



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE -  
VAKINANKARATRA



Domaine : Sciences de l'Ingénieur

Mention : Génie Industriel

Parcours : Sciences et Ingénierie Textile

*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Licence en Génie Industriel,  
parcours : Sciences et Ingénierie Textile*

*N° d'ordre : 007/220/C/18*

# ANALYSE DES TEMPS D'ARRET DES MACHINES DE PREPARATION AU SEIN DE COTONA



Rédigé et présenté par : RADANIELINA Henintsoa Fenitra

Encadreur pédagogique : Madame RASAMIMANANA Valisoa

Encadreur professionnel : Monsieur RAKOTOMAVO Tiana

**Année académique : 2021-2022**

**Date de soutenance : 16 juin 2022**





UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE –  
VAKINANKARATRA



Domaine : Sciences de l'Ingénieur

Mention : Génie Industriel

Parcours : Sciences et Ingénierie Textile

*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Licence en Génie Industriel,  
parcours : Sciences et Ingénierie Textile*

*N° d'ordre : 007/220/C/18*

# ANALYSE DES TEMPS D'ARRET DES MACHINES DE PREPARATION AU SEIN DE COTONA



Présenté devant les membres du jury composé de :

- **Président** : Docteur RAVONISON Elie Rijatiana Hervé
- **Encadreur pédagogique** : Madame RASAMIMANANA Valisoa
- **Encadreur professionnel** : Monsieur RAKOTOMAVO Tiana
- **Examineurs** : Monsieur RAMBOAMAMPIANINA Samitiana  
Monsieur RABARISOA RIRIVA Faniry



## TENY FISAORANA

Voalohany indrindra dia isaorana eram-po, eran-tsaina Andriamanitra Ray be fitiavana sy Tompo mandidy ny zava-drehetra noho ny nanomezany tanjaka, herim-po sy herin-tsaina ary indrindra ny nitantanany ary nanohanany ahy teo amin'ny fiainana manontolo sy nandritry ny fianarana rehetra natao hatramin'ny nahavitan'ity boky ity.

Manolotra fisaorana roa sosona an'ireo olona nandray anjara na mivantana na tsia ka nanosika ny tenako mba hiezahako. Isaorako manokana :

- Ny Profesora Laharana Voalohany RAVELOMANANA Mamy Raoul, Talen'ny Anjery Manontolon'Antananarivo;
- Ny Profesora ANTSONANTENAINARIVONY Ononamandimby, Talen'ny Ivontoeram-pampianarana Ambony ao Antsirabe Vakinankaratra (IES-AV);
- Andriamatoa RAVONISON Elie Rijatiana Hervé, filohan'ny sampampianarana « Génie Industriel » eo anivon'ny IES-AV;
- Ramatoa RASAMIMANANA Valisoa, Mpampianatra Mpikaroka ao amin'ny IES-AV sy nanara-maso ara-pedagôjika ahy. Na dia maro aza ireo adidy izay sahaniny dia tsy nikely aina nanampy ahy tamin'ny fanatanterahana ity boky ity ;

Isaorako ihany koa ireo mpikambana ao amin'ny mpitsara sy mpanadina izay nanome ny heviny:

- RAVONISON Elie Rijatiana Hervé, Filoha mpanadina ;
- RAMBOAMAMPIANINA Samitiana, Mpampianatra Mpikaroka ao amin'ny IES-AV sady mpanadina voalohany ;
- RABARISOA RIRIVA Faniry, Mpampianatra Mpikaroka ao amin'ny IES-AV sady mpanadina faharoa ;

Manolotra fisaorana feno ho an'ny tompon'andraikitra rehetra eo anivon'ny Vondrona SOCOTA :

- Ramatoa RANDRIANITOVINA Josiane, Talen'ny « Ressources Humaines » eo anivon'ny Vondrona SOCOTA ;

- Andriamatoa RAKOTOMAVO Tiana, « Planning Manager » sy mpanara-maso matianina ao amin'ny sampana « Ordonnancement » ny SOCOTA Fabrics izay nanaiky nandray ahy teo anivon'ny sampana sahaniny ary nanampy betsaka ahy tamin'ny fanatanterahana ireo asa nandritry ny fiofanana izay nahafahana nanantontosa ity boky ity ;
- Ramatoa RAKOTOARISOA Njatoharimalala, Mpiandraikitra ny Foibe fanofanana ny Vondrona SOCOTA ;

Fisaorana mitafotafo no atolotra ireo tompon'andraikitra rehetra ao amin'ny COTONA ary ny mpiasa rehetra ao amin'ny sampana « TIAF » sy « ATELIER BLANC » izay nanaiky nizara ny traikefany tamim-pahatsorana sy tamim-pahatokiana tanteraka ;

Maneho ny fankasitrahana feno ho an'ireo mpampianatra rehetra ao amin'ny sampana “Sciences et Ingénierie Textile” izay nampianatra sy nanabe nandritra ireo telo taona nianarana tato amin'ny IES-AV.

Farany, tsy hay ny tsy hisaotra ny fianakaviana manontolo ary indrindra ireo Ray amandreny noho ny fanohanana ara-tsaina sy ara-pitaovana nandritry ny fianarako ary mankasitraka ireo namana rehetra noho ny fanampiany tamin'ny fanatontosana izao boky izao.

## REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je tiens à remercier Dieu pour son Amour et sa bénédiction qui m'ont accompagnée tout au long de ma vie et éventuellement dans l'accomplissement de ce mémoire.

Par la suite, qu'il me soit permis de remercier très sincèrement toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide en vue de la réalisation de ce mémoire.

Je tiens tout d'abord à adresser toute ma reconnaissance aux personnes suivantes :

- Monsieur RAVELOMANANA Mamy Raoul, Professeur titulaire, Président de l'Université d'Antananarivo ;
- Monsieur ANTSONANTENAINARIVONY Ononamandimby, Docteur, Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieure - Antsirabe Vakinankaratra (IES-AV) ;
- Monsieur RAVONISON Elie Rijatiana Hervé, Maître de Conférences et Responsable de la mention Génie Industriel ;
- Madame RASAMIMANANA Valisoa, Enseignant Chercheur au sein de l'IES-AV et Encadreur pédagogique d'avoir accepté de diriger la rédaction de ce mémoire. Ses précieux conseils et encouragements m'ont permis de garder la tête haute jusqu'à la réalisation de cet ouvrage. Grâce à son encadrement consciencieux, j'ai été motivée à pousser mes réflexions et à mener à terme mes recherches ;

Je remercie également la commission d'examen pour avoir apporté leur point de vue afin d'enrichir cet ouvrage :

- RAVONISON Elie Rijatiana Hervé, Maître de Conférences et Président du jury ;
- RAMBOAMAMPIANINA Samitiana, Enseignant Chercheur au sein de l'IES-AV et premier Examineur ;
- RABARISOA RIRIVA Faniry, Enseignant Chercheur au sein de l'IES-AV et deuxième Examineur ;

Que les responsables au sein du groupe SOCOTA soient également remerciés :

- Madame RANDRIANITOVINA Josiane, Directrice des Ressources Humaines au sein de SOCOTA, d'avoir validé ma demande de stage au sein de l'entreprise ;
- Monsieur RAKOTOMAVO Tiana, Planning Manager au sein de COTONA et Encadreur professionnel, de m'avoir accueillie au sein du département Ordonnancement en prenant le projet de l'institution comme objet de notre étude. En dépit de ses charges multiples, il a toujours su nous prodiguer de ses conseils et nous a fait bénéficier de son appui et ses enseignements qui ont fortement contribué à la réalisation de ce mémoire. Qu'il soit également remercié pour la confiance dont il a bien voulu faire preuve à mon égard, sa disponibilité et son aide tant professionnelle qu'administrative ;
- Madame RAKOTOARISOA Njatoharimalala, Responsable du Training Center du groupe SOCOTA ;
- Les responsables au sein de COTONA ainsi que toute l'équipe des départements TIAF et ATELIER BLANC, d'avoir accepté de partager leurs expériences professionnelles, ainsi que toutes informations indispensables pour mes recherches dans une atmosphère conviviale et pleine de confiance.

J'adresse également mes vifs remerciements à tous les enseignants qui m'ont formée durant toutes ces années.

Je ne peux passer sous silence la contribution de ma famille, particulièrement celle de mes parents, qui m'ont toujours soutenue, que ce soit moralement ou matériellement, tout au long de mon parcours pédagogique.

Merci également à mes amis de m'avoir encouragée à poursuivre mes études et à persévérer tout au long de ces trois dernières années.

## LISTE DES FORMULES CHIMIQUES

$\text{CH}_3\text{COOH}$  : acide acétique

$\text{H}_2\text{O}_2$  : peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  : carbonate de sodium

$\text{NaCl}$  : chlorure de sodium

$\text{NaClO}$  : hypochlorite de sodium ou eau de javel

$\text{NaClO}_2$  : chlorite de sodium

$\text{NaOH}$  : hydroxyde de sodium

## LISTE DES UNITES

% : pourcentage

°Bé : degré Baumé

°C : degré Celsius

°F : degré Fahrenheit

g/L : gramme par litre

g/m<sup>2</sup> : gramme par mètre carré

km : kilomètre

L : litre

m/min : mètre par minute

## LISTE DES ABREVIATIONS

5M : Main-d'œuvre, Matière, Méthode, Matériel, Milieu

AGOA : African Growth Opportunities Act

CAPM : Computer Aided Production Management

CC : Chariot Cornu

CEP : Chef d'Equipe de Production

COTONA : COTONnière d'Antsirabe

CP : Chariot Plat

DOD: Drop On Demand

DPS : Data Processing System

GPAO : Gestion de Production Assistée par Ordinateur

H : Heure

IED : Input Exchange of Die

J : Jour

Ltd : Limited

MC.PAT : Matière Colorante et Produits Auxiliaires de Teinture

N° : Numéro

NV : Non Validé

OED : Output Exchange of Die

OF: Ordre de Fabrication

OSO : Overseas Seafood Operation

PDG : Président Directeur Général

PDP : Programme Directeur de Production

SACM : Société Alsacienne de Construction Mécanique

SF : SOCOTA Fabrics

SMED: Single Minute Exchange of Die

SOCOFRAMA : SOciété COtonnière FRAnco-MAlgache

SOCOTA : SOciété COmmerciale de TAnanarive

SOTEMA : SOciété TExtile de MAhajanga

$T_c$  : Taux de charge

TCD : Tableau Croisé Dynamique

$T_d$  : Taux de disponibilité

TF : Temps de Fonctionnement

TIAF : Teinture-Impression-Apprêt-Finissage

TO : Temps d'Ouverture

$T_u$  : Taux d'utilisation

$T_A$  : Taux d'arrêt

$T_F$  : Taux de fonctionnement

V : Validé

## LISTE DES FIGURES

Figure I. 1 : Machines à filer rudimentaires [2].....	3
Figure I. 2 : Métiers à filer [2] .....	4
Figure I. 3 : Outils à tiser rudimentaires [2] .....	4
Figure I. 4 : Système à cartes perforées [2] .....	5
Figure I. 5 : Egreneuse et machine à coudre [2] .....	5
Figure I. 6 : Fils de chaîne et trame [4] .....	6
Figure I. 7 : Types d'armures de base des tissus [5] .....	6
Figure I. 8 : Etapes de Préparation au tissage .....	7
Figure I. 9 : Bobinoir [4] .....	8
Figure I. 10 : Ourdissage direct [6] .....	8
Figure I. 11 : Ourdissoir sectionnel [6] .....	9
Figure I. 12 : Principaux métiers à tisser [7] .....	10
Figure I. 13 : Machine de visitage [2] .....	10
Figure I. 14 : Processus de flambage [7] .....	11
Figure I. 15 : Machine de décapage [8].....	12
Figure I. 16 : Décapage du tissu [7] .....	12
Figure I. 17 : Processus de blanchiment [7] .....	13
Figure I. 18 : Etat des fibres avant et après mercerisage [9] .....	14
Figure I. 19 : Barque à tourniquet [7] .....	15
Figure I. 20 : Procédé de teinture par foulardage-stockage [7] .....	16
Figure I. 21 : Machine d'impression au cadre plat [10] .....	17
Figure I. 22 : Impression au cadre rotatif [7].....	17
Figure I. 23 : Machine d'impression digitale [11] .....	18
Figure I. 25 : Principe du foulard [7].....	19
Figure I. 24 : Tambour sécheur [7].....	19
Figure II. 1 : Etapes de la fonction d'ordonnancement.....	24
Figure II. 2 : Relation entre l'Ordonnancement et les départements de fabrication.....	25
Figure II. 3 : Elaboration des OF [12] .....	27
Figure II. 4 : Représentation Capacité/Charge [12].....	29
Figure II. 5 : Exécution d'un planning d'atelier [12].....	29

Figure II. 6 : Planning à gouttières [13] .....	31
Figure III. 1 : Flambeuse .....	35
Figure III. 2 : Ligne de Flambage-Désencollage ou Blanchiment [14].....	35
Figure III. 3 : Déroulement des opérations sur Flambeuse [6].....	36
Figure III. 4 : Ben-Bleach.....	37
Figure III. 5 : Ligne de blanchiment continu sur Ben-Bleach [14] .....	37
Figure III. 6 : Déroulement des opérations sur Ben-Bleach [6] .....	39
Figure III. 7 : Merceriseuse .....	40
Figure III. 8 : Ligne de mercerisage [14] .....	40
Figure III. 9 : Circuit de passage du tissu sur Merceriseuse.....	41
Figure III. 10 : Laveuse 7 .....	42
Figure III. 11 : Ligne de lavage [6] .....	43
Figure III. 12 : Rame 7 .....	44
Figure III. 13 : Ligne de séchage sur Rame 7 [16] .....	44
Figure III. 14 : Figure descriptif de la rame 7 [15].....	44
Figure III. 15 : Emeriseuse .....	46
Figure III. 16 : Ligne d'émerisage [17].....	46
Figure III. 17 : Circuit de passage du tissu sur Emeriseuse.....	46
Figure IV. 1 : Diagramme d'Ishikawa sur les arrêts machine .....	56
Figure IV. 2 : Saisies d'arrêt non validées .....	57
Figure IV. 3 : Famille d'arrêt sur Flambeuse .....	59
Figure IV. 4 : Famille d'arrêt sur Ben-Bleach .....	60
Figure IV. 5 : Famille d'arrêt sur Merceriseuse .....	61
Figure IV. 6 : Famille d'arrêt sur Laveuse 7 .....	62
Figure IV. 7 : Famille d'arrêt sur la Rame 7 .....	63
Figure IV. 8 : Famille d'arrêt sur Emeriseuse.....	64
Figure IV. 9 : Principales familles d'arrêt.....	65

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1 : Caractéristiques des pigments et des colorants .....	14
Tableau III. 1 : Caractéristiques des machines analysées [6] .....	34
Tableau III. 2 : Fonctions descriptives de la Flambeuse [15].....	36
Tableau III. 3 : Fonctions descriptives de la Ben-Bleach [15].....	38
Tableau III. 4 : Fonctions descriptives de la Merceriseuse [15].....	41
Tableau III. 5 : Fonction descriptive de la Rame 7 [15].....	45
Tableau III. 6 : Fonctions descriptives de l'Emeriseuse .....	47
Tableau IV. 1 : Pourcentage de fiabilité des arrêts sur GPAO .....	50
Tableau IV. 2 : Pourcentage d'anomalies de saisies sur GPAO.....	51
Tableau IV. 3 : Pourcentage d'anomalie de saisies par machine .....	51
Tableau IV. 4 : Codes et familles d'arrêt .....	52
Tableau IV. 5 : Durée moyenne (en minutes) et fréquence d'arrêt .....	53
Tableau IV. 6 : Temps d'état des machines (Ouverture, Fonctionnement et Arrêt).....	55
Tableau IV. 7 : Taux de fonctionnement et arrêt des machines .....	55
Tableau IV. 8 : Pourcentage des arrêts par machine (en %) .....	56

# TABLE DES MATIERES

<b>TENY FISAORANA</b> .....	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTE DES FORMULES CHIMIQUES</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTE DES UNITES</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>x</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>xi</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE TEXTILE</b> .....	<b>3</b>
I.1. Introduction.....	3
I.2. Les outils rudimentaires textiles .....	3
I.2.1. Production de filés.....	3
I.2.2. Fabrication des tissus.....	4
I.2.3. Teinture et impression .....	5
I.2.4. De l'artisanat à l'industrie .....	5
I.3. Processus de fabrication du tissu : le tissage .....	6
I.3.1. Préparation au tissage .....	6
I.3.2. Tissage .....	9
I.4. Introduction au finissage.....	10
I.4.1. Stade de préparation avant finissage : le prétraitement .....	10
I.4.2. Stade principal .....	14
I.4.3. Apprêts et finissage .....	18
I.5. Conclusion .....	21
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DU CADRE D'ETUDE</b> .....	<b>22</b>

II.1.	Introduction.....	22
II.2.	Présentation de la société COTONA.....	22
II.3.	Le département Ordonnancement.....	24
II.3.1.	Définition et principe de fonctionnement.....	24
II.3.2.	Démarches adoptées dans l'ordonnancement de la production.....	26
II.3.3.	Les outils de gestion de production utilisés par l'Ordonnancement.....	30
II.4.	Conclusion .....	33
<b>CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES.....</b>		<b>34</b>
III.1.	Introduction.....	34
III.2.	Description des matériels .....	34
III.2.1.	L'Atelier Blanc .....	35
III.2.2.	Le finissage .....	43
III.3.	Méthodologies.....	47
III.3.1.	Collecte de données .....	47
III.3.2.	Traitement des données .....	47
III.3.3.	Diagramme d'Ishikawa.....	49
III.4.	Conclusion.....	49
<b>CHAPITRE IV : RÉSULTATS ET DISCUSSION.....</b>		<b>50</b>
IV.1.	Introduction.....	50
IV.2.	Résultats .....	50
IV.2.1.	Analyse de fiabilité des arrêts sur GPAO .....	50
IV.2.2.	Analyse des temps d'arrêt des machines .....	51
IV.3.	Discussions des résultats .....	57
IV.3.1.	Discussions sur la fiabilité des saisies sur GPAO .....	57
IV.3.2.	Discussions sur l'analyse des temps d'arrêt des machines .....	58
IV.4.	Recommandations .....	66
IV.4.1.	Recommandations sur l'amélioration de la fiabilité de la GPAO .....	66

IV.4.2. Recommandations sur la réduction des temps d'arrêt des machines.....	67
IV.5. Conclusion.....	69
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>70</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE.....</b>	<b>I</b>
<b>ANNEXE 1 : BORDEREAU DE REALISATION TIAF .....</b>	<b>III</b>
<b>ANNEXE 2 : CODES D'ARRET TIAF .....</b>	<b>IV</b>

## INTRODUCTION GENERALE

L'analyse des temps d'arrêt des machines dans une entreprise industrielle est d'une importance capitale pour une maîtrise efficiente et performante de la chaîne de production. Peu importe leur cause, ils auront toujours un impact considérable sur la productivité de l'entreprise. Selon une étude réalisée en 2021 par Senseye (entreprise fournissant des solutions pour une meilleure gestion de l'état des équipements), les principales entreprises internationales du secteur industriel et manufacturier déplorent en moyenne 27 heures de temps d'arrêt machine par mois pour un coût horaire moyen de 450 000€. [1]

Le terme temps d'arrêt désigne les périodes au cours desquelles un système ou un équipement est indisponible. Il peut s'agir d'un arrêt programmé ou d'arrêt non prévu requérant alors une intervention. Alexander Hill, responsable de la stratégie mondiale chez Senseye affirme : « Les arrêts-machines sont une calamité pour le secteur industriel ». Quelle que soit la cause à l'origine de ces temps d'indisponibilité, ils génèrent d'énormes conséquences pour l'entreprise. Il est ainsi fondamental de s'y intéresser davantage.

Pionnier de l'industrie malagasy, SOCOTA Fabrics n'échappe pas à ce fléau. Ce rapport est le fruit du stage effectué au sein de cette puissante entité industrielle au cours de trois mois du 31 janvier au 29 avril 2022. Les tâches qui nous ont été assignées consistaient généralement en l'analyse des temps d'arrêt des machines de préparation des tissus tout en étudiant la fiabilité des saisies d'arrêt sur le logiciel de GPAO. Ce dernier étant le principal outil de gestion de la production au sein de cette envergure textile. Cette étude a été effectuée avant tout pour mener une réflexion axée vers une amélioration de la production de l'entreprise en établissant des actions correctives à partir des résultats d'analyse des temps d'arrêt. C'est donc naturellement que cette enquête constitue un enjeu décisif pour assurer une plus grande productivité, réduire les délais afin de permettre la satisfaction des clients.

C'est dans cette optique que l'on voit émerger un paradoxe : Quelles sont les principales causes d'arrêt qui pénalisent l'activité de la production des machines de préparation ? Ce problème sera analysé sous deux angles. D'abord, étude de fiabilité des saisies d'arrêt, puis, analyse des différents types d'arrêt existant.

La réflexion principale de cette étude met en exergue les temps d'arrêt les plus significatifs sur les machines de préparation des tissus au sein de COTONA. Pour ce faire, il est important de se familiariser avant tout avec l'univers du textile pour ensuite découvrir l'environnement

de stage en y repérant les notions abordées dans le premier chapitre. Une fois les bases acquises, le troisième chapitre mettra en évidence les matériels et méthodes utilisés pour mener cette étude. Les résultats obtenus à partir de l'analyse des temps d'arrêt des machines de préparation des tissus au sein de SOCOTA Fabrics seront présentés et discutés dans le dernier chapitre de ce rapport.

# CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE TEXTILE

## I.1. Introduction

Depuis son apparition sur la Terre, l'être humain a eu besoin de vêtements et de nourriture pour survivre. La fabrication de tissus et de vêtements remonte donc aux origines de l'humanité. Les anciens se servaient de leurs mains pour tisser du coton et obtenir ainsi du tissu ou de la toile. Ce n'est qu'à la fin du XVIIIe et au début du XIXe siècle que la révolution industrielle a transformé les techniques de fabrication des tissus. Plusieurs sortes d'énergie motrice commençaient alors à être employées.

## I.2. Les outils rudimentaires textiles

Le terme textile (du latin « texere », qui signifie tisser) s'appliquait à l'origine au tissage d'étoffes à partir de fibres. Ce terme s'étend même à la fabrication de filés ou de non-tissés à partir de fibres naturelles ou synthétiques, ainsi qu'au finissage et à la teinture des étoffes.

### I.2.1. Production de filés

A l'époque préhistorique, les poils d'animaux, des plantes et des graines étaient utilisés pour fabriquer des fibres. La soie a été utilisée vers 2600 avant J.C. et les premières fibres synthétiques ont été mises au point au milieu du XVIIIe siècle.

Le fuseau est le premier outil manuel utilisé pour filer. Il a été mécanisé en Europe vers l'an 1400 grâce à l'invention du rouet. C'est à la fin du XVIIe siècle qu'est apparue la machine à filer, la Jenny de Hargreaves, qui permettait de faire fonctionner simultanément plusieurs fuseaux.



*Le fuseau*



*Le rouet*



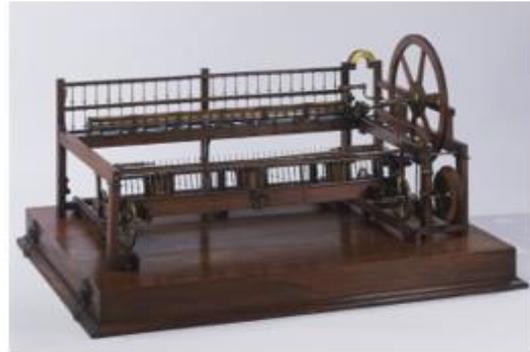
*Le métier à filer Jenny*

*Figure I. 1 : Machines à filer rudimentaires [2]*

Avec le métier à filer inventé en 1769 par Richard Arkwright et le métier renvideur de Samuel Crompton (Mule-Jenny), inventé en 1774 qui permettait de faire fonctionner un millier de broches à la fois, la filature est passée du stade artisanal à l'ère industrielle. [3]



*Métier à filer de Richard Arkwright*



*Métier renvideur de Samuel Crompton*

*Figure I. 2 : Métiers à filer [2]*

### **I.2.2. Fabrication des tissus**

Depuis l'Antiquité, l'outil de base était le métier à tisser manuel. Des améliorations mécaniques ont été apportées par la lisse sur laquelle on attache un fil de chaîne sur deux. La pédale a été introduite au XIIIe siècle ; elle permettait de faire fonctionner plusieurs jeux de lisses. Le métier mécanisé est alors devenu l'instrument de tissage prédominant à l'époque. La mécanisation du tissage a commencé en 1733 avec la navette volante de John Kay, qui permettait de lancer automatiquement la navette sur toute la largeur du métier.



*Métier à tisser manuel*



*Métier à tisser mécanique*



*Navette volante*

*Figure I. 3 : Outils à tiser rudimentaires [2]*

Edmund Cartwright mit au point le métier à vapeur en 1788 et il a créé avec James Watt, en Angleterre, la première usine textile fondée sur ce principe.

Un autre développement important a été le système à cartes perforées inventé par Joseph Marie Jacquard en 1801 grâce auquel les motifs pouvaient être tissés automatiquement. Les anciens métiers à vapeur, en bois, ont été progressivement remplacés par des machines construites en acier ou en d'autres métaux. Les progrès techniques intervenus depuis lors ont consisté à en augmenter la taille et la rapidité et à en améliorer l'automatisation. [3]



Figure I. 4 : Système à cartes perforées [2]

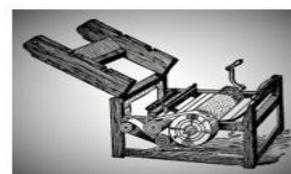
A l'origine, on utilisait des colorants naturels (plantes, insectes ou mollusques) pour teindre les fils et les tissus, mais ces procédés se sont compliqués au XIXe siècle avec la découverte des colorants dérivés des goudrons de houille, puis avec la mise au point des fibres synthétiques au XXe siècle.

Au début, l'impression à la planche servait à teindre les tissus (la sérigraphie a été mise au point pour cette application vers le milieu du XIXe siècle), mais elle a été rapidement remplacée par l'impression au rouleau. Des rouleaux en cuivre gravé ont été utilisés pour la première fois en Angleterre en 1785. [3]

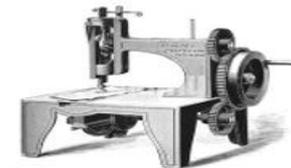
#### I.2.4. De l'artisanat à l'industrie

La fabrication des textiles était initialement un art manuel pratiqué soit par des fileurs et des tisseurs qui travaillaient à domicile, soit par de petites équipes d'artisans qualifiés.

L'invention de l'égreneuse par Eli Whitney, en mars 1794 permettait de nettoyer très rapidement le coton récolté. Au début du XVIIIe siècle, plusieurs inventeurs ont mis au point des machines permettant de coudre le tissu. Toutefois, l'invention de la machine à coudre moderne revient à Isaac Merritt Singer. Les progrès techniques ont fait naître de grandes entreprises textiles économiquement très importantes. [3]



Egreneuse Cotton Gin



Machine à coudre Singer

Figure I. 5 : Egreneuse et machine à coudre [2]

### I.3. Processus de fabrication du tissu : le tissage

Le tissage est un procédé de production du textile dans lequel deux ensembles distincts de fils sont entrelacés à angle droit pour former un tissu. Les fils verticaux sont appelés fils de chaîne (1) et les fils horizontaux sont les fils de trame (2). La méthode par laquelle ces fils sont tissés ensemble influe sur les caractéristiques du tissu qui en résulte.

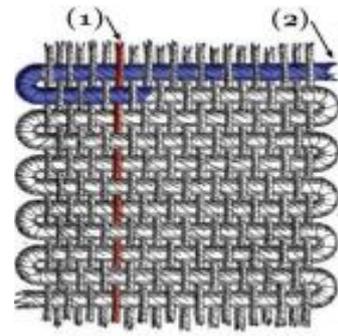


Figure I. 6 : Fils de chaîne et trame [4]

Le tissu est tissé sur un métier à tisser. Un dispositif tient les fils de chaîne en place tandis que les fils de trame sont tissés à travers eux. La façon dont les fils de chaîne et les fils de trame s'entrecroisent les uns avec les autres est appelée armure [4]. Généralement, il existe trois principales armures de base illustrées par la figure ci-dessous.

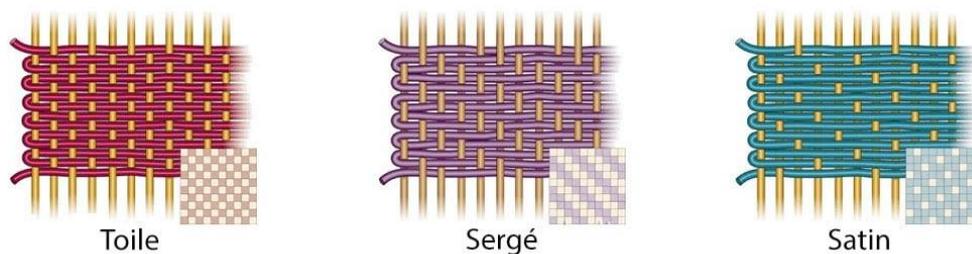


Figure I. 7 : Types d'armures de base des tissus [5]

#### I.3.1. Préparation au tissage

La préparation au tissage consiste à préparer les fils intervenant dans l'opération de tissage. Cette étape a pour but de présenter les fils textiles dans des formes appropriées au tissage selon l'aspect et la structure du tissu. On distingue ainsi deux cycles distincts pour les fils de chaîne et les fils de trame. Son processus général peut être illustré par la figure I.8.

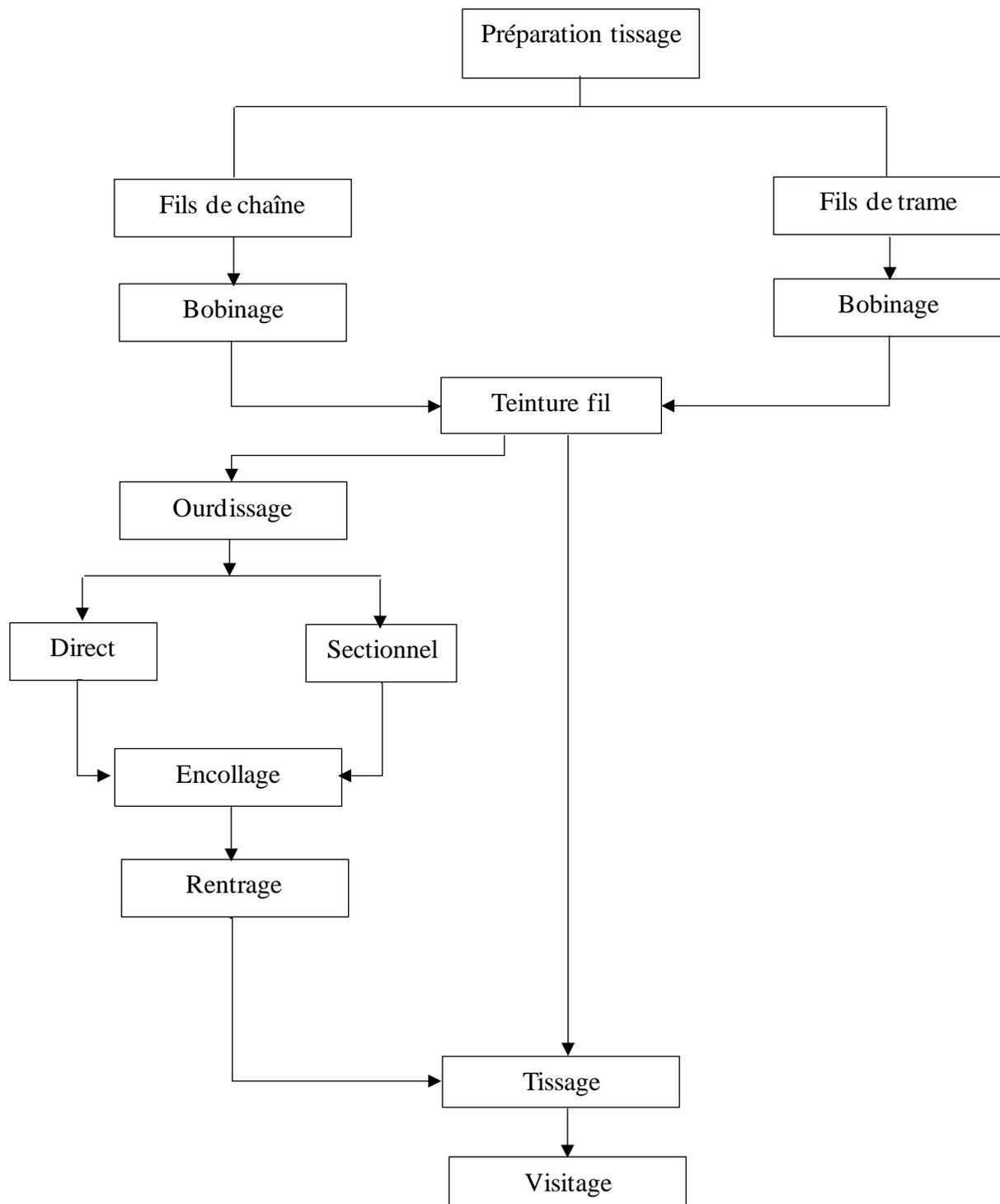


Figure I. 8 : Etapes de la Préparation au tissage

### a. Bobinage

Le bobinage a pour but de dévider le fil et de l'enrouler de façon parfaite et continue sur plusieurs cônes. La longueur du fil ainsi enroulé pourra atteindre un maximum en poids et en métrage. Ce fil continu facilitera et accélèrera la production à l'ourdissage. Pour les fils destinés à la teinture, les supports de cônes seront perforés afin de faciliter la pénétration des colorants. La subdivision sur plusieurs cônes permet d'adoucir les fils et facilite le rentrage chaîne.



Figure I. 9 : Bobinoir [4]

### b. Ourdissage

Lors du procédé de tissage, les fils de chaîne sont alimentés à partir d'une ensouple (rouleau d'ourdissoir) qui est installée à l'arrière d'un métier à tisser. La préparation de l'ensouple de tissage se fait par le procédé d'ourdissage. On distingue l'ourdissage direct et l'ourdissage sectionnel.

- **L'ourdissage direct**

Il permet d'enrouler des bobines de fil montées sur cantre sur des rouleaux d'ourdissoir.



*Bobines de fils sur le cantre d'ourdissoir*



*Machine ourdissoir direct*

Figure I. 10 : Ourdissage direct [6]

- **L'ourdissage sectionnel**

Il consiste à ourdir les fils de chaîne une section à la fois sur une même ensouple, avant de transférer tous les fils accumulés sur une ensouple de tissage ou pour teinture. Ce type d'ourdissage est réservé spécialement pour les articles à rayures.

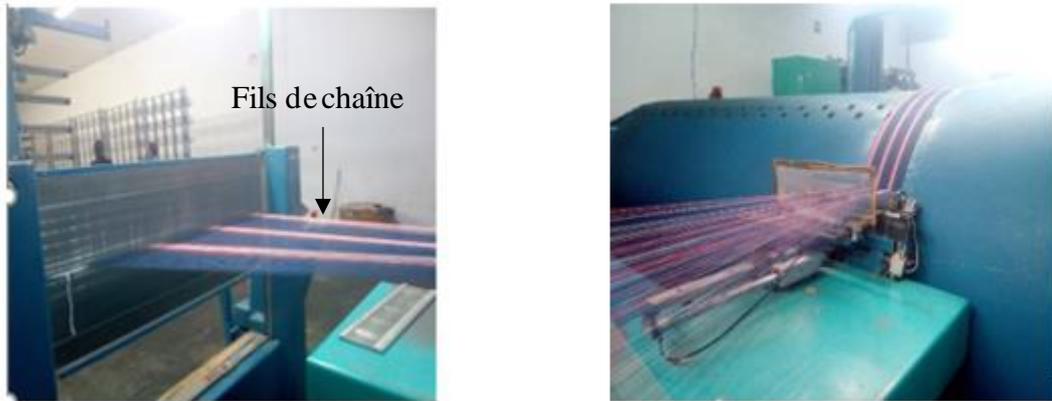


Figure I. 11 : Ourdissoir sectionnel [6]

### c. Encollage

L'encollage ou parage consiste à appliquer une couche protectrice (une colle) autour des fils qui seront ensuite séchés à la vapeur pour avoir la résistance nécessaire afin de les préparer à l'étape du tissage. L'encollage pénètre le fil pour le renforcer et forme une enveloppe pour le protéger. La machine qui effectue le parage s'appelle l'encolleur.

### d. Rentrage

Le rentrage chaîne indique l'ordre dans lequel les harnais<sup>1</sup> seront utilisés pendant le tissage, afin de créer le motif voulu sur le tissu. Le plan de rentrage indique comment chaque fil de chaîne est inséré ou tiré dans les harnais afin de produire le motif ou l'armure désiré.

## I.3.2. Tissage

Il existe différents types de métiers à tisser en fonction des besoins de production, des largeurs de tissus, des matériaux utilisés et des motifs voulus. Après tissage, l'étoffe obtenu est appelée écreu. C'est un tissu à l'état naturel, n'ayant encore subi aucun traitement. Principalement, on distingue trois types de métiers à tisser.

**Métiers à came** : un ensemble de cames<sup>2</sup> active les harnais selon une séquence répétitive. La séquence des harnais ne peut pas être modifiée.

**Métiers à ratière** : un mécanisme composé de commandes électroniques ou mécaniques permet de sélectionner les harnais à être soulevés ou abaissés à chaque insertion selon un patron préétabli. Ce système permet d'avoir plusieurs possibilités de patron.

<sup>1</sup> Harnais : ensemble qui permet de manœuvrer les fils de chaîne par l'intermédiaire des pédales et des lisses. [26]

<sup>2</sup> Une came : pièce roulant ou glissant sur une autre pièce. La came permet de générer des mouvements alternatifs. [26]

**Métiers à commande Jacquard** : ce type de métier permet de tisser des patrons beaucoup plus complexes puisque chaque brin est passé dans une lame<sup>3</sup> actionnée individuellement par un mécanisme électronique ou mécanique. [4]



Figure I. 12 : Principaux métiers à tisser [7]

Une fois que le tissu écreu est reçu de la section tissage, il est inspecté sur des machines d'inspection illustrées par la figure I.14. L'objectif principal est de confirmer la qualité du tissu avant de commencer le prétraitement. Tout défaut de tissage peut être identifié et marqué avant que l'écreu ne soit traité. Les tissus inspectés sont classés en fonction du nombre de défauts constatés (tâches, nœuds...) que les « visiteurs », c'est-à-dire les opérateurs en charge de la machine de visitage, tenteront d'éliminer par la suite. Après inspection, le tissu écreu peut maintenant passer au stade de finissage.



Figure I. 13 : Machine de visitage [2]

## I.4. Introduction au finissage

### I.4.1. Stade de préparation avant finissage : le prétraitement

Le tissu obtenu à la sortie de tissage ou l'écreu ne peut pas être utilisé directement pour la fabrication de divers produits textiles. Le tissu contient un certain nombre d'impuretés telles que la poussière, la saleté, les taches d'huile, les cires, les amidons ou autres matières d'ensimage, les particules de graines et les colorants naturels. Toutes ces impuretés ne

---

<sup>3</sup> Lames : objet plat avec un œil dans lequel on passe un brin. Les lames sont attachées aux harnais, lesquelles montent et baissent les fils de chaîne pour former la foule. On peut aussi les appeler « lisses ». [4]

pourraient être éliminées par une seule opération. Il faut des séquences d'opérations, que l'on appelle prétraitement.

Toutes les opérations qui précèdent la teinture ou l'impression des tissus sont appelées processus préparatoire ou prétraitements. Ils comprennent généralement : le flambage, le désencollage, le décapage, le blanchiment et le mercerisage. Toutes ces opérations ont des objectifs spécifiques et il n'est pas forcément nécessaire d'utiliser toutes les opérations pour tous les tissus. Cela dépend généralement du type de tissu, du contenu et de son utilisation finale.

Les traitements préparatoires des matières textiles permettent d'éliminer toutes les impuretés, qu'elles soient naturelles ou ajoutées au cours de la production qui peuvent interférer dans le processus ultérieur de teinture ou de finition. De plus, ils améliorent la capacité des fibres à absorber l'eau, les solutions de teinture et les produits chimiques, tout en leur conférant une brillance ou une blancheur appropriée aux tissus selon les besoins. [8]

### a. Flambage

Pendant les opérations de tissage, les fils de chaîne sont soumis à une friction continue. En raison de cette friction continue, le fil devient poilu. Cette pilosité est indésirable dans le tissu et lui donne une sensation désagréable. L'objectif principal du flambage est d'éliminer les fibres qui dépassent des deux côtés du tissu. Le tissu passe au-dessus d'une flamme nue à une vitesse élevée pour éviter les brûlures. Un flambage irrégulier entraîne une teinture non uniforme. [8]

La figure I.14 décrit le processus du tissu pendant le flambage.

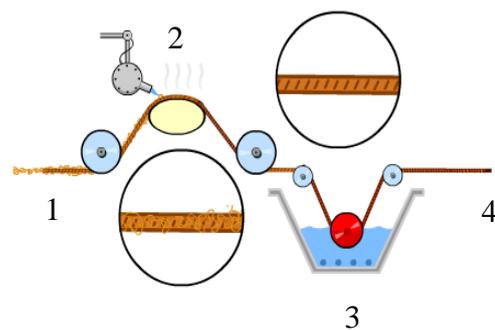


Figure I. 14 : Processus de flambage [7]

(1) : entrée du tissu dans la machine

(2) : flambage du tissu

(3) : passage du tissu dans la bacholle  
(pour le blanchiment ou désencollage)

(4) : sortie du tissu de la machine

### b. Désencollage

De la colle est ajoutée pendant le processus préparatoire du tissage. L'objectif principal de l'encollage est de donner de la résistance au fil. Cela améliore l'efficacité du tissage en réduisant la casse du fil. Une fois le tissage terminé, le matériau d'encollage est indésirable dans le tissu. Cette colle rend le tissu rigide et hydrophobe par nature. L'objectif principal du désencollage est alors d'éliminer l'amidon du tissu. Pour ce faire, il est imprégné dans le bain d'ensimage et stocké pendant 8 à 12 heures. Le bain d'imprégnation contient la quantité requise

d'enzyme, d'agent mouillant et de chlorure de sodium (NaCl). Après ce processus, le tissu est soigneusement lavé à l'eau chaude. Dans le cas de l'application d'enzymes pour le désencollage, le tissu imprégné d'un bain d'enzymes est ensuite passé à la vapeur à une température de 96 à 100 °C. Il s'agit d'un processus rapide qui permet de désencoller le tissu. [8]

### c. Décapage

Le fil composé de fibres naturelles contient des huiles et des cires naturelles. Ces huiles et cires rendent le tissu hydrophobe et ne permettent pas aux colorants et aux produits chimiques de pénétrer dans la fibre. Le décapage est un traitement de nettoyage dans lequel les huiles, les cires et les tailles résiduelles sont éliminées du tissu par les produits chimiques. Après le décapage, le tissu devient absorbant par nature. Dans ce processus, le tissu est traité avec une solution alcaline forte d'hydroxyde de sodium NaOH ou un mélange de NaOH et de carbonate de sodium Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> proche ou supérieure à la température d'ébullition pendant 1 à 2 heures. Il est rincé à chaud, puis finalement rincé à froid avec de l'acide acétique CH<sub>3</sub>COOH. Le rinçage final à l'acide acétique est également appelé processus d'acidification. [8]

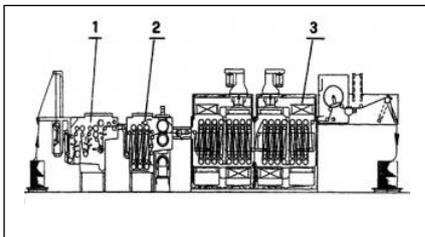


Figure I. 15 : Machine de décapage [8]

- (1) Unité d'imprégnation du solvant
- (2) Unité d'imprégnation d'acide sulfurique
- (3) Unité de carbonisation

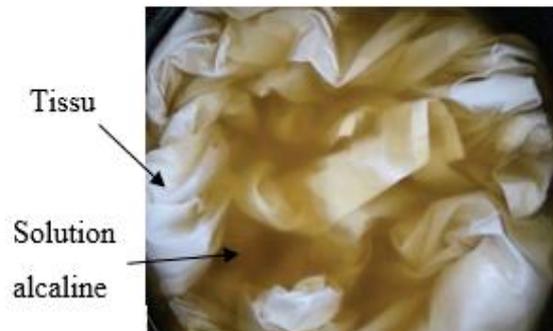


Figure I. 16 : Décapage du tissu [7]

### d. Blanchiment

Après le processus de décapage, le tissu est exempt d'huiles et de cires, mais des matières colorantes naturelles sont encore présentes dans la fibre. Si cette couleur n'est pas éliminée à ce stade, il sera très difficile d'obtenir la teinte souhaitée lors du processus de teinture. L'objectif principal du blanchiment est d'éliminer les matières colorantes naturelles et de rendre le tissu parfaitement blanc en endommageant le moins possible les fibres. Le blanchiment est généralement effectué par un procédé oxydatif. Il utilise de l'alcali concentré, un agent

mouillant, un agent tensio-actif, un agent séquestrant, un agent de blanchiment et un azurant optique. Certains des exemples d'agents de blanchiment sont : l'hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ), le chlorite de sodium ( $\text{NaClO}_2$ ) et le peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Ce dernier est également appelé "agent de blanchiment universel". [8]

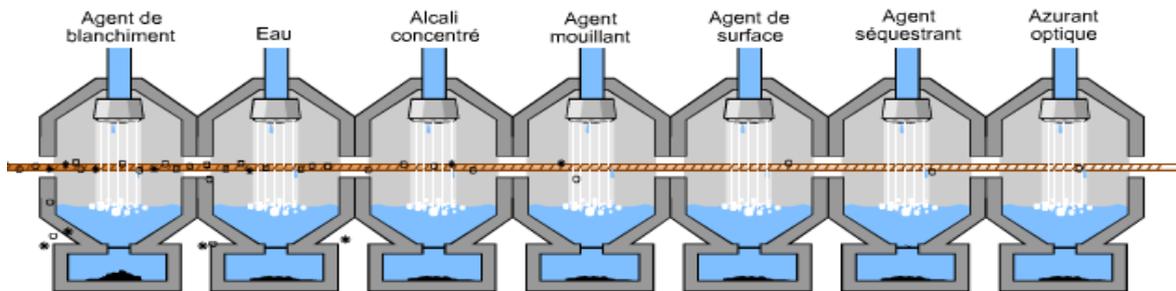


Figure I. 17 : Processus de blanchiment [7]

Le blanchiment au peroxyde s'effectue généralement à une température proche ou supérieure à la température d'ébullition, sous pression, pendant une heure ou plus. Après le blanchiment, le tissu est soigneusement rincé avec une légère quantité de solution basique pour éviter la formation de sels insolubles de silicates. [8]

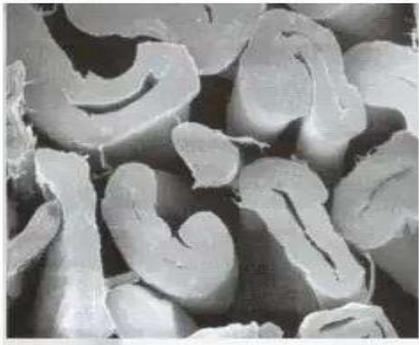
#### e. Mercerisage

Dans le processus de mercerisage, le tissu est traité avec une solution concentrée froide d'hydroxyde de sodium pendant une minute ou moins. Au cours de ce processus, les fibres de coton gonflent, se détordent et leur section transversale en forme de haricot se transforme en une forme ronde.

Grâce au processus de mercerisage, la résistance du tissu est augmentée de 15 à 25 %. Il contribue à l'amélioration du lustre et confère au tissu une plus grande affinité avec l'eau, les teintures et autres produits chimiques de finition. Le mercerisage contrôle également le rétrécissement dans les deux sens du tissu.

Le textile est rembourré dans une solution de  $\text{NaOH}$  à environ 20-25% contenant un agent mouillant. Le  $\text{NaOH}$  va pénétrer dans les fibres et réagir avec elles. [8]

**AVANT**



**APRES**

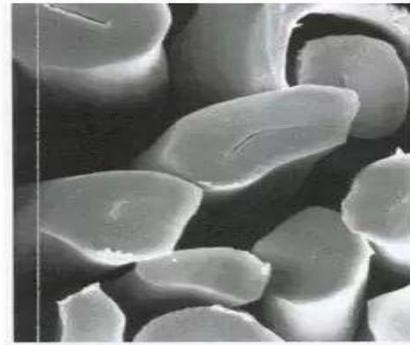


Figure I. 18 : Etat des fibres avant et après mercerisage [9]

## I.4.2. Stade principal

### a. Teinture textile

Les couleurs appliquées au tissu peuvent être divisées en deux catégories : les pigments et les colorants. Afin d'effectuer la coloration des tissus, les pigments et les colorants doivent avoir les caractéristiques présentées dans le tableau I.1.

Tableau I. 1 : Caractéristiques des pigments et des colorants

<b>Pigments</b>	<b>Colorants</b>
Disposent de couleur intense, insolubles dans l'eau ou dans les solvants	Disposent de couleur intense, solubles dans l'eau pendant la phase de teinture
Les fibres ne sont pas résistantes aux pigments pendant la phase de teinture	Les fibres sont assez résistantes aux colorants pendant la phase de teinture
La taille des molécules varie de petite à grande	La taille des molécules doit être suffisamment petite pour permettre aux molécules de pénétrer dans les fibres
Sont stables aux traitements ultérieurs de production	Sont stables aux traitements ultérieurs de production
La durabilité dépend des liants utilisés	Sont capables d'acquérir une durabilité aux traitements humides

La teinture a pour objectif principal de donner de la couleur aux textiles de manière uniforme. Elle tend à obtenir une durabilité acceptable de la couleur face aux traitements ultérieurs de la production et à l'utilisation finale. Elle vise également à reproduire la teinte requise d'un lot à l'autre.

Les textiles peuvent être teints à l'aide des méthodes suivantes : teinture par lots, teinture en continu, teinture en semi-continu. [8]

- **La teinture par lots ou teinture discontinue**

Il existe trois types généraux de machines de teinture par lots : la première est la machine dans laquelle le tissu circule. Dans le second type, c'est la liqueur de teinture qui circule alors que la matière à teindre est immobile, et dans le dernier, la liqueur de teinture et le tissu circulent simultanément. La barque à tourniquet est un exemple de machines de teinture dans laquelle le tissu est en circulation. C'est un bac qui contient le bain de teinture et qui est muni d'un dévidoir servant à entraîner le tissu dans le bain de teinture liquide. Durant le processus de teinture, de la vapeur vive est injectée pour chauffer le liquide colorant. L'injection de vapeur a pour effet d'agiter vigoureusement le compartiment et contribue au mélange des colorants et des produits chimiques [7].

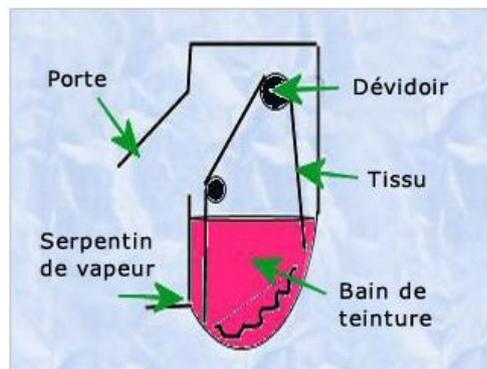


Figure I. 19 : Barque à tourniquet [7]

- **Procédés de teinture en continu**

Dans le procédé de teinture en continu, les textiles sont introduits en continu dans une machine de teinture. Les vitesses de la machine peuvent varier entre 50 et 250 m/min selon le type de machine et le type de tissu utilisé. Un procédé de teinture en continu comprend généralement les étapes suivantes : application du colorant, fixation du colorant par la chaleur ou des produits chimiques et rinçage ou lavage [8].

Une des méthodes les plus populaires dans le processus de teinture en continu est la teinture par foulardage-stockage. C'est un procédé en continu utilisé principalement pour teindre les tissus de coton à l'aide de colorants réactifs de teinture à froid. Le tissu est imprégné d'un mélange contenant du colorant, de l'alcali et d'autres produits chimiques auxiliaires. Le

tissu imprégné est enroulé sur un rouleau et entreposé pendant quelques heures pour permettre au colorant de réagir avec la fibre.

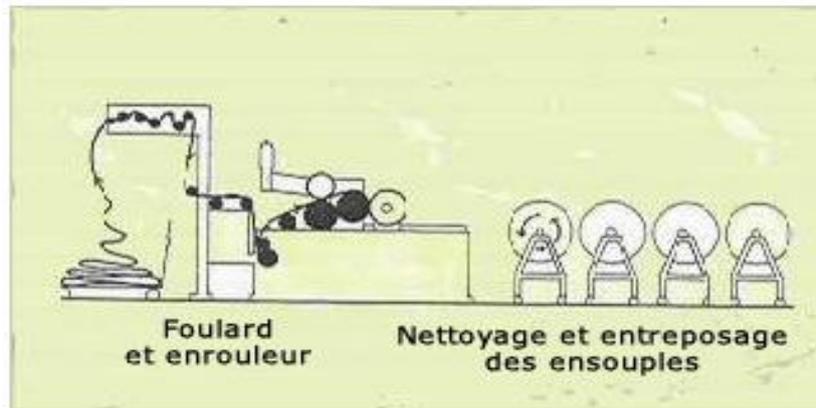


Figure I. 20 : Procédé de teinture par foulardage-stockage [7]

- **Procédé de teinture en semi-continu**

Le procédé de teinture en semi-continu se compose de pad-batch, pad-jig et pad-roll. Dans ce procédé, le tissu est d'abord passé à travers le liquide de teinture, ce qui est appelé machine à tamponner ou mangle à tamponner. Ensuite, il est soumis à un traitement par lots dans un jigger. Il peut également être stocké avec une rotation lente pendant plusieurs heures. Dans le lot de tampons, ce traitement est effectué à température ambiante, tandis que dans le rouleau de tampons, il est effectué à une température plus élevée en utilisant une chambre de chauffage. Cela permet de fixer les colorants sur la fibre. Après ce processus de fixation, le tissu est soigneusement nettoyé et rincé dans des machines à laver en continu. [8]

## b. Impression textile

- **Procédé d'impression**

L'impression, comme la teinture, est un procédé destiné à appliquer de la couleur sur le textile. Toutefois, au lieu de colorer l'ensemble du tissu comme dans la teinture, la couleur d'impression n'est appliquée qu'à des zones définies afin d'obtenir le dessin désiré. Ceci implique des techniques et des machines différentes de celles de la teinture, mais les interactions physiques et chimiques entre les colorants et la fibre sont analogues à ceux de la teinture. [9]

- **Technique d'impression**

Différentes machines très variées peuvent être utilisées pour imprimer les tissus. Ci-après une description des machines les plus couramment utilisées :

### ***Impression au cadre plat***

Dans l'impression au cadre plat, la pâte d'impression est transférée à l'étoffe à travers les surfaces gravées des cadres spécialement conçus. Les surfaces gravées de chaque cadre correspondent à un dessin et lorsque la pâte d'impression est transférée par une racle à travers le cadre, le dessin souhaité est reproduit sur l'étoffe. Un cadre spécifique est gravé pour chaque couleur du dessin.



Figure I. 21 : Machine d'impression au cadre plat [10]

### ***Impression au cadre rotatif***

Les machines d'impression au cadre rotatif utilisent le même principe que celui décrit plus haut, mais au lieu de cadres plats, la couleur est transférée au tissu à travers des cadres cylindriques en feuille métallique légère. Le textile avance en continu au-dessous d'un jeu de cadres cylindriques tandis qu'à chaque poste,



Figure I. 22 : Impression au cadre rotatif [7]

la pâte d'impression est automatiquement alimentée à l'intérieur du cadre à partir d'un réservoir. Elle est ensuite transférée par pression sur l'étoffe à travers le cadre. Un cadre rotatif différent est nécessaire pour chaque couleur du dessin. [9]

### ***Impression numérique***

L'impression numérique définit un ensemble de technologies qui peuvent être utilisées pour transférer une image sous forme numérique sur la surface cible. Comme les surfaces cibles ont des caractéristiques différentes, toutes les technologies d'impression ne peuvent pas être appliquées à un substrat donné.

La technologie la plus courante utilisée pour l'impression sur les textiles est la technologie du jet d'encre piézoélectrique à goutte à la demande Drop On Demand (DOD). Elle repose sur l'approche selon laquelle un flux de gouttelettes d'encre est projeté sur un substrat afin de former un motif. La précision du placement des gouttelettes est obtenue en utilisant le champ électromagnétique. Il existe également quelques autres alternatives à la technologie du jet d'encre : l'impression thermique DOD et l'impression à flux continu. Cependant, c'est la technologie DOD piézoélectrique qui est principalement utilisée pour l'impression numérique sur les textiles à l'heure actuelle. [10]



*Figure I. 23 : Machine d'impression digitale [11]*

### **I.4.3. Apprêts et finissage**

Le finissage est un terme collectif regroupant de nombreux procédés et traitements auxquels peut être soumis un tissu au cours des dernières étapes de la production de textiles. C'est à ce moment que leurs propriétés finales sont développées visant à améliorer l'attrait et/ou l'utilité des tissus. Les procédés de finition peuvent produire des effets négatifs aussi bien que des effets positifs sur un tissu donné. Les résultats sont souvent un compromis entre les deux.

Certains apprêts sont si temporaires qu'ils disparaissent complètement après un seul lavage alors que d'autres modifient les propriétés d'un tissu de façon permanente. Un apprêt peut être soit esthétique, modifiant l'apparence ou le toucher des tissus, soit fonctionnel, améliorant la performance du textile dans des conditions d'utilisation finale précises. Les apprêts peuvent être appliqués de manière chimique ou mécanique. Les apprêts chimiques sont des procédés au mouillé dans lesquels des produits chimiques sont appliqués sur les tissus tandis

que les apprêts mécaniques sont des procédés par voie sèche produits par certains moyens mécaniques, tels que le brossage ou le rasage.

### a. Apprêtage chimique

L'apprêt chimique est appliqué sur un tissu pour lui donner une propriété qui n'est pas inhérente à la fibre, ou pour modifier les propriétés du tissu afin d'améliorer sa performance et sa valeur aux yeux du consommateur. Il existe de nombreux types d'apprêt chimique. Ces apprêts sont généralement solubles, émulsifiables ou dispersables dans l'eau. Les apprêts chimiques sont regroupés en deux catégories. D'un côté, les apprêts chimiques directs sont absorbés par les fibres et appliqués à l'aide de systèmes par immersion en lot classiques. De l'autre côté, les apprêts chimiques indirects sont déposés à la surface des fibres et appliqués par un procédé de foulardage en continu ou d'absorption. Il existe plusieurs types d'application des apprêts chimiques sur les tissus. Le plus usité est le principe du foulard qui consiste à faire passer le tissu dans une cuve de solution, puis à le presser au moyen de rouleaux exprimeurs.

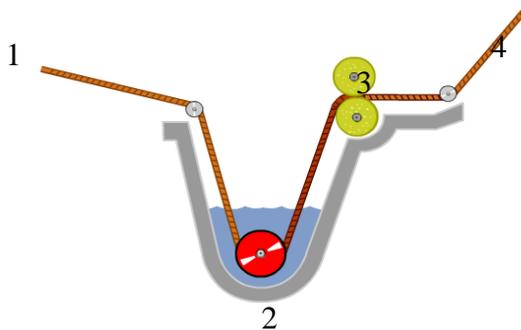


Figure I. 25 : Principe du foulard [7]

Une fois l'apprêt chimique appliqué sur le tissu, la prochaine étape est le séchage, qui est souvent suivi par le traitement thermique. Le séchage évapore l'eau ou le liquide inutile et le traitement thermique fixe l'apprêt dans le tissu ou cuit l'apprêt sur la surface. Plusieurs types d'appareils sont utilisés pour effectuer le séchage et le traitement thermique des tissus, notamment : les tambours sécheurs et les rames élargisseuses.

- (1) Entrée du tissu
- (2) Passage du tissu dans la cuve de solution
- (3) Exprimage du tissu entre les rouleaux exprimeurs
- (4) Sortie du tissu

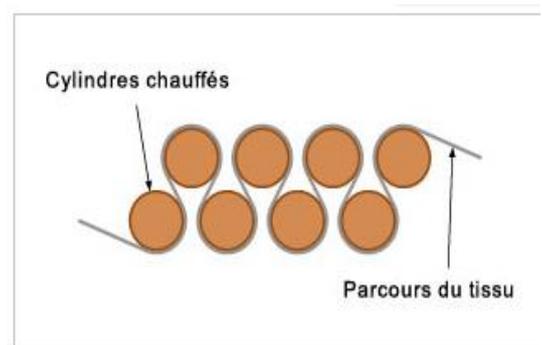


Figure I. 24 : Tambour sécheur [7]

## **b. Apprêtage mécanique**

L'apprêtage mécanique demande l'utilisation d'une certaine force pour modifier la surface de la fibre et pour produire une sensation ou un aspect différent. Il existe de nombreux apprêts de surface mécaniques. Voici quelques exemples : thermofixation, duvetage, rasage, émerisage, calandrage, décatissage, traitement de compacité...

**La thermofixation** des fibres synthétiques sert à améliorer le rendement et la durabilité des apprêts pour les traitements de nettoyage. Il permet d'augmenter l'infroissabilité et la résistance au rétrécissement tout en réduisant le boulochage. La thermofixation s'effectue en largeur sur des rames élargisseuses en soumettant le tissu à des températures élevées (de 350 à 400 °F).

**Le duvetage** est un procédé d'apprêtage mécanique au cours duquel les fibres sont relevées de la surface du tissu, soit sous forme de fibres coupées, soit sous forme de fils bouclés, au moyen de pointes métalliques. Le duvetage sert à augmenter la valeur d'un tissu en lui conférant des caractéristiques désirables.

**Le rasage** consiste à couper les fibres duvetées à une hauteur uniforme, afin de conférer au tissu l'aspect et le toucher souhaités. Grâce au rasage, il est possible de retirer les fibres en surface pour obtenir une surface de tissu propre.

**L'émerisage** ou **le suédage** est un procédé mécanique qui consiste à frotter les deux côtés du tissu pour lui conférer une surface pelucheuse et fibreuse ainsi qu'un toucher doux et gonflé.

L'objectif du **calandrage** est d'aplatir le tissu, augmentant ainsi son lustre et sa douceur. Ceci lui donne une surface très brillante. Le calandrage est effectué en passant le tissu entre des rouleaux sous une pression élevée. Après le calandrage, le tissu devient plus fin et moins perméable.

**Le décatissage** est un procédé qui permet d'améliorer et de fixer le lustre du tissu. Il confère une stabilité dimensionnelle tout en adoucissant et en améliorant le toucher. Il peut également contribuer à prévenir une teinture inégale ou des taches de teinture. Le procédé de décatissage débute par l'insertion du tissu entre deux couches de couverture de coton. Le tissu est ensuite enroulé sur un cylindre perforé à travers duquel de la vapeur passe pour éliminer le surplus d'humidité par aspiration pendant la période de refroidissement.

**Le traitement de compacité** vise à réduire le rétrécissement du tissu au moyen de procédés mécaniques, en forçant la structure du tissu à se compacter. Une fois compacté, le tissu est plus lourd et il conserve sa stabilité s'il n'est pas étiré. Toutefois, il se déforme s'il est trop compacté. Une deuxième méthode consiste à comprimer la structure du tissu, comme dans

le procédé de sanforisage. Dans ce procédé, le tissu passe entre un rouleau d'alimentation et un sabot de freinage incurvé.

Cependant, il existe un grand nombre de traitements chimiques et mécaniques pour les tissus qui confèrent des propriétés spécifiques. Certains apprêts spéciaux sont appliqués afin d'obtenir les caractéristiques appropriées à une utilisation finale précise. Ils concernent notamment : le caractère hydrofuge, la résistance à la flamme, les apprêts confort pour vêtements de sport et les tissus destinés aux salles blanches. Il existe d'autres apprêts chimiques qui permettent d'améliorer les propriétés du tissu, comme les apprêts anti abrasion, les apprêts anti microbiens ou bactériostatiques, les apprêts résistants aux glissements, les apprêts anti statiques, les inhibiteurs d'altération par la fumée, les apprêts anti mites, les apprêts de pressage permanent, les apprêts facilitant le lavage, les apprêts anti tâches et bien d'autres encore [7].

## **I.5. Conclusion**

Ce chapitre résume les généralités fondamentales sur le textile. Il met en évidence les outils rudimentaires utilisés auparavant tout en montrant l'évolution du textile jusqu'à nos jours. La conception d'un tissu passe par le type d'armure souhaité qui sera réalisé par le procédé de tissage. Le tissu à la sortie du tissage est l'écrû. Il va subir divers processus de traitement.

Le prétraitement consiste à préparer le tissu à la teinture ou à l'impression et au stade de finissage. Ce dernier vise à conférer au tissu les propriétés appropriées en vue de son utilisation finale prévue. Afin de posséder une connaissance d'ensemble des textiles, il est important de comprendre les apprêts ainsi que les propriétés qu'ils procurent au tissu, qu'elles soient profitables ou non.

## **CHAPITRE II : PRESENTATION DU CADRE D'ETUDE**

### **II.1. Introduction**

Située au cœur des hauts plateaux de Madagascar dans la région Vakinankaratra de la ville d'Antsirabe, la COTONA fait partie de l'une des plus grandes entreprises malagasy. Son domaine se concentre dans le textile spécialisé pour la confection et l'ennoblissement des tissus. Elle est constituée de plusieurs départements qui assurent le bon fonctionnement de l'entreprise. Cependant, le stage a été effectué au sein du département Ordonnancement. Il est ainsi de mise de connaître ses principales fonctions et attributions.

### **II.2. Présentation de la société COTONA**

La Cotonnière d'Antsirabe, plus communément appelée COTONA, a été créée en 1951 sous le nom de la Société Cotonnière Malgache ou SOCOMA. Lors de son rachat par Monsieur Mamad ISMAIL en 1952, elle avait pris comme nom la Société Cotonnière Franco-Malgache ou SOCOFRAMA. Depuis sa création, la société ne cesse d'améliorer la politique de développement de ses diverses activités. C'était à partir de 1962 que SOCOTA Fabrics ou SF, devient COTONA sous l'impulsion de l'actuel Président Directeur Général (PDG) SALIM ISMAIL. Cette société a parcouru plusieurs étapes, des hauts et des bas, avant d'être la société qu'elle est aujourd'hui.

Afin de mieux connaître ce groupe, ci-dessous un petit résumé chronologique en ce qui concerne son évolution depuis sa création jusqu'à l'heure actuelle :

**1930** : fondement de la première entité du groupe comme un textile Trading Company à Madagascar ;

**1951** : fondement de COTONA sous l'appellation de SOCOMA ;

**1952** : première appellation de SOCOTA Fabrics en tant que COTONA (la Cotonnière d'Antsirabe) et création de l'usine avec 200 métiers à tisser non automatique. La production n'a commencé qu'à partir de 1953 ;

**1955** : initiation de la teinture avec des couleurs unies ;

**1957** : première production des tissus imprimés ;

**1960-1962** : extension des ateliers de tissage avec 48 métiers « Diedirects » et 200 métiers de SACM ;

**1963** : première filature avec 10 000 broches ;

**1965-1970** : autre extension des ateliers de tissage avec la mise en œuvre de 672 métiers à tisser automatique PICANOL ;

**1972** : emplacement du deuxième atelier de filature et arrêt de l'importation de coton ;

**1973** : première orientation de diversification vers le secteur agroalimentaire avec la reprise de pêcherie de Nosy Be et ce dernier est devenu l'un des principaux armements de pêche crevette à Madagascar ;

**1976** : nationalisation de COTONA, c'est-à-dire 51 % de son capital appartient à l'Etat ;

**1976** : diversification des activités en aquaculture OSO Farming ;

**1977** : cessation de l'importation du coton dû à la deuxième extension de l'atelier de filature ;

**1980** : extension des usines de filature (Fil 3, Open End, Fil 4, coton Peigne) et utilisation du système informatique : « Ordinateur 64 DPS » avec télé-traitement chez SOCOTA Fabrics ;

**1980** : décès du PDG Mamad ISMAIL et fondateur du groupe ;

**1982** : COTONA s'engage dans la culture de coton à Miandrivazo et à Mampikony ;

**1983** : culture des cotons par l'intermédiaire de la société « LES CULTURES COTONNIERES DE LA BEMARIVO » :

**1988** : montage des machines d'engrenage d'une capacité de 55 tonnes par mois chez COTONA ;

**1989** : création du « TEXTILE MILL'S Ltd » à l'Ile Maurice, réorientation de l'entreprise vers les marchés extérieures et privatisation solennelle de COTONA ;

**1991** : démarrage de l'exportation des tissus vers l'Ile de l'Océan Indien et en Europe ;

**1997** : dépôt de bilan de SOTEMA ;

**1998** : reprise des actifs de la société SOTEMA par la joint-venture COTONA/POLO ;

**2000** : création de l'unité de confection : COTONA CLOTHING COMPANY (3C) ;

**2001** : création de la seconde unité de fabrication COTTONLINE ;

**Octobre 2002** : première exportation de crevette ;

**2005** : obtention d'un agrément pour SOCOTA Fabrics en tant qu'entreprise franche ;

**2005** : adhésion de SOCOTA Fabrics à l'AGOA et début des exportations vers les Etats-Unis ;

**2006** : OSO les Gambas de l'ANKARANA, premier producteur de crevette bio ;

**2008** : COTONA prend le nom de SOCOTA Fabrics MADAGASCAR ;

**2009** : fermeture de l'usine mauricienne de fabrication de tissus en reclassant les 500 salariés ;

**3 Février 2015** : création massive d'emploi : l'environnement des affaires à améliorer ;

**Mars 2015** : BioPark Mauritius ; lancement de la première technopole à Maurice ;

**11 Août 2017** : inauguration de "THE TALENT FACTORY" ; centre de formation professionnelle ;

**26 Août 2021** : accord de joint-venture détenu à parts égales sur le site industriel de COTONA entre le groupe SOCOTA et le groupe CIEL [6].

## II.3. Le département Ordonnancement

### II.3.1. Définition et principe de fonctionnement

De son appellation « Ordonnancement », ce département a pour fonction d'ordonnancer et de gérer les temps d'activités de l'entreprise. Il occupe une position chronologique dans le déroulement d'une intervention entre les méthodes et la réalisation. Il affecte en temps opportun les moyens de réalisation et veille à leur mise en œuvre. Les étapes de la fonction d'ordonnancement sont :

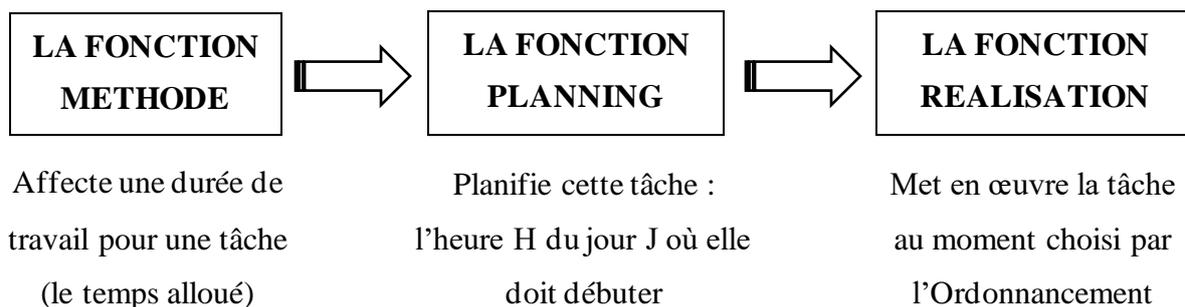


Figure II. 1 : Etapes de la fonction d'ordonnancement

Au sein de COTONA, l'Ordonnancement intervient dans les trois grands départements de fabrication, à savoir : Teinture-fil, Tissage et Teinture-Impression-Apprêt-Finissage ou TIAF (figure II.2). Pour chacun de ces départements, l'Ordonnancement doit déterminer le

calendrier prévisionnel de fabrication dans lequel doit être précisé : Quels produits fabriquer ? Dans quel atelier et sur quelles machines ? A quel moment va-t-on démarrer la fabrication ? Pour quel délai ? Il doit également préparer et distribuer les documents nécessaires au lancement et à la bonne exécution des fabrications.

De surcroît, l'Ordonnancement se charge de suivre l'exécution des fabrications, c'est-à-dire, le suivi de la production, en tenant compte des prévisions, des commandes clients et de la disponibilité des ressources de la production comme les fils, les tissus, les machines, les ressources humaines ... En rendant l'utilisation des moyens nécessaires optimal pour les rendre disponibles, ce département doit être capable de lancer les travaux au moment choisi. Il contrôle l'avancement et la fin des traitements des tissus en prenant en compte les écarts éventuels.

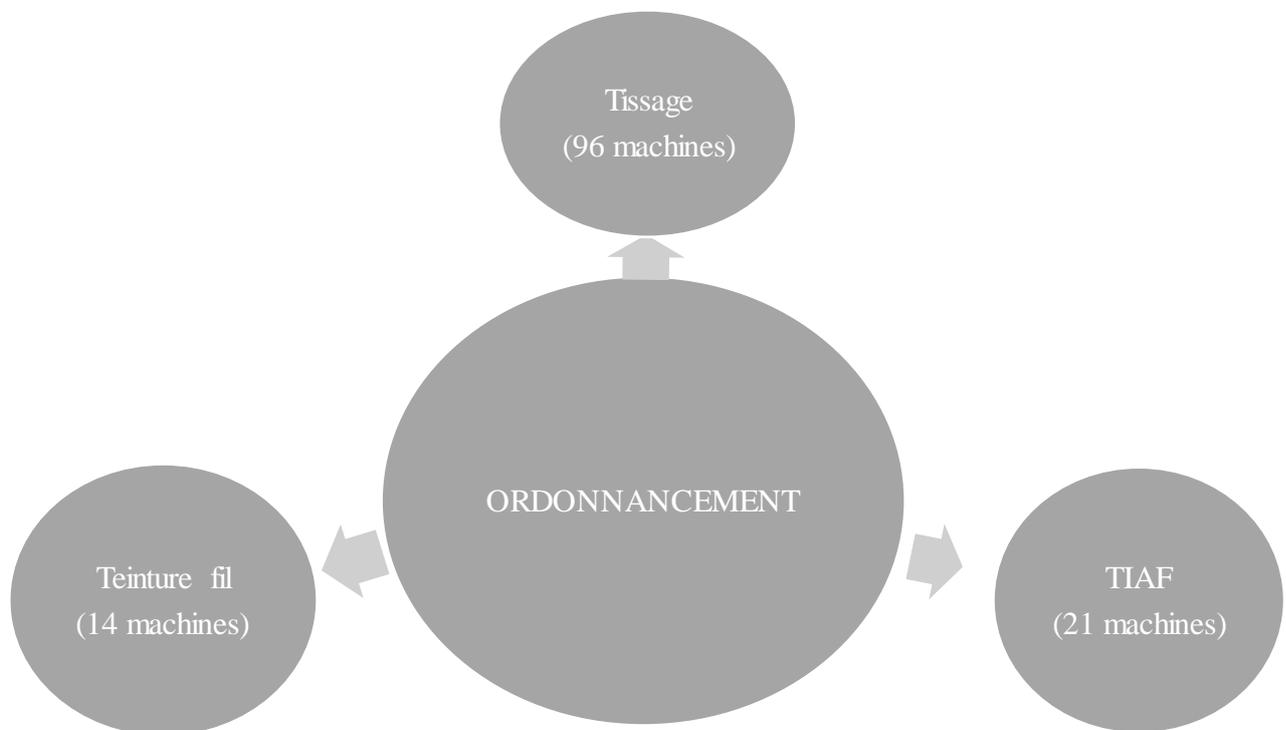


Figure II. 2 : Relation entre l'Ordonnancement et les départements de fabrication

- **Ordonnancement et Teinture Fil**

Le département Ordonnancement planifie les bobines de fils prêtes à teindre sur les 14 machines de la Teinture Fil.

- **Ordonnancement et Tissage**

Il établit le planning des fils sur les métiers à tisser. Il en existe 96 répartis dans 3 salles :

- OMNI 1 : 34 métiers à came
- SUMMUM/OPTIMAX : 32 métiers à ratière
- OMNI 2 : 14 métiers à came et 16 métiers à ratière

- **Ordonnancement et TIAF**

L'Ordonnancement établit le planning des tissus à traiter sur les machines de TIAF qui se subdivise comme suit :

- L'Atelier Blanc : 4 machines
- L'Atelier Teinture : 4 machines
- L'Atelier Impression : 2 machines
- L'Atelier Finissage : 11 machines

Le but de l'Ordonnancement est de déterminer le programme de fabrication optimal qui permet la satisfaction des clients et l'utilisation rationnelle des moyens de production. En plus, il doit tenir compte d'un certain nombre d'éléments économiques auxquels l'entreprise est soumise tels que la minimisation des stocks, la minimisation des coûts de production, la diminution des délais de fabrication ou l'emploi de toutes les ressources à disposition. En fonction du caractère urgent d'une intervention, l'Ordonnancement doit pouvoir intégrer dans son planning l'imprévisible en fonction de l'expérience.

### **II.3.2. Démarches adoptées dans l'ordonnancement de la production**

La fonction ordonnancement d'atelier peut être décomposée en trois sous-fonctions :

**L'élaboration des Ordres de Fabrication ou OF** consiste à transformer les informations du Programme Directeur de Production (PDP) qui sont les suggestions de fabrication en OF ;

**L'élaboration du planning d'atelier** détermine le calendrier prévisionnel de fabrication en fonction des Ordres de Fabrication et de la disponibilité des ressources ;

**Le lancement-suivi** a pour objet de distribuer aux postes de travail les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications (lancement en fabrication) et au suivi de la production.

#### **a. La fonction méthode ou élaboration des Ordres de fabrication (OF)**

Un OF est un document, ou ensemble de documents, qui donne ordre de fabriquer des pièces, ou produits, spécifiés dans des quantités données pour une date donnée.

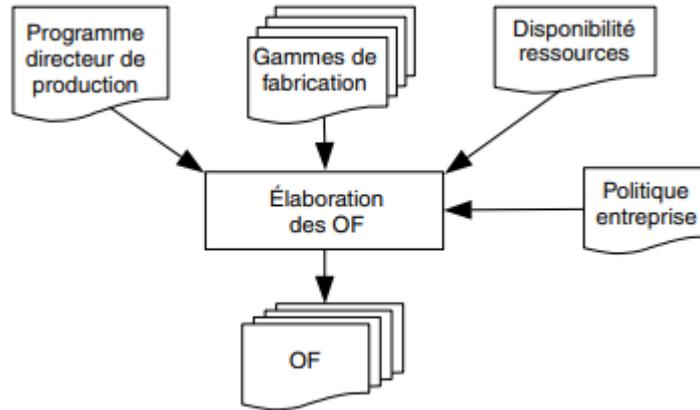


Figure II. 3 : Elaboration des OF [12]

Le Programme Directeur de Production (PDP) définit les quantités à produire par références de nomenclature, par jour, semaine ou mois, en produits finis. Ce programme caractérise la partie à réaliser par la production.

Les Gammes de fabrication sont des documents indiquant l'énumération de la succession des actions nécessaires à la réalisation de l'article concerné. Suivant le secteur d'activité, ce document prend d'autres noms : « process » en électronique, « recette » dans le domaine de l'agroalimentaire, ou « formule » en chimie... [13]. Dans l'étude qui suit, il est appelé Fiche suiveuse. Il est important de noter qu'un OF n'est pas une gamme opératoire mais un OF est élaboré à partir de ces gammes. Chaque suggestion d'OF du Programme Directeur de Production est transformé en OF.

En fonction de la politique de l'entreprise (priorité au délai, priorité aux coûts, priorité à l'utilisation de certains moyens...), des quantités à fabriquer, des dates de mise à disposition prévisionnelles et des ressources disponibles, il est indispensable de définir deux informations importantes : la taille des lots de fabrication qui représente la quantité de pièces lancées en fabrication en une seule fois ; et le processus de réalisation à adopter pour cet OF en fonction des gammes opératoires possibles de la disponibilité des ressources et du lot de fabrication. [12]

## **b. La fonction planning ou élaboration du planning d'atelier**

### **• Jalonnement**

Le jalonnement des fabrications consiste à élaborer le planning général d'atelier en plaçant chronologiquement dans le temps, pour chaque moyen concerné, les phases d'une gamme de fabrication.

Dans un jalonnement au plus tôt, les fabrications sont situées de façon chronologique suivant les phases de chaque gamme à partir de la date du jour, ou de référence.

Cette technique permet de vérifier s'il est possible de tenir les délais de fabrication annoncés, en supposant qu'il n'y ait pas de problème de fabrication.

Dans un jalonnement au plus tard, les fabrications sont placées dans l'ordre décroissant des phases à partir de leur date de mise à disposition. Si les délais ont été sous-dimensionnés, il est possible de remonter au-delà de la date du jour. Dans ce cas, il est contraint de refaire un placement au plus tôt et de négocier une nouvelle date de livraison.

- **Prise en compte des temps inter-opérateur**

La valeur du temps opératoire est ajoutée à la fin de la phase qui précède pour déterminer le début de la phase suivante. Il est important d'estimer de façon réaliste ces temps inter-opérateurs car si ce temps est surévalué, on remarque une augmentation importante des délais, entraînant de ce fait une augmentation des immobilisations financières. Par contre, si ce temps est sous-évalué, on risque de générer des retards de disponibilité intermédiaire des fabrications entraînant une désorganisation de l'ordonnancement.

- **Chargement, équilibrage des charges**

  - *Capacité*

La capacité théorique est ce que l'on peut faire au maximum sur un poste de charge par période de référence. Elle est exprimée en nombre d'unités de temps ou en quantité de pièces à réaliser. Dans cette étude, elle est exprimée en kilomètre de tissus (km).

La capacité réelle est celle qui est prise en compte lors de l'élaboration du planning. Elle correspond à ce que l'on peut faire réellement sur un poste de charge par période de référence compte tenu des aléas possibles tels que les changements de séries, pannes, absentéisme, compétence des opérateurs.... Elle est exprimée dans les mêmes unités que la capacité théorique.

  - *Charge*

C'est la quantité de travail à effectuer sur un poste de charge. Elle est exprimée dans les mêmes unités que les capacités, en unités de temps ou en quantité de pièces à réaliser, et est obtenue par sommation des charges élémentaires de toutes les fabrications qui doivent être exécutées sur ce poste pour la période considérée.

Lorsque l'on détermine la charge d'un poste de travail, celle-ci est rarement, voire jamais, égale à la capacité de ce poste. Si elle est inférieure à la capacité, le poste est en sous-charge, alors que dans le cas contraire, il est en surcharge.

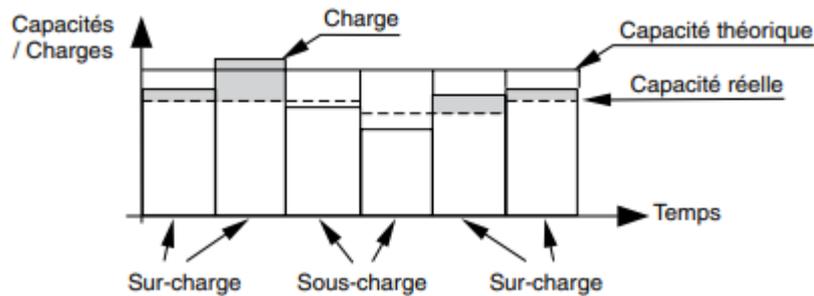


Figure II. 4 : Représentation Capacité/Charge [12]

Il est possible d'étudier l'utilisation des moyens à travers trois taux :

$$\text{Taux de charge d'un moyen} \quad : \quad T_c = \frac{\Sigma \text{Charges}}{\text{Capacité réelle}} \quad [\text{II.1}]$$

$$\text{Taux d'utilisation d'un moyen} \quad : \quad T_u = \frac{\Sigma \text{Charges}}{\text{Capacité théorique}} \quad [\text{II.2}]$$

$$\text{Taux de disponibilité d'un moyen} \quad : \quad T_d = \frac{\text{Capacité réelle}}{\text{Capacité théorique}} \quad [\text{II.3}]$$

$$\text{On a} \quad : \quad T_u = T_c \times T_d \quad [\text{II.4}]$$

Le taux de charge d'un moyen permet de porter jugement sur son niveau d'activité. Le coefficient idéal est égal à un ; si ce coefficient est inférieur à un, le moyen est en sous-charge alors que s'il est supérieur à un, le moyen est en surcharge.

Cependant, un moyen peut être en surcharge alors que le taux d'utilisation peut être nettement inférieur à un. Dans ce cas, le taux de disponibilité est trop faible et il faudra chercher à diminuer les temps d'arrêts.

### c. La fonction réalisation ou exécution d'un planning d'atelier

L'exécution du planning consiste à mettre en œuvre les procédures permettant de faire travailler le système de production conformément aux prévisions établies. Ces procédures correspondent aux opérations de lancement en fabrication et de suivi de la fabrication suivant l'enchaînement simplifié ci-contre :

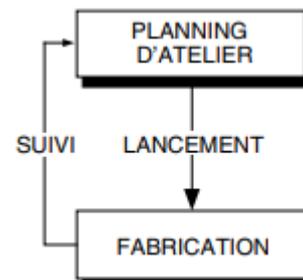


Figure II. 5 : Exécution d'un planning d'atelier [12]

- **Lancement en fabrication**

Le lancement consiste à distribuer les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications conformément aux prévisions établies sur le planning. En effet, il permet de synchroniser la circulation des pièces entre les postes et d'assurer ainsi la continuité du flux physique. Ce lancement peut se faire par phase de travail. Les consignes de fabrication sont transmises au début de chaque période de temps à chaque poste de transformation sous forme d'une fiche suiveuse ou tout document nécessaire à la réalisation. Dès que l'opérateur du poste a terminé le travail décrit sur la fiche suiveuse qui lui était demandé, il transmet cette fiche au poste suivant en même temps qu'il transfère le produit à fabriquer.

- **Suivi de production**

Toujours lié à la fonction lancement, le suivi de production a pour but d'informer les responsables de l'entreprise de l'état d'avancement des travaux. Il est nécessaire de suivre de près les fabrications qui nécessitent une attention toute particulière du fait de leur importance et leur urgence. Le suivi de production peut avoir trois objectifs :

Le suivi technique, qui est le lancement par Ordre de Fabrication suivi par fiche suiveuse. Les opérateurs remplissent, à chaque début de phase, la date de début effective des travaux et en fin de phase, la fin et la durée effectives des travaux sur la fiche suiveuse. À cette occasion, il renseigne, également, le nombre de pièces bonnes qu'il a réalisé et les éventuels aléas qu'il a rencontrés pouvant justifier les écarts par rapport aux prévisions annoncées ;

Le suivi comptable, dont les indications fournies doivent permettre de déterminer les coûts de production ;

Le suivi de la main d'œuvre dont les indications fournies doivent permettre d'établir les informations nécessaires à l'établissement des salaires des employés. [12]

### **II.3.3. Les outils de gestion de production utilisés par l'Ordonnement**

#### **a. Le diagramme de Gantt**

Il consiste à déterminer la meilleure manière de positionner les différentes tâches d'un projet à exécuter, sur une période déterminée, en fonction des durées de chacune des tâches, des contraintes d'antériorité existant entre les différentes tâches, des délais à respecter et des capacités de traitement.

Le diagramme de Gantt se présente sous la forme d'un tableau quadrillé où chaque colonne correspond à une unité de temps et chaque ligne à une opération à réaliser. Une barre

horizontale est définie pour chaque tâche, la longueur de celle-ci correspondant à la durée de la tâche. La situation de la barre sur le graphique est fonction des liens entre les différentes tâches.

Cet outil permet de visualiser l'évolution d'un projet, et de déterminer la durée globale de sa réalisation. Les flottements existant sur certaines tâches peuvent être mis en évidence. Un flottement correspond au temps de retard qu'on peut prendre sur une tâche particulière sans pour autant augmenter la durée globale de réalisation de la production. Ce sont des éléments de flexibilité qui permettent à l'entreprise de perdre un peu de temps sans que cela ne prêche à conséquence.

Au sein de COTONA, le Gantt se traduit graphiquement par un planning mural sur lequel on positionne des barres cartonnées ou plastiques de couleurs et de longueurs différentes qui représentent les opérations à réaliser : ce sont les bandelettes de planning à gouttières. [13]

### b. Bandelette des plannings à gouttières

Ce sont des plannings à éléments continus qui conviennent particulièrement aux mesures des variations de temps ou de quantités. Il existe une gouttière par élément à planifier. Ce sont des gouttières transparentes dans lesquelles se logent des bandelettes de différentes couleurs.

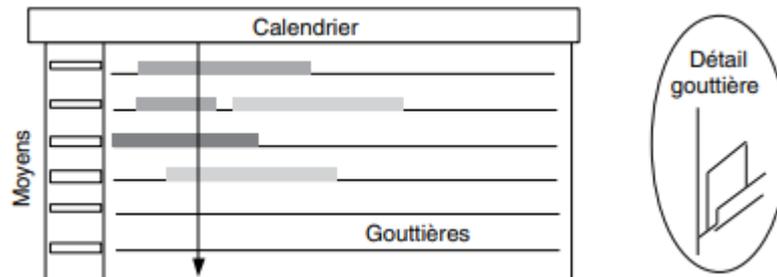


Figure II. 6 : Planning à gouttières [13]

La charge est indiquée grâce à des bandelettes de papier de longueur proportionnelle à la durée prévue d'utilisation du moyen. Il est possible de différencier les fabrications, et en particulier leurs importances, par des bandelettes de différentes couleurs sur lesquelles sont inscrites les informations permettant la réalisation et l'identification des produits (N° de produit, N° d'OF, N° de phase, quantité à fabriquer, N° du moyen, date de début de la phase, éventuellement la durée de la phase ou sa date de fin). [12]

### c. Logiciel de Gestion de Production Assistée par Ordinateur

Un logiciel de Gestion de Production Assistée par Ordinateur ou GPAO, est un logiciel qui aide les entreprises industrielles dans la planification et la gestion précise de l'ensemble des

activités liées à la production par le biais d'une gestion informatisée et automatisée de toutes les activités. C'est un outil indispensable qui permet de coordonner le travail des différents services de l'entreprise, afin qu'ils atteignent chacun leurs objectifs respectifs tout en collaborant ensemble. L'entreprise doit être capable de respecter des délais et des coûts tout en fournissant un travail de qualité.

Le logiciel de GPAO fournit également des analyses détaillées selon des critères choisis au préalable, ce qui permet de mener à bien l'activité de l'entreprise. Les stocks peuvent ainsi être maîtrisés, les services coordonnés, et toutes les données sont disponibles à un même endroit.

- **Les fonctions de la GPAO**

Les différentes fonctions associées au logiciel de GPAO permettent à l'entreprise de contrôler un parc de machines, de gérer et d'optimiser les ressources matérielles et humaines adjointes à la production afin d'assurer le développement et la compétitivité de l'entreprise. En outre, la GPAO permet de faire des calculs de charges de travail pour les machines et les opérateurs ainsi que des calculs de besoin pour ensuite déterminer et lancer les ordres de fabrication. Le logiciel prend en charge la gestion des stocks et les plannings de production en vue de les adapter en fonction de la disponibilité des moyens et de la demande.

- **Les objectifs de la GPAO**

Cette méthode de gestion permet de calculer les besoins de l'entreprise en temps réel grâce à la maîtrise des données de la gestion industrielle tels que les gammes et nomenclatures. Avec une fluctuation permanente des coûts, il devient nécessaire de maîtriser les coûts à travers la comptabilité industrielle.

La GPAO est le socle sur lequel repose les processus de planification, de maîtrise de la demande ou encore des achats, le suivi de la production, l'analyse des temps d'arrêt de production... En effet, il permet de maîtriser la production. Avec une gestion de la production, la maîtrise de la logistique est indispensable. Grâce à la GPAO, il devient possible d'acheter, de produire et de livrer dans les temps et les quantités demandées.

- **Les avantages du logiciel GPAO**

Au vu de la couverture fonctionnelle qu'offre un logiciel de GPAO, les avantages s'avèrent nombreux.

La GPAO permet grâce à son système de « map », de décrire les flux de travail, en créant des nomenclatures, des gammes de fabrication ainsi que des postes de charges. Il en résulte alors une organisation plus précise de l'ensemble de la chaîne logistique.

Par ailleurs, la gestion de production nécessite de stocker de nombreuses données, notamment techniques. Les industries qui ne disposent pas d'une GPAO se retrouvent confrontées à une gestion et une traçabilité qui demande de nombreuses opérations de saisie manuelle. Or, c'est un mode de fonctionnement long, fastidieux, chronophage, qui peut générer des erreurs. En termes de traçabilité ce n'est pas idéal, et encore moins en termes de sécurisation de l'information (perte des documents, incendie, ...). Le logiciel de GPAO permet d'informatiser tout cela en compilant les données pour obtenir les résultats d'analyse de l'activité afin d'obtenir l'information actualisée en temps réel.

En outre, grâce à des processus automatisés, l'information circule correctement entre les différents services de l'entreprise. De plus, grâce à une gestion optimisée des achats, des approvisionnements, des stocks, des outils et des ressources nécessaires à la production et du planning, l'entreprise perd moins de temps et les délais de production sont raccourcis. Elle peut ainsi se concentrer sur la gestion de l'activité de production en elle-même et se lancer dans des projets d'amélioration continue. Grâce à la gestion informatisée, il est possible d'identifier rapidement tout dysfonctionnement dans l'activité et ainsi y remédier dans les plus brefs délais.

#### **II.4. Conclusion**

Pionnier de l'industrie malagasy, COTONA a traversé de nombreuses étapes pour arriver à sa position actuelle. La production est pilotée par le département Ordonnancement à l'aide d'outils de planification, notamment le diagramme de GANTT et un logiciel de GPAO. Le Gantt se traduit graphiquement par un planning mural sur lequel des barres cartonnées sont positionnées. Il consiste à déterminer la meilleure manière de positionner les différentes tâches à exécuter. Le logiciel de GPAO promet également de nombreux avantages. Il offre une meilleure organisation de la planification de la production, en fournissant un gain en simplicité, un gain de temps et le respect des délais. L'objectif étant d'assurer une production de qualité à moindre coût en visant à respecter les délais fournis aux clients.

## CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

### III.1. Introduction

Les temps d'arrêt, appelés aussi « temps d'indisponibilité » ou encore « temps improductifs », renvoient, généralement, aux arrêts de production pénalisant la productivité de l'entreprise. En effet, ce temps perdu engendre des pertes de capacités irrattrapables.

L'analyse des temps d'arrêt a été principalement menée auprès des machines de l'Atelier Blanc et de l'Atelier Finissage au sein de SOCOTA Fabrics : les machines de préparation.

Ce chapitre sera alors consacré à la description des matériels qui font l'objet de cette étude, notamment les machines de préparation, et des méthodes déployées dans l'analyse des temps d'arrêt de celles-ci.

### III.2. Description des matériels

Les machines de préparation au sein de COTONA ont fait l'objet de l'étude sur l'analyse des temps d'arrêt.

Tableau III. 1 : Caractéristiques des machines analysées [6]

<b>Machine Référence</b>	<b>Fournisseur</b>	<b>Année de fabrication</b>	<b>Année d'acquisition</b>	<b>Pays fabricant</b>	<b>Dimension (en m)</b>
<b>Flambeuse 86050633</b>	OSTHOFF SENGÉ GMBH & CO	1986	2005	Allemagne	3 x 6
<b>Ben-Bleach 8062, A70845</b>	BENNINGER SA	1998	2000	Suisse	4 x 34
<b>Merceriseuse 8092, A70941</b>	BENNINGER SA	1999	2000	Suisse	4.6 x 35.2
<b>Laveuse 7 B06150</b>	BRUGMAN	2016	2017	Holland	2.4 x 36
<b>Rame 7 45 -T - 68393</b>	MONFORTS TEXTIL	1998	2000	Allemagne	4 x 25
<b>Emeriseuse 10GS20338</b>	LAFER SPA	1999	1999	Italie	4.4 x 7.5

### III.2.1. L'Atelier Blanc

L'Atelier Blanc assure la préparation des tissus avant le stade de finissage. Les machines qui constituent cette unité sont : Flambeuse, Ben-Bleach, Merceriseuse et Laveuse 7.

#### a. Flambeuse

La Flambeuse, illustrée par la figure III.1 assure le flambage, le désencollage et le blanchiment à froid (température à froid) dans le but d'éliminer les poils et duvets sur le tissu ainsi que les colles mises volontairement sur les fils de chaîne à la préparation tissage. Elle permet également d'améliorer le degré de blanc. La vitesse de la machine varie en fonction du poids du tissu : 70m/min si le poids surfacique est supérieur à 120 g/m<sup>2</sup> et 120m/min s'il est inférieur à 120g/m<sup>2</sup>. Les produits de désencollage utilisés sont l'enzyme et le mouillant tandis que les produits de blanchiment sont l'hypochlorite de sodium ou l'eau de javel (NaClO), le chlorite de sodium (NaClO<sub>2</sub>) et le peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Le désencollage a pour but de transformer l'amidon insoluble encollé sur le tissu au cours du tissage en sucre soluble.

La figure III.2 présente le circuit du tissu dans la machine et les légendes sont développées dans le tableau III.2.



Figure III. 1 : Flambeuse

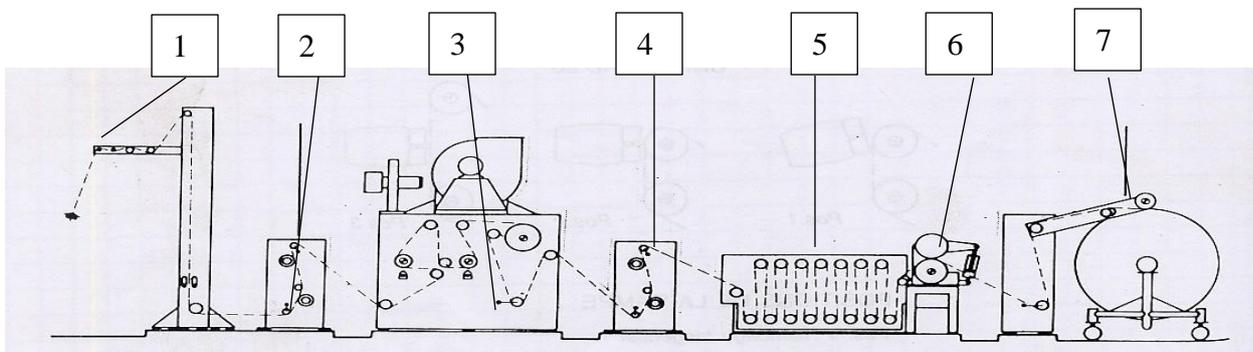


Figure III. 2 : Ligne de Flambage-Désencollage ou Blanchiment [14]

Tableau III. 2 : Fonctions descriptives de la Flambeuse [15]

Légende	Compartiments	Fonctions descriptives
[1]	Dérouleur	Pour dérouler le tissu à l'entrée
[2]	Brosse 1	Enlever les bourres de coton par aspiration et soulever les duvets à la surface du tissu
[3]	Rampe à flamme	Enflammer les duvets soulevés
[4]	Brosse 2	Enlever les cendres de coton par aspiration.
[5]	Bacholle	Contenir le bain de désencollage ou de blanchiment
[6]	Exprimeur	Exprimer le bain emporté par le tissu
[7]	Enrouleur	Enrouler le tissu sur le chariot cornu

Le diagramme suivant résume le déroulement des opérations sur la Flambeuse.

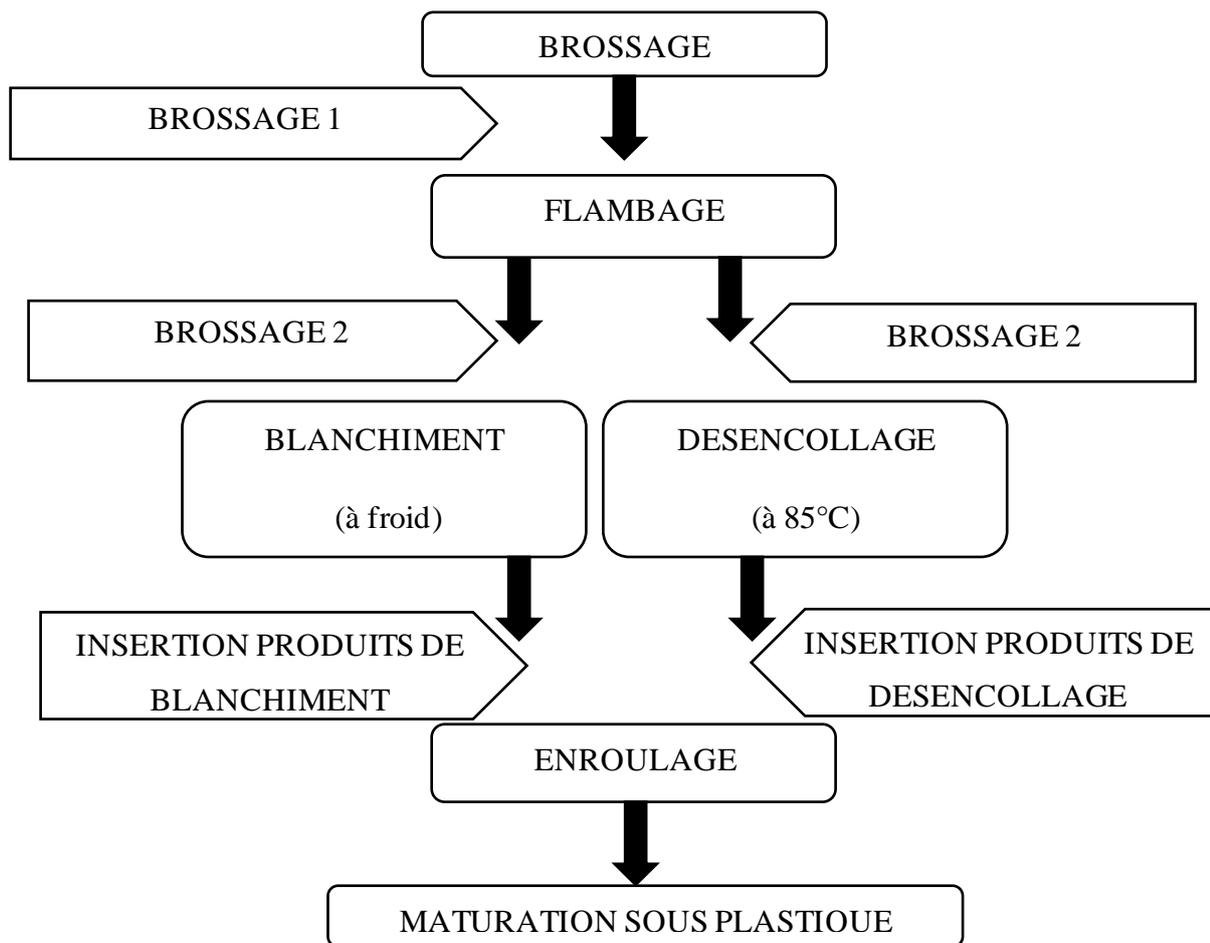


Figure III. 3 : Déroulement des opérations sur Flambeuse [6]

## b. Machine de blanchiment continu Benninger ou Ben-Bleach

Le but du traitement sur la machine de blanchiment continu Benninger (figure III.4) est d'avoir des paramètres de blanchiment invariables à chaque moment de la production. Cette machine effectue trois opérations simultanément : le blanchiment, le débouillissage<sup>4</sup> et le lavage, d'où son appellation ligne de blanchiment continu. Contrairement à la Flambeuse, la Ben-Bleach assure un blanchiment à chaud, c'est-à-dire à température élevée.

La machine dispose de six cuves ayant chacun leur température de fonctionnement : 93°C, 85°C, 93°C, 93°C, 70°C et 70°C. Ces températures sont réglables en fonction du tissu à traiter et la vitesse de la machine peut varier selon le poids surfacique du textile. Elle est comprise entre 40m/min et 50m/min. Il existe cinq produits utilisés pour le traitement des tissus sur Ben-Bleach : le peroxyde  $H_2O_2$  qui est responsable de la libération de l'oxygène atomique ; l'agent blanchissant ; la soude caustique à 36°Bé ou 400 g/L qui est l'agent de débouillissage ou de dégraissage ; le mouillant qui aide la pénétration des produits à l'intérieur de la fibre ; et l'antimousse, désaérant et empêche la formation de mousse due à la réaction de saponification.

La figure III.5 présente le circuit du tissu dans la machine et les légendes sont développées dans le tableau III.3.



Figure III. 4 : Ben-Bleach

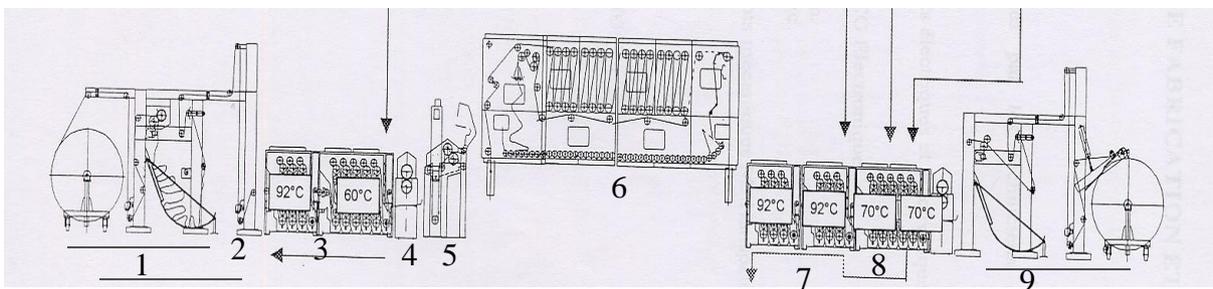


Figure III. 5 : Ligne de blanchiment continu sur Ben-Bleach [14]

<sup>4</sup> Le débouillissage est un traitement qui a pour but de rendre le tissu hydrophile par l'élimination des impuretés grasses ou cireuse ainsi que des débris végétaux.

Tableau III. 3 : Fonctions descriptives de la Ben-Bleach [15]

Légendes	Désignation	Compartiments	Fonctions descriptives
[1]	Entrée	Dérouleur	Pour dérouler le tissu à l'entrée
		J-Box	Pour prélever des échantillons lors des tests intermédiaires à l'entrée
[2]	M11	Guide-lisière	Pour pouvoir bien étirer les tissus
[3]	M12	2 cuves de lavage	Afin d'enlever les résidus du désencollage
[4]	M13	Exprimeur	Afin d'avoir l'uniformité de traitement sur toute la superficie du tissu
[5]	M14	Impacta	Pour contenir le bain de blanchiment/débouillissage
[6]	M17	Vaporiseuse	Lieu de la réaction
[7]	M20	Cuve de lavage	Pour éliminer le reste des produits n'ayant pas réagi
	M21		
[8]	M22	Cuve de neutralisation	Pour faire une neutralisation du tissu
[9]	Sortie	J-Box	Pour prélever des échantillons lors des tests intermédiaires à la sortie de la machine
		Enrouleur	Pour enrouler le tissu à la sortie de la machine sur le chariot cornu

Le tissu désencollé entre dans les 2 cuves de lavage (M12) afin que les traces de colles devenues solubles par action enzymatique puissent être enlevées. Ensuite, le tissu absorbe les produits dans l'Impacta (M14) avant d'être exprimé constamment pour emmener la même concentration de bain sur toute la largeur ou la laize du tissu. Dans la chambre de vaporisation, se déroulent les réactions de décomposition du peroxyde et de saponification en débouillissage. Ce processus dure 15 minutes durant lesquelles la décomposition devrait se réaliser progressivement afin de ne pas être trop agressive et abimer le tissu d'où l'importance d'un bon équilibre entre les quantités de peroxyde, de soude ainsi que le stabilisateur. A la sortie de la Vaporiseuse, le tissu blanchi doit être lavé au bouillon pour enlever les restes de produits n'ayant pas réagi. La figure III.6 résume les étapes de traitement d'un tissu sur Ben-Bleach.

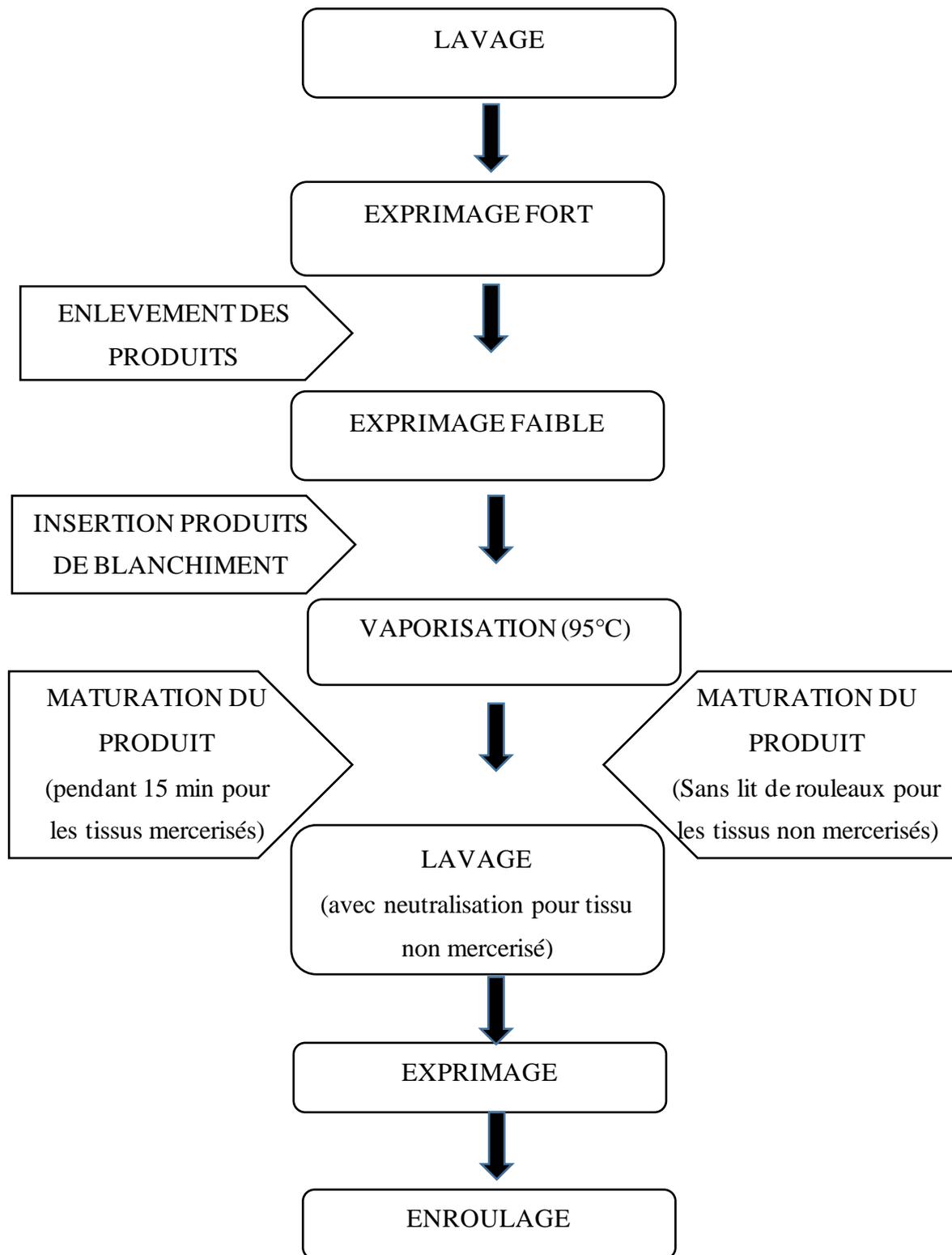


Figure III. 6 : Déroulement des opérations sur Ben-Bleach [6]

### c. Merceriseuse

La Merceriseuse (figure III.7) réalise un processus qui consiste à traiter la soude concentrée et sous tension des tissus de coton. Ce traitement a pour objectif d'avoir une bonne hydrophilité du tissu avec un degré de mercerisage uniforme et homogène. Il permet d'avoir un gonflement des fibres tout en améliorant l'affinité tinctoriale<sup>5</sup>, la stabilité dimensionnelle<sup>6</sup> du tissu avant et après un ou plusieurs cycles de lavage et de retraitement, et la résistance à la déchirure. La vitesse de la machine est réglée en fonction du poids du tissu : 40m/min si le poids surfacique est inférieur ou égal à 175g/m<sup>2</sup>, 30m/min si le poids surfacique est entre 176 et 250g/m<sup>2</sup> et 20m/min s'il est supérieur ou égal à 250g/m<sup>2</sup>. La figure III.8 présente le circuit du tissu dans la machine.



Figure III. 7 : Merceriseuse

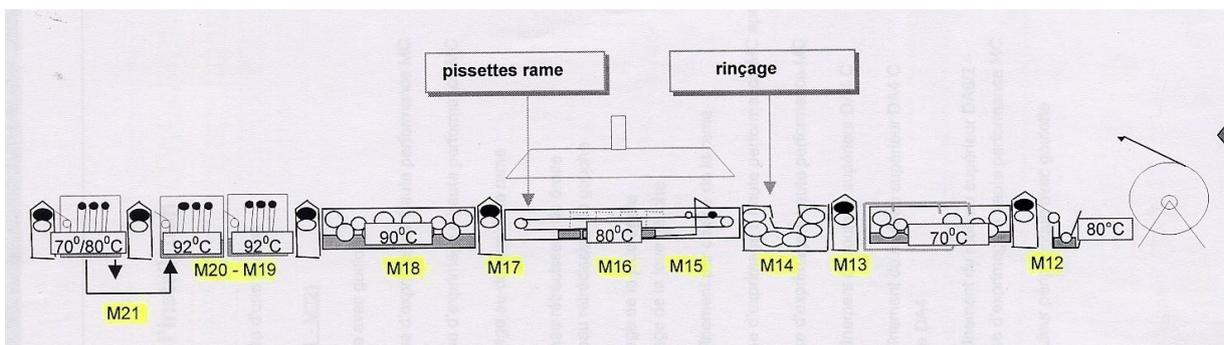


Figure III. 8 : Ligne de mercerisage [14]

<sup>5</sup> Affinité tinctoriale : propriété que possède le tissu de se laisser teindre par les colorants.

<sup>6</sup> Stabilité dimensionnelle : fait référence au changement de dimension dans le sens de la longueur (chaîne) et de la largeur (trame).

La figure III.9 illustre le passage du tissu à travers la machine et le tableau III.4 décrit la fonction que chaque composante joue.

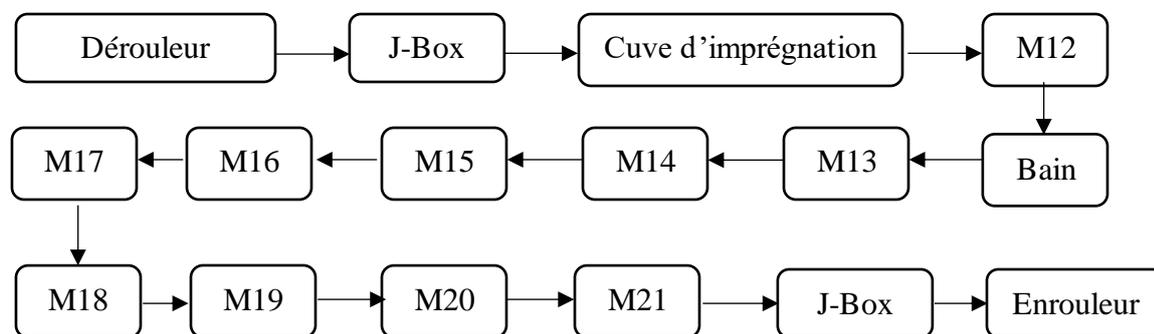


Figure III. 9 : Circuit de passage du tissu sur Merceriseuse

Tableau III. 4 : Fonctions descriptives de la Merceriseuse [15]

Désignation	Compartiments	Fonctions descriptives
Entrée	Dérouleur	Pour dérouler le tissu à l'entrée
	J-Box	Pour prélever des échantillons lors des tests intermédiaires à l'entrée
	Cuve d'imprégnation	Pour avoir l'homogénéité d'humidité
M12	Exprimeur	Pour exprimer le tissu
	Bain 1	Pour contenir le NaOH concentré 32°Bé
M13	Exprimeur	Pour exprimer le tissu
M14	Cuve de rinçage	Pour rincer les tissus légers
	Pissette	Pour les tissus lourds
M15 et M16	Rameuse	Pour avoir la laize voulue
M17	Rouleau exprimeur	Pour exprimer le tissu
M18	Bain 2	Pour éliminer le reste de soude
M19	Cuve de lavage	Pour éliminer le reste de soude
M20		
M21	Cuve de neutralisation	Pour neutraliser le reste de soude dans le tissu
Sortie	J-Box	Pour prélever des échantillons lors des tests intermédiaires à la sortie de la machine
	Enrouleur	Pour enrouler le tissu à la sortie de la machine sur le chariot cornu.

A l'entrée de la Merceriseuse, le tissu déroulé est imprégné dans une eau à 80°C afin qu'il y ait une homogénéité d'humidité et d'une manière à éviter un exprimage inégale sur le tissu. Par la suite, il est imprégné dans un bain de soude forte à 32°Bé équivalent à 334,28g/L, où il obtient sa capacité à gonfler. Celle-ci appuie la fonction de la rameuse en étirant le tissu ou en le rétrécissant en fonction de l'utilité. Avant la rameuse, il existe une cuve de rinçage qui contient de l'eau chaude, étape fondamentale pour les tissus lourds et moyens, c'est-à-dire, les tissus dont le poids surfacique est compris entre 175g/m<sup>2</sup> et 250g/m<sup>2</sup>. En revanche, cette cuve ne contient rien pour les tissus légers, (poids  $\leq 175\text{g/m}^2$ ). Au-dessus de la rameuse, on aperçoit des pissettes alimentées par de la soude faible renforçant la concentration de la soude précédente. Finalement, le tissu passe dans les deux cuves de lavage M19 et M20 où le reste de soude est éliminé, suivi d'une cuve M21 contenant de l'acide pour la neutralisation du tissu.

#### **d. Laveuse 7**

Le but du traitement sur Laveuse 7 (figure III.10) est de laver le tissu pour éliminer les résidus de colles restants après désencollage ainsi que les restes de colorant mal fixé après teinture. La machine peut également assurer le séchage du tissu.

Plusieurs types de lavage peuvent être effectués sur la Laveuse 7 : lavage après blanchiment sur Flambeuse, après désencollage, après blanchiment à chaud sur Ben-Bleach, après mercerisage, après teinture et lavage après impression. La vitesse de la machine varie de 25 à 75m/min. Le circuit du tissu dans la machine est présenté dans la figure III.11.



*Figure III. 10 : Laveuse 7*

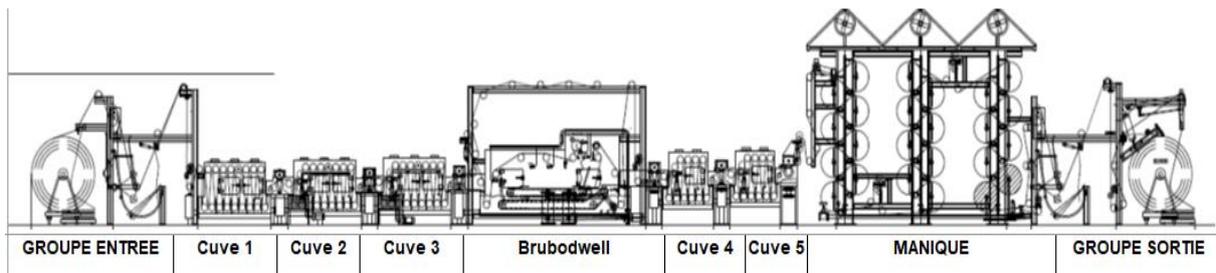


Figure III. 11 : Ligne de lavage [6]

Le dérouleur et le J-Box jouent le même rôle que sur les machines précédentes. Chaque cuve est remplie d'eau à haute température. Les 3 premières cuves contiennent une quantité de 801L d'eau chauffée respectivement à 85°C, 90°C et 90°C. Quant aux deux autres cuves, elles ont une capacité totale de 1062L d'eau atteignant un degré de chaleur de 85°C et 60°C.

Le passage dans le compartiment Brubodwell est réservé aux tissus imprimés foncés pour obtenir un degré de lavage uniforme sur les parties imprimées. La manique assure le séchage du tissu en passant par les divers rouleaux qui la constitue.

### III.2.2. Le finissage

Le circuit de fabrication du tissu se termine au stade de finissage. Il existe 11 machines dans cette unité, toutefois, cette étude n'a été axée que sur 2 de ces machines : la Rame 7 et l'Emeriseuse. Afin de faciliter l'analyse, la Rame 7 et l'Emeriseuse ont été classées parmi les machines de préparation tout au long de cette étude.

#### a. Rame 7

La Rame 7 (figure III.12) assure le séchage et la remise en laize du tissu. Ce processus vise à sécher le tissu après certains traitements. La remise en laize consiste à donner au tissu la largeur nécessaire pour satisfaire le prochain traitement mais aussi pour enlever les plis sur les tissus. La machine est composée de 6 compartiments réglés à des températures allant de 100 à 140°C. Sa vitesse varie de 25 à 30m/min en fonction de l'humidité voulue à la sortie. La ligne de séchage dans la Rame est présentée en figure III.13 et les fonctions descriptives de chaque compartiment sont expliquées dans le tableau III.5.



Figure III. 12 : Rame 7

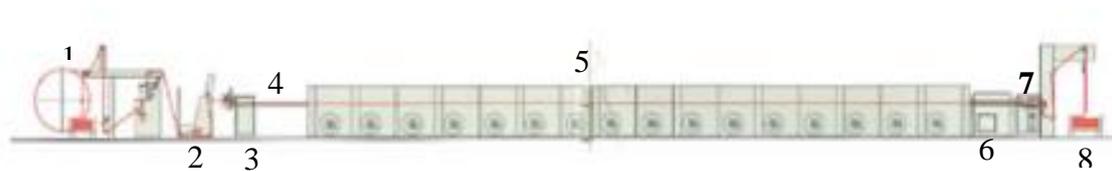


Figure III. 13 : Ligne de séchage sur Rame 7 [16]

Le passage du tissu dans la machine peut être représenté comme suit :

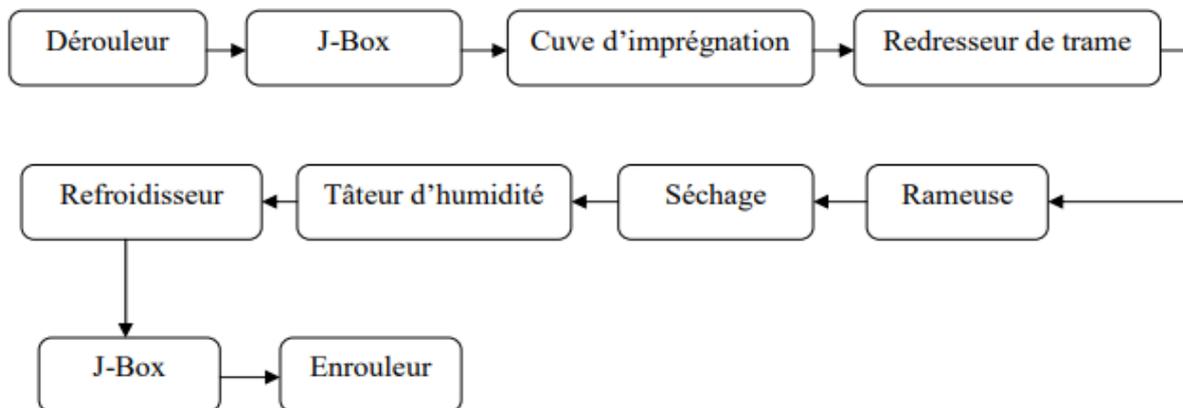


Figure III. 14 : Figure descriptif de la rame 7 [15]

Le tissu humide pénètre dans la cuve d'imprégnation remplie d'eau portée à 70°C pour uniformiser l'humidité du tissu sur toute sa surface. Par la suite, les fils de trame sont ajustés sur les redresseurs de trame, notamment pour les tissus imprimés et pas obligatoirement pour les uni-teints. Puis, ils doivent passer sur la ramette pour maintenir la laize préreglée.

Le tissu pénètre ensuite dans le séchoir à 6 compartiments où la vapeur chaude est brassée uniformément par un ventilateur et l'humidité sur le tissu est extraite à l'aide de deux

gros extracteurs. A la sortie de la Rame, le tissu passe sur un tambour refroidisseur avant d'être enroulé ou plié sur un chariot.

Tableau III. 5 : Fonction descriptive de la Rame 7 [15]

<b>Légende</b>	<b>Compartiments</b>	<b>Fonctions descriptives</b>
[1]	Dérouleur	Pour dérouler le tissu à l'entrée
	J-Box	Pour prélever des échantillons lors des tests intermédiaires à l'entrée
[2]	Cuve d'imprégnation	Donne une humidité uniforme sur toute la surface du tissu
[3]	Redresseur de trame	Pour bien aligner les trames
[4]	Rameuse	Fixe la laize attendue
[5]	Séchage	Pour le séchage proprement dit
[6]	Tâteur d'humidité	Pour réguler la vitesse de la rame de séchage
[7]	Tambour refroidisseur	Pour refroidir les tissus
[8]	J-Box	Pour prélever des échantillons lors des tests intermédiaires à la sortie de la machine
	Enrouleur ou plieur	Pour enrouler ou plier le tissu à la sortie de la machine sur le chariot cornu ou chariot plat

## **b. Emeriseuse**

Le but du traitement sur Emeriseuse (figure III.16) est d'améliorer le toucher du tissu en le faisant passer sur un cylindre d'émeri ou tambour tournant à une vitesse allant de 5 à 15m/min pour obtenir un toucher semblable à une peau de pêche. Le réglage des conditions se fait en fonction de l'usure du papier émeri. La machine peut effectuer trois types d'émerisage : léger, moyen et poussé. L'unité d'émerisage, équipée de 42 rouleaux est assemblée sur 2 tambours tournants effectuant le suédage sur l'endroit et l'envers du tissu.



Figure III. 15 : Emeriseuse

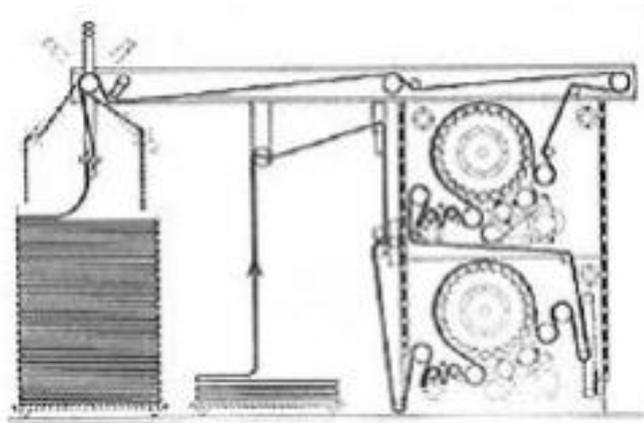


Figure III. 16 : Ligne d'émerisage [17]

La figure III.18 montre le circuit du tissu dans la machine et les fonctions de chaque « compartiment » sont explicitées dans le tableau III.6.

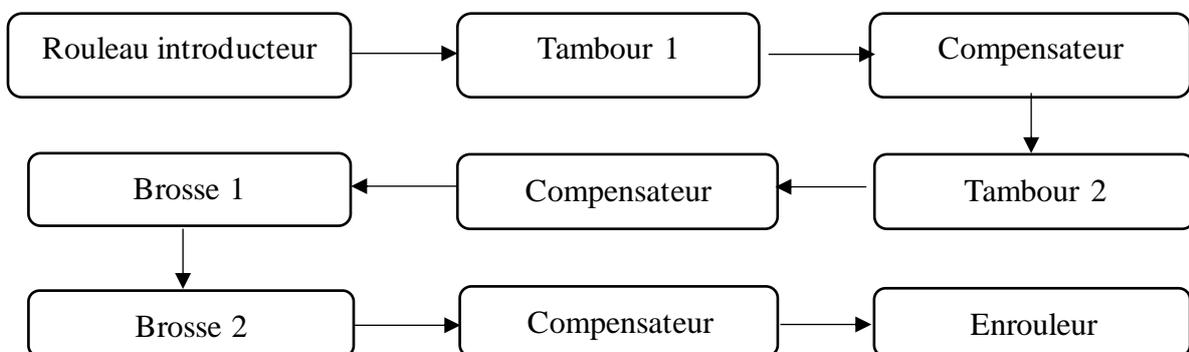


Figure III. 17 : Circuit de passage du tissu sur Emeriseuse

Tableau III. 6 : Fonctions descriptives de l'Emeriseuse

Désignation	Fonctions descriptives
Rouleau introducteur	Pour dérouler le tissu à l'entrée
Tambour 1	Effectuer l'émerisage sur l'endroit du tissu
Tambour 2	Effectuer l'émerisage sur l'envers du tissu
Brosse 1	Enlever les poils qui ne sont pas fixés sur le tissu par aspiration
Brosse 2	Enlever les poils qui ne sont pas fixés sur le tissu par aspiration
Enrouleur	Pour enrouler le tissu à la sortie de la machine sur le chariot cornu

### III.3. Méthodologies

#### III.3.1. Collecte de données

Au cours du stage effectué au sein de COTONA, le recours à la collecte de données sur le terrain était la principale méthode de travail pour mener l'analyse. En effectuant des tournées régulières dans les ateliers, il est possible de contrôler réellement les activités de fonctionnement et d'arrêt des machines. Pour ce faire, chaque arrêt constaté est noté dans un cahier préalablement établi dans lequel figurent : les heures initiales et finales de l'arrêt, le code d'arrêt<sup>7</sup> et sa cause. Notons toutefois que l'entreprise effectue également la collecte de ces informations, propres à elle, que les opérateurs écrivent sur un support papier spécifique à celles-ci : le bordereau de réalisation TIAF (Annexe 1).

#### III.3.2. Traitement des données

Les informations transcrites dans le bordereau par les opérateurs sont tout aussi essentielles pour l'analyse des temps d'arrêt des machines. Ils les saisissent dans le logiciel de GPAO et ces données sont extraites sur Excel, après quoi, il est possible de les consulter et de les comparer à celles que nous avons collectées. Les données recueillies doivent être organisées, triées et classées par le truchement de saisie manuelle sur Excel pour enfin être stockées sur support informatique.

##### a. Données utilisées en entrée

Les données utilisées pour effectuer l'analyse des temps d'arrêt des machines proviennent de celles de l'entreprise et celles que nous avons collectées. Le but est de les confronter pour arriver à une étude de fiabilité et obtenir les informations exactes sur le terrain.

<sup>7</sup> Il existe 36 codes d'arrêt ayant chacun leur libellé au sein du département TIAF (Annexe 2)

Les données utilisées provenant de l'extraction du logiciel de GPAO sont :

- Libellé machine (c'est le nom de chaque machine)
- Code d'arrêt
- Date et heure début des arrêts, date et heure fin des arrêts et durée des arrêts

Les données que nous collectons sur le terrain sont :

- Date et heure début, date et heure fin, durée et code d'arrêt constatés ;
- Validation des données (comparer les données extraites de la GPAO avec celles que nous avons ; validées [V] si elles sont similaires, non validées [NV] dans le cas contraire) ;
- Famille d'arrêt (les 8 familles dans lesquelles nous avons regroupé les 36 codes).

## **b. Formules utilisées**

Dans cette étude, quelques variables doivent être prises en compte.

- Temps d'Ouverture (TO) : temps pendant lequel la machine est « ouverte pour produire » (en min)
- Temps de fonctionnement (TF) : temps durant lequel la machine fonctionne réellement (en min)
- Temps d'Arrêt (TA) : temps pendant lequel la machine s'arrête pour cause non planifiée (en min)
- Taux d'Arrêt (TA) : temps d'arrêt en %
- Taux de fonctionnement (TF) : temps de fonctionnement en %

$$\text{On a} \quad \quad \quad \text{TO} = \text{TF} + \text{TA} \quad \quad \quad \text{III.1}$$

$$T_A = \frac{TA}{TO} \times 100 \quad \quad \quad \text{III.2}$$

$$T_F = \frac{TF}{TO} \times 100 \quad \quad \quad \text{III.3}$$

L'analyse des résultats s'est effectuée en partie à l'aide des formules sur Excel qui sont principalement :

- La « RECHERCHEV » a permis d'automatiser la saisie des libellés et familles d'arrêt.
- Les fonctions somme et soustraction ont permis de faire le calcul des durées converties en minute grâce aux fonctions « HEURE » et « MINUTE » ;

- Le TCD (Tableau Croisé Dynamique) a permis de trier, de synthétiser et de réorganiser les bases de données à partir duquel nous avons élaboré le graphique croisé dynamique ;
- Les formules GAUCHE et DROITE ont été utilisées pour extraire les parties utiles de textes.

### III.3.3. Diagramme d'Ishikawa

Afin de structurer l'analyse des causes d'arrêt, le diagramme d'Ishikawa ou diagramme en arêtes de poisson est l'outil qui a servi d'usage. C'est un diagramme de cause à effet pouvant également être utilisé pour comprendre un phénomène, un processus, par exemple les étapes de recherche de panne sur un équipement, en fonction d'un ou de plusieurs symptômes.

Il permet d'analyser un défaut en remontant l'arborescence de l'ensemble des causes d'un problème afin de sélectionner celles qui feront l'objet d'une analyse poussée pour en trouver des solutions.

Construire un diagramme causes/effet, c'est construire une arborescence qui, de l'effet (le phénomène à étudier — le tronc) va remonter dans toutes les causes possibles (les branches), dans les causes secondaires (les petites branches), et jusqu'aux détails (les feuilles).

Pour construire un tel diagramme, il faut définir l'effet sur lequel travailler : un défaut qualité, une caractéristique d'un produit ou d'un procédé, un problème à résoudre. Ensuite, il faut tracer une flèche de gauche à droite en direction de l'effet. La pointe de la flèche contient le nom ou la désignation de l'effet. La flèche forme le tronc de l'arborescence ou la colonne vertébrale du « poisson ». Pour terminer, le diagramme d'Ishikawa nécessite de décrire les facteurs principaux qui sont les causes potentielles de l'effet et les placer dans les branches ou arêtes.

La recherche des causes peut se faire selon les 5 M mnémotechniques traditionnels désignant : Main-d'œuvre, Matière, Méthode, Matériel (équipement) et Milieu (environnement). [18]

### III.4. Conclusion

En bref, les six machines de TIAF ont fait l'objet de l'étude sur l'analyse des temps d'arrêt des machines de préparation au sein de COTONA : la Flambeuse, la ligne de blanchiment continu Benninger ou Ben-Bleach, la Merceriseuse, la Laveuse 7, la Rame 7 et l'Émeriseuse. Pour mener à bien ce travail, ce chapitre a évoqué une description des méthodes utilisées. Elles sont basées sur l'enquête sur le terrain pendant laquelle la collecte des informations a été effectuée, le traitement des données sur Excel pour l'analyse des données recueillies et l'utilisation du diagramme d'Ishikawa pour analyser les principales causes des arrêts machines.

## CHAPITRE IV : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### IV.1. Introduction

Les principales tâches qui nous ont été assignées pendant le stage ont pour but de mener des actions correctives en vue d'améliorer la production au sein de COTONA en axant l'étude sur l'analyse de la fiabilité du système de suivi des arrêts que l'entreprise utilise. Dans ce même sens, il est question d'analyser les différents types d'arrêts existant au sein de SOCOTA Fabrics ou SF pour ensuite les répertorier afin d'en diminuer la répartition. À partir de ces résultats, il est permis d'évaluer les temps d'arrêt sur chaque machine pour établir une vision d'optimisation de la production grâce à l'identification des pertes de temps. Ce chapitre avance alors les résultats sur les travaux effectués au cours du stage suivi des parties discussions et recommandations.

### IV.2. Résultats

#### IV.2.1. Analyse de fiabilité des arrêts sur GPAO

Les notions de fiabilité et de validité sont cruciales à la détermination de la qualité des données de l'enquête. Ce sont des opérations techniques essentielles à l'évaluation de la pertinence de l'information pour étayer les observations de vérification.

En comparant les arrêts constatés sur le terrain à ceux saisis par les opérateurs dans le logiciel de GPAO, le taux de validation des saisies d'arrêt sur chaque machine de préparation a pu être obtenu, donné par le tableau IV.1.

Tableau IV. 1 : Pourcentage de fiabilité des arrêts sur GPAO

	<b>Flambeuse</b>	<b>Ben-Bleach</b>	<b>Merceriseuse</b>	<b>Laveuse 7</b>	<b>Rame 7</b>	<b>Émeriseuse</b>	<b>TOTAL</b>
Fiable	43,4	52,2	36,2	22,2	61,7	23,3	42,6
Non fiable	56,6	47,8	63,8	77,8	38,3	76,7	57,4

Les principales anomalies à l'origine de ce résultat sont de quatre types : arrêt avec saisie de code erroné, arrêt avec saisie d'heure erronée et arrêt non saisi. Elles sont inégalement réparties allant d'un taux pratiquement faible à un taux relativement élevé montré par le tableau IV.2.

Tableau IV. 2 : Pourcentage d'anomalies de saisies sur GPAO

<b>Anomalies</b>	<b>Pourcentage (%)</b>
Arrêt avec code erroné	3
Arrêt avec heure erronée	7,3
Arrêt non saisi	89,7

Ces anomalies touchent presque toutes les machines de préparation analysées au cours du stage. Le tableau IV.3 met en exergue leur taux de répartition sur ces machines.

Tableau IV. 3 : Pourcentage d'anomalie de saisies par machine

<b>%</b>	<b>Flambeuse</b>	<b>Ben-Bleach</b>	<b>Merceriseuse</b>	<b>Laveuse 7</b>	<b>Rame 7</b>	<b>Émeriseuse</b>
Arrêt avec code erroné	1	9,4	10	0	5,4	3,6
Arrêt avec heure erronée	7,3	14,1	10	3,6	9,5	3,6
Arrêt non saisi	91,7	76,6	80	96,4	85,1	92,9

## **IV.2.2. Analyse des temps d'arrêt des machines**

### **a. Typologie d'arrêt de production**

Généralement, on distingue deux types de temps d'arrêt : les temps d'arrêt planifiés, qui sont des temps d'arrêt programmés par le planning de l'Ordonnancement tels que les entretiens. Il peut également être dû au manque de charges. Le deuxième type de temps d'arrêt qui pénalise l'activité de la production des machines de préparation est les temps d'arrêt non planifiés. Dans le département TIAF, ces types d'arrêts sont répartis en 36 codes (Annexe 2) groupés par famille d'arrêt dans le tableau IV.4 afin de faciliter l'analyse. Les durées moyennes et fréquences des arrêts sur chaque machine pendant leurs heures d'ouverture sont exposées dans le tableau IV.5.

Tableau IV. 4 : Codes et familles d'arrêt

<b>FAMILLES D'ARRÊT</b>	<b>TYPES D'ARRÊT</b>	<b>CODE</b>
Changement de mise	Changement de mise ou traitement ou dessin	90
Panne	Panne mécanique	20
	Panne électrique	30
	Manque d'énergie	61
	Rupture de tissu	80
	Rupture générale du courant	00
Manque de petits matériels	Manque de petits matériels (crics, cc <sup>8</sup> , cp <sup>9</sup> , machine à coudre...)	72
Mise au point sur le tissu	Attente contrôle de nuance (bain de teinture, nuance en impression, retouche sur Rame)	75
	Préparation 1 mètre sur Rame	84
	Arrêt pour constatation de défauts	85
	Arrêt par ordre d'un supérieur ou attente de décision	40
	Réfection couture	81
Préparation machine	Nettoyage picots ou pinces	95
	Changement de passage (circuit)	94
	Nettoyage filtres sur Hot Flue <sup>10</sup> ou sur Rame	96
	Nettoyage azurant ou rouleaux sur Rame	99
	Attente refroidissement soude	70
	Attente refroidissement machine ou changement de température	71
Absence	Pause	50
	Manque de personnels	62
Attente tissu	Manque de programme	60
	Attente tissu sur machine	74
Entretien	Changement de brosses sur Flambeuse	91
	Changement de papier sur Émeriseuse	92
	Entretien systématique	10

<sup>8</sup> Cc : Chariot cornu, chariot sur lequel le tissu est enroulé

<sup>9</sup> Cp : Chariot plat, dans lequel le tissu est plié

<sup>10</sup> Hot Flue : machine polymérisatrice au sein de COTONA

Tableau IV. 5 : Durée moyenne (en minutes) et fréquence d'arrêt

Famille d'arrêt	Types d'arrêt	Code	Flambeuse		Ben-Bleach		Merceriseuse		Laveuse 7		Rame 7		Émeriseuse	
			Durée	Fréquence	Durée	Fréquence	Durée	Fréquence	Durée	Fréquence	Durée	Fréquence	Durée	Fréquence
Absence	Manque de personnels	62			217	2	495	1			420	5	210	1
	Pause	50									40	8		
Attente tissu	Attente tissu sur machine	74	63	27	249	26	286	11	110	13	111	9	215	3
	Manque de programme	60	640	7	458	6	255	3	338	3	495	1	235	2
Changement de mise	Changement de mise ou traitement	90	18	410	26	211	89	5	35	202	15	258	15	46
Entretien	Entretien systématique	10			300	2	175	2			65	2		
Manque de petits matériels	Manque de petits matériels (cric, cc, cp, machine à coudre...)	72	50	9	200	4			105	1	35	2	50	2
Mise au point sur le tissu	Attente contrôle de nuance (bain de teinture, nuance en impression, retouche sur rame)	75			45	2							40	1
	Préparation 1 m sur rame	84	10	1							28	3		
	Arrêt pour constatation de défauts	85	16	4							10	3		
	Arrêt par ordre d'un supérieur ou attente de décision	40			40	1			430	1	200	2	180	1

<b>Panne</b>	Panne mécanique	<b>20</b>	27	12	73	15	82	4	30	1	124	10	41	4
	Panne électrique	<b>30</b>	15	3	25	4	49	7	25	1	34	17	38	3
	Manque d'énergie	<b>61</b>	10	2	20	1	5	1	15	1	31	22		
	Rupture de tissu	<b>80</b>	22	4	75	8	80	4	45	12	37	4	83	3
	Tuyau d'alimentation bouché	<b>83</b>	30	1										
	Rupture générale du courant	<b>00</b>	60	8	32	17	33	11	21	5	33	24	35	4
<b>Préparation machine</b>	Nettoyage picots ou pinces	<b>95</b>			69	9					41	4		
	Changement de passage (circuit)	<b>94</b>	10	9	76	64								
	Nettoyage filtres sur hot flue ou sur rames	<b>96</b>	40	60	75	1	85	8			54	29		
	Nettoyage azurant ou rouleaux sur rame	<b>99</b>					30	5			26	30	47	6
	Attente refroidissement soude	<b>70</b>					30	1						
	Attente refroidissement machine ou changement de température	<b>71</b>					192	2			28	4	30	1

## b. Analyse des temps d'arrêt par machine

L'analyse des temps d'arrêt par machine a été essentiellement menée sur les données extraites du logiciel de GPAO. Elle s'avère ainsi indépendante des résultats de nos enquêtes sur le terrain du fait de notre présence moindre par rapport à l'ouverture totale des machines sur la durée du stage.

Tout d'abord, il est important de mettre en évidence le volume des différents temps d'état de production des machines au cours de ces trois derniers mois, illustré par le tableau IV.6. Ensuite, après avoir distingué les taux de marche et arrêt à partir des temps d'état de production, l'analyse des différentes causes à l'origine des arrêts sur les machines de préparation textile décrites par le diagramme d'Ishikawa (figure IV.1) pourra s'effectuer. Le taux de pourcentage de ces arrêts sur chaque machine est représenté dans le tableau IV.7.

Tableau IV. 6 : Temps d'état des machines (Ouverture, Fonctionnement et Arrêt)

	<b>Flambeuse</b>	<b>Ben-Bleach</b>	<b>Merceriseuse</b>	<b>Laveuse 7</b>	<b>Rame 7</b>	<b>Émeriseuse</b>
TO	78 480	81 360	81 360	92 880	93 600	51 840
TF	60 925	56 576	73 540	82 016	78 950	48 517
TA	17 555	24 784	7 820	10 864	14 650	3 323

TO : Temps d'Ouverture (en minutes)

TF : Temps de Fonctionnement (en minutes)

TA : Temps d'Arrêt (en minutes)

Tableau IV. 7 : Taux de fonctionnement et arrêt des machines

	<b>Flambeuse</b>	<b>Ben-Bleach</b>	<b>Merceriseuse</b>	<b>Laveuse 7</b>	<b>Rame 7</b>	<b>Émeriseuse</b>
T <sub>F</sub>	77,6	69,5	90,4	88,3	84,3	93,6
T <sub>A</sub>	22,4	30,5	9,6	11,7	15,7	6,4

T<sub>F</sub> : Taux de fonctionnement (en %)

T<sub>A</sub> : Taux d'arrêt (en %)

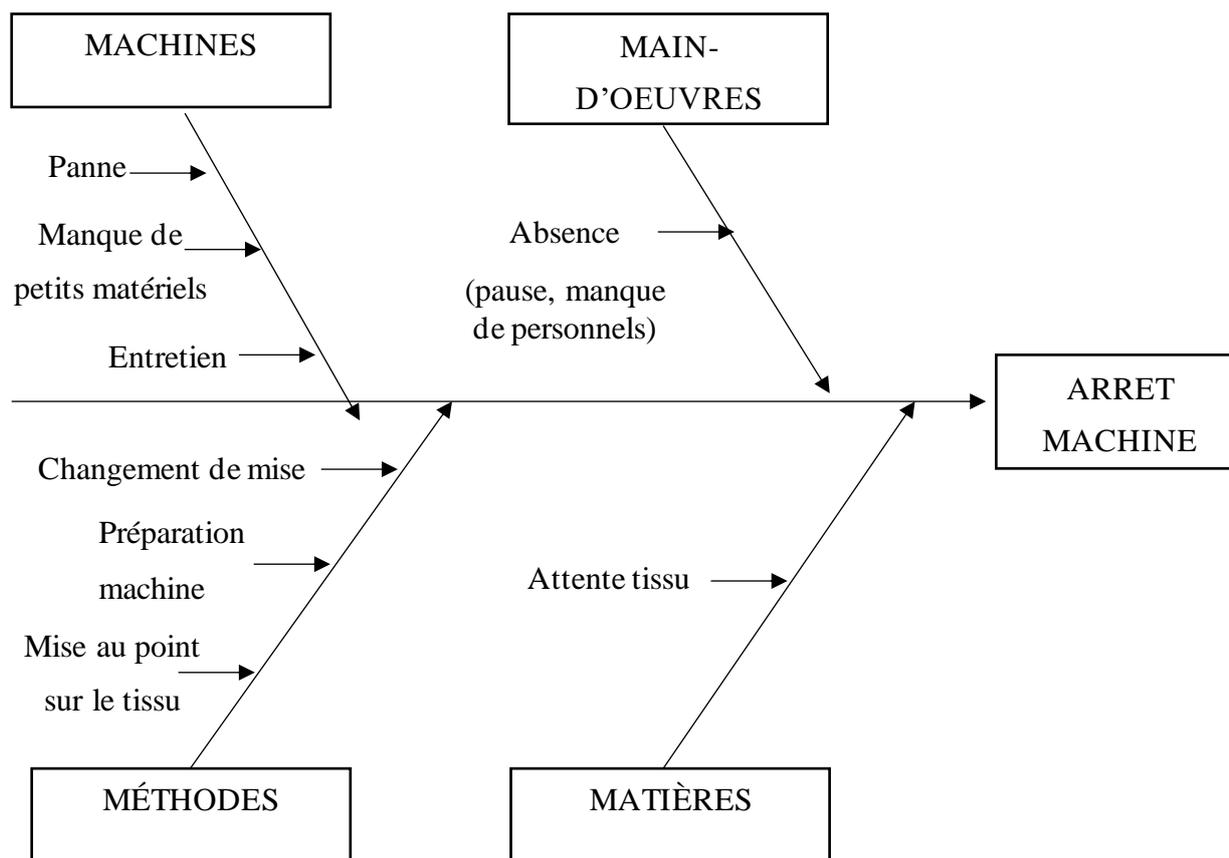


Figure IV. 1 : Diagramme d'Ishikawa sur les arrêts machine

Par machine, le taux de pourcentage de ces arrêts sont répartis comme suit :

Tableau IV. 8 : Pourcentage des arrêts par machine (en %)

	<b>Flambeuse</b>	<b>Ben-Bleach</b>	<b>Merceriseuse</b>	<b>Laveuse 7</b>	<b>Rame 7</b>	<b>Émeriseuse</b>
Absence	0	1,8	6,3	0	16,5	6,3
Attente tissu sur machine	35,3	37,3	50,1	22,6	10,2	33,6
Changement de mise	41,7	22,2	5,7	65,8	26,7	20,9
Entretien	0	2,4	4,5	0	0,9	0
Manque de petits matériels	2,6	3,2	0	1	0,5	3
Mise au point sur le tissu	0,4	0,8	0	4	3,5	6,6
Panne	5,5	9,7	17,5	6,7	23,7	20,2
Préparation machine	14,5	22,6	16	0	18,1	9,5

### IV.3. Discussions des résultats

#### IV.3.1. Discussions sur la fiabilité des saisies sur GPAO

Les résultats vus précédemment montrent que le pourcentage de saisies erronées est supérieur aux saisies validées ce qui remet en cause la fiabilité des saisies d'arrêt dans le logiciel de GPAO. Le diagramme ci-dessous résume les anomalies citées précédemment qui sont à l'origine des saisies non validées.

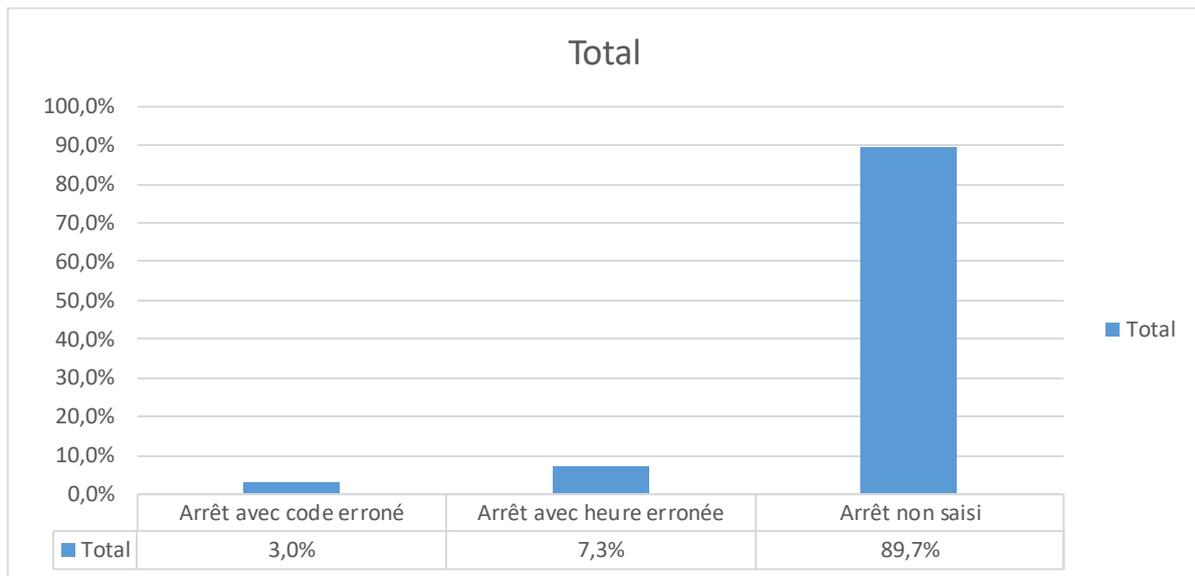


Figure IV. 2 : Saisies d'arrêt non validées

Sur les six machines de préparation analysées, 89.7% des arrêts ne sont pas saisis dans le logiciel de GPAO. Autrement dit, les opérateurs négligent la deuxième procédure de saisie d'arrêt. Rappelons que chaque arrêt doit être écrit dans le bordereau de réalisation TIAF, c'est la première étape, par la suite, ils doivent les saisir sur GPAO. Cette anomalie est majoritairement constatée sur la Laveuse 7. Les opérateurs manquent d'implication et ne comprennent pas l'importance des saisies d'arrêt sur le logiciel de GPAO.

7.3% des saisies sont affectées par des heures erronées. L'anomalie se joue sur un décalage de 15 à 60 minutes, que ce soit l'heure ou la durée de l'arrêt. Cette fois, c'est sur Ben-Bleach qu'elle domine le plus. Soit les opérateurs se trompent, soit ils le font en pleine connaissance de cause. Les enquêtes sur le terrain tendent vers la confirmation de cette deuxième alternative. Il existe un document que le département Ordonnancement distribue à chaque poste dans lequel figurent l'ordre de fabrication des tissus avec les horaires respectifs et d'autres informations supplémentaires (les prévisions). Pour faire croire que les opérateurs

ont respecté le délai de traitement des tissus, ils saisissent les heures conformément à celles du planning bien que ce ne soit pas le cas.

La saisie de code erroné ne représente pas un taux particulièrement élevé (3%). En effet, il peut s'agir de faute d'inattention ou alors d'une mauvaise compréhension de la signification des codes d'arrêt. Par exemple, certains opérateurs écrivent le code 72, manque de petits matériels, au lieu du code 74, attente tissu. Il en est de même pour les codes de nettoyage. Cependant, le code 96, nettoyage filtres sur Hot Flue ou sur Rames, est utilisé par tous les opérateurs des machines de préparation pour indiquer le nettoyage des équipements même s'il existe d'autres codes d'arrêt pour désigner spécifiquement le nettoyage effectué (exemple : code 99-nettoyage azurant ou rouleaux sur rames). Pour cette anomalie, c'est sur la Merceriseuse qu'elle est la plus constatée même si avec un taux relativement faible de 10%.

Par ailleurs, si nous supposons que les arrêts écrits dans le bordereau de réalisation TIAF étaient saisis dans le logiciel de GPAO, le taux de validité des arrêts s'accroîtrait considérablement. Effectivement, le pourcentage de saisies d'arrêt validées serait de 87.9% sur 12.1% de non validées. Il est ainsi primordial de constater cette différence flagrante au niveau des résultats et de chercher à remédier à cette anomalie.

### **IV.3.2. Discussions sur l'analyse des temps d'arrêt des machines**

#### **a. Flambeuse**

Sur 1308 heures de temps d'ouverture de la machine, soit l'équivalent d'environ 54 jours, on a relevé 292 heures d'arrêt soit un taux de 22.4%. Par ces chiffres, nous constatons un résultat plutôt positif car le taux de marche de la machine est largement supérieur au taux d'arrêt. Le graphique croisé dynamique illustré par la figure IV.3 va nous permettre d'aider à analyser les principales familles d'arrêt à l'origine de ces temps d'indisponibilité sur la Flambeuse.

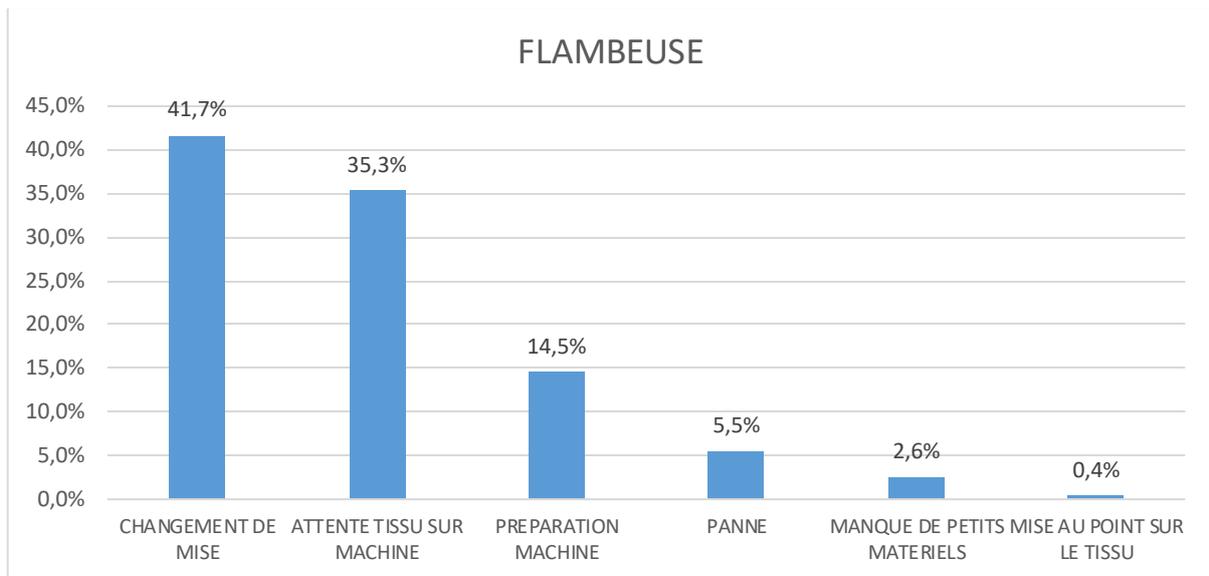


Figure IV. 3 : Famille d'arrêt sur Flambeuse

La principale cause d'arrêt sur la Flambeuse est le changement de mise. Les observations sur le terrain nous ont permis d'en distinguer deux types : soit il s'agit du changement de tissu à traiter sur la machine, soit il s'agit du changement de chariot à l'entrée ou à la sortie de celle-ci si le tissu à traiter est de gros métrage. Ce deuxième cas est dû au fait que le chariot ne peut supporter qu'une certaine quantité de tissu. Comme la Flambeuse est une machine qui tourne à grande vitesse, le chariot se remplit rapidement d'où la nécessité de le changer fréquemment. En moyenne, le temps perdu pour effectuer ce changement est de 18 minutes. Comme il s'agit d'un arrêt obligatoire sur cette machine, il n'est pas possible de le supprimer définitivement, toutefois, il est envisageable de réduire cette perte de temps.

En second lieu, concernant l'entité matériel, l'attente tissu occupe 35.3% des temps d'arrêt sur la Flambeuse. Ceci provient du retard d'approvisionnement en tissu écriu à la sortie du département Tissage ou alors aux pannes fréquentes du Fenwick, engin transporteur de tissu.

En dernier lieu se trouve la préparation machine qui consiste notamment au nettoyage et au changement de circuit du tissu dans la machine. Nous avons recensé en moyenne 35 minutes de pertes de temps pour ces types d'arrêt. Les rouleaux exprimeurs ainsi que les environs de la machine doivent être nettoyés à chaque fin de traitement. Toutefois, tout repose sur l'expérience de l'opérateur si la machine nécessite réellement un nettoyage ou non tant que cela n'impacte pas sur le tissu à traiter en aval. Le changement de passage ne requiert pas beaucoup de temps sur la Flambeuse. Il ne dure en moyenne que 10 minutes. Il consiste à dévier le circuit du tissu en le faisant passer au-dessus de la cuve de flambage pour aller directement dans la cuve de désencollage ou de blanchiment.

## b. Ben-Bleach

Sur 1356 heures de temps d'ouverture, on a relevé 413 heures d'arrêt au cours des trois mois, soit un taux de 30.5%. Comparé à la machine précédente, les arrêts sur Ben-Bleach sont nettement supérieurs. Le graphique croisé dynamique ci-dessous va nous permettre d'aider à analyser les principales familles d'arrêt à l'origine de ces pertes de temps considérables sur cette machine.

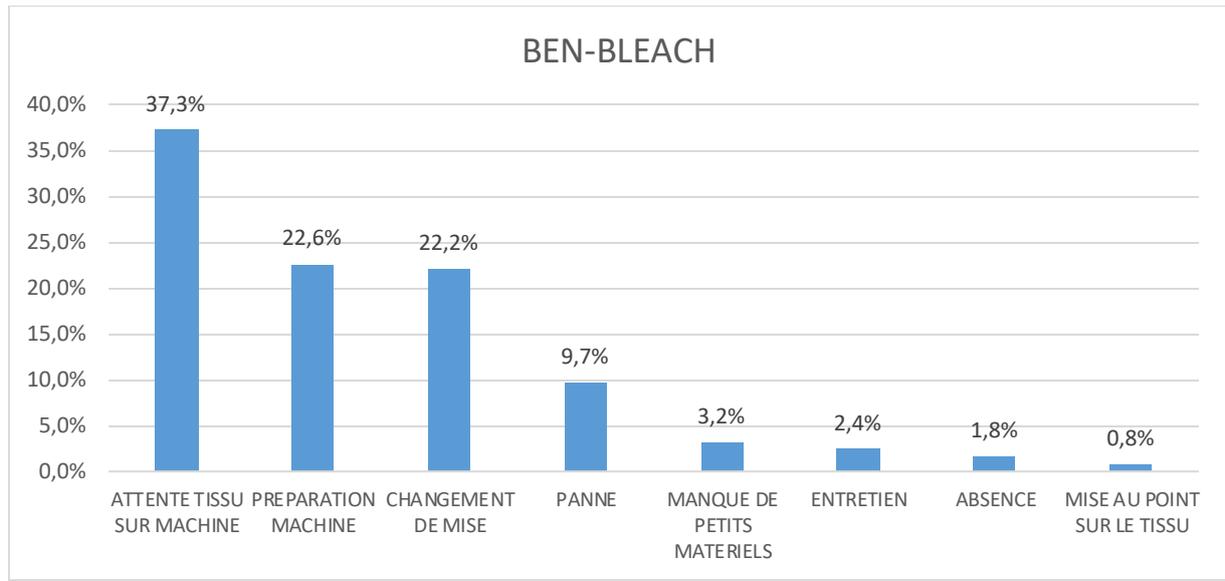


Figure IV. 4 : Famille d'arrêt sur Ben-Bleach

La figure IV.4 montre que la principale cause d'arrêt sur Ben-Bleach est l'attente tissu sur machine provenant de la maturation après Flambeuse ; celle-ci dure en moyenne six heures et peut aller jusqu'à 12 heures en fonction du tissu. La machine manque alors de charges et est dans l'obligation d'attendre la fin de maturation des tissus pour redémarrer. Cette attente constitue une énorme perte de temps pour la machine. Elle peut aussi être liée à une mauvaise planification de l'Ordonnancement.

La préparation machine occupe la seconde place qui cause l'arrêt de la Ben-Bleach. Rappelons que cette famille d'arrêt regroupe le nettoyage, le changement de passage du tissu et notamment l'attente refroidissement de la machine. En analysant en détail les rubriques qui constituent cet arrêt, l'extraction des saisies d'arrêt sur GPAO démontre que le changement de passage occupe la plus grande perte de temps. Le changement de passage sur Ben-Bleach consiste à dévier le circuit du tissu en le faisant passer dans le lit de rouleau pour les tissus à merceriser. Pour ce faire, l'opérateur de la machine tire manuellement le tissu à l'aide d'un

garât<sup>11</sup>. Cependant, avant cette opération, il faut attendre le refroidissement de la machine car la chaleur dégagée par les températures élevées des compartiments est insupportable. Une fois le passage changé, il faudra encore réchauffer la machine en attendant la montée de températures des cuves et de la Vaporiseuse. En total, cet arrêt dure en moyenne 76 minutes. Ce sont les actions entreprises lors du changement de passage qui lui vaut ce temps d'arrêt assez élevé.

La troisième perte de temps sur Ben-Bleach est le changement de mise incluant le changement de recettes des traitements. Cet arrêt dure en moyenne 26 minutes et a eu lieu 211 fois au cours de l'ouverture de la machine.

### c. Merceriseuse

Sur 1356 heures prévues pour l'ouverture de la machine au cours des trois mois, soit l'équivalent de 56 jours environ, on a relevé 130 heures d'arrêt seulement, représentant un taux de 9.6% contre 90.4% de taux de marche. Le résultat est plutôt positif. En effet, lors des enquêtes dans les ateliers, nous avons constaté que la Merceriseuse est l'une des machines qui comportent le moins d'arrêt. Le graphique croisé dynamique ci-dessous va nous permettre d'analyser les principales familles d'arrêt sur cette machine.

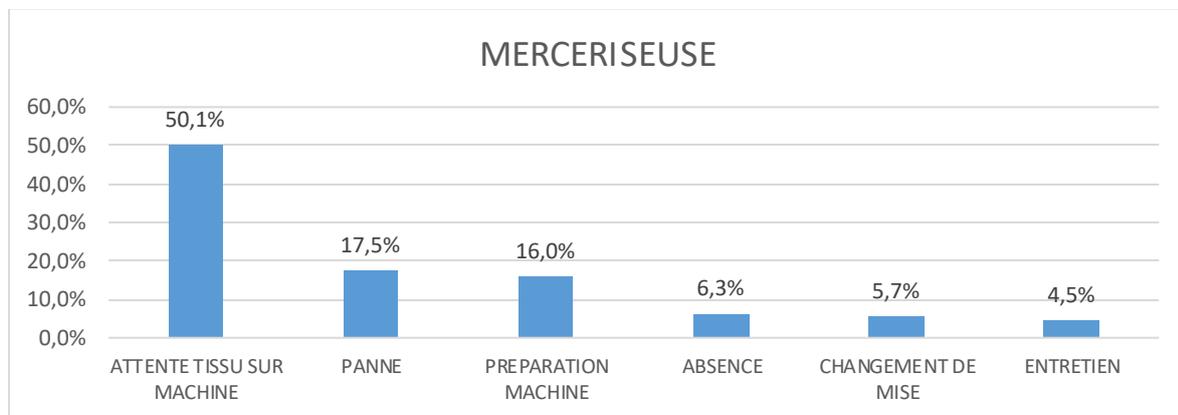


Figure IV. 5 : Famille d'arrêt sur Merceriseuse

L'attente tissu sur machine est la principale perte de temps sur Merceriseuse. En suivant le circuit principal du tissu, cette attente provient de la Ben-Bleach qui elle aussi, est générée par des attentes tissus. Il est donc naturel que la Merceriseuse soit aussi soumise à ce type d'arrêt car il y a manque de charge au niveau de la machine en amont d'où l'attente cumulée.

<sup>11</sup> Garât : tissu uniquement utilisé pour faire sortir le tissu en cours de traitement dans la machine. Il n'est pas destiné à la production.

Le second type d'arrêt qui domine sur la Merceriseuse est la panne, notamment la rupture de tissu dans la machine. Cette cause d'arrêt est liée aux divers réglages de la machine en fonction du type de tissu à traiter. Si les conditions de marche ne sont pas respectées, il est normal que le tissu subisse des ruptures en cours de traitement. L'extraction des saisies d'arrêt montre qu'en moyenne, les actions entreprises lors de cette rupture dure 95 minutes, ce qui s'avère être une perte de temps assez élevée. Par ailleurs, la vétusté de la machine lui confère également des pannes électriques, 7 fois au cours de son ouverture. La Merceriseuse a été acquise en 2000, cela explique son ancienneté ainsi sa susceptibilité à être soumise à des pannes.

La préparation machine présente un taux assez faible de 16%. Elle inclut le nettoyage et l'attente refroidissement de la machine lors du changement de traitement.

#### d. Laveuse 7

Sur 1548 heures prévues pour l'ouverture de la machine, on a relevé 181 heures d'arrêt durant le trimestre de stage. En comparant les rapports de marche et arrêt de la Laveuse 7, on constate un résultat satisfaisant car le taux d'indisponibilité est assez faible : 11.7%. Le graphique croisé dynamique ci-dessous va nous permettre d'aider à analyser les principales familles d'arrêt à l'origine de ces pertes de temps sur la Laveuse 7.

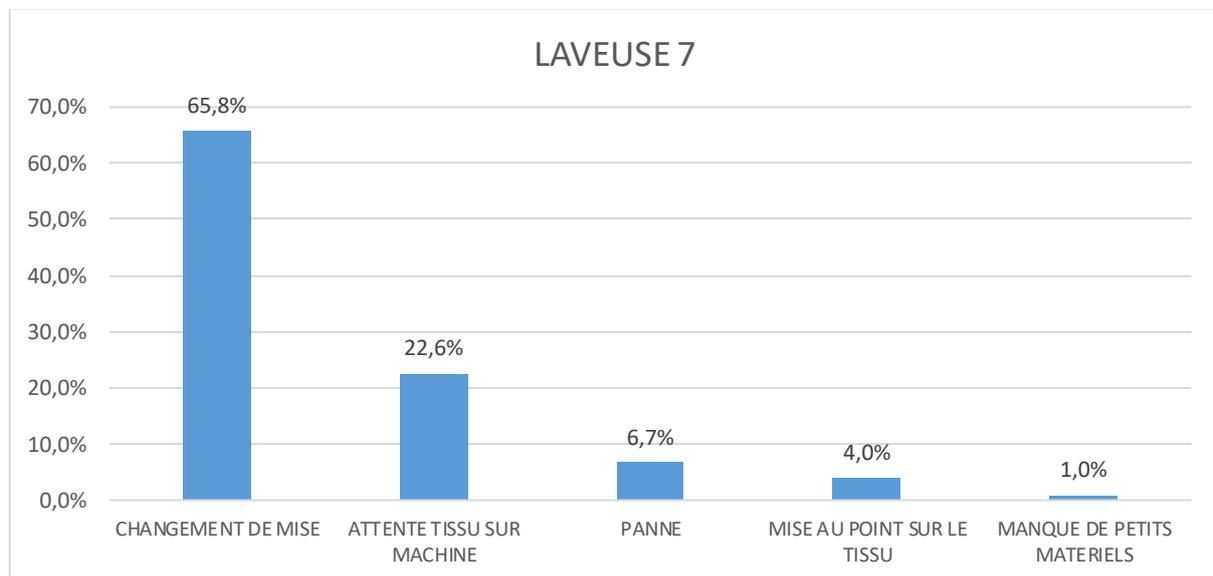


Figure IV. 6 : Famille d'arrêt sur Laveuse 7

La principale cause d'arrêt sur la Laveuse 7 est le changement de mise avec un taux essentiellement élevé de 65.8%. Ceci inclut le changement d'eau lors du changement d'articles ou lorsque le conducteur de la machine constate une nécessité de la renouveler. Dans un premier temps, l'opérateur aux commandes ouvre les vannes pour vider toutes les cuves d'eau et ce n'est qu'après que le remplissage s'effectue. Tout ceci est réalisé à partir de menus

automatiques sur l'ordinateur de bord de la Laveuse 7. La durée de ce remplissage peut varier en fonction du débit de l'eau provenant des postes d'alimentation de l'usine. C'est donc un arrêt obligatoire sur cette machine.

La seconde principale cause d'arrêt sur la Laveuse 7 est l'attente tissu sur machine soit provenant de l'Atelier Blanc, soit de l'atelier Finissage notamment des unités Impression et Teinture. D'après les données extraites de GPAO, cet arrêt survient majoritairement pendant les horaires nuit, comprises entre 18h et 6h.

6.7% des temps d'arrêt sur la Laveuse 7 sont occupés par des pannes. Dans cette catégorie, il ne s'agit pas ici de pannes liées à la machine mais à la rupture des tissus. Le taux est plutôt faible, mais en moyenne, les actions entreprises pour remédier à la rupture est de 45 minutes. Cette panne est souvent due aux conditions de marche non respectées par les opérateurs. Par exemple, il se peut que la tension du compensateur ou la vitesse de la machine soit trop élevée.

#### e. Rame 7

Sur 1560 heures prévues pour l'ouverture de la machine, on a relevé 244 heures d'arrêt soit un taux de 15.7%. A côté de cela, on constate un taux de marche suffisamment élevé. Le graphique croisé dynamique ci-dessous va nous permettre d'aider à analyser les principales familles d'arrêt à l'origine des pertes de temps sur la Rame 7.

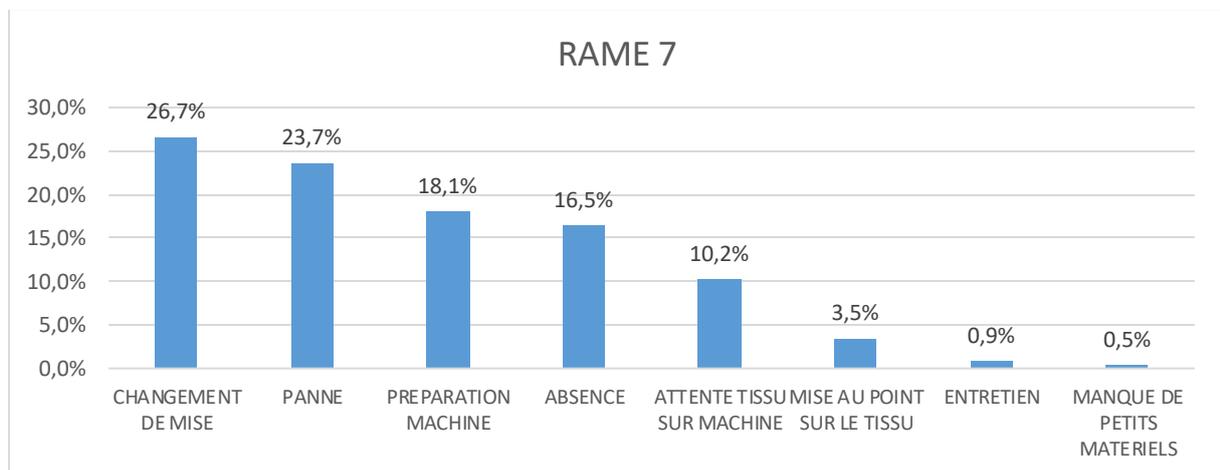


Figure IV. 7 : Famille d'arrêt sur la Rame 7

Le changement de mise occupe 26.7% du temps d'arrêt sur la Rame 7. Comme il s'agit d'un arrêt obligatoire, ne nécessitant en moyenne que 15 minutes, il est encore envisageable de penser à réduire le temps occupé par cet arrêt, mais qui, d'après les enquêtes sur le terrain, semble déjà assez optimal comparé aux changements de mise sur les autres machines. Dans le

cas de la Rame 7, c'est la récurrence du changement qui fait qu'il soit la première cause principale de l'arrêt de la machine.

En second lieu, la panne représente un taux de 23.7%. Qu'il s'agisse de panne mécanique ou électrique, les pertes de temps qu'elles génèrent sont assez significatives car d'une durée moyenne de 67 minutes. Ici, c'est le temps généré par les réparations et l'attente maintenance qui sont mises en évidence. Ces causes sont aussi expliquées par la vétusté de la machine qui date de l'an 2000.

La troisième cause d'arrêt principale est la préparation machine. Il est surtout question de nettoyage avant démarrage ou en cas de changement de traitement. Dans ce second cas, un nettoyage intégral s'impose en faisant passer un garât induit d'eau chaude dans la machine. Le nettoyage avant démarrage consiste à nettoyer les filtres, les rouleaux et les alentours de la machine. En moyenne, il dure 40 minutes, mais encore une fois, il est possible de réduire le temps opéré pour cet arrêt.

#### f. Émeriseuse

Sur 864 heures d'ouverture de la machine, on a relevé 55 heures d'arrêt sur les trois mois, soit un taux de 6.4% du total d'arrêt sur l'Émeriseuse. Le résultat semble positif car la machine fonctionne 93.6% du temps. Le graphique croisé dynamique ci-dessous va nous permettre d'aider à analyser les principales familles d'arrêt sur l'Émeriseuse.

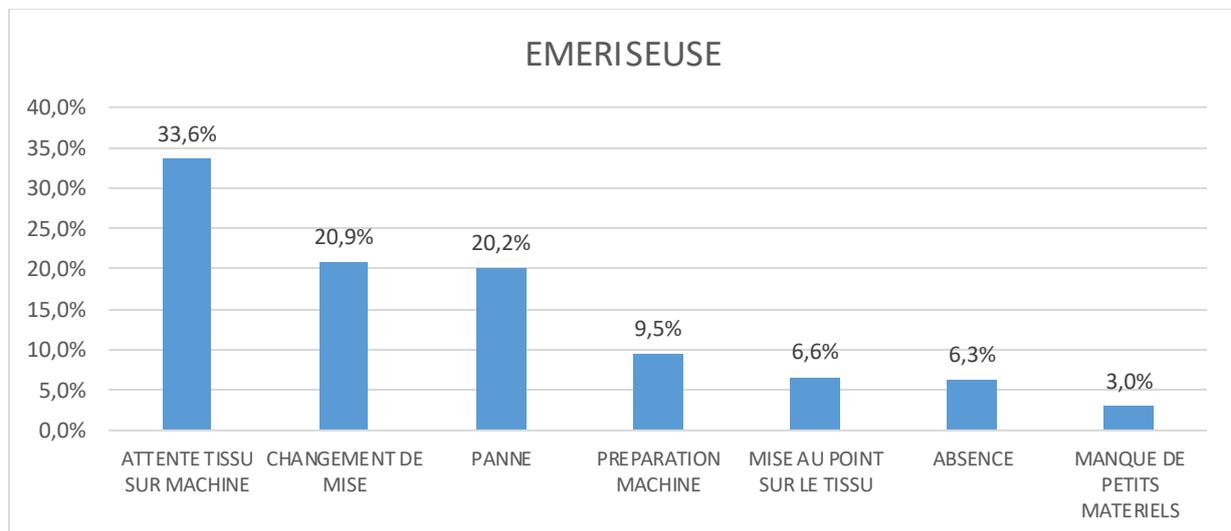


Figure IV. 8 : Famille d'arrêt sur Emeriseuse

Le diagramme montre que les trois principaux arrêts dominants sur l'Émeriseuse sont l'attente tissu sur machine, le changement de mise et la panne.

En général, l'Émeriseuse est la dernière étape de traitement des textiles. La machine peut être ainsi approvisionnée par tous les ateliers. Toutefois, tous les tissus ne sont pas émerisés. De ce fait, il est important de différencier le manque de charge de l'attente tissu et il se peut que les opérateurs ne sachent pas en faire la distinction. Cependant, cette interruption ne constitue pas un arrêt fréquent. Au cours des temps d'ouverture de la machine, les données montrent que l'attente tissu sur Émeriseuse n'a eu lieu que cinq fois mais d'une durée totale de 18 heures.

La seconde principale famille d'arrêt sur l'Émeriseuse est le changement de mise. Cet arrêt joue plutôt sur la fréquence que la durée. En effet, sur 55 heures d'arrêt, il occupe les 11 heures de temps avec une durée moyenne de 15 minutes. En le comparant avec les changements de mise sur les autres machines, nous pouvons dire que sur l'Émeriseuse, cet arrêt semble optimal.

La panne est la troisième cause principale qui pénalise l'activité de la machine. Parmi les rubriques qui constituent ce type d'arrêt, c'est la rupture de tissu qui domine le plus avec 4 heures de temps sur les 11 heures de temps de panne. Elle est souvent due à des fautes d'inattention du conducteur de la machine. A l'endroit des coutures, l'opérateur devrait arrêter l'option « Tambour » car elles sont facilement rompues par le papier émeri de l'Émeriseuse. Ce sont les actions entreprises pour la récupération du tissu qui font qu'elle constitue une énorme perte de temps pour la machine car à l'évidence, l'opération est effectuée manuellement par les opérateurs.

En résumé, en combinant les résultats observés sur les machines de préparation, la figure IV.9 montre les trois principaux types d'arrêt rencontrés.

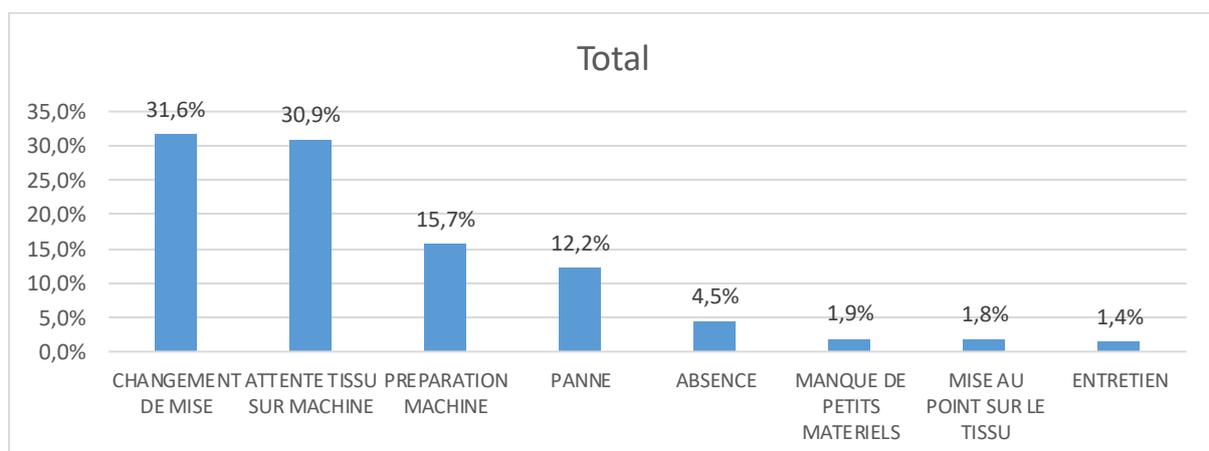


Figure IV. 9 : Principales familles d'arrêt

Les principales familles d'arrêt sur les machines de préparation analysées au cours des trois mois sont le changement de mise, l'attente tissu et la préparation machine.

Concernant le changement de mise, c'est un arrêt obligatoire et surtout fréquent sur les machines, notamment sur celles qui ne disposent pas de J-Box. Son pourcentage élevé s'avère ainsi justifié, mais cela n'empêche pas de chercher des moyens pour réduire les pertes de temps qu'il génère.

A 30.9% de taux d'arrêt, l'attente tissu sur machine semble assez élevée, à quelques chiffres près du changement de mise. Les analyses montrent que cet arrêt est dû aux perturbations des traitements en amont du tissu ou alors à un mauvais planning de l'Ordonnancement. Il faut prendre des mesures correctives pour réduire, voire même éliminer cette perte de temps considérable.

La préparation machine occupe 15.7% des temps d'arrêt. Faible mais non négligeable, les actions entreprises par les opérateurs en sont les principales sources. Des directives doivent être ainsi prises pour réduire les pertes de temps générées par cet arrêt.

#### **IV.4. Recommandations**

##### **IV.4.1. Recommandations sur l'amélioration de la fiabilité de la GPAO**

Afin d'accroître le taux de fiabilité des saisies d'arrêt sur GPAO, voici quelques recommandations tirées de nos enquêtes sur le terrain :

Concernant les codes erronés, former les opérateurs sur leur réelle signification en y donnant plus de précision. Cependant, il existe des intermittences qui n'ont pas spécifiquement leur identification et que les opérateurs adaptent en fonction des interventions qu'ils effectuent. En effet, nous avons constaté que le code 90 (changement de mise, de traitement ou dessin) est le plus usité au sein des ateliers, même lorsque l'arrêt n'est pas en lien avec ce code. Par exemple, le « changement d'eau » est l'arrêt le plus fréquent sur la Laveuse 7, or il ne dispose d'aucun code d'identification alors les opérateurs l'associent au « changement de mise ou traitement », code 90. Ainsi, il est envisageable d'en créer de nouveaux, également pour le prélèvement des échantillons des tissus destiné aux contrôles en laboratoire qu'on observe sur la Rame 7 et l'Emeriseuse.

Pour résoudre le problème des heures erronées, sensibiliser les opérateurs à écrire l'heure exacte de l'arrêt tout en mettant à leur disposition des montres de poche.

En outre, il est aussi primordial de sensibiliser au maximum les opérateurs à saisir les arrêts dans le logiciel de GPAO. D'après les enquêtes sur le terrain, ceci est dû au manque

d'implication du personnel. Il est fondamental de les faire comprendre de l'importance de cette procédure sur l'analyse de l'activité des machines car selon les résultats vus précédemment, le non saisi des arrêts sur GPAO peut fausser l'analyse des pertes de temps des machines. Il est également pensable d'augmenter le nombre de poste de saisie qui se trouve dans les ateliers afin que les opérateurs puissent transcrire les arrêts instantanément. On peut aussi envisager d'engager un individu externe pour la saisie des arrêts sur GPAO qui sera uniquement en charge des saisies sur GPAO.

Cependant, afin de détecter en temps réel tous les arrêts machines, la solution numérique s'avère être le meilleur moyen. Au sein de COTONA, les temps d'arrêt sont notés sur papier avec une précision approximative, ce qui rend difficile la mise en place d'améliorations. Grâce au système de « monitoring » des temps d'arrêt, les arrêts de production sont enregistrés automatiquement via des capteurs automatiques connectés directement aux machines. En créant les hiérarchies de catégories de temps d'arrêt, ce type de logiciel est capable d'identifier le facteur à l'origine des arrêts machines.

#### **IV.4.2. Recommandations sur la réduction des temps d'arrêt des machines**

Après analyse, il est urgent de s'attaquer aux causes qui produisent l'essentiel des effets, plutôt que de se disperser dans la chasse aux causes peu impactantes. Au-delà de la participation aux travaux d'amélioration, tous les niveaux d'association à la décision sont possibles, et chaque chef d'atelier doit définir ce qui convient le mieux à ses équipes.

Les trois principales causes d'arrêt analysées sur les machines de préparation sont le changement de mise, l'attente tissu et la préparation machine. Pour optimiser ces pertes de temps principales, quelques actions correctives devraient être prises en considération.

##### **a. Application de la méthode SMED**

La méthode Single Minute Exchange of Die ou SMED vise à réduire au maximum les pertes de temps lors des changements de série. L'étape préliminaire à la mise en œuvre d'une telle méthode est la phase d'observation. Dans un changement de série, deux types d'opérations sont distinguées : les opérations internes Input Exchange of Die ou IED qui ne peuvent être effectuées que lorsque la machine est à l'arrêt ; et les opérations externes Output Exchange of Die ou OED, qui peuvent et doivent être effectuées pendant le fonctionnement de la machine [13]. Cette méthode vise à isoler les opérations réalisables avant et après le changement de format. C'est-à-dire, établir la distinction entre les IED et les OED. Ensuite, convertir certaines opérations en opérations réalisables pendant la machine en marche. En d'autres termes, il faut

transformer les IED en OED. Il est évident que le remplissage de documents et formulaires concernant la série achevée peut très bien se faire pendant le fonctionnement de la série suivante. Il en est de même pour le rangement des outils et des éléments relatifs à la série achevée ainsi que certaines étapes de la préparation machine.

En définitive, les étapes d'un chantier SMED consistent en un stade de préparation qui permet d'identifier les différents changements de série et leurs durées approximatives pour planifier les observations. Par la suite, on procède à l'observation non détaillée des changements (pour repérer les phases) et au relevé chronométré des différents changements de série. L'analyse critique des activités de changement permet de distinguer les opérations inutiles, les attentes, les préparations, les montages/démontages, les pré réglages, et les réglages ou essais finaux. Une fois ces paramètres définis, il est possible de proposer les améliorations et les synchronisations possibles. Il est également essentiel de former les opérateurs sur la nouvelle façon de faire et d'installer une mesure systématique de la durée du changement.

Pour être effective, la méthode SMED doit aboutir à deux évolutions des pratiques de management. D'une part, l'encadrement de l'atelier doit fixer la durée du changement de série et l'inscrire à ses tableaux de bord ainsi qu'aux sujets d'amélioration systématique. D'autre part, l'ordonnanceur ainsi que l'ensemble de la « supply chain » doivent modifier les paramètres de programmation logistique pour utiliser les gains de temps de changement et les transformer en une réduction réelle du temps de production. [19]

## **b. Une bonne stratégie de planification**

Le manque d'approvisionnement ou l'attente tissu est induit par son environnement en amont. Il est lié à l'indisponibilité brusque des activités de production due aux évènements et aux perturbations humaines ou matérielles. Ainsi, pour y remédier, une bonne préparation s'impose : la planification est la clé.

Une des principales activités de l'Ordonnancement est la construction du « planning type » de production de l'usine. Il doit définir les tailles de lots ainsi que le nombre de changements de série admissibles par unité de temps. Ce document devient ensuite une référence et les groupes de travail ultérieurs devront valider à partir de ce document que leurs conclusions sont conformes au modèle de fonctionnement de l'usine, tel qu'il est décrit dans son planning type. Une fois les capacités des installations déterminées et le modèle de planification des références en fabrication établi, on peut en déduire l'ensemble des éléments organisationnels nécessaires à la marche de l'atelier tel qu'il vient d'être dessiné. [19]

Pour une bonne application de la démarche, l'affectation d'une équipe fiable chargée du planning devrait se déplacer dans les ateliers afin d'assurer le bon déroulement de la production, en veillant à ce que les opérateurs des machines respectent l'ordre de planification établie. En effet, aller sur le terrain permet de percevoir une multitude de paramètres, vérifier que l'on ne fait pas de la théorie, mais bien que l'on se confronte à la réalité. En fonction des informations rencontrées sur le terrain, l'Ordonnancement pourra alors adapter son planning aux réalités dans les ateliers.

#### **IV.5. Conclusion**

Les grands centres d'intérêt abordés dans ce chapitre reposent sur la présentation des résultats des études menées auprès de COTONA. Les analyses ont montré que 57.4% des saisies d'arrêt ne sont pas fiables. On a ainsi pu conclure que mener l'étude des pertes de temps sur GPAO ne tient pas une fiabilité solide car 89.7% des arrêts ne sont pas saisis par les opérateurs. Par ailleurs, les principales causes d'arrêt des machines de préparation sont le changement de mise, l'attente tissu et la préparation machine. Des résolutions doivent être alors prises pour réduire les pertes de temps causées par ces arrêts machines en appliquant la méthode SMED et en établissant une bonne planification industrielle.

## CONCLUSION GENERALE

Dans le cadre de cette étude portant sur le thème de « L'analyse des temps d'arrêt des machines de préparation au sein de COTONA », on a pu identifier les diverses anomalies qui régissent les différents types d'arrêt des machines dans l'entreprise.

Le cas des six machines de préparation des tissus a servi de fil conducteur à cette étude, à savoir : Flambeuse, Ben-Bleach, Merceriseuse, Laveuse 7, Rame 7 et Émeriseuse. A travers le diagramme de cause à effet, nous avons pu mettre en exergue les causes éventuelles des arrêts machines qui freinent la productivité de l'entreprise.

Les méthodes que nous avons adoptées consistaient à confronter les informations extraites de la GPAO à celles tirées des enquêtes sur le terrain. C'est à partir de l'analyse de ces informations qu'on a pu établir les résultats de fiabilité des saisies et des différents temps d'arrêt auxquels la société est soumise. Les résultats ainsi obtenus ont permis de constater que seuls 42.6% des arrêts sont fiables sur les machines de préparation, et les activités de production sont principalement ralenties par les arrêts dus au changement de mise, à l'attente tissu et à la préparation de la machine avant démarrage.

Afin d'accroître le taux de fiabilité des saisies d'arrêt, il est envisageable d'adopter une solution numérique ou d'engager une personne externe responsable des saisies d'arrêt sur GPAO. Aussi, pour réduire les pertes de temps générées par les principaux types d'arrêt, la méthode SMED devrait être appliquée. L'objectif de cette méthode est essentiellement la réduction des temps de changement de série et l'exploitation d'une ressource perdue : le temps de travail des opérateurs pendant les arrêts pour changements de mise. De surcroît, une bonne stratégie de planification est exigée pour le planning d'atelier et doit faire l'objet d'une surveillance stricte dans le respect de celui-ci.

Les anomalies ayant été identifiées, on partira d'une situation saine, après élimination des dysfonctionnements des procédures précédemment en place. La mise en œuvre exige un engagement total de la direction et l'animation efficace des chefs d'atelier. La réussite repose sur la motivation de l'ensemble du personnel qui doit en comprendre tout l'intérêt et son rôle au sein de l'entreprise. La formation et l'information sont les clés pour y parvenir en ayant bien à l'esprit qu'il faut faire de la gestion de la production avec une aide informatique, et non se contenter simplement d'installer un logiciel. La démarche est en effet nécessairement une approche globale définie au niveau stratégique par la direction générale dans une optique d'excellence pour la pérennité de l'entreprise.

## BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

- [1] «<https://www.senseye.io/>,» [En ligne]. [Accès le 10 Mai 2022].
- [2] «<https://www.google.com/search?>,» [En ligne]. [Accès le 27 février 2022].
- [3] «<https://www.ilocis.org/fr/documents/ilo089.htm>,» [En ligne]. [Accès le 02 Mars 2022].
- [4] C. Textile, *Procédés de tissage*.
- [5] «<shop.newtess.com/fr/typologies-armures-tissage>,» [En ligne]. [Accès le 02 mars 2022].
- [6] COTONA, 2022.
- [7] «[www.evolution.cmn-rmc.ca](http://www.evolution.cmn-rmc.ca),» [En ligne]. [Accès le 18 février 2022].
- [8] S. Kendra, *Textile Chemical Processing*, New Delhi, 2014.
- [9] C. européenne, «Document de référence sur les meilleures techniques,» chez *Industrie textile*, 2003.
- [10] J. Moltchanova, *Digital Textile Printing*, 2011.
- [11] «[https://www.spgprints.com/uploads/images/\\_bigVideo/MG\\_8384.jpg](https://www.spgprints.com/uploads/images/_bigVideo/MG_8384.jpg),» [En ligne]. [Accès le 04 avril 2022].
- [12] G. Javel, *Organisation et gestion de la production*, DUNOD, 2010.
- [13] C. M.-B. B. A. C. Maurice Pillet, *Gestion de Production*, EYROLLS, 2011.
- [14] R. F. G. Erlys, *Standardisation des tissus prêts à teindre et prêt à imprimer*, 2007.
- [15] R. J. Jeannot, *PATRIMOINE TEXTILE MALGACHE : CAS DU LAMBAHOANY TISSÉ PAR LA COTONA D'ANTSIRABE*, 2015.
- [16] R. A. Mohammad Shahid, *Advances in Functional Finishing of Textiles*, 2020.
- [17] F. B. E. F. Pietro Bellini, *Reference books of textile technologies : finishing*, 2006.
- [18] C. Hohmann, *Guide de pratique des 5S et du management visuel*, Eyrolles, 2010.

- [19] E. C.-B. C. d. C. O. F. Olivier Fontanille, Pratique du Lean, 2010.
- [20] A. K. R. Choudhury, Principles of textile finishing, 2017.
- [21] A. D. Broadbent, Basic Principles of Textile Coloration, 2001.
- [22] A. Heinrich, Les différentes méthodes d'amélioration de la productivité et application de la démarche TPM sur site industriel, 2006.
- [23] «<http://fahmibouhjar.cd.st>,» [En ligne]. [Accès le 28 février 2022].
- [24] «[machinesetequipemetsmfo.ca/reduire-les-temps-darret-impresvus/Machines et equipements MFO](http://machinesetequipemetsmfo.ca/reduire-les-temps-darret-impresvus/Machines-et-equipements-MFO),» [En ligne]. [Accès le 05 Mai 2022].
- [25] TESTEX,«<https://cdnadmfp.nitrocdn.com/EArRGGWoDALieBzqHUsHFiGtVBmuqofA/assets/static/optimized/rev-d4f76f6/wp-content/uploads/2021/11/cotton-fabric-textile-singeing.jpg>,» [En ligne]. [Accès le 05 mars 2022].
- [26] « <https://fr.wikipedia.org>,» [En ligne]. [Accès le 6 février 2022].



## ANNEXE 2 : CODES D'ARRET TIAF

Code	Libellé
00	Rupture générale du courant
10	Entretien systématique
11	Révision générale
20	Panne mécanique
30	Panne électrique
31	Panne systématique informatique
40	Arrêt par ordre d'un supérieur ou attente décision
50	Pause
60	Manque de programme
61	Manque d'énergie
62	Manque de personnels
63	Incendie
64	Réunion
70	Attente refroidissement soude
71	Attente refroidissement machine ou changement de température
72	Manque de petit matériels
73	Attente préparation
74	Attente tissu sur machine
75	Attente contrôle de nuance (bain de teinture, nuance en impression, retouche sur Rame)
76	Attente contrôle test physique (résistance,...)
80	Rupture de tissu
81	Réfection couture
82	Coloris non conforme
83	Tuyau d'alimentation bouché
84	Préparation 1m sur rame
85	Arrêt pour constatation de défauts
90	Changement de mise ou traitement ou dessin
91	Changement brosses sur Flambeuse
92	Changement de papier sur Émeriseuse
93	Changement de racle ou retouche cadre ou vérification cadre
94	Changement de passage (circuit)
95	Nettoyage picots ou pinces
96	Nettoyage filtres sur Hot Flue ou sur Rame
97	Nettoyage sur Rotative <sup>12</sup> (tapis, cadre, racle)
98	Décapage foulards sur Kusters <sup>13</sup> , Pad Batch <sup>14</sup>
99	Nettoyage azurant ou rouleaux sur Rame

Source : COTONA 2022

<sup>12</sup> Rotative : machine d'impression au sein de COTONA

<sup>13</sup> Kusters : machine de teinture pigmentaire au sein de COTONA

<sup>14</sup> Pad-Batch : machine de teinture réactive au sein de COTONA

## FICHE DE RENSEIGNEMENT

**Nom** : RADANIELINA

**Prénoms** : Henintsoa Fenitra

**Contacts** : +261 32 79 465 59  
+261 34 13 198 08

**E-mail** : radanielinafenitra8@gmail.com

**Adresse** : 07N480 Mahazoarivo Sud Antsirabe

**Titre de mémoire** : ANALYSE DES TEMPS D'ARRET DES MACHINES DE  
PREPARATION AU SEIN DE COTONA

Nombre de pages	Nombre de figures	Nombre de tableaux
70	55	15

### **Encadreur pédagogique**

- Madame RASAMIMANANA Valisoa

### **Encadreur professionnel**

- Monsieur RAKOTOMAVO Tiana

### **Président du jury**

- Docteur RAVONISON Elie Rijatiana Hervé

### **Examineurs**

- Monsieur RAMBOAMAMPIANINA Samitiana
- Monsieur RABARISOA RIRIVA Faniry

## RESUME

A Madagascar, on ne peut évoquer le textile sans parler de la Cotonnière d'Antsirabe. Comme toute société de grande renommée, elle n'est pas à l'abri des diverses difficultés auxquelles sont soumises les entreprises industrielles, notamment : les arrêts-machines.

Cet ouvrage est essentiellement focalisé sur les temps d'indisponibilité des machines de préparation des tissus au sein de COTONA. Dans cette démarche, une étude de fiabilité des saisies d'arrêt sur GPAO ouvre l'analyse sur les principales causes d'arrêt de ces machines.

L'objectif est d'améliorer la production en corrigeant tout d'abord les anomalies rencontrées sur le terrain pour ensuite avancer des propositions nécessaires à la réduction des temps d'arrêt, source de blocage dans la productivité de l'entreprise. La démarche est en effet nécessairement une approche globale qui servira d'outil stratégique par la direction générale dans une optique d'excellence pour réduire les temps d'arrêt dans l'entreprise.

**Mots clés :** Temps d'arrêt, Machine de préparation, COTONA, GPAO, Fiabilité

## ABSTRACT

In Madagascar, we cannot talk about textiles without mentioning "Cotonnière d'Antsirabe". Like any renowned company, it is not immune to the various difficulties to which industrial companies are subjected, such as : machine downtime.

This work is focused on the unavailability time of the preparation machines within COTONA. In this approach, a study of reliability of the seizures of wastetime on CAPM opens the analysis on the principal causes of stop of these machines.

The objective is to improve production by first correcting the defects encountered in the field and then to make the necessary proposals to reduce wastetime, a source of blockage in the company's productivity. The method is indeed necessarily a global approach which will be used as a strategic tool by the general management in a perspective of excellence to reduce downtime in the company.

**Key words :** Wastetime, Preparation machine, COTONA, CAPM, Reliability