre les travaux des rondiers pour justifier l'exécution des tournées. Il mène sa contre-enquête en se rendant au plus tôt sur les lieux de la casse avant que la scène d'incident soit polluée par les autres maintenanciers. Il cherche des traces de lubrifiant pour défendre l'agent de lubrification et *in fine*, se défendre lui-même. La présence de graisse dans les roulements cassés ou d'huile sous les carters brisés, sont autant d'éléments qui vont lui permettre d'élaborer une explication des causes de la casse qui excluent la lubrification. La confiance placée dans l'ouvrier de lubrification par ses pairs, sa hiérarchie et le responsable de la maintenance de l'entreprise utilisatrice devient centrale. Une casse mécanique par suite d'un manque de lubrifiant met en question la qualité du travail du rondier et ébranle cette confiance placée en lui. Elle conduit à une surveillance rapprochée et à des filatures du rondier mis en cause. Sa réputation auprès de ses pairs en pâtit, et il est progressivement exclu des systèmes d'entre-aide.

Si la responsabilité du sous-traitant en maintenance est formellement établie, il doit utiliser son assurance prenant en charge les sinistres industriels pour couvrir les coûts de réparation et de manque de production. Ces assurances apportent une garantie pour l'entreprise utilisatrice dans

⁴⁷⁵ Extrait carnet de terrain, Saint-Gaudens, 2019

⁴⁷⁶ Pauline Seiller, 2014, *op. cit.*

⁴⁷⁷ Julien, responsable opérationnel, Care, Mimizan, 2020.

⁴⁷⁸ Nicolas Dodier, 1994, *op. cit.*

son externalisation de la maintenance. Cette externalisation de la maintenance comprend le risque de casse et du coût économique qu'elle engendre. Mais parfois, avoir un sous-traitant à blâmer pour expliquer une casse mécanique qu'il est difficile à imputer à quelqu'un d'autre, permet simplement au responsable de la maintenance de l'entreprise utilisatrice d'éviter des conflits avec ses mécaniciens ou avec le personnel de production. Dans ce cas, le blâme ne se concrétise pas en poursuite financière. « *Cela va passer en pertes et profits* »⁴⁷⁹ me résume Christophe à la suite d'un incident sur un palier d'un moteur électrique.

3.3.2. L'aléa mécanique, une réponse organisée dans l'urgence

Certains aléas mécaniques perturbent fortement le flux la production, et il faut y apporter une réponse rapide. Ils nécessitent une coordination qui dépasse le simple personnel de production en charge du secteur. Dans ces conditions, peu de modalités de coordination sont envisageables : c'est le branlebas de combat ! Tout le personnel de maintenance disponible se rend sur le lieu du « drame », qui devient rapidement un lieu d'attraction. Tout le monde souhaite savoir ce qu'il s'est passé et la gravité de l'incident. Chacun donne ses pronostics et son avis sur la cause de l'aléa, la durée de réparation, le coût engendré, la perte de chiffre d'affaires prévisionnel, etc.

Une fois que les électriciens ont mis en sécurité le secteur, les mécaniciens s'affairent. Chacun attend de pouvoir exercer son rôle et de prendre place dans l'organisation du travail, jusqu'à l'agent de lubrification qui, une fois la réparation effectuée, pourra réaliser la lubrification adaptée. La coordination est peu fluide. « *Ça braille dans tous les sens !* »⁴⁸⁰ On tend parfois vers l'absence de coordination pour verser dans la désorganisation la plus totale. Les réparations ne sont pas toujours faciles à exécuter, et tout un chacun propose sa solution provisoire jusqu'au prochain arrêt. L'organisation du travail est dictée par l'ordonnancement technique des tâches. Le temps d'attente peut prolonger les journées de travail de plusieurs heures. Certaines réparations sont provisoires, ou tout du moins, ne sont pas réalisées dans les règles de l'art. Il faut redémarrer au plus vite et faire en sorte que cette réparation de fortune tienne jusqu'au prochain arrêt programmé.

⁴⁷⁹ Christophe, chargé de chantier, Care, Lalinde, 2023

⁴⁸⁰ Nicolas, agent de lubrification, Care, raconte une casse sur une turbine à Mimizan.

4. Valorisations du travail « En marche »

Cette temporalité de maintenance se déroule sur le temps long. Il s'agit du travail quotidien des agents de lubrification. Les entreprises utilisatrices ne changent pas fréquemment de sous-traitants pour la maintenance. L'équipe d'ouvriers en lubrification s'insère ainsi durablement sur un site industriel. L'agent de lubrification évalue son travail quotidien à l'aune des autres modalités temporelles de maintenances et de l'activité du personnel de l'entreprise de production. Il regrette la griserie de la dépense physique et l'activité curative qui fondent son appréciation de ses activités de chantiers.

Cette activité de surveillance de la lubrification des mécanismes de transmission est à la lisière entre activité de surveillance-contrôle de la production et activité de maintenance. Elle peut être l'objet de dispute entre ces deux groupes professionnels. L'externalisation de cette activité de surveillance permet de ne pas attribuer ces tâches, et les responsabilités afférentes, à la charge du personnel de l'entreprise de production.

4.1. *Externaliser la ronde : une solution pour de répartir l'activité*

L'opposition entre personnel de production et personnel de maintenance est assez classique en sociologie du travail. La mise en sous-traitance d'une part des activités, permet d'éviter des arbitrages et un risque de résistance du personnel organique de l'entreprise de production. Il a été envisagé que la mise en sous-traitance d'une partie des opérations réalisées par l'entreprise principale⁴⁸¹ induirait une précarisation de l'emploi. L'entreprise de production serait le centre, le pôle d'attraction, autour duquel graviterait les entreprises sous-traitantes. L'externalisation ne serait alors que l'effet d'une stratégie de gestion économique de l'entreprise de production.

4.1.1. *La ronde quotidienne, activité de production ou de maintenance ?*

Pendant les phases de production, le système productif automatisé a un faible besoin en main-d'œuvre. Le tableautiste surveille les installations automatisées, afin de maintenir le bon écoulement du flux. Sur demande du tableautiste, l'opérateur extérieur va vérifier de *visu* les informations détectées par les capteurs du mécanisme sensitivo-moteur régulant le système productif. Leur activité est dictée par les aléas du flux, ses engorgements, ruptures et fuites. Les mécaniciens sont cantonnés dans les ateliers situés à distance des lieux de production. Ils

⁴⁸¹ Jean-Pierre Durand, 2004, *op. cit.*

réparent des pompes défectueuses, préparent leur futur chantier et se tiennent prêts en cas d'aléa mécanique. Les tâches de lubrification au quotidien constituent l'un des sujets de cette dispute entre ces deux pôles professionnels propres à l'industrie⁴⁸². L'automatisation partielle de la lubrification rend cette répartition plus difficile. Elle renouvelle le processus de répartition des tâches entre les acteurs. Les opérateurs extérieurs et les mécaniciens se montrent peu enclins à réaliser les tâches de lubrification au quotidien, ce qui provoque inévitablement des casses mécaniques à répétition et des tensions, difficilement solubles, en termes de responsabilité interne entre ces deux groupes.

Le personnel de maintenance interne à l'entreprise de production rechigne à exécuter les tâches de lubrification en marche. Les opérations de graissage et de surveillance des centrales de lubrification automatique sont délaissées par ces mécaniciens, car considérées comme un travail peu technique et inutile. Sur les sites industriels où cette temporalité de maintenance n'est pas sous-traitée, on peut observer que les « tournées » de graissage sont confiées à « un jeune mécano » sans expérience technique arrivant dans l'entreprise. Le mécanicien, une fois aguerri, quitte cette fonction pour un travail davantage centré sur des détections de pannes ou des montages et démontages. Inversement, ces tournées peuvent être confiées durablement à une personne faiblement qualifiée, « *c'est un vieux mécano qui s'en occupait avant* »⁴⁸³, et dont la disparition réactive le problème. L'environnement de travail n'est pas celui de la mécanique, où l'on cherche à débusquer les causes de la panne. Il correspond à celui du personnel de production qui règne en maître, et qui restera toujours prioritaire sur le personnel de maintenance devant réaliser une opération. Les mécaniciens rejettent cette activité de surveillance des mécanismes de transmission, car ils ont le sentiment de devenir des rondiers « bas de gamme » au service des tableautistes. Ces opérations de surveillance portent essentiellement sur les mécanismes de transmission et, aux yeux du personnel de production, apparaissent comme éloignées de la production. Elles induisent un rapport direct avec la matière lubrifiante, parfois dans son aspect dégradé, ce qui renvoie directement au champ opératoire de la mécanique. Ces tâches apparaissent au personnel de production comme étrangères à leur fonction de surveillance du flux, car l'automatisation du système de lubrification est partielle.

⁴⁸² David Lepoutre, *Ne demandez pas pourquoi, demandez comment*, Paris, Odile Jacob, 2020.

⁴⁸³ Extrait carnet de terrain, Descartes, 2016

L'externalisation de ces tâches permet de solutionner ce problème de répartition du travail au sein de l'entreprise de production. Ces tâches délaissées et sources de conflits sont ainsi regroupées en un seul emploi : l'agent de lubrification. Ce dernier se trouve alors au carrefour de l'opposition entre personnel de maintenance et personnel de production, et opère une surveillance-contrôle programmée de l'écoulement futur du flux. Ces deux versants de son activité s'observent dans l'analyse de son attention sensorielle. Son attention sensorielle volontaire est dédiée à la réalisation des opérations de contrôle formellement prévues et organisées en rondes de surveillance. Lors de ces rondes, son attention sensorielle machinale lui permet de détecter des dysfonctionnements, avaries, voire pannes, qui ne sont pas repérées par les capteurs du système de régulation sensitivo-moteur. Cette attention sensorielle machinale du rondier vient prolonger le dispositif sensoriel du tableautiste, et par extension, du système de production automatique.

L'agent de lubrification met à disposition du système productif son attention machinale afin de détecter des dysfonctionnements techniques non détectés par le système automatique. Cette activité de surveillance ne fait pas l'objet d'une prescription claire et définie. Elle correspond à la limite, certes fluctuante, de l'automatisation du système productif qui ne parvient pas à détecter l'ensemble des dysfonctionnements qu'il rencontre. Ce rondier bas de gamme, en réalisant sa tournée de contrôle peut utiliser son dispositif sensoriel pour détecter ces dysfonctionnements en réalisant une comparaison situationnelle et ainsi les communiquer au tableautiste. L'activité productive de l'agent de lubrification se situe là encore à la marge du processus d'automatisation des systèmes productifs. Elle signale le degré d'automatisation de la périphérie du processus de production. À mesure du développement de l'automatisation, elle est amenée à se déployer autrement, voire à disparaître. L'agent de lubrification récupère des tâches marginalisées par les deux pôles canoniques de l'organisation du travail industriel, rendant sa position floue. La mise en sous-traitance de ces tâches constitue une solution face à cette incertitude. L'agent de lubrification se situe de façon originale au centre de cette opposition, tout en la résolvant. Le mouvement de resserrement du personnel de l'entreprise d'exploitation autour de la fonction surveillance-contrôle du flux de production, est renforcé par l'externalisation de la surveillance des conditions mécaniques de l'écoulement futur du flux.

4.1.2. Où externalisation ne rime pas avec précarisation

L'externalisation des activités de lubrification à réaliser « En marche » permet de fixer une main-d'œuvre de façon pérenne sur un site de production. Ce travail de gestion, qui permet de lisser les fluctuations du besoin en main-d'œuvre par l'anticipation des opérations, donne à l'entreprise sous-traitante la possibilité de recourir à moins de personnel intérimaire ou en contrat court. Cette mise en sous-traitance participe à une forme de professionnalisation des agents de lubrification, qui bénéficient d'un nombre important de formations pour réaliser leur activité en toute sécurité. Ce personnel est embauché en contrat à durée indéterminée à la suite d'une période d'essai de deux mois renouvelables. Il peut arriver que les périodes d'essai soient plus courtes si le candidat a déjà travaillé pour l'entreprise sous forme de missions d'intérim. Les tâches de nettoyage, de lubrification et dans une moindre mesure, de mécanique, font figures de clefs d'entrée sur le marché du travail pour une main-d'œuvre qualifiée, de niveau bac pro à BTS, mais sans expérience professionnelle.

La grille de rémunération des entreprises sous-traitantes entre en concurrence avec celle des entreprises utilisatrices. Ces dernières n'hésitent pas à débaucher les meilleurs employés de ses sous-traitants. L'inverse n'est d'ailleurs pas impossible. On observe de nombreux mouvements de personnel entre les entreprises sous-traitantes et l'entreprise utilisatrice. Le personnel circule au fil d'une carrière professionnelle et au gré d'expériences réalisées dans différentes structures, afin de gravir les échelons hiérarchiques. Les conditions salariales sont plus favorables dans les entreprises de production, mais le développement de grands groupes de maintenanciers participe à l'homogénéisation du niveau des rémunérations. La concentration d'entreprises de production dans un cluster participe à cette circulation de la main-d'œuvre et à l'homogénéisation du niveau des salaires.

4.2. *Le peu d'attrait pour le pain quotidien*

Le travail quotidien de l'agent de lubrification ne constitue pas l'ensemble des activités de maintenance qu'il apprécie le plus. Son insertion dans la division du travail nécessaire à la production comme un rondier bas de gamme, contrarie la formation de son identité professionnelle de maintenancier intervenant sur des chantiers. L'ennui éprouvé au travail, sa faible intensité, l'absence de cadence, la difficile perception de sa finalité, sont autant d'éléments qui peuvent expliquer ce faible attrait pour le travail quotidien. Néanmoins, l'agent

de lubrification cherche toujours à valoriser son travail au regard de l'activité du personnel de production, afin de maintenir sa place au côté du personnel de maintenance de l'usine.

4.2.1. Un rondier bas de gamme

Le rondier subit une mise en périphérie au sein de l'usine, qui s'observe dans les discours du personnel de production. « *Pour les conducteurs machine il y a qu'eux qui sont papetiers. Si du papier est produit ce n'est que grâce à eux. Nous, on ne compte pas.* »⁴⁸⁴ Ce discours n'exclut pas seulement les entreprises extérieures, mais aussi la maintenance en générale. Pourtant, les maintenanciers participent à la pérennité mécanique des infrastructures du flux, et donc à la production finale. Cette mise à l'écart de la finalité de la production est mal perçue par les rondiers, car elle souligne sa place dans la division du travail nécessaire à la production et la faible reconnaissance professionnelle de son activité par le personnel de production.

L'agent de lubrification est dépendant des décisions du personnel de l'entreprise de production pour organiser des opérations de maintenance curative. Ce personnel interne évalue et arbitre entre la gravité des dysfonctionnements détectés par l'attention sensorielle du rondier, et la priorité du flux de production. Le savoir technique acquis par le rondier est confronté au point de vue de la production. L'agent de lubrification peine à faire valoir son expertise, c'est-à-dire l'interprétation qu'il donne de son attention sensorielle : « *cela ne sert à rien, il ne m'écoute jamais !* »⁴⁸⁵. Les refus à répétition, l'inertie dans l'exécution de travaux de mise en sécurité ou de réparation, lui donnent l'impression que son travail de surveillance, portant sur la lubrification et sur les dysfonctionnements de l'installation, est vain.

Tous les lundis matin, je mets 1000 litres d'huile dans le groupe 3 de la machine, tous les lundis matin ! Alors tu sais les fuites, ils n'en ont rien à faire. 1000 litres d'huile, t'imagines ? Après ce n'est pas moi qui paye ! »⁴⁸⁶

Les agents de lubrification ont du mal à entendre les choix de gestion qui leur ajoutent du travail et apparaissent comme du gaspillage. Ces situations ne sont pas rares, des « lacs d'huile » entretenus avec de la sciure de bois ont été régulièrement observés dans des papeteries. Ils sont le signe évident d'une fuite massive. Simplement, du moment que l'on rajoute de l'huile dans

⁴⁸⁴ Julien, agent de lubrification, Care, Mimizan, 2018.

⁴⁸⁵ Nabil, agent de lubrification, Care, Mimizan, 2021

⁴⁸⁶ Nabil, agent de lubrification, Care, Mimizan, 2021.

le système de lubrification et dans les engrenages, les infrastructures du flux ne cassent pas. Le rendement économique de la production en continue couvre ces surconsommations de produit lubrifiant. D'autres temporalités de maintenance sont plus propices pour effectuer de lourdes et longues réparations de ce qui ne reste qu'un dysfonctionnement parmi d'autres. Il apparaît comme rentable de faire remplir continuellement le réseau de lubrification malgré les fuites. Les rondiers sont alors confrontés aux mythes des Danaïdes. À l'instar des cinquante filles du roi Danaos, ils sont condamnés à remplir sans fin des réservoirs percés. Leur travail leur apparaît comme n'ayant aucune utilité et surtout, aucune fin.

A cette incompréhension portant sur l'utilité de son activité de régulation des niveaux s'ajoute une mise à distance de l'agent de lubrification des éléments mécaniques de transmission. Ses activités de vérification du fonctionnement des centrales de lubrification et de prise de mesures, le rétrogradent au rang d'infirmier de la machine. Son attention sensorielle est moins mobilisée et perd prise sur l'interprétation des mesures et des stimuli sensoriels. Il doit rendre compte aux médecins, en l'occurrence les préparateurs de chantiers ou conducteurs d'installation, et attendre leurs décisions et autorisations avant d'intervenir sur le patient. Il ne peut plus s'appuyer sur une dépense physique héroïque ou sur des gestes techniques habiles pour valoriser son activité. Il occupe une fonction de régulation des flux de lubrifiant et de collecteur d'informations. Pourtant, c'est à travers cette activité de rondier qu'il s'approche du cœur de métier de l'entreprise de production.

4.2.2. Une autonomie et une faible intensité du travail mais pour quelle fin ?

Lors de cette modalité temporelle d'activité, les rondiers font face à une large autonomie pour organiser et réaliser leur travail. Les seuls impératifs sont de réaliser quotidiennement la « tournée » et de terminer le programme prédéfini de graissages et de vidanges dans les délais impartis. Cette autonomie dans le travail le laisse maître de son rythme, mais il éprouve des difficultés à le trouver.

L'exemple de Rémi est éclairant sur ce point car, avant de devenir agent de lubrification, il a travaillé à la chaîne dans un petit abattoir de porcs : *« Ici, au début, le travail à la chaîne ça m'a manqué : avoir un rythme, l'impression d'avancer. Ici, tu vas d'un bout à l'autre, t'es tout*

seul, tu ne sais pas où tu en es. »⁴⁸⁷ L'autonomie du rondier peut le laisser perplexe sur l'avancement de son travail. Le fait de croiser peu de personnes lors des journées de travail et d'évoluer dans un grand site industriel, où de multiples petites opérations sont à faire un peu partout, peut l'amener à regretter un cadre plus dirigé, rythmé, au sein duquel le travail est davantage additif et possède une fin. Il cherche à se donner un rythme, une cadence, ou autrement dit une intensité dans le travail, mais du fait d'avoir « envoyé » le matin, l'énergie diminue, coupée par la pause déjeuner. « *Le pire, c'est la pause de midi : on fait la sieste sur les cartons de chiffons pour passer le temps...* »⁴⁸⁸ Un sentiment d'ennui vient saisir les rondiers dans leur travail quotidien : « *C'est toujours la même chose sur la machine, au moins, lors des déplacements, on voit autre chose !* »⁴⁸⁹ L'aspect répétitif des « tournées » de lubrification et opérations de graissage à réaliser dans un environnement de travail hostile, donne un aspect routinier et solitaire à cette activité de rondes.

Le rondier cherche donc à s'occuper pour chasser l'ennui. Les agents de lubrification sortent leur smartphone personnel de leur poche et jouent à des jeux téléchargés. Ils discutent largement de leur progression et performance digitale lors de leurs périodes de pause. Les pauses se multiplient, la pause-café, la pause cigarette, la sieste, etc. Il existe une réelle organisation du temps de travail, par laquelle le rondier s'efforce à perdre du temps, ou tout du moins à occuper et répartir les temps morts. Cette organisation se traduit par un relâchement disciplinaire de la part de la hiérarchie, dans l'optique de conserver les agents de lubrification disponibles pour les périodes où la charge de travail est plus forte. Soucieux d'occuper ou de montrer ses salariés comme occupés, le responsable opérationnel ne cherche pas à optimiser ces « tournées ».

Les évènements venant rompre ce quotidien sont valorisés pour l'effet de rupture qu'ils induisent. Les arrêts pour maintenance et les déplacements professionnels pour réaliser des chantiers sont perçus positivement par les agents de lubrification, et cela même s'ils entraînent une intensification de la charge de travail. L'aléa mécanique est lui aussi considéré de façon positive, du moins si ces acteurs ne sont pas tenus pour responsable de l'évènement. L'évènement est d'autant plus célébré si c'est un rondier qui a détecté un dysfonctionnement

⁴⁸⁷ Rémi, agent de lubrification, Care, En marche, Stenay, 2018.

⁴⁸⁸ Olivier, agent de lubrification, Care, Mimizan, 2018.

⁴⁸⁹ Nicolas, agent de lubrification, Care, Mimizan, 2018

ou repéré la casse. Il tire alors la gloire d'avoir remarqué un incident que les tableautistes, prolongés par le système sensoriel de la machine de production, n'ont pas su déceler.

L'agent de lubrification éprouve des difficultés pour percevoir le résultat de son travail quotidien. Son activité vise à maintenir les conditions optimales de la production. S'il réalise convenablement son travail, la production se déroule sans accroc, sans événement visible et bruyant. Seul l'aléa mécanique met crûment en lumière ses erreurs. La bonne réalisation de ses opérations se manifeste dans la symphonie mécanique du système de production. Ce résultat n'est pas assez visible pour que l'agent de lubrification puisse faire valoir son travail de maintenance auprès de ses pairs, et plus largement, du personnel de production.

4.2.3. Quand le rondier cherche à se situer

Les agents de lubrification cherchent néanmoins à situer leur activité au regard des autres intervenants, afin de rehausser sa valeur. Ils élaborent un discours critique envers le personnel de production et renforcent ainsi leur identité professionnelle de maintenancier. Ce discours s'articule autour de la critique face à l'ennui du travail quotidien qui, de facteur de crainte, devient élément de distinction.

Les tableautistes sont décrits par les agents de lubrification comme peu actifs, voire endormis, et effectuant un travail terriblement ennuyeux : regarder les machines qui fonctionnent jusqu'à qu'une alerte vient les sortir de leur torpeur. L'exemple canonique en papeterie pour dévaloriser le travail de production, et ainsi valoriser celui du rondier, est l'activité du bobineur. Le bobineur se situe en fin de machine à papier. Une fois que la pâte est formée, pressée et séchée, elle est enroulée autour d'un mandrin, reposant sur un demi-palier, afin de former une bobine. Le bobineur a la charge de surveiller la phase d'enroulement et doit maintenir une pression sur un bouton pour témoigner de sa présence. Une fois la bobine enroulée, elle se sépare automatiquement de la machine à papier et une nouvelle bobine de papier se forme. Le bobineur doit utiliser un pont de manutention pour retirer la bobine terminée et la déplacer de quelques mètres vers la suite du processus de production. Ensuite, il réalise un prélèvement du papier pour l'envoyer au département qualité de l'usine. Ce travail est très répétitif, peu intensif, et consiste à une opération de manutention toutes les dix minutes environ, dans un environnement bruyant. Le bobineur est une autre rustine de l'automatisation partielle du processus de production de papier. Les rondiers préfèrent se perdre dans le labyrinthe de

l'installation que d'être un appendice aussi basique du manque de continuité technique du processus de production : « *Tu sais, rester là assis toute la journée devant les machines...* »⁴⁹⁰ Ils valorisent ainsi l'aspect de mouvement qu'induisent les « tournées » et la connaissance fine qu'ils ont de l'installation.

Malgré leur fonction dans le système de surveillance de l'appareil productif pendant son fonctionnement, les rondiers bas de gamme ont choisi le camp de la maintenance. Les relations avec le personnel de production sont délicates, les confrontations nombreuses et les commentaires désobligeants. L'activité de surveillance des conditions d'écoulement du flux n'est pas appréciée par les agents de maintenance au regard d'une identité professionnelle se réclamant de la maintenance. Il en résulte des frustrations et un faible attrait pour ce travail quotidien.

5. Conclusion

L'étude de cette temporalité de travail souligne le mécanisme de concentration de la main-d'œuvre de l'entreprise utilisatrice vers le cœur de la production, c'est-à-dire la surveillance et le contrôle du flux de matière. Ce mouvement centripète a déjà été documenté, à propos des tâches de maintenance sous-traitées réalisées lors des grands arrêts de production. L'étude de l'activité de l'agent de lubrification montre que l'on peut observer une extension de ce processus lors des phases de production. Les tâches de la ronde sont segmentées entre l'opérateur extérieur et l'agent de lubrification. L'opérateur extérieur surveille, lors de ses rondes programmées, l'écoulement du flux, et réalise des contrôles selon les consignes du tableautiste. L'agent de lubrification réalise lui aussi une tournée programmée qui a pour objet les mécanismes de transmission.

Ces opérations de maintenance et de surveillance des mécanismes de transmission en phase de production sont le sujet d'un conflit de répartition du travail entre le personnel de production et de maintenance de l'entreprise de production. Le personnel de maintenance ne souhaite pas être à la disposition du personnel de production. Le personnel de production ne veut pas être responsable de casses mécaniques et être en contact avec l'huile et la graisse. L'externalisation

⁴⁹⁰ Christopher, chargé de chantiers, Care, Stenay, 2021

de ces tâches dépréciées à un prestataire extérieur met un terme à ce conflit de répartition et fait entrer un nouvel acteur dans la chaîne de responsabilité.

L'agent de lubrification évolue dans l'environnement de la production avec ses équipements de protection individuelle. Il est amené à manier les matières lubrifiantes dans ses opérations de graissage et de contrôle de niveaux. Son activité de surveillance-contrôle des systèmes de lubrification automatiques le pousse à revêtir les habits de conducteur de flux. Son attention sensorielle machinale lui permet de détecter des fuites sur les tuyauteries des centrales de graissage et de lubrification automatiques ainsi que des dysfonctionnements qui ont trait à la production.

La recherche de davantage de continuité du processus productif conduit au développement de la maintenance prédictive et d'opérations de surveillance utilisant des outils de mesure. Les perceptions sensorielles de l'agent de lubrification perdent progressivement de l'importance dans son travail de chasseur de panne. Il collecte des données chiffrées ou réalise des prélèvements en vue d'un diagnostic réalisé par un tiers. Ses sens ne lui permettent plus d'assoir une expertise professionnelle sur l'état de santé de l'usine.

Les agents de lubrification héritent de ces tâches dépréciées, ils sont des rondiers bas de gamme. Ils valorisent faiblement cette modalité temporelle d'activité car ils se considèrent comme des maintenanciers de chantiers. Ils éprouvent des difficultés à percevoir l'avancement de leur travail et son utilité. Leur activité de régulation des conditions d'écoulement du flux n'est pas directement associée aux résultats de la production par le groupe professionnel du personnel de production. Seule la détection d'une casse ou d'un dysfonctionnement à la place du système sensitivo-moteur et des opérateurs extérieurs semble leur donner satisfaction. Paradoxalement, l'agent de lubrification utilise ce résultat tangible de son activité de rondier bas de gamme pour se distinguer du personnel de production et se ranger dans le camp des maintenanciers.

Conclusion

Ce travail de recherche portant sur la maintenance des industries de flux a été construit autour de l'étude de la lubrification industrielle. Il m'a conduit à associer les thématiques de l'automatisation des systèmes productifs, de la délégation du « sale boulot », ou encore de l'organisation de la maintenance de ces industries de processus avec l'équilibre économique et la gestion du personnel des entreprises prestataires de services industriels. Mon enquête en immersion de longue durée m'a donné l'opportunité de dépasser les grilles d'un unique site industriel. Elle a favorisé les comparaisons des pratiques et des organisations de travail des maintenanciers et permis d'étudier le travail de maintenance en train de se faire.

L'enquête multisite donne à voir l'organisation de la maintenance des industries de flux du point de vue d'une entreprise prestataire de services. Elle a rendu nécessaire une analyse des systèmes productifs propres à ces industries de façon à donner des lignes de compréhension de l'activité de ce maintenancier particulier qu'est l'agent de lubrification. C'est à partir des bases matérielles de ces systèmes productifs que l'on peut associer les fonctions techniques de l'agent de lubrification avec les mécanismes de mise en circulation de la matière. L'agent de lubrification est un chasseur de panne qui répond à une fragilité technique des mécanismes de transmission du mouvement. La notion de fragilité technique des systèmes productifs devient un critère de distinction des infrastructures du flux quand elle est associée à celle de goulet d'étranglement du flux. Une fragilité technique devient critique, du point de vue de la production, si elle peut mettre en péril la circulation de la matière dans le circuit productif.

De cette analyse des systèmes productifs découle trois modalités temporelles de l'activité de maintenance qui répondent à la criticité de la fragilité technique des systèmes productifs. Ces modalités temporelles de maintenance sont autant d'activités productives qui induisent la mobilisation d'une sensori-motricité et de savoir-faire de la part de l'agent de lubrification. Pour chaque modalité temporelle d'activité, on observe une organisation spécifique de la maintenance rattachée aux enjeux de la production. Ces modalités temporelles sont à la base de la formation de l'identité professionnelle de l'agent de lubrification.

Cette identité professionnelle repose, d'une part, sur l'appréciation psychologique de ces activités productives, mais aussi sur les mécanismes salariaux qui y sont associés. Les modalités temporelles de maintenance peuvent donner lieu à des rémunérations supplémentaires en

contrepartie d'une augmentation du rythme de travail, de l'allongement des journées travaillées ou bien encore de l'éloignement du domicile. Ces leviers d'augmentation de la rémunération des salariés sont liés à la capacité de l'entreprise de services à bâtir un réseau d'industries de flux clientes dans un périmètre géographique. C'est par la mise en circulation de la main-d'œuvre spécialisée en maintenance entre plusieurs sites industriels que l'entreprise de services peut répondre aux fluctuations de la charge de travail en maintenance dans les industries de flux.

Cette recherche permet d'articuler trois niveaux d'analyse que sont les conditions matérielles des systèmes productifs, l'activité productive des agents de lubrification et un ordre social⁴⁹¹. Dans ce cas, l'ordre social regroupe les mécanismes de gestion du personnel employés par l'entreprise de services, son équilibre économique ainsi que les conditions de la formation d'une identité professionnelle propre aux agents de lubrification. Cette conclusion se propose d'exposer cette articulation à trois niveaux et de rendre compte des différents apports de ce travail de recherche.

1. Saisir l'environnement productif des industries de flux

Les premiers développements de ma recherche ont pour vocation de comprendre et saisir pleinement l'environnement productif dans lequel se déroule mon enquête. A cette démarche s'est conjuguée celle de découvrir les fonctions techniques des opérations de lubrification industrielle. Pour mener à bien cette phase essentielle, je me suis tourné vers l'histoire des techniques, la tribologie et la documentation technique contemporaine. Ce détour par la matérialité des systèmes productifs m'a conduit à adopter une perspective historique pour décrire la mise en flux des systèmes productifs et l'activité du préposé à la lubrification. L'étude portant sur les mécanismes des systèmes productifs et leur lubrification a permis de comprendre l'écologie⁴⁹² des sites industriels. Elle a conduit à différencier les infrastructures de mise en circulation de la matière qui se dissimulent derrière l'appellation d'industrie de flux ou de processus. Des modalités temporelles de maintenance ont été associées à chaque type d'infrastructure du flux.

⁴⁹¹ François Vatin, *Le travail : activité productive et ordre social*, Paris, Presses universitaires de Paris Ouest, 2014.

⁴⁹² Maurice Godelier, *L'Idéal et le matériel. Pensée, économies et sociétés*, Paris, Flammarion, Champs Essais, 2010.

1.1. *Le mouvement rotatif et la lubrification des mécanismes de transmission*

Le résultat le plus direct de cette phase de compréhension des systèmes productifs est la mise en évidence de l'importance du mouvement rotatif dans le développement de systèmes productifs automatiques. La maîtrise du couple mécanique permet de mécaniser les systèmes de production en éloignant l'homme de l'acte de transformation de la matière et en utilisant des moteurs inanimés pour actionner les systèmes productifs. Des mécanismes de transmission et de transformation de mouvement sont inventés, complexifiés et combinés de façon à ce que des chaînes cinématiques apparaissent dans les manufactures. Le développement de cette mécanisation permet la mise en circulation de la matière dans des circuits productifs automatisés. Les systèmes productifs automatisés contemporains sont composés de ces mécanismes de transmission du mouvement qui relient un moteur électromécanique à un outil de transformation de la matière. Il en résulte que même dans les industries de flux reposant sur un processus chimique, il persiste un travail mécanique dans le circuit productif. Ce travail mécanique, nécessaire à la mise en circulation de la matière, induit une usure des matériaux et donc une maintenance.

Ce sont précisément sur ces mécanismes que l'agent de lubrification va réaliser ses opérations de maintenance en ajoutant, et parfois en retirant, des matières lubrifiantes. Je me suis attaché à proposer des repères historiques pour décrire l'activité de ce préposé à la lubrification. On remarque, non sans paradoxe, que plus les mécanismes de transmission sont nombreux, plus ses fonctions techniques s'accumulent et plus sa position dans la hiérarchie professionnelle diminue. Le préposé à la lubrification a, dès l'Antiquité, la fonction de facilitateur de la mise en mouvement d'une charge, à laquelle s'ajoutent les fonctions de chasseur de casse, puis de chasseur d'à-coups et d'optimisateur de frottement. Le choix des matières lubrifiantes, les confections de mélanges et les techniques d'appositions font partis de ses savoir-faire. Les raisons de la chute du préposé à la lubrification dans la hiérarchie professionnelle sont à chercher dans la standardisation des mécanismes de transmission, l'utilisation de lubrifiants issus de sous-produits de l'industrie pétrolière et l'automatisation de la lubrification.

L'étude de numéros la revue *La Machine Moderne* a permis de dégager les différentes directions qu'emprunte l'automatisation des mécanismes de transmission entre, d'une part, les mécanismes lubrifiés à vie qui engagent une maintenance prédictive, d'autre part, les centrales

de lubrification automatiques qui appellent à une organisation de leur surveillance. Le développement de l'automatisation de la maintenance des systèmes productifs conduit à perturber la ligne de démarcation entre le personnel de production, réalisant une surveillance-contrôle du flux, et les maintenanciers qui chassent les pannes. Les agents de lubrification sont au cœur des turbulences provoquées par cette automatisation partielle des systèmes productifs. Ce problème de répartition est central pour la construction de l'identité professionnelle des agents de lubrification. A travers le cas de l'agent de lubrification, on analyse comment le processus d'automatisation recompose une activité productive et son organisation.

1.2. *Des infrastructures de mise en flux de la production*

L'étude des mécanismes composant mon environnement d'enquête m'a amené à proposer une typologie des infrastructures du flux qui vient compléter et enrichir les recherches préalables. Il s'agit de rendre compte des différents systèmes techniques rencontrés et de les associer à leur maintenance. Cette mise en forme de mon terrain d'enquête montre que l'automatisation des systèmes de production n'a pas pour seule direction la chimisation des processus. Des systèmes productifs opérant une transformation de nature essentiellement mécanique présentent les caractéristiques de l'automatisation. Ils conjuguent la non-substituabilité de l'homme et de la machine, induisant une organisation de travail reposant sur la surveillance-contrôle, avec une concentration spatiale des mécanismes et la transformation de la matière concomitamment à sa circulation⁴⁹³. Au modèle des « usines tuyaux », que je développe, j'ajoute les infrastructures de tables à cylindres et de convoyeurs à bande.

Ces infrastructures du flux se succèdent souvent les unes aux autres sur un même site industriel. Elles n'interviennent pas au même stade dans le processus productif car elles tolèrent un degré de mise en forme de la matière qui diffère. Les convoyeurs à bande sont utilisés en début de processus pour réaliser les premières transformations et mises en forme de la matière et insérer un produit calibré dans les réseaux de tuyauteries. Ce type d'infrastructure, spatialement étendu, relie différentes machines-outils de transformation mécanique de la matière. Cet étalement spatial favorise l'installation d'un réseau de canalisations afin de pallier la fragilité mécanique des infrastructures ou la formation de bouchons de matière. La matière est insérée dans l'usine tuyaux après cette première phase de transformation. Le gabarit de la matière est compatible

⁴⁹³ Pierre Naville, 1961, *op. cit.*

avec sa mise en tuyau et sa mise en circulation est assurée à l'aide de pompes. La matière disparaît dans les tuyauteries où elle est chimiquement transformée par l'ajout de produits chimiques et parfois mixée ou agitée. La matière est introduite sur les tables à cylindres une fois les mélanges et transformations chimiques réalisées. En un court instant, la matière redevient visible et prend progressivement la forme d'une feuille enroulée en bobine. Cette mise en forme de la matière est réalisée par des traitements mécaniques, la pression de plusieurs cylindres de travail et des traitements thermiques en une ligne de production.

Ces trois infrastructures du flux induisent un travail de surveillance-contrôle et une proximité avec la matière spécifique. Elles présentent différents degrés de fragilité technique. L'intensité du travail mécanique à l'œuvre pour mettre en circulation et transformer la matière est un facteur déterminant dans l'usure des mécanismes de transmission et des outils. Les systèmes de tuyauteries engagent de façon minimale un travail mécanique pour la mise en circulation et la transformation de la matière et assurent une distance entre ces mécanismes et le lieu de transformation. La situation est inverse sur les tables à cylindres où il y a une concentration spatiale de mécanismes et d'outils ainsi qu'un fort travail mécanique sur la matière. Cette fragilité technique prend un aspect critique en fonction du risque d'interruption non-programmée du flux de production. Pour réduire le risque d'aléa mécanique, il convient de différencier les opérations de maintenance qui peuvent être réalisées pendant la marche des installations de celles qui nécessitent d'interrompre la production.

En ce qui concerne la lubrification industrielle, on peut discerner trois types d'opérations que sont les vidanges, les graissages et les contrôles de niveau. Les vidanges sont des opérations à réaliser lors de l'arrêt des mécanismes pour éviter une casse lors du retrait de l'huile. Cette opération doit être réalisée une fois par an, voire tous les deux ans. Elle fait l'objet d'une modalité temporelle d'activité particulière que j'ai nommé le *Grand arrêt*. Les opérations de graissage peuvent être réalisées pendant le fonctionnement des mécanismes, c'est même la préconisation technique. Seulement, certains mécanismes ne sont pas atteignables pour l'agent de lubrification du fait du fonctionnement des mécanismes, ils tournent sur eux-mêmes à vive allure, ou à cause des conditions d'accès qui sont dangereuses pour l'homme. C'est particulièrement le cas pour les infrastructures de tables à cylindres. Le flux de production doit être interrompu pour que les maintenanciers puissent intervenir sur cette dense succession de

machines-outils. J'ai nommé cette modalité temporelle d'activité le *Stop and Go* afin d'insister sur le peu de temps dont disposent les maintenanciers pour intervenir. Aux opérations de graissage réalisables pendant le fonctionnement des mécanismes, c'est-à-dire *En marche*, s'ajoute la surveillance des niveaux. Cette surveillance des niveaux de lubrifiants est moins pertinente techniquement lorsqu'elle est réalisée pendant la marche des installations que pendant les arrêts, mais la production prime sur la maintenance. Cette surveillance devient davantage une chasse à la fuite et une action de remplissage de seaux percés qu'une opération mécanique. Les activités productives de l'agent de lubrification se déploient selon ces trois modalités temporelles et chacune participe à la formation de l'identité professionnelle de l'agent de lubrification.

2. Donner du sens à son travail

Les agents de lubrification rencontrent des difficultés pour percevoir la portée de leurs fonctions techniques au sein des entreprises automatisées. Ils réduisent leur fonction à leur activité, c'est-à-dire à graisser et à faire des pleins. Même la fonction de chasseur de casse ; qui est prédominante, n'est pas mobilisée par les acteurs car « *ce n'est pas parce que tu ne le graisses pas une fois qu'il [le palier] va casser.*⁴⁹⁴ ». La résistance des systèmes de production automatisés aux dysfonctionnements éloigne les conséquences des causes et laisse une marge de manœuvre dans la négociation de l'imputation de la responsabilité des aléas mécaniques. D'autre part, le résultat d'un graissage et d'une lubrification de mécanismes exécutés convenablement conduit à l'absence d'évènement. Les agents de lubrification éprouvent des difficultés à lier ce résultat impalpable de leur activité productive à leurs fonctions techniques. Ils vont alors chercher à fonder leur identité professionnelle dans leur perception sensorielle, mais là aussi ils vont rencontrer des obstacles. Ils sont à la fois surveillants du système productif automatique et maintenanciers en quête d'action.

2.1. *Surveiller les machines de production sans surveiller le flux ?*

L'agent de lubrification se trouve à la jonction de deux organisations du travail qui reposent sur deux mobilisations sensorielles opposées : l'attention machinale et l'attention volontaire. Pour surveiller et contrôler les systèmes de lubrification automatisés, l'agent de lubrification se

⁴⁹⁴ Jimmy, chargé d'affaires, Care, 2020.

déplace le long des infrastructures du flux et surveille l'écoulement de la production. Lors des contrôles du système de lubrification automatisé, il prolonge directement le système sensoriel du système de production. L'agent de lubrification est l'auxiliaire principal⁴⁹⁵ des systèmes de lubrification automatiques. Au cours de ses rondes, il est en mesure, malgré un environnement de travail hostile, de capter machinalement les *stimuli* d'usure, de dysfonctionnements et d'aléas techniques ainsi que de production. Il vient compléter, grâce à son acuité sensorielle, la surveillance des installations face à la survenue de l'aléa lors des phases de production. Son attention machinale est détournée au profit du tableautiste, c'est-à-dire de l'auxiliaire principal du système productif.

L'analyse de la mobilisation du dispositif sensoriel montre la rupture qui s'opère entre le conducteur d'installation et les différents rondiers. Le tableautiste bénéficie du système sensoriel de la machine automatisée pour réaliser son activité de correction des aléas de production, tout en bénéficiant d'une mise à distance envers l'environnement de production. Il mobilise et tire profit des perceptions sensorielles *in situ* des rondiers, qu'elles soient volontaires pour l'opérateur extérieur qu'il commande, ou machinales pour l'agent de lubrification. On observe une répartition de la charge de l'attention sensorielle nécessaire à la surveillance du système productif automatisé entre le tableautiste, le rondier haut de gamme qui serait l'opérateur extérieur et un rondier bas de gamme en la personne de l'agent de lubrification. Cette activité de surveillance machinale du système productif n'est pas une tâche prescrite formellement à l'agent de lubrification qui éprouve donc des difficultés à associer cette activité à son identité professionnelle.

Lors de chantiers de maintenance sur arrêt de production, le maintenancier se positionne au-delà des limites du système de lubrification automatisé pour réaliser les opérations nécessaires à la pérennité du flux de production. Il utilise ses capacités sensitivo-motrices de façon consciente afin de mener à bien son opération, se déplacer dans l'espace et appuyer son expertise technique. En s'insérant au plus proche des mécanismes et en réalisant ses opérations, il repère des dysfonctionnements du système productif non détectés par le système sensitivo-moteur. L'agent de lubrification réalise une activité de maintenance préventive et curative afin

⁴⁹⁵ Gilbert Simondon, 2012, *op. cit.*

de maintenir les conditions mécaniques de la mise en flux de la matière et prolonge ainsi le système productif automatisé.

2.2. *Valoriser les perceptions sensorielles du travail au détriment de sa fonction technique*

L'agent de lubrification fonde son identité professionnelle sur les phases d'arrêt de la production, c'est-à-dire pendant les temporalités dédiées au chantier de maintenance. A partir de la mobilisation de ses sens au travail, il cherche à justifier sa place dans la hiérarchie professionnelle et à tendre vers la position de mécanicien. La valorisation de cette activité s'articule autour d'une habileté technique, d'un savoir professionnel propre, d'une dépense physique élevée et d'une rupture des rythmes physiologiques. Malgré les mécanismes d'exclusion de son activité de maintenance et la répulsion que peut produire le contact avec la graisse et l'huile, l'agent de lubrification fait de ces activités de maintenance sur arrêt son « bon boulot »⁴⁹⁶. Selon la modalité temporelle d'activité de maintenance, il mobilise différemment sa motricité sensorielle et engage plusieurs registres de valorisation de son activité.

La technique corporelle mobilisée par l'agent de lubrification pendant les arrêts de production lui permet de réaliser son travail en sécurité, mais surtout d'instaurer une distance entre son corps, les lubrifiants qu'il manie et l'environnement de production. Cette distance consiste à instaurer un contact maîtrisé avec les lubrifiants. Les contacts entre l'agent de lubrification et les matières lubrifiantes sont nécessaires afin qu'il puisse s'insérer au plus proche des mécanismes et contrôler son travail grâce à son attention sensorielle volontaire. Un contact incontrôlé avec les déchets du processus productif ou les lubrifiants, qui imbibe le bleu ou colorie le visage, est immédiatement remarqué par les autres maintenanciers et se traduit par une désapprobation verbale et gestuelle. Cette discipline de son corps face à cet environnement de travail est l'un des signes d'une maîtrise de son chantier. Ses perceptions sensorielles lui permettent fonder un savoir professionnel. Il pense ainsi pouvoir déterminer l'état d'usure du mécanisme de transmission de mouvement à partir de l'analyse de l'usure de son lubrifiant. Une huile ou une graisse à l'odeur de brûlé, à la consistance anormale, ou teintée de noir, lui indique un dysfonctionnement passé⁴⁹⁷. Il adosse à cette analyse de l'usure du lubrifiant des

⁴⁹⁶ Alexandra Bidet, 2011, *op. cit.*

⁴⁹⁷ Agnès Jeanjean, 2006, *op.cit.*

préconisations techniques exprimées en termes de produit et de fréquence d'opération. Lors de ces arrêts de production, l'agent de lubrification peut faire étalage de son habileté manuelle et de ses savoirs faire pour réaliser des graissages ou vidanges difficiles. Il démontre ses facultés auprès de ses pairs en sortant vainqueur d'une épreuve et en démontrant une forte productivité.

Lors de la marche des installations, ce maintenancier est inséré dans la division du travail de la production mais il n'est pas lié à sa finalité productive. Il surveille non pas le flux de production mais bien les conditions mécaniques de son écoulement futur. Son intégration dans le groupe des ouvriers de production s'en trouve inéluctablement contrariée. Il s'ennuie dans cet univers sensoriel hostile où l'action manque, et attend impatiemment aussi bien l'aléa mécanique que le prochain arrêt de maintenance. De cet ennui découle une fatigue psychologique qui peut se répercuter sur le physique. L'ennui prend source dans cette attention sensorielle machinale, combinée à un éloignement avec la matière. Cette activité de surveillance quotidienne est dévalorisée par les acteurs. Si les agents de lubrification tirent une forte satisfaction de la détection d'un aléa important, ils redoutent les longs laps de temps où la machine fonctionne normalement. Ils mettent en avant ces « *remontées techniques* » réalisées au plus proche du terrain et prennent orgueil de détecter davantage de dysfonctionnements que le tableautiste équipé d'ordinateurs.

La détection de dysfonctionnements se rapproche de l'activité de réparation que réalise l'agent de lubrification lors des arrêts annuels. Lors de cette temporalité, il peut déceler des dysfonctionnements sur les mécanismes de transmission et les dispositifs de lubrification ainsi que procéder à une maintenance curative. Cette activité de réparation représente l'activité la plus valorisée par le groupe car l'agent de lubrification devient, pour quelques instants, un mécanicien qui répare un élément défectueux. Il préfère se définir comme un maintenancier devenant à l'occasion mécanicien que comme un surveillant des systèmes productifs automatiques. Ces deux modalités d'attention sensorielle, machinale et volontaire, se traduisent par deux sensations de fatigue qui caractérisent ces activités productives et participent à la construction de leur groupe professionnel⁴⁹⁸. L'agent de lubrification apprécie les modalités temporelles d'activité productive où son corps est davantage mis à l'épreuve et peine à accorder

⁴⁹⁸ Sur la thématique de la construction d'une identité de groupe reposant sur la sensation de fatigue, voir les travaux de Thierry Arnal et *al.*, *Le corps au travail. Performance, discipline, fatigue*, Palermo, New digital frontiers, 2021 et Georges Vigarello, 2020, *op. cit.*

de l'importance à son activité de surveillance. Il en résulte la formation d'une identité professionnelle s'adossant aux deux temporalités de maintenance sur arrêt et, par contraste, à son activité de surveillance quotidienne des installations.

2.3. *Des chirurgiens sur arrêt et des infirmiers au quotidien : des pertes de sens*

L'activité du personnel de maintenance peut être analysée comme une activité du « care »⁴⁹⁹. L'agent de lubrification exécute deux types d'activités. Son identité professionnelle oscille entre celle du chirurgien de la machine, qui réalise une succession de pontages vasculaires, et celle de l'infirmier de la production, qui surveille les centrales de lubrification et relève des données objectives.

Les deux modalités temporelles d'activité sur arrêt permettent à l'agent de lubrification de s'engager dans une opération chirurgicale sur les mécanismes du système productif, sous anesthésie locale pour le *Stop and Go* et générale pour le *Grand arrêt*. Lors de ces opérations, il ouvre le corps de la machine, touche, sent et voit les mécanismes et les lubrifiants. L'agent de lubrification peut dresser un diagnostic de la santé de l'installation et procéder à un soin. L'activité de surveillance et de contrôle *En marche* se rapproche davantage de celle d'un infirmier. Il prend la température des mécanismes de la « machine », surveille le fonctionnement de son système vasculaire en écoutant taper la pompe pneumatique et il vérifie si des épanchements de lubrifiant ne sont pas observables. S'il remarque un dysfonctionnement, il coordonne et contrôle les phases pré et post opératoires de l'intervention chirurgicale.

L'agent de lubrification préfère être un chirurgien qu'un infirmier sous la tutelle du personnel de production. Pourtant, ce sont ces activités sensorielles machinales de surveillance et de prise de mesures qui viennent prolonger les systèmes productifs automatiques et inclure l'agent de lubrification dans l'organisation de la production. A l'intérieur d'une même profession se déploie un mécanisme de valorisation qui estime séquentiellement des groupes d'activités cohérents. On observe, dans cette activité de maintenance, un morcellement, une spécialisation et une hiérarchisation qui diffère de celle de l'organisation hospitalière mais qui repose sur le

⁴⁹⁹ Jérôme Denis et David Pontille, 2020, *op. cit.*

même mécanisme d'exclusion des activités les moins valorisées par les groupes professionnels dominants⁵⁰⁰, en l'occurrence les mécaniciens et les tableautistes de l'entreprise utilisatrice.

Ce morcellement prend davantage d'ampleur à mesure de l'extension de l'automatisation de la lubrification, et donc de l'activité de surveillance réalisée pendant le fonctionnement des installations industrielles. Ce processus réduit l'activité de maintenance préventive à réaliser pendant les arrêts de production, voire le fait tendre vers une activité de surveillance. La plus large utilisation des outils de métrologie dans l'activité de surveillance réalisée pendant la marche des installations, mais aussi lors des graissages sur arrêt, provoque un affaiblissement du recours aux perceptions sensorielles du maintenancier lors des opérations de lubrification. Ces outils instaurent une mise à distance sensorielle entre l'agent et les mécanismes⁵⁰¹ et sont des signes de l'extension de l'automatisation de la lubrification.

L'identité professionnelle de l'agent de lubrification comme maintenancier qui se souhaite mécanicien, se trouve fragilisée par le mouvement d'automatisation des systèmes productifs. La maintenance préventive diminue en volume au profit d'une maintenance curative portant sur les flexibles et tuyaux des systèmes de lubrification autonomes. Cette maintenance curative n'est réalisable que sur arrêt de l'installation et polarise encore davantage l'activité sensorielle de l'agent entre mécanicien et surveillant. Il en résulte un affaiblissement de l'identité de l'agent de lubrification qui voit son « bon boulot » transformé en travail de tuyauteur. Le métier de tuyauteur bénéficie d'un savoir-faire davantage institutionnalisé et dispensé par des formations, il s'agit d'une profession⁵⁰². L'agent de lubrification se situe alors face à une opposition plus radicale entre des temporalités de maintenance où il joue le rôle de chirurgien de moyenne gamme, c'est-à-dire de tuyauteur, et une temporalité où il est réduit à un rôle d'infirmier bas de gamme, dont l'activité est médiatisée par des outils de mesures.

3. Organiser la maintenance des industries de flux

L'analyse de l'organisation de la maintenance dans les industries de flux permet d'entendre différemment la division du travail qui a lieu dans ces écosystèmes afin de l'étendre

⁵⁰⁰ Anne-Marie Arborio, « Les aides-soignantes à l'hôpital. Délégation et professionnalisation autour du « sale boulot » », in Didier Demazière (éd.), *Sociologie des groupes professionnels. Acquis récents et nouveaux défis*. La Découverte, 2009, pp. 51-61.

⁵⁰¹ Caroline Moricot, 2021, *op. cit.*

⁵⁰² Everett Hughes, 1997, *op. cit.*

temporellement. Il s'agit alors de prendre en considération les périodes de construction du site industriel, les temporalités de sa maintenance et la phase de fonctionnement de l'industrie. La maintenance a pour caractéristique la répétitivité des opérations et pour objectif d'assurer la continuité future du flux de production. Elle repose sur une logique de programmation des opérations à réaliser, mais reste néanmoins sensible au phénomène d'urgence, inhérent aux organisations productives à flux tendu⁵⁰³. Elle vise à pérenniser l'écosystème là où le chantier de construction le bouleverse et l'industrie de processus l'utilise. Si un chantier de construction peut se dérouler dans une industrie de flux sans perturber le fonctionnement du processus productif, il en est autrement de la maintenance.

Dans les industries de process, l'organisation de la maintenance est du ressort de l'entreprise utilisatrice. Elle planifie ses arrêts de maintenance de façon autonome en fonction de la fragilité technique de ses infrastructures et organise des rondes de surveillance au quotidien. La maintenance des industries de flux pose des difficultés de gestion du personnel car elle est sujette à une forte variation d'activité. L'intensité de cette variation est déterminée par le type d'infrastructure du flux présent sur le site industriel. Il y a une fluctuation du besoin en main-d'œuvre qualifiée pour intervenir lors des arrêts pour maintenance. Cette difficulté organisationnelle de la maintenance prend un aspect géographique dès que l'on considère le marché du travail local et la stratégie économique des entreprises de maintenance spécialisées. La mise en sous-traitance de la maintenance des industries de flux se présente comme une solution organisationnelle à ces difficultés de gestion de la main-d'œuvre. On observe une coopération involontaire des sites de production qui facilite l'adaptation de l'offre de maintenance à ces fluctuations du besoin en main-d'œuvre qualifiée.

3.1. La maintenance, entre produit unique et industrie de process

Les trois organisations de la maintenance observées se situent à différents degrés entre le chantier de construction et l'industrie de process. La maintenance emprunte les aspects de planification et de succession des tâches propre au chantier et reste à tout instant sous la pression du flux de production. Les organisations de la maintenance étudiées s'articulent avec ces deux lignes de forces selon trois modalités temporelles. Le chantier annuel, propre à la temporalité du

⁵⁰³ Gwenaële Rot, *Sociologie de l'atelier. Renault, le travail ouvrier et le sociologue*, Octarès éditions, Toulouse 2006.

Grand arrêt, dispose de toutes les caractéristiques organisationnelles d'un chantier à produit unique mais sa répétition sur le temps long, et surtout la pression du redémarrage du flux, pousse à le différencier du chantier de construction. Lors de cette temporalité, l'écosystème n'est pas modifié, il est restauré. La temporalité *En marche* se détache d'une activité de surveillance-contrôle du flux existant pour se concentrer sur les conditions de son écoulement futur. L'externalisation et le caractère planifié des opérations de maintenance sont les dernières traces d'une organisation sous la forme d'un chantier. Cette temporalité de maintenance relève davantage d'une organisation attendant à celle de l'industrie de processus. La temporalité *Stop and Go* se situe entre ces deux pôles et peut être vue comme une tentative organisationnelle visant à anticiper les aléas techniques qui viennent perturber l'organisation de la production et la temporalité *En marche*.

Ces trois organisations de maintenance renvoient à différentes modalités de coopérations et de contrôles hiérarchiques au travail. On observe, dans le modèle du *Grand arrêt*, une organisation du travail en binôme et un contrôle hiérarchique constant du préparateur de chantier et du responsable de chantier. Ce dernier réalise des tournées de contrôle en multipliant les déplacements entre les binômes. Cette temporalité est une épreuve collective pour les agents de lubrification, à la base d'une forte solidarité ouvrière. Cette solidarité perd quelque peu en intensité dans la temporalité *Stop and Go*, où le travail est davantage individuel. Le contrôle hiérarchique s'affaiblit aussi, chaque agent intervient en autonomie sur sa zone. Cependant, la pression du redémarrage et l'adversité que représentent la machine et la coactivité permettent à ces ouvriers en lubrification de faire corps et de s'entraider pour finir le travail dans les temps. Le responsable de chantier joue un rôle de facilitateur et prend à sa charge la résolution des dysfonctionnements techniques et les aléas de chantier. L'organisation du travail *En marche* et l'autonomie laissée au rondier poussent à réinterroger l'expression de cette solidarité ouvrière et du contrôle hiérarchique. Ces deux mécanismes de régulation reposent sur l'instauration d'un sentiment de confiance professionnelle entre les membres du groupe. L'aléa technique et la démonstration de l'innocence du rondier sont un révélateur de cette confiance ou de sa rupture entre les membres du groupe de maintenanciers en lubrification. Le responsable opérationnel mène l'enquête lors des aléas techniques et défend ses agents de lubrification. Il occupe une fonction de gestionnaire et cherche à réduire l'ampleur des pics d'activité en organisant des opérations de maintenance anticipées.

3.2. Fluidifier la main-d'œuvre de maintenance : « une fluidité secondaire »

Comme l'a montré François Vatin⁵⁰⁴, les industries qui visent la mise en flux continu de la production sont traversées par un paradoxe : afin d'assurer l'écoulement du flux, il convient d'arrêter les installations pour les entretenir. L'usure physique des matériaux serait ainsi une limite indépassable à l'automatisation de la production. Néanmoins, ce processus d'automatisation repousse sans cesse cette limite et confère une autonomie toujours plus importante aux systèmes productifs. Les temporalités d'arrêts pour maintenance induisent une fragilité organisationnelle⁵⁰⁵ pour ces industries qui sont contraintes de gérer des pics d'activité mobilisant une main-d'œuvre aux compétences techniques qui diffèrent de celles nécessaires à la production. Externaliser ces pics de maintenance permet aux entreprises de production de se soustraire à une gestion de cette double main-d'œuvre et d'externaliser les risques liés à la fragilité technique de l'installation. Cette fragilité de l'installation peut conduire une entreprise de production à externaliser l'ensemble des prestations de maintenance à réaliser sur son site pour ne conserver que le rôle d'organisateur et de facilitateur. Cette décision d'externaliser une ou plusieurs temporalités de maintenance est liée à cette fragilité des infrastructures du flux et à la présence d'un cluster industriel permettant de mutualiser les coûts de la maintenance. La présence d'une offre de prestation de maintenance spécialisée pouvant répondre aux différents pics de maintenance présents successivement dans le cluster répond à cette fragilité organisationnelle des industries de flux.

La mutualisation de la main-d'œuvre spécialisée dans la maintenance entre plusieurs sites industriels a pour conséquence de limiter le recours au tâcheron et au prêt de main-d'œuvre entre les entreprises de production. On observe néanmoins une mise en circulation de cette main-d'œuvre spécialisée en maintenance industrielle entre plusieurs sites de production. Cette circulation est organisée par les entreprises prestataires de services qui cherchent à utiliser au mieux leurs ressources en personnel dans un secteur géographique. La mise en circulation de cette main-d'œuvre spécialisée peut être étendue à plusieurs clusters industriels sous la modalité de « grands déplacements » durant plusieurs semaines. Cette organisation correspond à une

⁵⁰⁴ François Vatin, 1999, *op. cit.*

⁵⁰⁵ Gwenaële Rot, « Fluidité industrielle, fragilité organisationnelle », *Revue française de sociologie*, 2002, vol. 43, no. 4, pp. 711-737.

forme de « fluidité secondaire »⁵⁰⁶ des industries de flux qui s'agence avec la fluidité interne des entreprises de production afin de répondre à leur fragilité organisationnelle. Cette fluidité secondaire permet de transférer cette fragilité organisationnelle vers les entreprises prestataires de services, et son équilibre dépend de la mise en sous-traitance de l'ensemble des temporalités de maintenance sur un site central du cluster. Les entreprises prestataires de services en maintenance industrielle peuvent ainsi fidéliser et former une main-d'œuvre dédiée uniquement à des opérations de maintenance spécifiques, qu'elles soient préventives, curatives ou bien prédictives.

La fidélisation de la main-d'œuvre passe par un système de rémunération mais aussi par la formation d'une identité professionnelle correspondant à chaque corps de métier de la maintenance, c'est-à-dire séparée de celle développée à l'intérieur des entreprises de production. Ces maintenanciers développent leurs propres épreuves d'admission au sein de leur groupe professionnel, c'est-à-dire lors des arrêts *Stop and Go* et des arrêts annuels. La circulation de ce personnel de maintenance appartenant à différentes entreprises prestataires de services au sein d'un cluster participe à la formation « d'un collectif diffus »⁵⁰⁷ s'opposant au personnel de l'entreprise utilisatrice. La spécialisation d'une main-d'œuvre sur une tâche de maintenance conduit à sa professionnalisation. Elle acquiert des savoirs faire, une expertise, des tours de mains, des méthodes et utilise un matériel spécialisé pour une opération de maintenance, en l'occurrence la lubrification industrielle. Cette professionnalisation des entreprises prestataires de services participe à leur autonomie par rapport à l'entreprise utilisatrice. En effet, le préparateur de chantier perd de sa capacité d'évaluation et de suivi des travaux effectués. Il devient dépendant de son prestataire.

3.3. Pourquoi les agents de lubrification courent ?

L'entreprise Care emploie ses salariés selon la modalité du contrat à durée indéterminée. Elle fait appel à du personnel intérimaire dans un seul cas de figure : les arrêts sur des sites industriels situés en périphérie d'un cluster. Par cette politique salariale, Care cherche à fidéliser son personnel. Elle complète sa politique par une prime de salissure et une indemnité journalière pour les repas. La contractualisation d'une prestation annuelle de lubrification au sein d'un

⁵⁰⁶ François Vatin, 1999, *op. cit.*

⁵⁰⁷ Fanny Girin, 2017, *op. cit.*

cluster industriel permet à Care de mettre en place une organisation qui vise à répondre aux hausses d'activité en maintenance sur un territoire et à développer des mécanismes d'intéressements salariaux.

Sur les sites où il y a une prestation annuelle, l'équipe d'agents de lubrification est dimensionnée pour répondre à la charge de travail programmée lors de l'arrêt annuel. Le responsable opérationnel a pour mission de réduire les pics de maintenance en répartissant la charge de travail sur l'année. Il organise une anticipation des vidanges sur les infrastructures à plusieurs lignes, comme les convoyeurs, et profite des arrêts réguliers des tables à cylindres. Les arrêts annuels d'installation conservent leur aspect de temporalité dédiée à la maintenance. La charge de travail pour les maintenanciers varie à la hausse, mais dans une moindre mesure par rapport aux sites annexes. Il en résulte qu'il n'y a pas de système d'intéressement salarial pour financer cette variation maîtrisée de l'intensité de l'activité. Les arrêts annuels ne donnent pas lieu à une prime. En revanche, les journées allongées par les stratégies d'évitement peuvent engendrer des heures supplémentaires et donc davantage de rémunération, mais cette configuration n'est pas systématique.

Lors de la temporalité du *Stop and Go*, il n'y a pas d'heure supplémentaire ou de prime d'arrêt attribuées aux agents de lubrification. Le temps de mise à disposition des installations est d'un quart de surveillance des conducteurs d'installation, ce qui correspond à une journée de travail pour l'agent de lubrification. Il n'y a donc pas d'intérêt à flâner car cela induirait un retard de redémarrage et une pénalité économique pour l'entreprise prestataire de services. Un tel comportement est désapprouvé par le groupe professionnel qui perd en crédibilité auprès de ses pairs et du personnel de l'entreprise utilisatrice. L'agent de lubrification doit se dépêcher pour finir sa liste d'opérations et rendre la table à cylindres dans le temps imparti. Il récupère de ces pics d'activité lors de son travail de surveillance quotidien qui est moins éprouvant et sans pression horaire. La pression du redémarrage, donc le temps imparti pour réaliser les chantiers, joue un rôle déterminant sur le rythme de travail. L'encadrement de proximité et les préparateurs de chantiers assurent cette mise sous pression des agents de lubrification. Ces arrêts d'installations reposent sur une organisation de chantier programmé. Il en résulte l'instauration d'un mécanisme de fini-parti. Une fois que la liste des travaux à effectuer est réalisée et que le préparateur de chantier donne son accord, l'équipe d'agents de lubrification

peut quitter l'usine. Cette possibilité de « débaucher » plus tôt peut encourager les agents à augmenter leur rythme de travail.

Sur les sites sans contractualisation d'une prestation annuelle, l'entreprise Care doit s'organiser différemment car elle ne peut pas répartir dans le temps la charge de travail. La quantité d'opérations à effectuer est déterminée par le préparateur de chantier de l'entreprise utilisatrice qui fixe la liste des travaux. Pour répondre à la commande, l'entreprise de services organise donc une circulation de sa main-d'œuvre vers ces sites. Cette fluidité secondaire induit un coût supplémentaire pour l'entreprise utilisatrice qui paye ce travail d'organisation, les coûts de déplacement et l'incitation économique accordée aux agents de lubrification. Les déplacements dans les clusters donnent droit à une prime d'intervention de cent euros par déplacement et les heures de déplacement sont rémunérées. Les salariés de l'entreprise prestataire de services profitent du repas et du logis dans un hôtel, ce qui est plutôt bien perçu.

L'intéressement économique des agents de lubrification pour les arrêts de *Stop and Go* sur des sites extérieurs repose sur trois leviers : une prime de déplacement, le paiement des heures de trajet et l'invitation à un moment de convivialité. Un quatrième s'ajoute lors de l'arrêt annuel, il s'agit des nombreuses heures supplémentaires. Ces heures supplémentaires assurent un surplus de rémunération important aux intervenants, qu'ils soient en contrat intérimaire ou à durée indéterminée. L'arrêt annuel sur site extérieur apparaît donc comme particulièrement intéressant du point de vue économique pour les agents, car il combine quatre leviers d'avantages salariaux. Un agent participant aux déplacements sur les deux modalités d'arrêts d'installation voit son salaire augmenter de dix pour cent sur l'année. En contrepartie de ce surplus de rémunération, l'agent de lubrification circulant s'engage à davantage d'engagement dans le travail, ce qui se traduit par une vitesse d'exécution plus élevée, une dépense physique plus intense ainsi que l'acceptation de la fatigue et de l'éloignement du domicile.

La direction de l'entreprise n'hésite pas à avoir recours aux heures supplémentaires. Elle déclare utiliser la règle de calcul suivante pour arbitrer ces heures supplémentaires : « *si tu fais travailler une équipe de cinq personnes une heure de plus par jour, c'est globalement comme si tu avais une sixième personne, mais tu t'économises les frais de déplacement et l'hôtel. Au bout de la semaine, tu as économisé un jour de frais de l'équipe.* »⁵⁰⁸. Il faut néanmoins

⁵⁰⁸ Christophe, chargé de chantiers, Care, 2022

souligner que cette plus large sollicitation horaire permet de moins déstabiliser les prestations annuelles en déplaçant moins de personnel. Elle permet aussi de travailler sur une longue plage horaire, ce qui facilite les stratégies d'évitement de coactivité entre chantiers de maintenance.

La mise en circulation du personnel dans un cluster ou inter-cluster permet aux agents d'accéder à davantage de rémunération. Ce système de circulation organisé par les entreprises prestataires de services, permet d'éviter de recourir à des tâcherons et de limiter l'utilisation de personnel intérimaire. La spécialisation des entreprises prestataires de services semble renforcer ce mécanisme car il rend moins pertinent le recours à une main-d'œuvre temporaire et non formée. Cette mise en circulation de la main-d'œuvre reste liée à la présence de prestations annuelles sur des sites industriels. Il est nécessaire qu'au sein de l'équipe d'agents de lubrification, un équilibre se mette en place entre le personnel circulant en quête de rémunération et « d'aventure » et le personnel sédentaire qui ne cherche pas des situations de travail exigeantes physiquement et sous pression. Cet équilibre se traduit par une solidarité d'équipe. Les agents sédentaires acceptent de prendre à leur charge une part de la liste de travaux des agents circulants pendant leurs déplacements.

Les agents circulants, en permettant à l'entreprise de services de répondre aux commandes en maintenance des sites industriels du cluster, assurent la pérennité financière de la prestation annuelle et donc une part de la rémunération des agents sédentaires. Cette fluidité secondaire participe à renforcer l'identité du groupe professionnel de maintenanciers spécialisés envers le personnel appartenant à l'entreprise de production, en les détachant d'une routine et d'un lieu de travail unique. L'entreprise de services tire un important profit de cette fluidité secondaire. En plus de lui permettre de fidéliser sa main-d'œuvre par un système de rémunération, elle réalise des prestations de maintenance ponctuelles sur des sites annexes en mobilisant une main-d'œuvre rattachée à une prestation annuelle. Cette force de travail achetée par l'entreprise de services est en quelque sorte vendue simultanément à deux entreprises utilisatrices. Cette fluidité secondaire peut conduire à la création d'un sureffectif et donc d'une main-d'œuvre gratuite pour le site à prestation annuelle. Néanmoins, cet équilibre ne peut fonctionner que par des phases d'intensification de l'activité productive des agents circulants et, dans une moindre mesure, des agents sédentaires.

Bibliographie

- ALLETZ Pons-Augustin, *L'Agronome. Dictionnaire portatif du cultivateur*, Tome 2, 1787.
- AMONTONS Guillaume, *Moyen de substituer commodément l'action du feu à la force des hommes et des chevaux pour mouvoir les machines*, 1699.
- AMONTONS Guillaume, *De la résistance causée dans les machines, tant par les frottements des parties qui les composent, que par la raideur des cordes qu'on emploie, et la manière de calculer l'un et l'autre*, 1699.
- ARBORIO Anne-Marie, « Les aides-soignantes à l'hôpital. Délégation et professionnalisation autour du « sale boulot » », in Didier Demazière (éd.), *Sociologie des groupes professionnels. Acquis récents et nouveaux défis*, La Découverte, 2009, pp. 51-61.
- ARNAL Thierry et al., *Le corps au travail. Performance, discipline, fatigue*, Palermo, New digital frontiers, 2021.
- BARBOFF Mouette (éd.), *Meules à grains*, Actes du colloque international de la Ferté-sous-Jouarre, 16-19 mai 2002, Paris, Edition de la Maison des sciences de l'homme, 2002.
- BARTHÉLÉMY Jean-Hugues, *Simondon*, Paris, Les Belles Lettres, 2014.
- BEAUBOIS Vincent, « Un schématisme pratique de l'imagination », *Appareil*, 16, 2015.
- BECATTINI Giacomo, *Lo Sviluppo Economico della Toscana*, Firenze, Guaraldi, 1975
- BECKER Howard S. *Les ficelles du métier. Comment conduire sa recherche en sciences sociales*, Paris, La Découverte, 2002.
- BELOT Emile, « Les nouvelles applications du principe de continuité. Quelques exemples de fabrication continue considérés du point de vue de leur adaptation à d'autres fabrications industrielles », *La Technique Moderne*, 1925, vol. 17, no. 19, pp. 577-582.
- BERTHELOT Jean-Michel, « Une sociologie du corps a-t-elle un sens ? », *Recherches sociologiques*, 1982, XIII, 1-2, pp. 59-65.
- BIDET Alexandra (dir.), *Sociologie du travail et activité. Le travail en actes, nouveaux regards*, Toulouse, Octarès, 2006.
- BIDET Alexandra, *L'engagement dans le travail. Qu'est-ce que le vrai boulot ?*, Paris, PUF, 2011.
- BOURRIER Mathilde (dir.), *Organiser la fiabilité*, Paris, L'Harmattan, 2001.
- BOURRIER Mathilde, « Maintenance, risque et fiabilité organisationnelle : une première exploration », In De Terssac G., Boissières I., Gaillard I (coord.), *La sécurité en action*, Toulouse, Octarès Edition, 2009, pp. 101-119.

- BOURRIER Mathilde, *Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation*, Paris, PUF, 1999.
- BRIGHT James R., *Automation and Management*, Harvard University Press, 1958.
- BRODA Jacques, Problématique de la sous-traitance et du travail temporaire, analyse d'un cas, la zone de Fos et le système Solmer. Thèse de troisième cycle, Aix en Provence, 1977.
- BRUSCO Sebastiano, « The Emilian Model: Productive Decentralisation and Social Integration », *Cambridge Journal of Economics*, 1982, vol. 6, no. 2, 167-84
- CANDAU Joël, *Mémoire et expériences olfactives. Anthropologie d'un savoir-faire sensoriel*, Paris, PUF, 2000.
- CELERIER Sylvie, « Des travailleurs suspects. Tâcherons dans les abattoirs de volaille. » In: Communications, 89, *Travailler*, 2011. pp. 41-55.
- CHATZIS Konstantinos, « Dupuit, Morin et la question du frottement de roulement : la scène scientifique française des années 1830 et 1840 au prisme d'une controverse », *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 20, 2011, pp. 41-58.
- CHATZIS Konstantinos, « Economie, machines et mécanique rationnelle : la naissance du concept de travail chez les ingénieurs-savants français, entre 1819 et 1829 », *Annales des Ponts et Chaussées*, n°82, 1997, pp. 10-20.
- CHEVREAU François, *Maîtrise des risques industriels et culture de sécurité. Le cas de la chimie pharmaceutique*, Thèse en génie des activités à risques, Paris, Mines de Paris, 2008
- CHIAPELLO Ève, GODEFROY Gaëtan, « The Dual Function of Judgment Devices: Why Does the Plurality of Market Classifications Matter ? », *Markets and Classifications. Categorizations and Valuations as Social Processes Structuring Markets*, *Historical Social Research*, 2017, vol. 42, no. 1, pp. 152-188.
- CHRISTIAN Gérard Joseph, *Traité de Mécanique Industrielle*, 1822-1825.
- CHRISTIAN Gérard Joseph, *Vues sur le système général des opérations manufacturières*, 1819.
- CLOT Yves, *Le prix du travail bien fait. La coopération conflictuelle dans les organisations*, Paris, La Découverte, 2021.
- CLOT Yves, ROCHEX Jean-Yves, SCHWARTZ Yves, *Les caprices du flux : les mutations technologiques du point de vue de ceux qui les vivent*, Vigneux, Éditions Matrice, 1990.
- COASE Ronald, « The nature of the firm », *Economica*, 4, 1937, pp. 386-405.
- COLMELLERE Cynthia, *Quand les concepteurs anticipent l'organisation pour maîtriser les risques. Deux projets de modifications d'installations sur deux sites classés Seveso 2*, Thèse en sociologie, Compiègne, Université de Technologie de Compiègne, 2008
- CONNOLLY William E., *The Fragility of Things. Self-Organizing Processes, Neoliberal Fantasies, and Democratic Activism*, Durham, Duke University Press, 2013.
- CORIOLIS Gustave, *Du Calcul de l'effet des machines ou Considérations sur l'emploi des moteurs et sur leur évaluation : pour servir d'introduction à l'étude spéciale des machines*,

Paris, Carilian-Gœury, 1829.

COULOMB Charles-Augustin, *Théorie des machines simples en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages*, Paris, Bachelier, 17810 (réed. 1821).

CROZIER Michel, *Le phénomène bureaucratique*, Paris, Seuil, 1963.

DAUMAS Maurice, *Histoire générale des techniques, Les premières étapes du machinisme : XV-XVIIIe siècles*, Tome 2, Paris, PUF, 1996.

DAUMAS Maurice, *Histoire générale des techniques. Des origines au XVe siècle*, Tome 1, Paris, PUF, 1996.

DAUMAS Maurice, *Histoire générale des techniques. L'expansion du machinisme : 1725-1860*, Tome 3, Paris, PUF, 1996.

DAUMAS Maurice, *Histoire générale des techniques. Les techniques de la civilisation industrielle. Énergie et matériaux*, Tome 4, Paris, PUF, 1996.

De TERSSAC Gilbert (dir.), *La théorie de la régulation sociale de Jean-Daniel Reynaud*, Paris, La Découverte, 2003.

DE TERSSAC Gilbert, CORIAT Benjamin, « Micro-électronique et travail ouvrier dans les industries de process », In *Sociologie du travail*, 26^e année n°4, Octobre-décembre 1984. Nouvelles technologies dans l'industrie. L'enjeu des qualifications, pp. 384-397.

DELISLE Guy, *Chroniques de jeunesse*, Paris, Delcourt, 2021.

DENIS Jérôme, PONTILLE David, « Maintenance et attention à la fragilité », *SociologieS*, Dossiers, Du pragmatisme au méliorisme radical, 2020.

DENIS Jérôme, PONTILLE David, « Material Ordering and the Care of Things », *Science, Technology & Human Values*, 2015, vol. 40, no. 3, pp. 338-367.

DENIS Jérôme, PONTILLE David, *Petite sociologie de la signalétique. Les coulisses des panneaux du métro*, Paris, Presses des Mines, 2010.

DESCARTES René, *Correspondance autographe de René Descartes et de Constantin Huygens (1635-1647)*, t. 2, 1637.

DIDEROT Denis et D'ALEMBERT Jean Le Rond, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, tomes 4, 7, 11, 14, 16, 1751-1772.

DODIER Nicolas, « Causes et mises en cause. Innovation sociotechnique et jugement moral face aux accidents du travail », *Revue française de sociologie*, 1994, vol. 35, no. 2, pp. 251-281.

DODIER Nicolas, *Les hommes et les machines. La conscience collective dans les sociétés technicisées*, Paris, Métailié, 1995.

DONKIN Bryan, « Life and work of Gustave-Adolphe Hirn (1815-1890) », *Cassier's magazine: engineering illustrated*, n° 4, 1893, p. 233-239.

DOUGLAS Mary, *De la souillure. Essai sur les notions de pollution et de tabou*, Paris, La

Découverte, 2005.

DOWSON Duncan, *History of tribology*, 2nd edition, London, Professional Engineering Publishing, 1998.

DRUCKER Peter F. *La nouvelle pratique de la direction des entreprises*, Paris, Éditions d'Organisation, 1977.

DUB Julius, *Die Anwendung des Elektromagnetismus, mit besonderer Berücksichtigung der neueren Telegraphie und den in der deutschen Telegraphenverwaltung bestehenden technischen Einrichtungen*, Berlin, Springer, 1878.

DUC Marcelle, *Le travail en chantier*, Toulouse, Octarès Editions, 2002.

DUCLUZAUX André, « Tentatives de transport de l'énergie hydraulique, avant l'électricité : Entre deux transitions énergétiques (1830-1890) » *Encyclopédie de l'énergie*, 2016, [en ligne : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/conference-PCP2012-tribologie-histoire-Martin.xml>].

DURAND Jean-Pierre, *La chaîne invisible. Travailler aujourd'hui : flux tendu et servitude volontaire*, Paris, Éditions du Seuil, 2004.

DURRIVE Barthélemy, « Deux ouvriers-machine, avant et après Taylor », *L'Homme & la Société*, 205 (3), 2017, pp. 53-86.

EDENSOR Tim, « Entangled agencies, material networks and repair in a building assemblage: the mutable stone of St Ann's Church, Manchester », *Transactions of the Institute of British Geographers*, 36 (2), 2011, pp. 238-252.

FOUCAULT Michel, « *Il faut défendre la société* », Cours au Collège de France, 1976, Gallimard Seuil, 1997.

FOURRIER Pierre, *Travailler dans le nucléaire. Enquête au cœur d'un site à risques*, Paris, Armand Colin, 2012.

FRÊNE Jean, « La tribologie de l'Antiquité à nos jours », *Mécanique et Industrie*, Elsevier, vol. 2, pp. 263-282, 2001.

FRIEDMANN Georges, NAVILLE Pierre, *Traité de Sociologie du Travail*, Librairie Armand Colin, 1961

GALLE Raymond, VATIN François, « Production fluide et ouvrier mobile. Procès de production et organisation du travail dans le raffinage pétrolier », In *Sociologie du travail*, 23^e année n°3, Juillet-septembre 1981, pp. 275-293

GAUTIER Benoît, *Le détour par l'atelier. La sociologie entre les mains des DRH (1970-2015)*, thèse en sociologie, Paris, Université Paris Nanterre, 2022

GILLE Bertrand (dir.), *Histoire des techniques. Technique et civilisations, technique et sciences*, Paris, Gallimard, 1978.

GILLE Bertrand, *Les mécaniciens grecs, La naissance de la technologie*, Paris, Le Seuil, 1980.

GIRIN Fanny, *La « sécurité » en fuite : la construction du contrôle à partir des relations entre*

- groupes dans une raffinerie*, Thèse de doctorat en sociologie, Aix-Marseille Université, 2017.
- GODEFROY Gaëtan, « Maintenir une industrie de flux, chantier vs process », in *Travailler aux chantiers*, dir. G. Rot, Paris, Hermann, 2023.
- GODELIER Maurice, *L'Idéal et le matériel. Pensée, économies et sociétés*, Paris, Flammarion, Champs Essais, 2010.
- GRAHAM Stephen (dir.), *Disrupted Cities. When Infrastructures Fail*, New-York, Routledge, 2010, pp. 1-26.
- GRAHAM Stephen, THRIFT Nigel, « Out of Order. Understanding Repair and Maintenance. », *Theory, Culture & Society*, 2007, vol. 24, no. 3, pp.1-25.
- GRALL Bernard, *Economie de forces et production d'utilités. L'émergence du calcul économique chez les ingénieurs des Ponts et Chaussées (1831–1891)*, Rennes, PUR, 2003. [Manuscrit révisé et commenté par François Vatin.]
- HEGEL Georg Wilhelm Friedrich, *Phénoménologie de l'esprit*, Paris, Flammarion, 2012 (1ère parution en 1807),
- HIRN Gustave-Adolf, « Notice sur les lois du frottement », *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1889.
- HIRN Gustave-Adolf, « Nouvelles recherches sur le frottement des corps solides », *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1855.
- HIRN Gustave-Adolf, « Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur », *Société physique de Berlin*, 1858.
- HUGHES Everett, *Le regard sociologique*, Paris, EHESS, 1997.
- JEANJEAN Agnès, *Basses œuvres. Une ethnologie du travail dans les égouts*, CTHS, Paris, 2006.
- JOURNE Benoît, *Les organisations complexes à risques : gérer la sûreté par les ressources. Etude de situations de conduite de centrales nucléaires*, Thèse en sciences de gestion, Paris, Ecole polytechnique 1999
- JULIEN Marie-Pierre, ROSSELIN Céline (dir.), *Le sujet contre les objets... tout contre. Ethnographies de cultures matérielles*, Paris, CTHS, 2009.
- KAPP Ernst, *Principes d'une philosophie de la technique*, Paris, Vrin, 2007.
- KERGOAT Danielle, *Industrie de pointe, revendications gestionnaire et classes(s) ouvrière(s). Le cas de la raffinerie Antar de Donges*, Paris, Groupe de sociologie des organisations, 1978.
- KOYRE Alexandre, « Du monde de l'à-peu-près à l'univers de la précision », *Etudes d'histoire de la pensée philosophique*, Paris, 1971.
- KUHN Thomas S. « Energy conservation as an example of simultaneous discovery », in M. Clagett (éd.), *Critical problems in the History of Science*, Madison, University of Wisconsin Press, 1959, pp. 321-356.

- LA HIRE Philippe, « Traité des Epicycloïdes », in *Mémoires de Mathématique et de Physique*, Paris, 1694.
- LAFITTE Jacques, *Réflexions sur la science des machines*, Paris, Vrin, 19372.
- LEDUCQ Divya, LUSSO Bruno, « Le cluster innovant : conceptualisation et application territoriale » *Cybergeo : European Journal of Geography*, Espace, Société, Territoire, 2011.
- LEIGH-STAR Susan, « The Ethnography of Infrastructure », *American Behavioural Scientist*, 1999, vol. 43, no. 3, pp. 377–91.
- LEPOUTRE David, *Cœur de banlieue. Codes, rites et langages*, Paris, Odile Jacob, 1997.
- LEPOUTRE David, *Ne demandez pas pourquoi, demandez comment*, Paris, Odile Jacob, 2020.
- LEROI-GOURHAN André, *L'homme et la matière. Évolution et techniques*, vol. 1, Paris, Albin Michel, 1943 (réimpr. 1948, 1971).
- LEROI-GOURHAN André, *Le geste et la parole. La mémoire et les rythmes*, tome 2, Paris, Albin Michel, 1965.
- LEROI-GOURHAN André, *Milieu et technique. Évolution et techniques*, vol. 2, Paris, Albin Michel, 1945 (réimpr. 1973, 2012).
- LÉVY Georges (dir.), *La Machine moderne*. Journal mensuel (1906-1989), 1907-01, 1907-02, 1908-08, 1909-12, 1912-04, 1922-10, 1922-11, 1930-01, 1930-09, 1930-10, 1931-01, 1931-05, 1931-08, 1931-09, 1931-10.
- MARSHALL Alfred, *Principles of Economics*, Londres, Palgrave Macmillan, 2013 (éd. originale 1890).
- MARTIN Jean-Michel, *Histoire de la tribologie : Supraglissement et lubrification verte*, conférence, 7 mars 2012, [en ligne : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/conference-PCP2012-tribologie-histoire-Martin.xml>].
- MAUSS Marcel, « Les techniques du corps » *Journal de Psychologie*, 1936, XXXII, n° 3-4.
- MERLE Ivonne, *La fiabilité à l'épreuve du feu. La prévention des risques d'accidents majeurs dans une usine Seveso II*, Thèse en sciences politiques, Paris, Institut d'études politiques, 2010
- MOL Annemarie, MOSER Ingunn, POLS Jeannette (éds.), *Care in Practice. On Tinkering in Clinics*, Allemagne, Bielefeld, 2010.
- MORICOT Caroline, *Agir à distance. Enquêtes sur la délocalisation du geste technique*, Paris, Classique Garnier, 2021.
- MUMFORD Lewis, *Technique et Civilisation*, Paris, Le Seuil, 1950.
- NAVILLE Pierre, *Vers l'automatisme social ? Problèmes du travail et de l'automation*, Paris, Gallimard, 1963.
- NGO NGUENE Marie, « Travail et consommation d'alcool dans les chantiers du bâtiment parisiens », in *Travailler aux chantiers*, dir. G. Rot, 2023.

- PAPANELOPOULOU Faidra, « Gustave-Adolphe Hirn (1815-90): engineering thermodynamics in mid-century France », *British Journal for the History of Science*, 39 (2), pp. 231-254.
- PENEFF Jean, « Les Débuts de l'observation participante ou les premiers sociologues en usine », *Sociologie du travail*, 1996, 38-1, pp. 25-44.
- PETROSKI Henry, *To engineer is human. The role of failure in successful design*, London, Macmillan, 2006.
- PILLON Thierry, « Le corps ouvrier au travail », *Travailler*, 2014, vol. 32, no. 2, pp. 151-169.
- PILLON Thierry, *Le corps à l'ouvrage*, Paris, Stock, 2011.
- PILLON Thierry, VATIN François, *Traité de sociologie du travail*, Toulouse, Octarès Editions, 2003.
- PONCELET Jean-Victor, *Cours de mécanique appliquée aux machines*, Paris, Gauthier-Villars, 1874
- PORTER Michael E., « Cluster and the New Economics of Competition », *Harvard Business Review*, 1998, vol. 76, no. 6, .
- PORTER Michael E., « Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy », *Economic Development Quarterly*, vol. 14, no. 1, 2000.
- PUIG DE LA BELLACASA Maria, (2010) « Matters of Care in Technoscience: Assembling Neglected Things. », *Social Studies of Science*, 2010, vol. 41, no 1, pp. 85-106
- QUET Mathieu, Fluc, *Comment la pensée logistique gouverne le monde*, La Découverte, Paris, 2022.
- RITTI Tullia, GREWE Klaus, KESSENER Paul, « A relief of a water-powered stone saw mill on a sarcophagus at Hierapolis and its implications », *Journal of Roman Archaeology*, 2007, vol. 20, pp. 138–163.
- ROSSELIN Céline, LALO Elodie, NOURRIT Déborah, « Prendre, Apprendre et Comprendre. Mains et matières à travailler chez les scaphandriers », *ethnographiques.org*, La part de la main, 2015, no. 31. [En ligne]. <https://www.ethnographiques.org/2015/Rosselin-Lalo-Nourrit>.
- ROT Gwenaële, « Fluidité industrielle, fragilité organisationnelle », *Revue française de sociologie*, 2002, vol. 43, no. 4, pp. 711-737.
- ROT Gwenaële, « Freins, accélérations et démobilité dans un chantier sous-terrain », in *Travailler aux chantiers*, dir. G. Rot, Paris, Hermann, 2023
- ROT Gwenaële, « Urgence et flux tendu dans l'industrie automobile », *Science de la société*, 1998, no. 44, pp. 99-111
- ROT Gwenaële, *Sociologie de l'atelier. Renault, le travail ouvrier et le sociologue*, Octarès éditions, Toulouse, 2006.
- ROT Gwenaële, VATIN François, *Au fil du flux. Le travail de surveillance-contrôle dans les industries chimique et nucléaire*, Paris, Presses des Mines, 2017.

ROY Donald, *Un sociologue à l'usine*, Paris, La Découverte, 2006.

SARGOS Jacques, *Histoire de la Forêt Landaise. Du désert à l'âge d'or*, Bordeaux, L'horizon chimérique, 1997.

SCHÜLTZ Gabrielle, « Tirer son épingle du jeu dans une relation d'emploi triangulaire. Le cas des hôtesse d'accueil prestataires », *Revue française de sociologie*, 2014/1, Vol. 55, p. 73-100.

SCHUMPETER Joseph A., *Capitalism, socialism, and democracy*, Londres, Allen and Unwin, 1976.

SEGRESTIN Denis, *Les chantiers du manager*, Paris, Armand Colin, 2004

SEILLER Pauline, « Sous-traitance et segmentations ouvrières dans la construction navale. », *Sociologie*, 2014, vol. 4, no. 5, pp. 387-403.

SERIS Jean-Pierre, *La technique*, Paris, PUF, 1994.

SERIS Jean-Pierre, *Machine et communication. Du théâtre des machines à la mécanique industrielle*, Paris, Librairie Philosophique J. Vrin, 1987.

SIMONDON Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 2012 (première édition, 1958).

SMEATON John, « An experimental enquiry concerning the natural powers of water and wind to turn mills, and other machines, depending on a circular motion », *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 51, 1759, pp. 100-174.

SMITH Adam, *Sur la nature des causes de la richesse des nations*, 1776.

SOLA Christel, « « Y a pas de mots pour le dire, il faut sentir. » », *Terrain*, 49, 2007, pp. 37-50.

SUPIOT Alain, *La Gouvernance par les nombres*, Cours au Collège de France (2012-2014), Paris, Fayard, 2015.

TAILLET Richard, VILLAIN Loïc et FEBVRE Pascal, *Dictionnaire de physique*, Bruxelles, De Boeck, 2013, p. 154.

TEANI Renato, *Aspetti della automazione nella produzione industriale*, Genova : Stab. Italiani Arti Grafiche 1956

TILLEMENT Stéphanie, *La sécurité en action dans les projets de modernisation d'installations ferroviaires. Étude du rôle des dynamiques intra et inter – groupes professionnels dans la maîtrise des risques*, Thèse en sociologie, Grenoble, Université Pierre Mendès France, 2011.

TOURAINÉ Alain, *L'évolution du travail ouvrier aux usines Renault*, Paris, CNRS, 1955.

TRILLAT Jean, « Huiles et Graisses industrielles », *Bulletin technique*, n°5, Vacuum oil Company, 1928.

VATIN François, « L'esprit d'ingénieur : pensée calculatoire et éthique économique », *Revue Française de Socio-Economie*, no. 1, 2008, pp. 131-152.

VATIN François, « La métaphore du flux, la science et la pratique économique », *Espace et*
382

Société, vol 43, 1983.

VATIN François, *La fluidité industrielle*, Paris, Méridiens Klincksieck, 1987.

VATIN François, *Le travail : activité productive et ordre social*, Paris, Presses universitaires de Paris Ouest, 2014.

VATIN François, *Le travail, économie et physique (1780-1830)*, Paris, PUF, 1993.

VATIN François, *Le travail, sciences et société. Essais d'épistémologie et de sociologie du travail*, Bruxelles, Université de Bruxelles, 1999.

VIGARELLO Georges, *Histoire de la fatigue. Du Moyen Âge à nos jours*, Paris, Seuil, 2020.

VOLTA Alessandro, *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, for the year MDCCC, Part 1, 1800, pp. 403-431, [En ligne]. <http://www.bibnum.education.fr/physique/electricite-electromagnetisme/la-pile-de-volta> [consulté le 04/03/2021].

VON UEXKÜLL Jakob, *Milieu animal et milieu humain*, Paris, Rivage, 2010 (1ère éd., 1934).

WARNIER Jean-Pierre, *Construire la culture matérielle. L'homme qui pensait avec ses doigts*, Paris, Presses Universitaires de France, 1999.

WELSER-LANG Daniel, *Les nouvelles hétérosexualités*, Toulouse, Érès, 2018.

Glossaire

Accouplement (mécanique) : mécanisme de transmission du mouvement reliant deux arbres de transmission par des ressorts ou des engrenages. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 2, section 2.2.3.

Arbre de transmission : mécanisme de transmission qui tourne sur lui-même dans le sens de la longueur afin de transmettre le mouvement rotatif. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 2, section 1.

Business unit : structure comptable et administrative d'une entreprise implantée sur un territoire. L'entreprise Care est composée de six business unit réparties en France.

Boulon : élément de fixation composé d'une vis et d'un écrou.

Cardan : mécanisme de transmission composé d'un tube central et de deux rotules à ses extrémités. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 2, section 2.2.3.

Carter : réservoir métallique de lubrifiant protégeant des mécanismes de transmission, comme des engrenages.

Chaîne cinématique : ensemble de mécanismes de transmission mis en série dans l'optique de transmettre le mouvement entre un moteur et un outil. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 2, section 1.2.

Chariot de graissage : ensemble composé d'un diable sur lequel sont posés un fût de graisse, une pompe pneumatique, un flexible de graissage et un tuyau d'air.

Clé à pipe : tube de métal en forme de L, permettant de dévisser ou visser des écrous et des vis à tête hexagonale. Il s'agit d'une clé à empreinte femelle.

Clé Allen ou BTR : barre de métal en forme de L de forme hexagonale. Il s'agit d'une clé à empreinte mâle. Tout un chacun en a déjà utilisé une pour monter des meubles d'une marque suédoise.

Cliquet : clé utilisée pour visser et dévisser des boulons. Elle a la même forme et empreinte qu'une clé à pipe mais sa tête est montée sur un axe facilitant l'opération.

Conducteur-machine : personnel de production en charge de la surveillance d'une ligne de production automatisée.

Consignation : procédure par laquelle l'intervenant est informé que la machine-outil n'est plus alimentée électriquement, mécaniquement ou par un fluide.

Conteneur : grande boîte métallique utilisée pour entreposer les outils, les servantes, les chiffons, les chariots de lubrification et tout autre matériel utile à l'agent de lubrification.

Côté conducteur : face de la table à cylindres se situant devant les cabines de conduite et sous

le regard des conducteurs-machines.

Côté transmission : face de la table à cylindres se situant du côté des motorisations électromécaniques et à l'abri du regard des conducteurs-machines.

Couple mécanique : désigne l'effort en rotation appliqué à un axe. Il s'agit d'une force de torsion liée à la force de rotation d'un moteur. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 2, section 1.1.3.

Cuisine : unité de production où la pâte à papier est fabriquée avant son passage dans les machines à papier.

Cylindre (de travail) : nom générique donné aux différents outils de transformation de la matière composant les lignes de production automatiques qui ont une forme cylindrique. Il peut s'agir d'un cylindre sécheur, d'une cisaille rotative ou d'une presse rotative.

Direction : personnel administratif et opérationnel rattaché au siège de Care qui prend des décisions engageant l'entreprise. Ce personnel organise la circulation des agents de lubrification et ont à leur charge le développement de l'entreprise et le suivi commercial.

Douille : empreinte femelle interchangeable d'une clé à cliquet se montant sur son axe.

En marche : temporalité de maintenance correspondant à la marche normale de l'installation. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 6.

Entreprise de production : entreprise qui utilise l'appareil de production, c'est-à-dire qui a une activité qui transforme des matières premières et des composants en produits vendus à des clients.

Entreprise de services : selon l'Insee, une entreprise de services met à la disposition d'un client une prestation technique ou intellectuelle. Son produit final est immatériel, il n'est ni stockable, ni transportable.

Entreprise sous-traitante : entreprise liée à une entreprise utilisatrice par un contrat de prestation de services.

Entreprise utilisatrice : la définition donnée par l'INRS de l'entreprise-utilisatrice est la suivante : « L'entreprise utilisatrice désigne la société qui utilise les services d'une entreprise extérieure. Plus précisément, il s'agit de l'entreprise où une opération est effectuée par du personnel appartenant à d'autres entreprises, lorsque ce personnel n'est pas complètement sous sa direction, qu'il y ait ou non une relation contractuelle avec les entreprises extérieures intervenantes. L'entreprise utilisatrice n'est pas nécessairement propriétaire des lieux mais peut être locataire, exploitante ou gestionnaire. », [En ligne] <https://www.inrs.fr/risques/entreprises-exterieures/ce-qu-il-faut-retenir.html>.

Équipement : machine-outil insérée dans une infrastructure du flux.

Flasque : demi-sphère englobant un accouplement à ressorts.

Flexible : tuyau par lequel la graisse ou l'huile transite entre la pompe pneumatique et le carter du mécanisme de transmission.

Foirer : action de déformer le filetage femelle d'un réservoir ou l'empreinte femelle de la tête de vis.

Galets : billes aplaties positionnées dans la cage du roulement et assurant la transmission du mouvement.

Gamate : auge en plastique de faible hauteur, qui peut être glissée sous les réducteurs.

Graisseeur : agent de lubrification opérant pendant la temporalité Stop and Go.

Grand arrêt : temporalité des arrêts annuels de l'usine pour maintenance. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 4.

Infrastructure du flux : ensemble des installations, des équipements permanents qui conditionnent le fonctionnement du processus industriel. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 3, introduction.

Inspection commune préalable : visite de la zone de chantier avant sa réalisation orchestrée par le préparateur de chantier et suivie par le responsable chantier. Elle vise à déterminer les risques afférents au chantier et les moyens de prévention à mettre en place.

La machine : nom donné par les maintenanciers aux tables à cylindres, comme les laminoirs et les machines à papier.

Liqueur noire : déchet final non retraitable de l'industrie papetière. Elle est composée de résidus de produits chimiques, comme la soude. Ce produit dangereux est brûlé directement sur le site dans les chaudières.

Lubrificateur : agent de lubrification opérant pendant la temporalité En marche.

Maintenance curative : de façon formelle, la maintenance corrective et curative sont distinguées l'une de l'autre. La première renvoie aux activités de réparation des machines-outils à la suite d'un aléa mécanique. La seconde serait davantage en rapport avec une activité de remplacement des machines-outils non réparables. Dans les faits, personne sur les terrains d'enquête ne mentionne la maintenance corrective pour les opérations de réparation. L'ensemble de ces activités de maintenance est rassemblé sous la terminologie curative.

Maintenance prédictive : méthode qui vise à éviter des pannes des machines-outils en s'appuyant sur des données du constructeur et des mesures *in situ* afin de planifier une maintenance préventive ou curative sur les mécanismes avant une casse.

Maintenance préventive : méthode qui consiste à effectuer des opérations récurrentes et programmées afin de repousser les aléas mécaniques.

Maxi-fût : cube en plastique d'un mètre cube. Il sert de contenant pour centraliser l'huile usagée vidangée. Les maxi-fûts sont ensuite récupérés par une entreprise de recyclage d'huile. Le nom correct est IBC.

Mécanisme de transmission : combinaison de pièces agencées en vue d'assurer la conservation d'un mouvement entre un moteur et un outil. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 2, section 1.

Mise à disposition : opération qui consiste pour les conducteurs d'installation à ne pas utiliser

une ligne pendant un temps fixé afin de laisser intervenir des maintenanciers. La ligne n'est pas consignée pendant l'opération, la mise à disposition nécessite donc une coopération étroite entre le maintenancier et le conducteur d'installation.

Oil-safe : bidon ergonomique surmonté d'une pompe manuelle utilisée pour réaliser des remplissages de réducteurs.

Outils : instruments de façonnage et d'entraînement de la matière, comme les cylindres de presse, les rouleaux d'entraînement ou rouleaux libres, etc. actionnés par une motorisation électromécanique.

Overband : équipement des infrastructures de type convoyeur à bande participant au tri de la matière mise en flux.

Palier : mécanisme de transmission composé de galets ou de billes sertis dans une cage et permettant de supporter un arbre de transmission. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 2, section 2.2.3.

Partie humide : première section d'une machine à papier.

Pince multiprise : pince réglable permettant de saisir un large panel d'objets, et en particulier des tubes et des boulons.

Poignée de graissage (ou pistolet de graissage) : poignée permettant de commander le flux de graisse sous pression d'une pompe pneumatique.

Pompe pneumatique : pompe à piston dont l'énergie motrice est l'air comprimé. Elle est utilisée pour graisser et lubrifier des lignes de production. Elle est montée sur un fût de graisse ou d'huile.

Préparateur de chantier : salarié d'une entreprise de production qui a la charge d'organiser les chantiers sous-traités à des entreprises de services industriels.

Raccord push-pull : raccord hydraulique permettant de raccorder une pompe pneumatique à un réseau de tuyauteries sous haute pression.

Réducteur : mécanisme de transmission servant à faire varier le couple mécanique d'une motorisation électromécanique. Il est composé d'un carter dans lequel se situe un train d'engrenages barbotant dans un bain d'huile. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 2, section 2.2.3.

Régénération : désigne les zones où les déchets du process sont traités pour servir une nouvelle fois dans le process de production, soit comme produit, soit comme combustible. Ces zones sont particulièrement sales et dangereuses.

Réseau de convoyeurs : type d'infrastructure du flux se situant souvent en début de processus et formant un réseau étalé spatialement. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 3, section 2.2.

Responsable de chantier : salarié de l'entreprise Care qui doit organiser et suivre l'exécution d'un chantier de maintenance sur arrêt d'installation. Il peut s'agir d'un agent de lubrification ou d'un responsable opérationnel.

Responsable maintenance : personnel de l'entreprise de production qui a la charge de la maintenance de l'ensemble du site de production.

Responsable opérationnel : salarié de l'entreprise Care qui a la charge de la bonne tenue du contrat de maintenance annuel.

Rondier de production (ou opérateur extérieur) : personnel de production qui réalise des tournées de contrôle programmées en début, milieu et fin de quart et réalise des vérifications sur demande du tableautiste.

Rondier : agent de lubrification opérant pendant la temporalité En marche.

Rouleaux : équipement de lignes de production assurant le cheminement du flux de matière.

Séchoir : section finale d'une ligne de production de ballot de pâte à papier qui consiste à sécher la fibre de papier.

Site SEVESO : site de production au processus faisant intervenir des produits dangereux ou induisant des transformations chimiques dangereuses pour la santé des intervenants et des personnes habitant à proximité. Des procédures d'accès et d'alerte sont mises en place sur ces sites industriels.

Stop and Go : temporalité de maintenance correspondant à de courts arrêts de production. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 5.

Système de tuyauteries : type d'infrastructure du flux qui correspond aux usines tuyaux. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 3, section 2.3.

Table à cylindres : type d'infrastructure du flux correspondant principalement aux machines à papier et laminoirs. Pour plus de détails, se reporter au Chapitre 3, section 2.4.

Tableautiste : personnel de production en charge de la surveillance du processus de production depuis des salles de contrôle.

Tout ressortir au bordereau : cette expression autochtone signifie que les contrats fonctionnent par un mécanisme de rémunération à l'acte. Chaque opération de maintenance est identifiée et valorisée et c'est seulement leur réalisation qui déclenche un paiement. Les opérations peuvent être attribuées à des prestataires de services de façon précise et flexible.

Travaux neufs : chantier qui vise à réaliser un ajout améliorant le système productif existant.

Tuyau d'air : tuyau qui permet de relier une pompe pneumatique au réseau d'air comprimé du site de production.

Vanne quart de tour : vanne que l'on peut ouvrir en actionnant un levier sur un quart de tour.

Résumé

L'entretien des industries de flux est généralement étudié sous les angles du chantier annuel, du travail en urgence ou des risques au travail. Ces événements sur lesquels s'accrochent ces recherches, c'est-à-dire la rupture organisée du flux de production, l'aléa mécanique et l'accident de travail, ne rendent pas compte de l'activité de maintenance au quotidien. Cette thèse se propose d'adopter le point de vue du maintenancier. Elle rend compte de l'activité d'entretien des industries de flux, et plus particulièrement de celle de l'agent de lubrification. Ce maintenancier assure la lubrification des mécanismes de transmission et de transformation du mouvement rotatif, il met de l'huile dans les rouages. Son activité est liée au processus d'automatisation des systèmes productifs. Cette recherche s'appuie sur une enquête en immersion d'une durée de six ans reposant sur la méthode de l'observation participante au sein d'une entreprise prestataire de services, spécialisée en lubrification industrielle.

L'étude de l'activité de l'agent de lubrification permet de différencier trois temporalités de travail : le *Grand arrêt*, le *Stop and Go* et *En marche*. Chacune de ces temporalités renvoie à un état du système productif automatisé et se concrétise par des organisations spécifiques de « chasse à la panne ». L'agent de lubrification, en valorisant différemment ces temporalités de travail, cherche à déterminer son *bon boulot* et former sa propre identité professionnelle. Cette identité est renforcée par le phénomène de *fluidité secondaire*, qui consiste en la mise en circulation de cette main-d'œuvre spécialisée au sein de clusters industriels, au gré des commandes des entreprises utilisatrices. Les besoins en maintenance des industries de flux varient en fonction du type d'infrastructure du flux nécessaire au processus productif. Plus ces infrastructures conjuguent un travail mécanique et une concentration spatiale importants, plus on remarque une fragilité technique, et donc une organisation complexe de la maintenance.

Table des figures

| | |
|---|------------------------------------|
| Figure 1 : Carte des terrains d'enquête..... | 17 |
| Figure 2 : Clusters et réseaux d'entreprises utilisatrices | 30 |
| Figure 3 : Moulin rotatif à moteur animé | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 4 : Tympan | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 5 : Illustration des engrenages d'un moulin | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 6: Système bielle-manivelle..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 7 : Machine à vapeur de Newcomen..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 8 : Machine à vapeur produisant un mouvement rotatif | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 9 : Le mouvement rotatif au sein de l'atelier..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 10 : Pile électrique de Volta..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 11 : Moteur électrique de Jacobi (1834) | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 12 : Siège de Paris..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 13 : Schéma d'un motoréducteur..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 14 : Palier et roulement | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 15: Double-joint cardan | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 16 : Accouplement à lacets | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 17: Coupleur hydraulique | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 18 : Transport de statue, tombe de Tchuti Hetep, El-Bersheh, Egypte, 1880 av. J.-C. | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 19: Huileurs à mèches..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 20 : Ensemble de pompes "Héraklès" | 123 |
| Figure 21 : Colonne de distillation simplifiée | 124 |
| Figure 22 : Recette de cuisine pour lubrifiant en extérieur | 125 |
| Figure 23 : Presse excentrique à bouchon de graissage | 128 |
| Figure 24 : Publicité de bouchon de graissage | 129 |
| Figure 25 : Appareils de mesure des frottements de Coulomb | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 26 : Balance de frottement de Gustave Adolphe Hirn | 144 |
| Figure 27: Grapin d'un engin de manutention..... | 157 |
| Figure 28 : Des copeaux bloquant les accès..... | 158 |
| Figure 29 : Salle des pompes des produits chimiques..... | 159 |

| | |
|---|------------------------------------|
| <i>Figure 30 : Photographie d'une machine à papier</i> | 162 |
| Figure 31 : Schéma bilan du process d'une papeterie | 165 |
| Figure 32 : Chariot de transport robotisé | 170 |
| Figure 33: Schéma d'un convoyeur à bande | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 34 : Plan du parc à bois | 176 |
| Figure 35 : Tuyau à vis d'Archimède | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 36 : Schéma d'une pompe industrielle | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 37 : Tableau d'un extrait d'une exportation des données du logiciel métier..... | 193 |
| <i>Figure 38 : Graphique de la répartition des activités de lubrification sur une année</i> | 197 |
| Figure 39 : Graphique des opérations de maintenance en lubrification sur le modèle convoyeur (en %) | 199 |
| Figure 40 : Graphique des opérations de maintenance en lubrification sur le modèle tuyaux (en %) | 201 |
| Figure 41 : Graphique des opérations de maintenance en lubrification sur les tables à cylindres (en %). | 203 |
| Figure 42 : Graphique représentant la quantité de lubrifiant utilisée lors d'une année sur un site industriel, exprimé en Kilogramme et Litre | 206 |
| Figure 43 : Remplissage d'un réducteur à l'aide d'un oil-safe | 247 |
| <i>Figure 44: Les différents dispositifs d'évaluation du "bon" niveau</i> | 249 |
| Figure 45 : Tuyauterie éphémère..... | 258 |
| Figure 46 : Cinq chariots de graissage équipés de leurs tuyaux, flexibles et poignées de graissage. | 285 |
| Figure 47 : Agrafe « à pousser » pour graisseur hydraulique | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 48 : Agrafe de graissage « à tirer » pour graisseur plat | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 49 : Graisseur hydraulique de type H2 | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 50 : Graisseur-boulon..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 51 : Les 3 phases de graissage manuel d'un accouplement à ressorts "Citroën" | 301 |
| Figure 52 : Prise de température de palier au pistolet laser..... | 334 |
| Figure 53 : Deux postes Farvall et leurs systèmes d'alarme..... | 336 |
| Figure 54 : Mesure de la tige témoin d'un poste Farvall | 337 |

Table des tableaux

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 : Récapitulatif des jours d'enquête sur le terrain..... | 19 |
| Tableau 2 : Synthèse du corpus..... | 45 |
| Tableau 3 : Typologie des flux industriels | 189 |
| Tableau 4 : Répartition des opérations de maintenance. | 194 |
| Tableau 5 : Clé de répartition des infrastructures..... | 195 |
| Tableau 6 : Les temporalités de maintenance en fonction des types d'infrastructures du flux | 205 |

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 6 |
| 1. La maintenance dans les industries de flux | 7 |
| 1.1. La division du travail étendue dans les industries de process | 7 |
| 1.2. L'externalisation de la maintenance : le cas de la lubrification industrielle | 9 |
| 1.3. Une approche sensorielle | 11 |
| 2. Une enquête de terrain en immersion | 12 |
| 2.1. Genèse de l'enquête | 13 |
| 2.2. Une coopération sur 6 ans | 13 |
| 2.3. Une enquête se déroulant sur plusieurs sites industriels | 15 |
| 2.4. Une démarche ethnographique | 17 |
| 3. Plan de la thèse | 19 |
| Première partie | 23 |
| Chapitre 1. Une enquête de terrain en immersion | 24 |
| 1. Une ethnographie d'une entreprise prestataire en lubrification industrielle | 25 |
| 1.1. Une mise en carte des terrains d'enquête | 25 |
| 1.2. Présentation du corpus | 32 |
| 1.3. Bâtir un réseau : mutualiser les coûts et gérer les fragilités | 45 |
| 2. Une journée d'arrêt-machine à la papeterie de Saint-Gaudens | 55 |
| 2.1. Préparer une journée d'arrêt | 56 |
| 2.2. Lancer le chantier | 61 |
| 2.3. Relancer le chantier | 71 |
| 3. Conclusion | 80 |

Chapitre 2. De l'importance du mouvement rotatif : les fonctions techniques de la lubrification 82

| | | |
|------|---|-----|
| 1. | La chaîne cinématique ou comment transmettre le mouvement rotatif | 85 |
| 1.1. | Le mouvement rotatif pour éloigner l'homme | 85 |
| 1.2. | Mouvement rotatif et force hydraulique : l'émergence de la chaîne cinématique | 89 |
| 2. | De la machine à double effet au moteur électrique, extension puis réduction de la chaîne cinématique..... | 100 |
| 2.1. | D'une machine à feu pour pomper l'eau à un moteur vapeur pour entraîner un volant | 100 |
| 2.2. | La réduction de la chaîne cinématique | 107 |
| 3. | Les fonctions techniques et les pratiques de lubrification..... | 114 |
| 3.1. | Les premières pratiques de lubrification | 114 |
| 3.2. | L'automatisation du graissage et de la lubrification | 120 |
| 4. | Communiquer le mouvement rotatif : un problème énergétique | 130 |
| 4.1. | Les précurseurs au champ de la tribologie du XV ^e au XVIII ^e siècle..... | 131 |
| 4.2. | Charles-Augustin Coulomb, le lubrifiant comme facteur de rendement..... | 137 |
| 4.3. | Recherche sur l'équivalent mécanique de la chaleur : Hirn et le frottement médiateur | 143 |
| 5. | Conclusion..... | 148 |

Chapitre 3. Des infrastructures du flux et leurs fragilités techniques 151

| | | |
|------|--|-----|
| 1. | Description d'une industrie de flux | 155 |
| 1.1. | Des engins et leurs conducteurs | 156 |
| 1.2. | La matière circule et, parfois, envahit l'espace | 158 |
| 1.3. | Disparition progressive de la matière | 159 |
| 1.4. | Le cœur de la production..... | 161 |

| | | |
|---|---|------------|
| 1.5. | Diversifier la production | 163 |
| 1.6. | Retour vers le flux | 163 |
| 2. | Des flux industriels dans une industrie de flux | 165 |
| 2.1. | Des flux et des engins..... | 167 |
| 2.2. | Le réseau de convoyeurs | 171 |
| 2.3. | Une usine tuyaux | 178 |
| 2.4. | Les tables à cylindres | 182 |
| 2.5. | Des types de flux derrière l'industrie de flux..... | 186 |
| 3. | Quelles maintenances pour les infrastructures du flux ?..... | 190 |
| 3.1. | Trois temporalités de maintenance des infrastructures du flux | 191 |
| 3.2. | Combiner les temporalités pour stabiliser la santé de l'usine | 205 |
| 4. | Conclusion..... | 209 |
| Seconde partie..... | | 211 |
| Chapitre 4. Le « Grand arrêt » : un chantier de restauration | | 212 |
| 1. | Quand l'usine de flux devient chantier | 214 |
| 1.1. | Un sentiment d'invasion..... | 214 |
| 1.2. | Quand l'organisation de l'entreprise de production bascule vers le chantier de maintenance..... | 215 |
| 1.3. | Le flux s'estompe, le chantier se montre : une perception multisensorielle .. | 218 |
| 1.4. | Un rythme de chantier | 220 |
| 2. | L'organisation de chantiers dans une industrie automatisée : le cas de la lubrification 222 | |
| 2.1. | L'homme tuyau sur les traces du flux | 223 |
| 2.2. | Le chantier : un travail d'organisation en amont..... | 224 |
| 2.3. | Pourquoi ça grippe ?..... | 229 |

| | | |
|---|---|------------|
| 2.4. | Le chantier de lubrification : un chantier non prioritaire et une organisation flexible | 231 |
| 3. | Le temps du lubrificateur | 237 |
| 3.1. | De l'huile pour lubrifier le principe de continuité..... | 238 |
| 3.2. | L'opération de vidange et de remplissage..... | 240 |
| 4. | Le « Grand arrêt » : la temporalité du « bon boulot » pour l'agent de lubrification ? | 252 |
| 4.1. | Créer un collectif de travail dans l'adversité..... | 252 |
| 4.2. | Du temps pour d'autres maintenances ?..... | 254 |
| 5. | Conclusion..... | 259 |
| Chapitre 5. Le « Stop and Go » | | 263 |
| 1. | Organiser un chantier sous pression..... | 264 |
| 1.1. | La gestion d'un pic d'activité : l'influence du cluster industriel..... | 264 |
| 1.2. | Des moments d'organisation formels et informels | 266 |
| 2. | La « machine », lieu d'une temporalité de maintenance singulière | 271 |
| 2.1. | L'arrêt-machine | 272 |
| 2.2. | S'insérer dans un espace exigu..... | 275 |
| 3. | La temporalité du « graisseur » : une chasse programmée..... | 282 |
| 3.1. | Des outils et matières pour repousser la panne | 283 |
| 3.2. | La chasse à la panne. | 286 |
| 4. | Ordonnancement technique, place dans la hiérarchie professionnelle et gestion des aléas | 293 |
| 4.1. | Ordonnancement technique et positionnement professionnel du graisseur ... | 293 |
| 4.2. | L'aléa de chantier et du flux futur | 295 |
| 5. | Le bon boulot de l'agent de lubrification | 302 |
| 5.1. | Fonder une identité professionnelle dans l'adversité | 302 |
| | | 396 |

| | | |
|--|---|------------|
| 5.2. | Une identité professionnelle liée au degré d'automatisation | 306 |
| 6. | Conclusion..... | 308 |
| Chapitre 6. « En marche » : surveiller et maintenir les conditions d'écoulement futur du flux 311 | | |
| 1. | Organiser une ronde | 312 |
| 1.1. | Une organisation formelle du travail quotidien..... | 313 |
| 1.2. | Une organisation sur le terrain | 315 |
| 2. | Les industries de flux : un environnement matériel singulier | 317 |
| 2.1. | Préparation d'un chantier annuel : comment préserver les corps ?..... | 318 |
| 2.2. | Des rondes en environnement hostile : une perte de sens ? | 324 |
| 3. | Surveiller, lisser et attendre : les techniques de chasse à l'aléa mécanique | 330 |
| 3.1. | Surveiller les conditions d'écoulement futur du flux | 331 |
| 3.2. | Lisser les pics de maintenance en s'insérant dans le flux | 338 |
| 3.3. | L'aléa mécanique : enquête et organisation en urgence..... | 343 |
| 4. | Valorisations du travail « En marche » | 347 |
| 4.1. | Externaliser la ronde : une solution pour de répartir l'activité..... | 347 |
| 4.2. | Le peu d'attrait pour le pain quotidien | 350 |
| 5. | Conclusion..... | 355 |
| Conclusion..... | | 357 |
| 1. | Saisir l'environnement productif des industries de flux..... | 358 |
| 1.1. | Le mouvement rotatif et la lubrification des mécanismes de transmission.... | 359 |
| 1.2. | Des infrastructures de mise en flux de la production | 360 |
| 2. | Donner du sens à son travail | 362 |
| 2.1. | Surveiller les machines de production sans surveiller le flux ? | 362 |
| 2.2. | Valoriser les perceptions sensorielles du travail au détriment de sa fonction technique | 364 |
| | | 397 |

| | | |
|---------------------------------|---|------------|
| 2.3. | Des chirurgiens sur arrêt et des infirmiers au quotidien : des pertes de sens . | 366 |
| 3. | Organiser la maintenance des industries de flux | 367 |
| 3.1. | La maintenance, entre produit unique et industrie de process | 368 |
| 3.2. | Fluidifier la main-d'œuvre de maintenance : « une fluidité secondaire »..... | 370 |
| 3.3. | Pourquoi les agents de lubrification courent ? | 371 |
| Bibliographie..... | | 375 |
| Glossaire..... | | 384 |
| Résumé | | 389 |
| Table des figures..... | | 390 |
| Table des tableaux..... | | 392 |
| Table des matières | | 393 |