



Année universitaire : 2017/2018

Filière ingénieurs
Industries Agro-Alimentaires



Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

**Amélioration des performances de la ligne de
conditionnement A3 Slim de la société
Agro Juice Processing**

Réalisé par l'élève-ingénieur :

Fadoua HALOUANI

Encadré par :

M. Yassine BOUZAHAR : Société AJP

Pr. Majid ATMANI : FST Fès

Présenté le 21 juin 2018 devant le jury composé de :

- **Pr. Majid ATMANI (Président)**
- **Pr. Laila MANNI (Examinatrice)**
- **Pr. Abdellah FARAH (Examineur)**

**Stage effectué à : Agro Juice Processing (Valencia) – Meknès
Service production**

DEDICACES

A ALLAH, le Clément, le Miséricordieux, la source de toute connaissance, d'avoir permis a ce travail d'aboutir à son terme.

A mes très chers parents Latifa BOUASSALAH et Driss HALOUANI,

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Vos prières et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. J'espère ne jamais vous décevoir, ni trahir votre confiance et vos sacrifices. Puisse Dieu tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher frère Amine et son épouse Maryame,

Mon cher frère qui m'est le père et la mère, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'amour et l'affection que je porte pour vous. Mon ange gardien et ma source d'inspiration dans cette vie mystérieuse. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A toute ma famille,

Pour votre amour, vos prières et vos encouragements qui m'ont été d'un grand soutien au cours de ce long parcours, veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de ma profonde affection et énorme respect.

A tous mes amis,

En souvenir des moments merveilleux que nous avons passés et aux liens solides qui nous unissent, je vous souhaite beaucoup de réussite et de bonheur, autant dans votre vie professionnelle que privée et je prie Dieu pour que notre amitié soit éternelle.

Fadoua HALOUANI

REMERCIEMENTS

Avant d'aborder le présent rapport, je tiens tout d'abord à exprimer mes sincères gratitude à la direction de la société Agro Juice Processing de m'avoir accordé l'opportunité d'effectuer mon stage de fin d'études au sein de son organisme.

J'adresse mes sincères et chaleureux remerciements à **M. Yassine BOUZAHAR**, Coordinateur technique, pour sa disponibilité continue, sa générosité en matière de formation et d'encadrement et pour ses précieux conseils et encouragements qui ont permis à ce travail d'aboutir.

Mes remerciements les plus respectueux s'adressent également à **M. Majid ATMANI**, mon encadrant pédagogique, pour ses conseils avisés et ses remarques pertinentes et pour le grand intérêt qu'il a porté à l'égard de mon projet, afin qu'il soit réalisé dans les meilleures conditions.

Mes remerciements vont aussi à tout le personnel de la société Agro Juice Processing qui s'est montré dès le premier jour accueillant, chaleureux et disponible.

Avec beaucoup d'égard, j'exprime ma grande reconnaissance à tout le corps professoral de la FST de Fès, pour la qualité de son enseignement ainsi que sa disponibilité tout au long de ces trois années de formation.

J'adresse mes profonds remerciements aux membres du jury **Pr. Laila MANNI** et **Pr. Abdellah FARAH**, de m'ayant fait l'honneur en acceptant de juger ce travail.

Enfin, j'exprime mes profondes gratitude envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration et la réussite de ce travail.



Filière ingénieurs
Industries Agro-Alimentaires



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Nom et prénom : HALOUANI Fadoua

Année Universitaire : 2017/2018

Titre: Amélioration des performances de la ligne de conditionnement A3 Slim de la société Agro Juice Processing

Résumé

Le présent projet de fin d'études porte sur l'amélioration des performances de la ligne de conditionnement A3 Slim au sein de la société Agro Juice Processing (Valencia) Meknès, spécialisée dans la production des jus de fruits, nectars, jus au lait et lait aromatisé, en s'appuyant sur les méthodes et outils proposés par les démarches d'amélioration de la performance (Lean, TPM, Six sigma).

Le premier volet de ce projet concerne le diagnostic et l'analyse de l'état de la ligne étudiée afin d'évaluer son niveau de performance et de soulever ainsi les sources de pertes les plus pénalisantes.

Le deuxième volet est consacré à l'application de l'AMDEC sur l'équipement critique de la ligne permettant d'identifier tout les modes de défaillance, leurs causes et leurs effets et de les hiérarchiser selon leur criticité afin d'en tirer les principales anomalies altérant son fonctionnement.

Le troisième volet présente les actions d'améliorations proposées pour diminuer la criticité des défaillances soulevées par l'AMDEC ainsi qu'une étude économique pour évaluer le coût du projet.

Mots clés :

Amélioration – performance – Lean – TPM – Six Sigma – TRS – MTBF – MTTR – AMDEC – arrêts – défaillances – fiabilité – disponibilité.

LISTE DES ABREVIATIONS

- **AFNOR** : Association Française de Normalisation
- **AJP** : Agro Juice Processing
- **AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité
- **C** : Criticité
- **CBP 32** : Cardboard Packer 32
- **CNOMO** : Comité de Normalisation des MOyens de production
- **D** : Non-détection
- **DFSS** : Design For Six Sigma
- **DMAIC** : Define, Measure, Analyse, Improve, Control ou encore Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler
- **F** : Fréquence
- **FC** : Fonction Contrainte
- **FP** : Fonction Principale
- **FSTF** : Faculté des Sciences et Techniques de Fès
- **G** : Gravité
- **Méc.** : Mécanicien
- **MTBF** : Mean Time Between Failure ou encore Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement
- **MTTR** : Mean Time To Repair ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation.
- **NF** : Norme Française
- **Opér.** : Opérateur
- **PDR** : Pièce De Rechange
- **Qté** : Quantité
- **Réf.** : Référence
- **SA 30** : Straw applicator 30
- **SARL** : Société à responsabilité limitée
- **SIPOC** : Supplier, Input, Process, Output, Customer
- **T_D** : Taux de Disponibilité
- **T_f** : Temps de fonctionnement
- **T_n** : Temps net

- **T_o** : Temps d'ouverture
- **T_p** : Taux de Performance
- **TPM** : Total Productive Maintenance
- **TPOP** : Tetra Pak Operator Panel
- **T_Q** : Taux de Qualité
- **T_r** : Temps requis
- **TRS** : Taux de Rendement Synthétique
- **TS 30** : Tray Shrink 30
- **T_t** : Temps total
- **T_u** : Temps utile
- **U/h** : Unité/heure

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de la société AJP.....	3
Figure 2: Diagramme de fabrication des produits de la société AJP.....	5
Figure 3: Diagramme SIPOC de la ligne de conditionnement A3 Slim.....	9
Figure 4: Schéma pour la différenciation entre MTBF et MTTR [12].....	14
Figure 5: Diagramme de bête à corne [15].....	17
Figure 6: Diagramme de pieuvre [15].....	18
Figure 7: Décomposition structurelle d'un système.....	19
Figure 8: Evolution hebdomadaire du TRS et ces trois sous-indicateurs de la ligne de conditionnement A3 Slim.....	23
Figure 9: Courbe ABC des causes d'arrêts de l'encartonneuse CBP 32.....	26
Figure 10: Principe de fonctionnement de l'encartonneuse CBP 32.....	28
Figure 11: Diagramme de bête à corne de l'encartonneuse CBP 32.....	30
Figure 12: Diagramme de pieuvre de l'encartonneuse CBP 32.....	31
Figure 13: Décomposition structurelle de l'encartonneuse CBP 32.....	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Fiche technique de la société AJP.	3
Tableau 2: Gamme de produits de la société AJP.	4
Tableau 3 : Décomposition du TRS [9].	12
Tableau 4: TRS hebdomadaire et global de la ligne de conditionnement A3 Slim de la période allant du 1 ^{er} janvier au 18 février 2018.	23
Tableau 5: Classification des équipements de la ligne A3 Slim en fonction du temps d'arrêt.	24
Tableau 6: Calcul des indices de fiabilité MTBF et de maintenabilité MTTR de l'encartonneuse CBP 32.	25
Tableau 7: Classification des causes d'arrêts de l'encartonneuse CBP32 en fonction du temps d'arrêt.	26
Tableau 8: Fonctions principales et contraintes du diagramme de pieuvre.	31
Tableau 9: Eléments de l'encartonneuse CBP 32 concernés par l'AMDEC.	34
Tableau 10: Grille de cotation de la gravité G sur 5 niveaux.	35
Tableau 11: Grille de cotation de la fréquence F sur 5 niveaux.	35
Tableau 12: Grille de cotation de la non-détection D sur 4 niveaux.	36
Tableau 13: Défaillances critiques de l'encartonneuse CBP 32.	37
Tableau 14: Actions d'amélioration de l'encartonneuse CBP 32.	39
Tableau 15: Plan de maintenance préventive du tapis de transfert.	40
Tableau 16: Estimation du coût de la maintenance préventive du tapis de transfert pour 18000 H.	43
Tableau 17: Estimation du coût du système d'éjection des briques.	44
Tableau 18: Estimation du coût du frein à bande.	44
Tableau 19: Estimation du coût des photocellules.	45
Tableau 20: Tableau de calcul du TRS	51
Tableau 21: Tableau AMDEC du module d'alimentation.	54
Tableau 22: Tableau AMDEC du module de formation de motif.	56
Tableau 23: Tableau AMDEC du module de formation de carton.	59

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
Partie I : Contexte général du projet	
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA SOCIETE AJP	2
I. Présentation générale	2
II. Fiche technique	3
III. Organigramme	3
IV. Gamme de produits	4
CHAPITRE II : PROCEDE DE FABRICATION	5
I. Diagramme de fabrication	5
II. Description du procédé de fabrication	6
CHAPITRE III : PRESENTATION DU PROJET	8
I. Problématique	8
II. Périmètre du projet	8
III. Acteurs du projet	9
Partie II : Etude bibliographique	
I. Introduction	10
II. Démarches d'amélioration de la performance	10
1. LEAN	10
2. TPM	11
3. SIX SIGMA	11
III. Méthodes et outils d'amélioration de la performance	11
1. Taux de rendement synthétique (TRS)	11
2. Indice de fiabilité (MTBF)	13
3. Indice de maintenabilité (MTTR)	14
4. ANALYSE ABC (Diagramme de Pareto)	15
5. Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)	15
Partie III : Méthodologie de travail	
CHAPITRE I : DIAGNOSTIC ET ANALYSE DE L'EXISTANT	22
Introduction	22
I. Calcul et analyse du TRS	22
1. Collecte des données	22
2. Résultats	22
3. Discussion	24
II. Identification de l'équipement critique de la ligne A3 Slim	24
III. Evaluation de la fiabilité et la maintenabilité de l'équipement critique CBP32	25

IV. Identification des causes de perte de disponibilité de l'équipement critique CBP 32	25
Discussion	27
CHAPITRE II : APPLICATION DE L'AMDEC SUR L'ENCARTONNEUSE CBP 32	28
Introduction	28
I. Initialisation de l'analyse	28
1. Définition du système à étudier	28
2. Description du fonctionnement	28
3. Objectifs à atteindre	30
4. Supports de travail	30
II. Analyse fonctionnelle de l'encartonneuse CBP 32	30
1. Analyse fonctionnelle externe	30
2. Analyse fonctionnelle interne	32
3. Composants à étudier	34
III. Analyse AMDEC	35
1. Analyse des modes de défaillance et de leurs effets	35
2. Evaluation de la criticité	35
3. Tableaux AMDEC	36
IV. Synthèse de l'étude	36
Discussion	37
CHAPITRE III : ACTIONS D'AMELIORATION ET COUT D'INVESTISSEMENT DU PROJET	39
Introduction	39
I. Actions d'amélioration	39
II. Coût d'investissement du projet	43
1. Maintenance préventive du tapis de transfert pour 18 000 H	43
2. Système d'éjection	44
3. Frein à bande	44
4. Photocellules de détection de bourrage	45
Discussion	46
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	48
ANNEXES	50

INTRODUCTION GENERALE

Actuellement, le marché local des jus de fruits industrialisés est en mauvaise posture. Alors qu'en 2014, la production de ce marché tournait autour de 90 millions de litres, elle n'est désormais plus que de 70 millions de litres, environ. Il apparaît que les produits de contrebande qui sont disponibles sur le marché et l'absence d'une culture de masse de jus de fruits industrialisés sont les raisons qui freinent le développement de ce secteur [1].

En fait, au Maroc, la consommation de jus de fruits maison est d'environ 70%. Des 30% qui restent, la contrebande absorbe 6% et ne laissant que 24% de marge pour les opérateurs du secteur, dont les principaux sont Coca-Cola (Rani Miami), Agro Juice Processing (Valencia), Moroccan food processing (Al Boustane), et Citruma (Marrakech) [2].

En effet, le niveau de la concurrence est devenu de plus en plus élevé obligeant la société Agro Juice Processing (AJP) à investir dans une recherche continue de possibilités d'amélioration de ses performances industrielles et ainsi son rendement afin d'assurer son évolution. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études intitulé « **Amélioration des performances de la ligne de conditionnement A3 Slim** » qui a pour objectif de contribuer à l'amélioration de la productivité et la réduction du temps non productif dû aux arrêts et pannes de ladite ligne, par une analyse critique de ses dysfonctionnements à l'issue de laquelle des actions amélioratrices seront proposées.

En vue de rendre compte de manière analytique de ce travail, il nous paraît logique de procéder de la manière suivante :

- **Partie I : Contexte général du projet** où nous présenterons la société AJP, son procédé de fabrication puis le projet proprement dit.
- **Partie II : Etude bibliographique** où nous présenterons brièvement et de façon théorique les méthodes et outils exploités au cours du projet.
- **Partie III : Partie pratique** où nous traiterons de manière détaillée la méthodologie suivie pour évaluer la performance de la ligne de conditionnement étudiée et analyser les causes de sa sous-performance ainsi que les propositions d'amélioration et le coût d'investissement du projet.

PARTIE I :

Contexte général du projet

- ❖ Chapitre I : Présentation de la société AJP
- ❖ Chapitre II : Procédé de fabrication
- ❖ Chapitre III : Présentation du projet

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA SOCIETE AJP

I. PRESENTATION GENERALE :

AJP est une société à responsabilité limitée (SARL) fondée à Meknès en 2011 par Aboubakr BELKORA. Elle a pour principale activité la production, le conditionnement et la commercialisation de jus de fruits, nectars, jus au lait et lait aromatisé sous ses propres marques : Valencia 100%, Valencia Essentiels, Valencia Nectars, Valencia Au lait, Valencia Choco, Valencia Fraise et Valencia Abtal [3].

AJP agit également en sous-traitance pour la production de jus à destination des marchés étrangers, tels que "Al Rawabi" aux Emirats Arabes Unis, ainsi que pour des marques de distributeurs comme Marjane, Atacadao et autres [3].

AJP est présent dans plusieurs continents, en exportant ses produits spécialement à l'Afrique, mais aussi aux quelques pays d'Amérique, d'Asie et d'Europe (Sénégal, Côte d'Ivoire, Cap vert, France, Belgique, Chine, Japon, et autres) et réalisant ainsi un montant de 13 millions de DHs en 2015 [2].

Malgré son jeune âge, AJP est aujourd'hui le leader du secteur des jus de fruits industrialisés avec un chiffre d'affaires de 207 millions de DH en 2015 soit une part de marché de 37% [2].

II. FICHE TECHNIQUE :

Tableau 1: Fiche technique de la société AJP.

Agro Juice Processing (AJP)	
Création	2011
Forme juridique	SARL
PDG	Aboubakr BELKORA
CA	207 millions de DHs en 2015
Siège social	Lotiss. Niya, Route de Boufekrane – Meknès, Maroc
Secteur d'activité	Agro-alimentaire
Activités principales	Production, conditionnement et commercialisation de jus de fruits, nectars, jus au lait et lait aromatisé
Marques	Valencia 100%, Valencia Essentiels, Valencia Nectars, Valencia Au lait, Valencia Choco, Valencia Fraise et Valencia Abtal
Superficie de l'usine	3 hectares
Capacité de production	150 conteneurs de jus par mois, soit 3 366 000 L/mois
Marchés de service	Local et export vers l'Afrique, l'Amérique, l'Asie et l'Europe
Système de management mis en place	Système de management de la sécurité des denrées alimentaires ISO 22000

Source de données du tableau ci-dessus : [2] et [3]

III. ORGANIGRAMME :

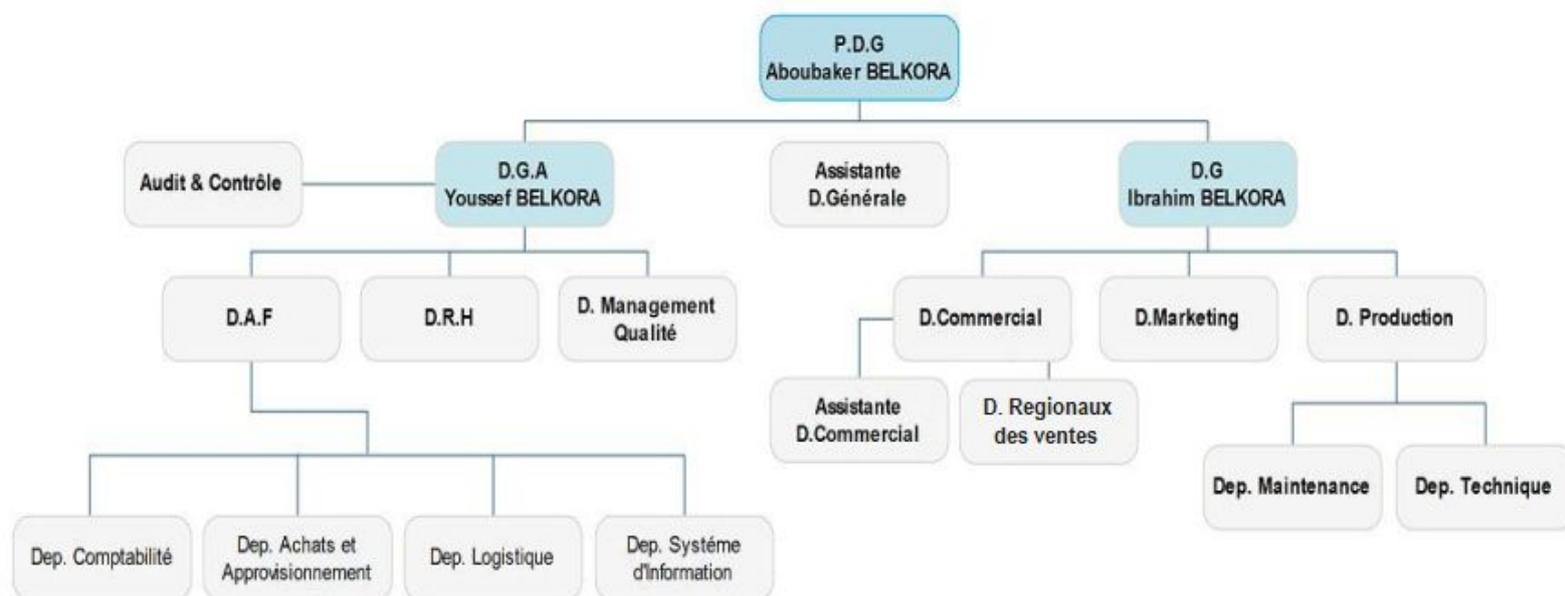


Figure 1: Organigramme de la société AJP.

IV. GAMME DE PRODUITS :

Afin de satisfaire les besoins et répondre aux attentes de ses clients, AJP propose une gamme diversifiée de jus de fruits à base de concentré présentée dans le tableau 2.

Tableau 2: Gamme de produits de la société AJP.

<p>100% Jus</p>	<p>Orange, ananas, pomme</p>	
<p>Essentiels</p>	<p>Citron/gingembre, grenade, kiwi, fruits rouges, piña colada, poire, raisins rouges</p>	
<p>Nectars</p>	<p>Orange light, orange, orange/mangue, mangue, pêche, ananas, panaché 7 fruits</p>	
<p>Jus au lait</p>	<p>Orange/fraise/banane, orange/mangue, pêche/abricot, panaché 9 fruits</p>	
<p>Lait aromatisé</p>	<p>Fraise, chocolat</p>	
<p>Abtal</p>	<p>Orange, mangue, ananas, cocktail</p>	

Source de données du tableau ci-dessus : [3]

CHAPITRE II : PROCÉDE DE FABRICATION

I. DIAGRAMME DE FABRICATION :

Nous synthétisons le procédé de fabrication dans le diagramme ci-dessous.

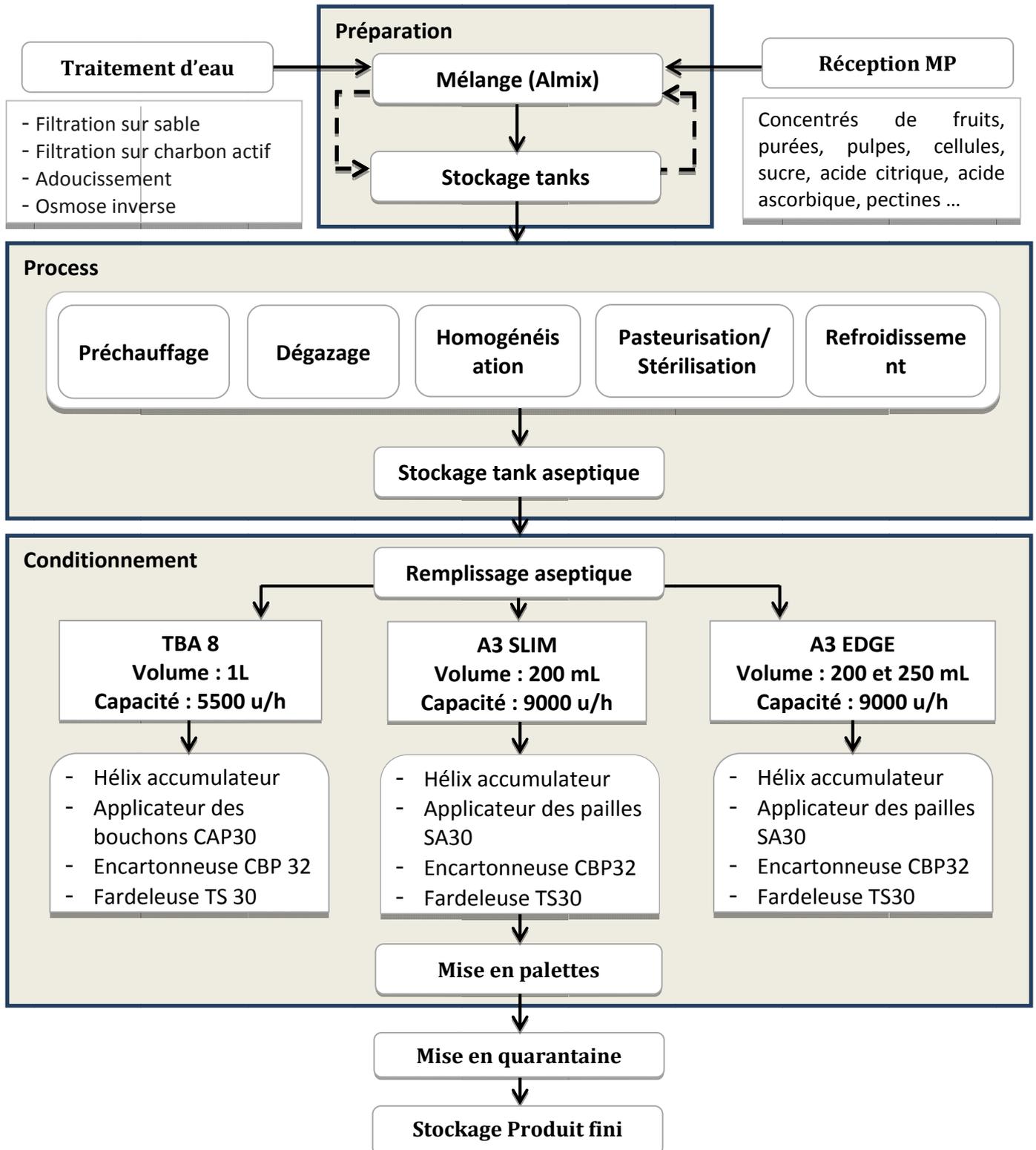


Figure 2: Diagramme de fabrication des produits de la société AJP.

II. DESCRIPTION DU PROCEDE DE FABRICATION :

1. Traitement d'eau :

AJP possède sa propre installation de traitement d'eau de puits afin de garantir la qualité de l'eau utilisée pour la reconstitution du jus.

Ce traitement est effectué en cinq étapes :

- **Filtration sur sable** qui permet l'élimination des matières en suspension dans l'eau et la diminution du nombre de microorganismes après le passage à travers un massif de sable.
- **Filtration sur charbon actif** qui enlève les composés organiques par adsorption et attire, par sa charge positive, les désinfectants résiduels chargés négativement.
- **Adoucissement** qui permet de diminuer la dureté de l'eau, en diminuant la concentration en ions calcium et magnésium en suspension dans l'eau, au moyen d'une résine échangeuse de cations qui relâche ses ions de sodium Na^+ pour capturer les ions de calcium Ca^{2+} et de magnésium Mg^{2+} présents dans l'eau.
- **Osmose inverse** qui est un procédé de séparation en phase liquide par perméation à travers une membrane semi-sélective qui piège 95% à 98% des particules présentes dans l'eau (nitrates, pesticides, métaux lourds, ...) et qui ne laissent passer que les molécules d'eau sous l'effet d'un gradient de pression.

2. Mélange des ingrédients :

Après la validation des matières premières et des ingrédients par le service laboratoire, l'opérateur verse les ingrédients secs (sucre, acide citrique, acide ascorbique, pectine, arôme) dans un mélangeur Tétra Almix et retire les concentrés à l'aide d'une pompe.

Le mélange est ensuite envoyé vers les tanks de préparation constituant ainsi une boucle de mélange avec de l'eau traitée chaude.

3. Pasteurisation/Stérilisation :

La préparation préchauffée à 50-60°C subit une désaération pour aspirer les gaz et les bulles d'air occlus suivie d'une homogénéisation pour augmenter la stabilité du produit et éviter la séparation des deux phases liquide et solide au cours du stockage.

La préparation est ensuite pasteurisée à 95°C pendant 30s lorsqu'il s'agit des jus et nectars ou stérilisée à 100°C pendant 30s lorsqu'il s'agit des jus au lait et à 139 °C pendant 2s lorsqu'il s'agit du lait au chocolat, c'est la Flash-Pasteurisation/Stérilisation.

Une fois refroidi à 21°C, le jus est placé dans un tank aseptique en attente d'être conditionné.

4. Conditionnement :

La salle de conditionnement est constituée de trois lignes de mise en emballage chacune est composée d'une série de machines qui sont à l'ordre suivant :

- **Remplisseuse** : Conditionnement aseptique à froid du produit qui consiste à remplir le jus traité par flash-pasteurisation dans des paquets stérilisés dans un bain de peroxyde d'hydrogène en conditions aseptiques maintenues par un flux d'air stérile.
- **Hélix accumulateur** :
Il permet le placement des briques (paquets de jus) en file d'attente dans une structure verticale en spirale, entre la machine de remplissage et l'équipement en aval, afin de les retarder et de sécuriser la machine de remplissage en cas de panne au niveau des machines de sous-conditionnement.
- **Applicateur de bouchons** : Application et positionnement précis des bouchons.
- **Applicateur de pailles** : Application et positionnement précis des pailles sur les briques.
- **Encartonneuse** : Conditionnement des briques en barquettes et d'unités de suremballage.
- **Fardeleuse** : Mise des barquettes sous film de protection rétractable.

5. Stockage :

Le produit fini est mis en quarantaine en attente d'une réponse favorable des résultats d'analyses microbiologiques pour qu'il soit distribué.

CHAPITRE III : PRESENTATION DU PROJET

I. PROBLEMATIQUE :

Les lignes de conditionnement d'AJP sont constituées d'une multitude d'équipements dont les défaillances sont souvent à l'origine des arrêts de production ; l'arrêt ou le fonctionnement anormal de l'outil de production, engendre une perte économique importante.

Vu les exigences des clients et l'importance des investissements réalisés sur ces lignes, il est nécessaire de les rentabiliser au maximum. C'est dans ce cadre-là que s'inscrit le présent projet (qui a duré quatre mois) qui vise à identifier les différentes causes de dégradation de la performance afin d'en déduire les améliorations à mettre en place pour éviter les pannes fréquentes et garder un rendement satisfaisant.

II. PERIMETRE DU PROJET :

La zone de conditionnement d'AJP est constituée de trois lignes de conditionnement à savoir :

- 1^{ère} ligne : TBA/8 avec un volume de colis de 1000 ml et une capacité de 5500 L/h.
- 2^{ème} ligne : A3 Slim avec un volume de colis de 200 ml et une capacité de 9000 L/h.
- 3^{ème} ligne : A3 Edge avec des volumes de colis de 200 ml et 250 ml et une capacité de 9000 L/h.

Nous nous sommes limités à l'étude de la 2^{ème} ligne (A3 Slim) et non pas les autres (1^{ère} et 2^{ème} ligne) parce que, à mon arrivée à l'usine, la 1^{ère} ligne était sous révision et la 3^{ème} ligne était en dehors de fonctionnement car ce dernier est assuré suite à des commandes.

Afin de cerner la ligne de conditionnement A3 Slim et de bien saisir ses caractéristiques et son fonctionnement, nous avons décrit ce dernier selon la méthode SIPOC [4] (voir figure 3).



PARTIE II :
Etude bibliographique

I. INTRODUCTION :

Dans l'environnement professionnel, les démarches d'amélioration de la performance débutent parfois de façon ponctuelle et souvent sous la contrainte de défaillance ou de défaut de qualité. Le contexte économique actuel incite les entreprises à une recherche rapide de compétitivité. Celle-ci est conditionnée par leur capacité de mettre en place des démarches d'amélioration efficaces et innovantes dont les résultats se traduiront par une performance accrue.

Ces démarches d'amélioration seront à la source de nombreuses actions qui peuvent être mise en œuvre pour faire progresser des situations parfois jugées acceptables et très souvent pour lutter contre les sources de gaspillage.

La multiplicité des réalisations nécessitera la mise en place d'une démarche structurante pour les réunir. Celles-ci sont issues du même principe de la roue de l'amélioration continue initiée par William Edwards Deming dont les déclinaisons les plus populaires sont la **TPM**, le **Lean** et le **Six Sigma** [5].

Ces dernières seront l'objet de cette partie bibliographique. Nous détaillons au premier lieu l'utilité de chacune d'elles ensuite nous développons leurs méthodes et outils.

II. DEMARCHES D'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE :

1. LEAN :

Le LEAN est une démarche visant à identifier et éliminer tous les gaspillages (ou activités à non valeur ajoutée) qui jalonnent la chaîne de valeur depuis l'expression du besoin client jusqu'à sa satisfaction, au travers d'une amélioration continue, en vue d'atteindre l'excellence industrielle.

Son objectif est ainsi d'optimiser la qualité, les coûts et les délais de livraison tout en impliquant le personnel par une démarche participative [6].

2. TPM :

La TPM (Total Productive Maintenance, parfois étendue au terme de Total Productive Management) est une démarche d'amélioration continue des ressources de production qui vise la performance industrielle des entreprises.

Cette démarche est un projet à part entière, prenant en compte les aspects techniques, organisationnels et surtout humains. La TPM consiste à traiter essentiellement de manière préventive toutes les pannes et dysfonctionnements qui pénalisent les équipements et qui, de ce fait, entraînent une incapacité à satisfaire les exigences des clients [6].

3. SIX SIGMA :

Le Six Sigma est une démarche s'appuyant fortement sur une gestion par projet, permettant la satisfaction totale du client.

Il fait appel à la méthode DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) pour l'amélioration ou DFSS (Design For Six Sigma) pour la conception et à des outils statistiques. L'objectif est de réduire le risque de défauts en sortie de processus par la réduction de la variabilité [6].

III. METHODES ET OUTILS D'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE :

Les démarches d'amélioration précédemment définies proposent de nombreux indicateurs et outils qui permettent d'augmenter le rendement industriel :

1. TAUX DE RENDEMENT SYNTHETIQUE (TRS) :

a. Définition du TRS :

Le Taux de Rendement Synthétique ou TRS est un indicateur destiné à la mesure de rendement des équipements selon trois composantes : la disponibilité de l'équipement, la performance de celui-ci en régime normal et la qualité qu'il est capable de fournir [7].

Le TRS décomposé est un ratio constitué de trois taux intermédiaires à savoir :

- **Taux de disponibilité (T_D)** : influencé par les pannes, les changements de série et les réglages [8].

- **Taux de performance (T_p)** : influencé par les micro-arrêts, les marches à vides et les baisses de cadences [8].
- **Taux de qualité (T_Q)** : influencé par les défauts de qualité, les retouches et les pertes aux démarrages et redémarrages [8].

Le TRS met donc en évidence les pertes de production en trois catégories sur lesquelles un plan d'action est mis en place.

b. Décomposition du TRS :

Le calcul du TRS et l'identification des causes de pertes d'un équipement repose sur la décomposition de l'activité de l'équipement en un certain temps d'état standards.

La norme AFNOR NF E-60-182 (2002) décompose le temps total de vie de l'équipement de la façon présentée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Décomposition du TRS [9].

$T_t =$ Temps total				
$T_o =$ Temps d'ouverture				Fermeture
$T_r =$ Temps Requis			Arrêts planifiés (Nettoyage, essais, réunions, pauses, sous charge, ...)	
$T_f =$ Temps de Fonctionnement		Pertes de disponibilité (Pannes, changement de série, réglages ...)		
$T_N =$ Temps Net			Perte de performance (Baisses de cadence, micro-arrêts)	
$T_u =$ Temps Utile	Non qualité			

Les temps, représentés sur le tableau 3, sont définis de la manière suivante :

- **Temps total T_t** correspond au temps de référence intégrant l'ensemble des états possibles de l'équipement [10] ;
- **Temps d'ouverture T_o** correspond au temps maximum pendant lequel l'équipement peut fonctionner [10] ;
- **Temps requis T_r** correspond au temps pendant lequel on produit réellement, il est égal au temps d'ouverture auquel on soustrait les temps d'arrêts planifiés [10] ;
- **Temps de fonctionnement T_f** est le temps requis auquel on retire les arrêts dus aux pannes ou changement de série [10] ;

- **Temps net T_n** correspond au temps de performance, c'est-à-dire au temps de fonctionnement moins les temps perdus suite au micro-arrêts ou non-respect des cadences machine [10] ;
- **Temps utile T_u** correspond au temps net de fonctionnement auquel on soustrait le temps perdu à fabriquer les pièces ou produits de mauvaise qualité [10].

c. Calcul du TRS :

Selon le modèle AFNOR, Le TRS se calcul via la multiplication de trois facteurs qui sont le Taux de disponibilité, le Taux de Performance et le Taux Qualité.

$$TRS(\%) = T_D \times T_P \times T_Q \quad [9]$$

Avec :

T_D = Temps de fonctionnement (T_f) / Temps requis (T_r)

T_P = Temps net (T_n) / Temps de fonctionnement (T_f)

T_Q = Temps utile (T_u) / Temps net (T_n)

2. INDICE DE FIABILITE (MTBF) :

a. Définition de la fiabilité :

Selon la norme française (EN 13306), la fiabilité est l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné [11].

b. Calcul de l'indice de fiabilité :

La fiabilité peut se caractériser par sa MTBF (Mean Time Between Failure) ou encore Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement. Elle représente la moyenne des temps entre défaillances consécutives.

La MTBF peut être exprimée par le rapport suivant :

$$MTBF = \frac{\sum \text{Temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre de pannes } (n)} \quad [11]$$

3. INDICE DE MAINTENABILITE (MTTR) :

a. Définition de la maintenabilité :

Dans des conditions d'utilisation données, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits (NF EN 13306) [11].

b. Calcul de l'indice de maintenabilité :

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation. Elle exprime la moyenne des tâches de réparation [11].

La MTBF peut être calculée par la relation suivante :

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}}{\text{Nombre de pannes } (n)} \quad [11]$$

La figure (3) ci-dessous schématise les états successifs que peut prendre un système réparable :

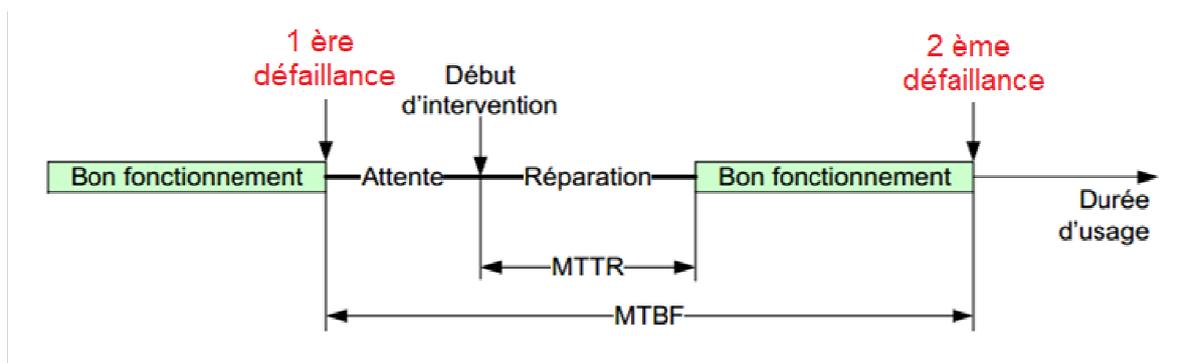


Figure 4: Schéma pour la différenciation entre MTBF et MTTR [12].

4. ANALYSE ABC (DIAGRAMME DE PARETO) :

a. Définition de l'analyse ABC :

L'analyse ABC ou encore le diagramme de Pareto (du nom de l'économiste italien Vilfredo Pareto qui l'a inventé) est un moyen simple pour classer les éléments étudiés (causes d'arrêts) par ordre d'importance [12].

Le diagramme de Pareto est un graphique à colonnes qui présente la loi du 80/20 selon laquelle 20% des causes sont responsables de 80% des effets et fait ainsi ressortir le ou les éléments les plus importants qui expliquent une situation [12].

b. Principe de l'analyse ABC :

Le principe de cette méthode consiste à :

- 1) Ordonner les éléments par ordre décroissant du critère choisi ;
- 2) Calculer les pourcentages cumulés des éléments en faisant l'addition du pourcentage en question avec le cumul précédent;
- 3) Représenter les résultats obtenus sous forme d'un histogramme ;
- 4) Représenter l'évolution du pourcentage cumulé par une courbe se superposant à l'histogramme [6].

Il apparaît trois zones distinctes dans la courbe :

- Zone A : Environ 20% des éléments engendrent 80% du critère choisi. Ce sont les éléments à étudier en priorité.
- Zone B : Les 30% d'éléments suivants n'engendrent que 15% du critère.
- Zone C : Les 50% restantes n'engendrent que 5% du critère.

5. ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE (AMDEC) :

a. Définition :

Le nom AMDEC correspond aux initiales de la méthode : « Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité ».

C'est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances potentielles dont les conséquences affectent le bon fonctionnement du système étudié, puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives adaptées à la criticité du problème [13].

b. Types de l'AMDEC :

La méthode a été développée pour traiter le risque de défaillances dans trois domaines :

- **L'AMDEC Produit** qui s'intéresse aux risques de défaillances d'un produit. Elle est donc essentiellement orientée vers la fiabilité du produit et elle se fait dans le cadre du processus de conception [14].
- **L'AMDEC Procédé de fabrication** qui s'intéresse aux risques qui conduiraient un procédé de fabrication à ne pas fonctionner ou donner des produits non conformes[14].
- **L'AMDEC Moyen de production** qui s'intéresse aux risques de non-fonctionnement ou de fonctionnement anormal d'un équipement dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise [14].

Nous avons utilisé la méthodologie de l'AMDEC Moyen de production car notre projet concerne une machine de production.

c. Mise en œuvre de l'AMDEC :

L'AMDEC se déroule comme suit :

▪ Etape 1 : Initialisation

L'initiation de l'analyse doit permettre de poser clairement le problème, de définir le contenu et les limites de l'étude à mener et de réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement [13].

▪ Etape 2 : Analyse fonctionnelle

Une défaillance est la disparition ou la dégradation d'une fonction. Donc pour trouver les défaillances potentielles il faut connaître les fonctions.

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui permet de recenser, de caractériser et de hiérarchiser les fonctions d'un système [15].

On distingue deux types d'analyse fonctionnelle :

- **L'analyse fonctionnelle du besoin ou analyse fonctionnelle externe** qui permet d'analyser la valeur du système en mettant en évidence chacune des fonctions de service (Pourquoi l'objet a-t-il été créé ?) ainsi que chacune des fonctions contraintes (Quelles sont les contraintes auxquelles l'objet doit satisfaire ?) [15].
- **L'analyse fonctionnelle du produit ou analyse fonctionnelle interne** dégage chaque fonction technique principale et complémentaire c'est-à-dire qu'elle caractérise le fonctionnement technique du système [15].

Parmi les outils d'analyse fonctionnelle, nous citons :

➤ **La bête à corne :**

La bête à corne permet de définir le besoin auquel répond le système. C'est un outil de représentation des questions fondamentales suivantes [15] :

- A qui le produit rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?

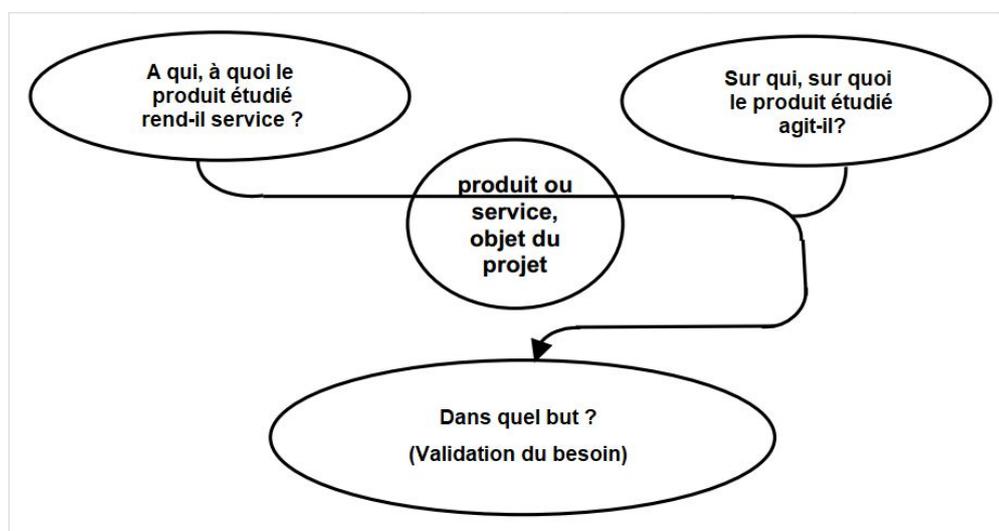


Figure 5: Diagramme de bête à corne [15].

➤ **La pieuvre :**

Cet outil identifie les fonctions qui caractérisent les relations entre le système et les éléments du milieu extérieur [15].

On distingue :

- **Fonctions principales (FP)** : il s'agit d'identifier les relations créées par le système entre deux ou plusieurs éléments de son milieu extérieur d'utilisation.

Chaque FP doit être exprimée par une relation entre au moins deux milieux extérieurs via le système et un verbe (voir figure 6) [15].

- **Fonctions contraintes (FC)** : il s'agit de définir les contraintes imposées au système par son milieu extérieur d'utilisation.

Chaque FC doit être exprimée par une relation entre le système et un milieu extérieur et un verbe (voir figure 6) [15].

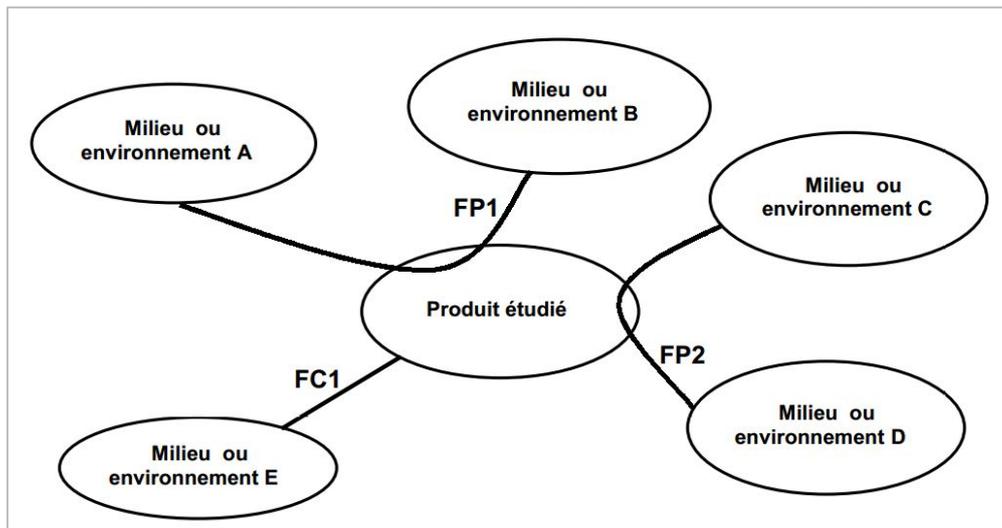


Figure 6: Diagramme de pieuvre [15].

➤ **Décomposition structurelle :**

Un système (produit complexe) peut être décomposé en trois niveaux d'arborescence:

- système,
- sous- système,
- composant (voir figure 7).

La décomposition structurelle permet de représenter, à partir du produit entier, l'ensemble des constituants de niveaux successifs. Le niveau au sommet est le système, le niveau de base est le composant [16].

L'AMDEC sera alors conduit à partir du niveau composant puis remontera aux divers étages de l'arborescence.

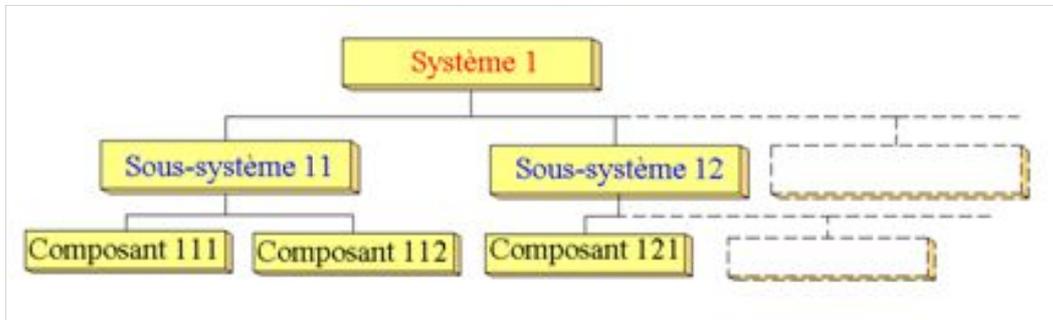


Figure 7: Décomposition structurelle d'un système.

▪ **Etape 3 : Analyse AMDEC**

➤ **Modes de défaillance :**

Le mode de défaillance est la manière dont le dispositif peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement [13].

Pour chaque composant identifié dans la décomposition fonctionnelle, il faut chercher :

- la perte totale de la fonction
- l'apparition d'états dégradés de la fonction (performance inférieure à un niveau spécifié)
- la non réalisation de la fonction à l'instant où elle est sollicitée
- l'apparition de fonctionnement inconvenable lorsque la fonction n'est pas sollicitée.

Le mode est la façon, pour chaque composant, d'aboutir à un de ces quatre dysfonctionnements [13].

➤ **Causes de défaillance :**

Une cause de défaillance est l'événement initial (souvent une anomalie) pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire des différents types de modes de défaillance [13].

Il faut chercher et décrire les causes de défaillance pour chaque composant.

➤ **Effets de défaillances :**

Pour chaque mode de défaillance, il faut décrire les effets de cette dernière sur le système qui sont relatifs à [13] :

- l'arrêt de la production de la machine,
- la non qualité du produit fabriqué,
- la sécurité des biens et des personnes.

➤ **Détection :**

Une cause (et/ou un mode) de défaillance étant supposée apparue, on dresse la liste des dispositions prises pour atténuer voire éviter un arrêt de production, pour assurer la qualité des produits fabriqués, ou pour traiter des problèmes de sécurité des personnes et des biens [13].

➤ **Criticité :**

Pour toutes les défaillances précédemment identifiées, une analyse d'évaluation des risques est doit être effectuée afin de noter l'importance du risque engendré par chaque cause de défaillance et d'hiérarchiser les défaillances.

L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la criticité, qui est égale au produit de trois critères F, G et D définis ci-dessous [13] :

$$C = F \times G \times D$$

D'où :

- **Gravité (G)** : il s'agit de l'importance des conséquences que la défaillance pourrait générer lors de son apparition [13].
- **Fréquence (F)** : il s'agit de la probabilité d'apparition de la cause et la probabilité que cette cause entraîne la défaillance [13].
- **Non-Détection (D)** : il s'agit de la probabilité que la cause ou le mode de défaillance supposé apparu provoque l'effet le plus grave, sans que la défaillance ne soit détectée au préalable [13].

▪ **Etape 4 : Synthèse**

A partir des indices de criticité, il est possible de hiérarchiser les défaillances et de recenser celles dont le niveau de criticité est supérieur à une limite constante [13].

Le seuil de criticité dépend des objectifs de fiabilité ou les techniques traitées. Citons à titre d'exemple, les seuils de criticité définis par la norme CNOMO E41.50.530.N [13] :

- 16, le plus utilisé pour les organes mécaniques,
- 24, sur des composants électriques ou électroniques, où l'indice de non-Détection est presque toujours égal à 4.

Après la mise en évidence des risques de défaillance critiques, des actions correctives sont décidées et appliquées pour diminuer la criticité des défaillances.

PARTIE III : Méthodologie de travail

- ❖ Chapitre I : Diagnostic et analyse de l'existant
- ❖ Chapitre II : Application de l'AMDEC sur l'encartonneuse CBP 32
- ❖ Chapitre III : Actions d'amélioration et coût d'investissement du projet

CHAPITRE I : DIAGNOSTIC ET ANALYSE DE L'EXISTANT

INTRODUCTION :

Dans le but d'analyser l'état de la ligne de conditionnement A3 Slim, nous nous appuyons sur l'analyse du niveau de TRS et de ses trois sous-indicateurs (taux de disponibilité T_D , taux de performance T_P et taux de qualité T_Q) qui nous permettra d'identifier les sources de perte les plus pénalisantes sur lesquelles il faut agir pour améliorer la performance de la ligne en question.

I. CALCUL ET ANALYSE DU TRS :

1. COLLECTE DES DONNEES :

Pour pouvoir évaluer cet indicateur, nous nous sommes basés sur les données recensées automatiquement par le système de surveillance des lignes de conditionnement durant la période du 1^{er} janvier au 18 février 2018.

Ces données fournissent toutes les informations nécessaires pour le calcul du TRS à savoir : les temps de production, les temps d'arrêts planifiés, les temps d'arrêts non planifiés, la production totale et les pertes totales (voir tableau 20, annexe 1).

2. RESULTATS :

Les données recueillies ont été exploitées pour l'évaluation du TRS journalier, hebdomadaire et aussi sur toute la période du relevé afin de bien visualiser les taux de disponibilité, de qualité et de performance de la ligne étudiée.

Le tableau 4 ci-après synthétise les temps d'état standards et les différents taux hebdomadaires relatifs à la période du relevé (voir tableau 20, annexe 1 pour le calcul détaillé).

Tableau 4: TRS hebdomadaire et global de la ligne de conditionnement A3 Slim de la période allant du 1^{er} janvier au 18 février 2018.

	Temps d'ouverture T_0 (mn)	Temps requis T_r (mn)	Temps de fonctionnement T_f (mn)	Taux de disponibilité $T_D = T_f/T_r$	Temps net T_n (mn)	Taux de performance $T_P = T_n/T_f$	Temps utile T_u (mn)	Taux de qualité $T_Q = T_u/T_n$	TRS Hebdomadaire
Semaine 1	2019,68	1880,02	1492,12	79,37%	1488,05	99,73%	1476,00	99,19%	78,51%
Semaine 2	5192,57	4729,53	3663,62	77,46%	3655,17	99,77%	3606,64	98,67%	76,26%
Semaine 3	2881,78	2632,87	2146,98	81,55%	2143,33	99,83%	2127,19	99,25%	80,79%
Semaine 4	5197,58	4382,87	3561,65	81,26%	3495,04	98,13%	3461,85	99,05%	78,99%
Semaine 5	6137,60	5109,82	4093,92	80,12%	4084,22	99,76%	4042,11	98,97%	79,10%
Semaine 6	4249,33	3776,32	2848,08	75,42%	2840,34	99,73%	2805,60	98,78%	74,29%
Semaine 7	2555,48	2129,60	1876,52	88,12%	1874,16	99,87%	1860,78	99,29%	87,38%
	ΣT_0	ΣT_r	ΣT_f	T_D global	ΣT_n	T_P global	ΣT_u	T_Q global	TRS global
Du 01/01 au 18/02	28234,03	24641,02	19682,88	79,88%	19580,28	99,48%	19380,15	98,98%	78,65%

Le graphique ci-dessous représente l'évolution hebdomadaire des différents taux pendant la période du relevé.

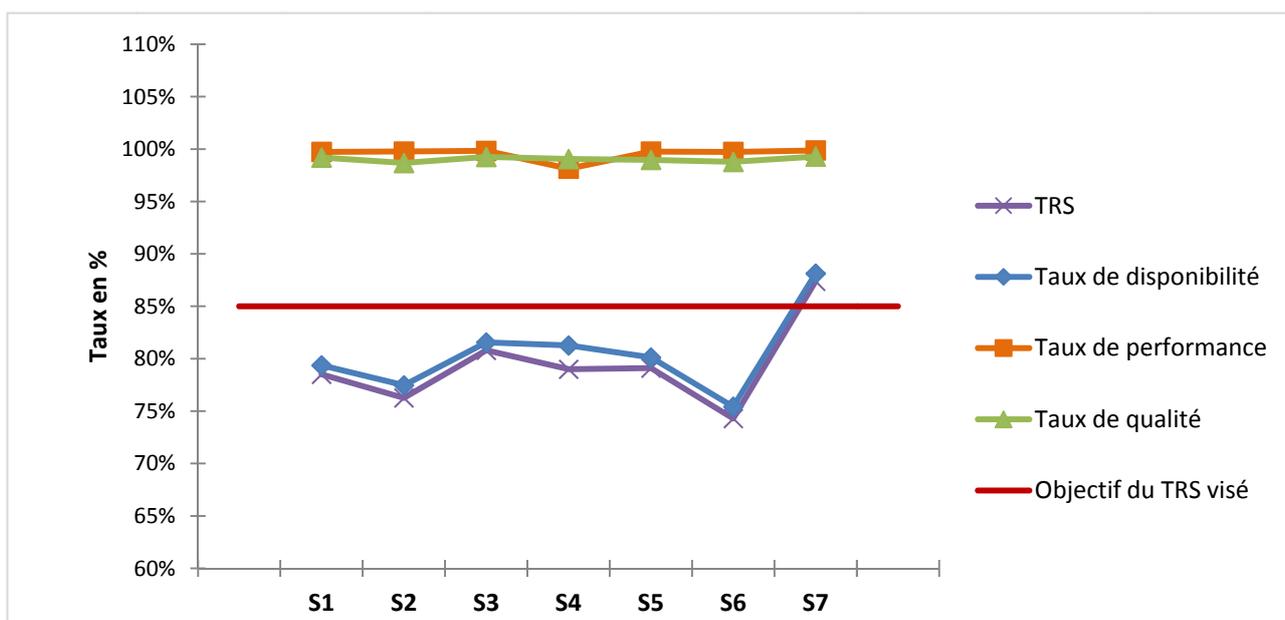


Figure 8: Evolution hebdomadaire du TRS et ces trois sous-indicateurs de la ligne de conditionnement A3 Slim.

3. DISCUSSION :

La figure 8 montre une bonne tenue des taux de performance et de qualité hebdomadaires tout au long de la période du relevé. Ils présentent des taux globaux respectivement de l'ordre de 99,48% et de 98,98% qui semblent très satisfaisants.

Par contre, le taux de disponibilité hebdomadaire présente des fluctuations allant de 75,42% à 88,12% avec un taux global de 79,88% qui semble relativement faible.

L'évolution du TRS suit celle du taux de disponibilité pour atteindre une valeur globale de l'ordre de **78,65%** qui est largement inférieure à la valeur visée **85%** [17].

Nous déduisons donc que la ligne de conditionnement A3 Slim est critique et que la chute de son TRS est due principalement à la **perte de disponibilité** de ses machines.

II. IDENTIFICATION DE L'EQUIPEMENT CRITIQUE DE LA LIGNE A3 SLIM :

Dans le but de déterminer l'équipement impactant en grande partie le taux de disponibilité, voire le TRS de la ligne de conditionnement A3 Slim, nous avons classé l'ensemble des équipements de la ligne par rapport à leur temps d'arrêts total.

Tableau 5: Classification des équipements de la ligne A3 Slim en fonction du temps d'arrêt.

Equipements	Total Temps d'arrêts (min)	% Temps d'arrêts
Encartonneuse CBP 32	2980	45%
Remplisseuse A3 Slim	1769	27%
Autres machines de la ligne A3 Slim (1867	28%
Total d'arrêts non planifiés (Du 01/01 au 18/02)	6617	100%

NB : Nous signalons que le calcul du total des temps d'arrêts de l'encartonneuse a été fait à partir des données du tableau 7 et que « Autres machines de la ligne » excluent l'encartonneuse et la remplisseuse.

D'après les résultats de la classification, nous remarquons que l'encartonneuse CBP 32 est l'équipement le plus critique. Ses arrêts constituent 45% des arrêts non planifiés de la ligne A3 Slim.

Il est donc évident que si nous orientons les actions d'amélioration sur la réduction des temps d'arrêts de l'encartonneuse CBP 32, les performances de la ligne de conditionnement A3 Slim seront améliorées.

III. EVALUATION DE LA FIABILITE ET LA MAINTENABILITE DE L'EQUIPEMENT CRITIQUE CBP32 :

Pour caractériser le comportement de l'encartonneuse CBP 32 en termes de son aptitude à fonctionner correctement durant une période donnée (fiabilité) et de la facilité de son maintien en bon état de fonctionnement (maintenabilité), nous avons calculé les indices de fiabilité MTBF et de maintenabilité MTTR en se basant sur ses pannes survenues.

Tableau 6: Calcul des indices de fiabilité MTBF et de maintenabilité MTTR de l'encartonneuse CBP 32.

Période du relevé (h)	Temps d'arrêt total(h)	Temps de bon fonctionnement (h)	Nombre d'arrêts	Indice de fiabilité MTBF	Indice de maintenabilité MTTR
Du 1 ^{er} janvier au 18 février soit 1176 h	2980 min soit 50 h	1126	6 038	11 min	30 s

Nous remarquons que l'encartonneuse CBP 32 présente un MTBF de 11 min et un MTTR de 30 s, cela indique que la machine s'arrête souvent alors que sa réparation après l'arrêt nécessite très peu de temps, ce qui signifie que notre équipement nécessite un plan d'action pour accroître sa fiabilité.

IV. IDENTIFICATION DES CAUSES DE PERTE DE DISPONIBILITE DE L'EQUIPEMENT CRITIQUE CBP 32 :

Afin de mettre en évidence les causes principales de la dégradation de la disponibilité, nous avons classé les différents arrêts de l'encartonneuse CBP 32 par ordre d'importance à l'aide de l'analyse ABC (ou Pareto) présentée dans le tableau 7.

Tableau 7: Classification des causes d'arrêts de l'encartonneuse CBP32 en fonction du temps d'arrêt.

Référence	Cause d'arrêt	Temps d'arrêt (min)	% Temps d'arrêt	% Temps d'arrêt cumulé
1	Blocage du séparateur lors de l'abaissement et le levage	651	22%	22%
2	Manque de carton dans le poste d'emballage	485	16%	38%
3	Blocage du pousseur de boîte lors de l'avance et le recule	301	10%	48%
4	Alimentation échouée	248	8%	57%
5	Système d'alimentation, emballage tombé	210	7%	64%
6	Blocage de la plaque de pousseur de boîte lors de l'abaissement et le levage	147	5%	69%
7	Blocage du bras de butée lors de l'abaissement et le levage	125	4%	73%
8	Blocage du tasseau de regroupement lors de l'avance	119	4%	77%
9	Blocage de l'unité basculante lors de l'abaissement et le levage	107	4%	80%
10	Porte ouverte	95	3%	83%
11	Chaîne d'alimentation hors synchronisation	86	3%	86%
12	Défaut cellule photoélectrique de protection anti-écrasement d'alimentation	83	3%	89%
13	Défaut cellule photoélectrique de comptage d'alimentation	79	3%	92%
14	Séparateur d'emballage en alimentation bloqué	74	2%	94%
15	Défaut somme du relais de sécurité	67	2%	97%
16	Blocage de la plaque de transfert lors de l'abaissement	58	2%	98%
17	Course courte du pousseur de regroupement bloquée	45	2%	100%
Total du temps d'arrêt (min) :		2980	100%	

D'après les données du tableau ci-dessus, nous avons tracé la courbe ABC (diagramme Pareto) des causes d'arrêts de l'encartonneuse CBP 32 présenté dans la figure 5.

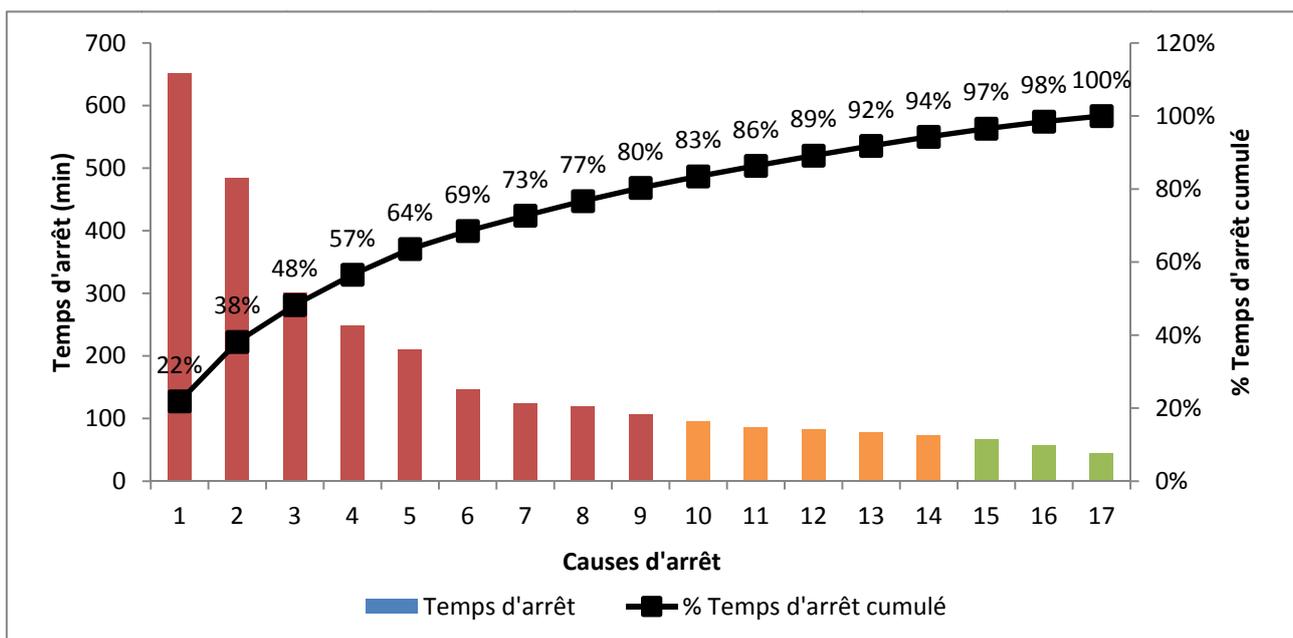


Figure 9: Courbe ABC des causes d'arrêts de l'encartonneuse CBP 32.

Les résultats de l'analyse ABC indique que les neuf premiers arrêts correspondent à un impact global de 80% sur la disponibilité de l'équipement. Ce sont ces causes sur lesquelles nous focaliserons la suite de notre étude afin de proposer des actions d'amélioration qui permettront d'augmenter la disponibilité.

DISCUSSION :

L'exploitation et l'analyse des données de la ligne de conditionnement A3 Slim nous a permis d'identifier la cause responsable de la dégradation de son TRS qui s'est avérée l'indisponibilité de ses machines.

Après avoir classifié l'ensemble des équipements de la ligne selon leur temps d'arrêt total, nous avons identifié l'équipement critique qui est l'encartonneuse CBP 32. Ensuite, nous avons calculé ses indices de maintenance (MTBF et MTTR) et nous avons déterminé les causes d'arrêts conduisant à sa non-fiabilité et son indisponibilité.

Comme suite de notre investigation, nous appliquerons l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) sur l'encartonneuse CBP 32 dans le but de proposer les actions correctives permettant d'améliorer sa fiabilité et sa disponibilité.

CHAPITRE II : APPLICATION DE L'AMDEC SUR L'ENCARTONNEUSE CBP 32

INTRODUCTION :

Pour mener au mieux l'analyse AMDEC, nous détaillons en premier lieu l'encartonneuse CBP 32 en effectuant une analyse fonctionnelle, puis nous identifions les modes de défaillance critiques existants, leurs causes et leurs effets et nous les hiérarchisons selon leur criticité afin d'en tirer les principaux problèmes altérant son fonctionnement.

I. INITIALISATION DE L'ANALYSE :

1. DEFINITION DU SYSTEME A ETUDIER :

L'étude concerne l'encartonneuse CBP 32 intégrée dans la ligne de conditionnement A3 Slim. Elle permet le conditionnement des briques de jus de dimensions variables, dans des caisses en carton de tailles adaptées.

2. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT :

L'encartonneuse CBP 32 est principalement composée de trois modules (voir figure 10) à savoir :

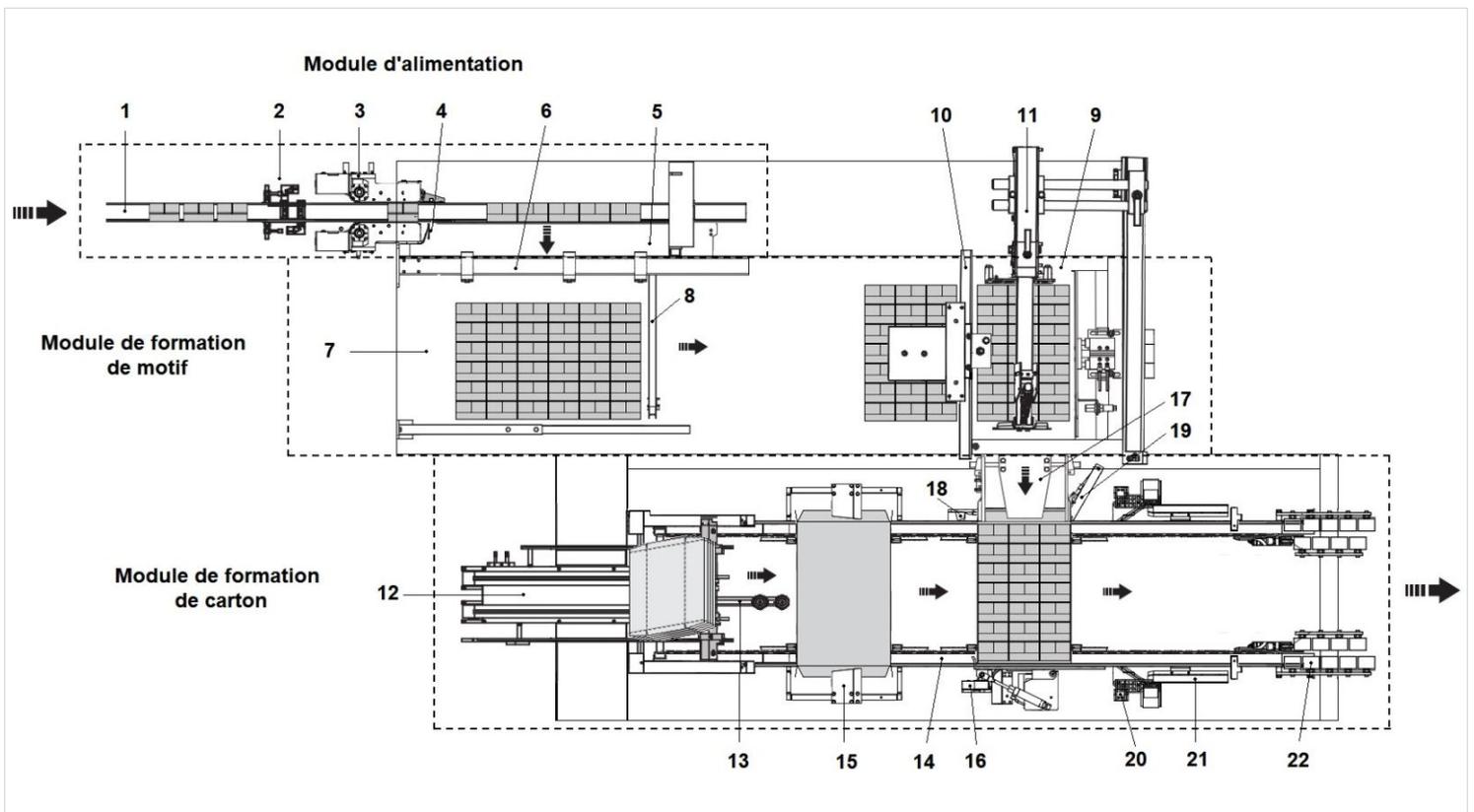


Figure 10: Principe de fonctionnement de l'encartonneuse CBP 32.

▪ **Module d'alimentation :**

Les briques de jus arrivent en ligne droite sur le convoyeur d'alimentation (1) et passent à travers des photocellules (2) qui détectent les briques tombées, avant de traverser le frein à bande (3).

Lorsque la photocellule compte le nombre de briques nécessaire, le séparateur de briques (4) sort et le pousseur de regroupement (6) pousse les rangées de briques sur la plaque de regroupement (5).

▪ **Module de formation de motif :**

Le pousseur de regroupement (6) continue à pousser les rangées sur le tapis de transfert (7) jusqu'à la formation du grand motif. Une fois formé, le bras de butée (8) est levé et le tapis de transfert (7) déplace le gros motif vers la zone du pousseur.

Ensuite, l'extrémité du tapis de transfert (9) s'incline et crée un espace dans le grand motif où le séparateur (10) se déplace pour séparer le petit motif sur l'unité basculante (9) du grand motif se trouvant de l'autre côté du séparateur (10).

Lorsque le poste d'emballage est prêt à recevoir les briques, le pousseur (11) pousse le petit motif dans le carton.

▪ **Module de formation de carton :**

Au niveau du poste de prélèvement, les cartons aplatis, stockés dans un magasin (12), sont extraits et mis sur les chaînes de transfert (14) à l'aide d'un bras (13) muni de deux ventouses. Les côtés longs du carton sont rabattus pendant ce mouvement et le carton est maintenu en place par les portes-plateaux (15).

Pendant le transfert vers le poste d'emballage, les petits rabats de gauche sont rabattus par le plieur (16), et à l'arrivée, la plaque de transfert (17) se déplace vers le bas et crée un pont pour l'introduction des briques dans le carton. Les petits rabats de droite sont ensuite rabattus par les plieurs (18 et 19).

Pendant le transfert vers le poste de collage, les buses de colle (20) éjectent une dose de colle chaude sur les points de collage du carton. En fin de mouvement, deux plaques (21) appliquent les grands rabats du carton sur les points de colle.

Enfin le carton rempli est transféré sur un convoyeur à rouleaux libres (22) pour le diriger vers la sortie de la machine où un autre convoyeur motorisé assure son transfert vers l'équipement en aval.

3. OBJECTIFS A ATTEINDRE :

Les objectifs à atteindre à l'issue de cette étude sont :

- Améliorer la fiabilité de l'encartonneuse CBP 32 en réduisant la fréquence des défaillances
- Améliorer la disponibilité de l'encartonneuse CBP 32

4. SUPPORTS DE TRAVAIL :

Pour la bonne conduite de cette analyse, nous nous sommes basés sur les supports suivants :

- Les arrêts de l'encartonneuse CBP 32
- Les documents du constructeur : Manuel de maintenance et catalogue des pièces de rechange
- Renseignements auprès du personnel de l'entreprise
- Le tableau AMDEC Standard et les grilles de cotation de la criticité, définis par la norme CNOMO E41.50.530.N [13], que nous avons adapté selon notre situation.

II. ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'ENCARTONNEUSE CBP 32 :

1. ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE :

▪ Bête à corne :

Afin d'expliciter l'exigence fondamentale que satisfait le système étudié, nous avons effectué une analyse externe, par le diagramme bête à corne, présentée dans la figure 11.

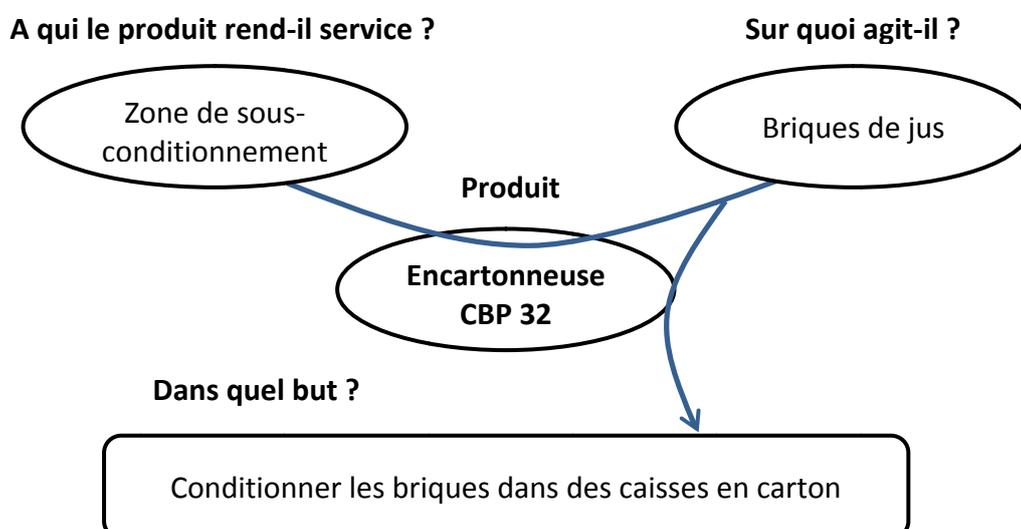


Figure 11: Diagramme de bête à corne de l'encartonneuse CBP 32.

▪ **Diagramme de pieuvre :**

Le diagramme de pieuvre présenté dans la figure 12 exprime les fonctions que doit remplir l'encartonneuse CBP 32 et identifie l'environnement d'évolution de celle-ci.

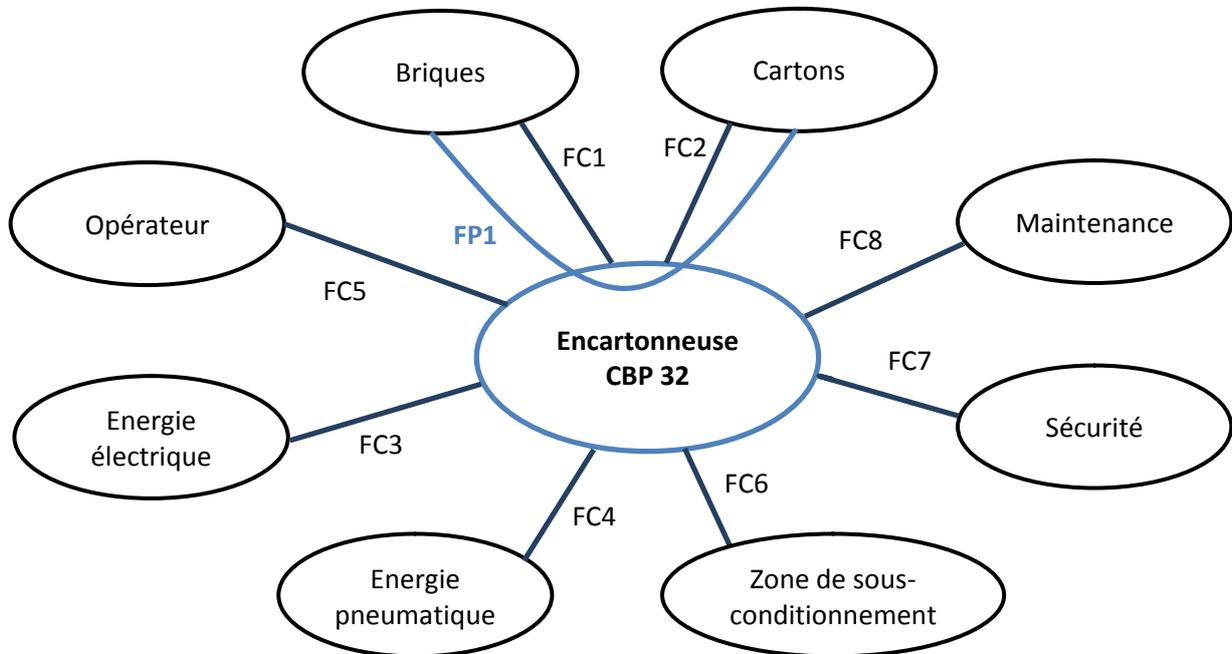


Figure 12: Diagramme de pieuvre de l'encartonneuse CBP 32.

Tableau 8: Fonctions principales et contraintes du diagramme de pieuvre.

Fonctions principales :	
FP1	Placer les briques dans les caisses en carton
Fonctions contraintes :	
FC1	S'adapter aux dimensions des briques
FC2	S'adapter aux dimensions des cartons
FC3	Etre alimenté en énergie électrique
FC4	Etre alimenté en énergie pneumatique
FC5	Etre commandé et réglé par l'opérateur
FC6	S'adapter aux conditions de la zone de sous-conditionnement
FC7	Respecter les normes de sécurité
FC8	Etre maintenu périodiquement

2. ANALYSE FONCTIONNELLE INTERNE :

▪ Décomposition structurelle :

Afin de mener efficacement l'étape suivante de l'analyse des défaillances, nous avons procédé à une décomposition détaillée de l'encartonneuse CBP 32. La figure 13 présente l'ensemble des composants constituant cet équipement.

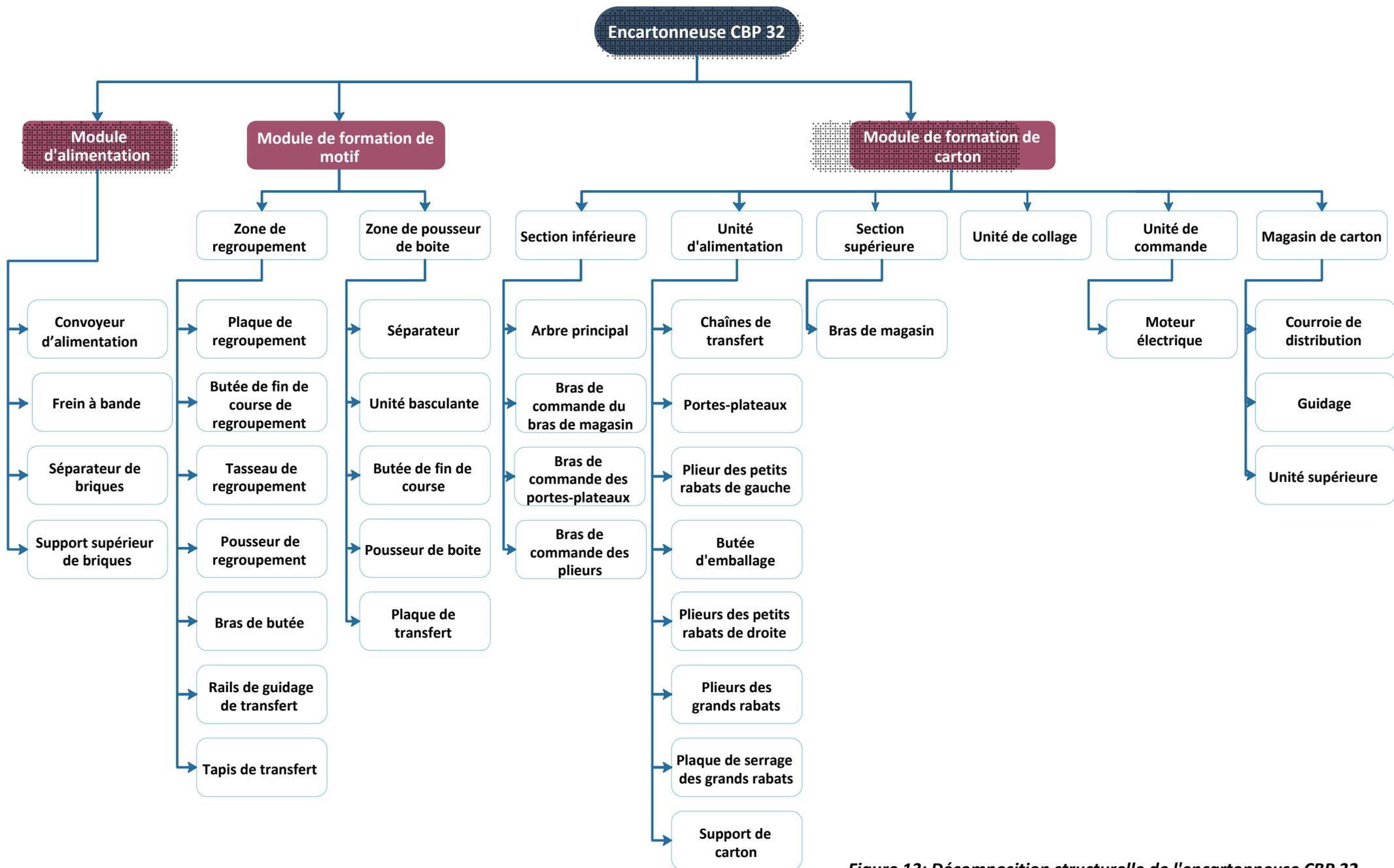


Figure 13: Décomposition structurelle de l'encartonneuse CBP 32.

3. COMPOSANTS A ETUDIER :

Par faute de temps, l'AMDEC de l'encartonneuse CBP 32 va être axée sur quelques éléments seulement, en prenant comme référence les arrêts les plus critiques que nous avons identifié par l'intermédiaire de l'analyse ABC (Pareto).

Le tableau ci-dessous regroupe les éléments à étudier pour chacun des arrêts critiques de l'encartonneuse CBP 32.

Tableau 9: Eléments de l'encartonneuse CBP 32 concernés par l'AMDEC.

Réf.	Arrêts critiques	Composants à étudier
1	Blocage du séparateur lors de l'abaissement et le levage	Séparateur Convoyeur d'alimentation Pousseur de regroupement Tapis de transfert
2	Manque de carton dans le poste d'emballage	Butée d'emballage Chaines de transfert Bras du magasin Portes-plateaux Plieur des rabats
3	Blocage du pousseur de boîte lors de l'avance et le recule	Pousseur de boîte
6	Blocage de la plaque de pousseur de boîte lors de l'abaissement et le levage	
4	Alimentation échouée	Frein à bande, photocellules de comptage de briques et d'anti-écrasement Séparateur de briques
5	Système d'alimentation, emballage tombé	Convoyeur d'alimentation
7	Blocage du bras de butée lors de l'abaissement et le levage	Bras de butée Photocellules du rail de guidage
8	Blocage du tasseau de regroupement lors de l'avance	Tasseau de regroupement
9	Blocage de l'unité basculante lors de l'abaissement et le levage	Unité basculante Butée de fin de course de boîte

III. ANALYSE AMDEC :

1. ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS :

Pour examiner pourquoi et comment les composants de l'encartonneuse CBP 32 risquent de ne pas assurer correctement leurs fonctions. Nous avons recensé dans le tableau AMDEC (Annexe 2), les modes de défaillance, leurs causes, leurs effets et leurs modes de détection.

2. EVALUATION DE LA CRITICITE :

▪ Grilles de cotation :

Pour évaluer la criticité des défaillances précédemment identifiées, nous avons adaptés à notre situation, les grilles de cotation des critères G, F et D prédéfinies par la norme CNOMO E41.50.530.N [13].

Les tableaux ci-après présentent les grilles de cotation que nous avons établie.

Tableau 10: Grille de cotation de la gravité G sur 5 niveaux.

Note	Gravité G	Critères de sélection
1	Mineure	Défaillance mineure arrêtant l'équipement mais pas la production, aucune dégradation notable du matériel : $TI^* \leq 3 \text{ min}$
2	Moyenne	Défaillance moyenne arrêtant la production et nécessitant une remise en état de courte durée : $3 \text{ min} < TI \leq 20 \text{ min}$
3	Importante	Défaillance importante arrêtant la production et nécessitant une intervention de longue durée : $20 \text{ min} < TI \leq 60 \text{ min}$
4	Grave	Défaillance grave arrêtant la production et impliquant des dommages matériels importants : $TI > 60 \text{ min}$
5	Catastrophique	Accident pouvant impliquer des problèmes de sécurité des personnes, en dysfonctionnement ou en intervention

* TI=Temps d'Intervention

Tableau 11: Grille de cotation de la fréquence F sur 5 niveaux.

Note	Fréquence F	Critères de sélection
1	Pratiquement inexistant	Défaillance pratiquement inexistante sur le matériel, au plus 1 défaillance sur la durée de vie du moyen
2	Rare	Défaillance rarement apparue sur le matériel, 1 défaillance par an
3	Occasionnelle	Défaillance apparue occasionnellement sur le matériel, 1 défaillance par mois
4	Fréquente	Défaillance apparue fréquemment sur le matériel, 1 défaillance par semaine
5	Très fréquente	Défaillance apparue très fréquemment sur le matériel, plus d'une défaillance par semaine

Tableau 12: Grille de cotation de la non-détection D sur 4 niveaux.

Note	Non-détection D	Critères de sélection
1	Détection totale	Défaillance détectable à 100% : - Signe avant-coureur évident d'une dégradation (dispositif de détection automatique, alarme)
2	Détection facile	Défaillance détectable : - Signe avant-coureur de la défaillance facilement décelable mais nécessitant une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel, ...)
3	Détection difficile	Défaillance difficilement détectable : - Signe avant-coureur de la défaillance difficilement décelable, peu exploitable ou nécessitant une action ou des moyens complexes (démontage, appareillage, ...)
4	Sans détection	Défaillance indétectable : - Aucun signe avant-coureur décelable de la défaillance

▪ **Seuil de criticité :**

D'après la norme CNOMO E41.50.530.N [13], le seuil de criticité 16 est le plus utilisé pour les organes mécaniques et toute note de $G \geq 4$ ou de $F \geq 4$ doit entraîner une action corrective, même si la criticité n'atteint pas le seuil fixé.

Ainsi, nous considérons comme point critique, tout point dont la criticité est supérieure ou égale à 16, ou la gravité est supérieure ou égale à 4, ou la fréquence est supérieure ou égale à 3.

$$(C \geq 16) \text{ ou } (G \geq 4) \text{ ou } (F \geq 4)$$

3. TABLEAUX AMDEC :

Les tableaux AMDEC des trois systèmes (module d'alimentation, module de formation de motif et module de formation de carton) sont présentés dans l'annexe 2.

IV. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE :

Le tableau 14 ci-après met en évidence les défaillances critiques de l'encartonneuse CBP 32 identifiées par l'AMDEC.

Tableau 13: Défaillances critiques de l'encartonneuse CBP 32.

Système	Sous-système	Modes de défaillance	Causes	C
Module d'alimentation	Convoyeur d'alimentation	Non élimination des briques tombées par le rail de guidage	Briques trop serrées	F = 5
		Désalignement des briques	Vitesse excessive du convoyeur	16
	Frein à bande	Non détection des briques par les photocellules	Impuretés	F = 5
	Séparateur de briques	Non détection de l'espace libre par le capteur anti-écrasement	Impuretés	F = 5
Module de formation de motif	Tasseau de regroupement	Blocage	Manque de lubrification	F = 4
	Pousseur de regroupement	Désalignement des briques	Vitesse excessive ou insuffisante	16
	Tapis de transfert	Désalignement des briques	Dysfonctionnement Manque de lubrification	F = 5
	Pousseur de boite	Blocage Déréglage Casse	Usure des pièces : Palier d'extrémité de tige, douilles, amortisseurs de vibration, axe, ressort	27
Module de formation de carton	Chaînes de transfert	Désynchronisation	Bourrage à la sortie	30
	Bras de magasin	Non prélèvement du carton par les ventouses	Usure des ventouses, ressorts	16
	Butée d'emballage	Non détection du carton par la photocellule	Impuretés	F = 5

DISCUSSION :

Suite à l'étude AMDEC, nous avons pu déceler les anomalies suivantes :

- La désynchronisation des chaînes de transfert causée par le bourrage des cartons à la sortie.
- L'état fragile du pousseur de boite et l'usure rapide de ses pièces causant son blocage voire même sa casse.
- Le désalignement des briques de jus causé soit par la vitesse excessive ou insuffisante du convoyeur d'alimentation ou du pousseur de regroupement soit par un dysfonctionnement du tapis de transfert ou un manque de sa lubrification provoquant ainsi le blocage du séparateur.
- Les cartons ne sont pas prélevés du magasin de carton à cause de l'usure des ventouses du bras de magasin.

-
- La non détection des briques par les photocellules du frein à bande, du séparateur de briques et de la butée d'emballage à cause des impuretés et des résidus de jus.
 - Les briques tombées ne sont pas éliminées par le rail de guidage lorsqu'elles sont trop serrées.
 - Le blocage fréquent du tasseau de regroupement à cause d'un manque de lubrification.

CHAPITRE III : ACTIONS D'AMELIORATION ET COUT D'INVESTISSEMENT DU PROJET

INTRODUCTION :

Suite à l'AMDEC, nous proposons des actions d'amélioration pour diminuer la fréquence et la criticité des différentes anomalies soulevées et ainsi pour atteindre une fiabilité et une disponibilité maximale de l'encartonneuse CBP 32. Nous présentons également une étude économique pour évaluer le coût de ce projet.

I. ACTIONS D'AMELIORATION :

Nous avons proposé des actions d'amélioration en agissant à la fois sur la maintenance et sur la conception de l'équipement. Le tableau 14 présente l'ensemble de ces actions.

Tableau 14: Actions d'amélioration de l'encartonneuse CBP 32.

Sous-système	Actions pour l'amélioration de la maintenance
Convoyeur d'alimentation	Réglage de la vitesse du convoyeur d'alimentation via le panneau opérateur Tetra Pak « TPOP Maintenance – Infeed »
Pousseur de regroupement	Réglage de la vitesse du pousseur de regroupement via le panneau opérateur Terta Pak « TPOP Maintenance – Pattern forming »
Tasseau de regroupement	Vérification hebdomadaire du point de lubrification du tasseau de regroupement
Tapis de transfert	Elaboration d'un plan de maintenance préventive du tapis de transfert (voir tableau 16)
Bras du magasin	Vérification de l'état des ventouses et ressorts toutes les 500 heures et changement en cas d'échec de la vérification
Photocellules	Contrôle et nettoyage régulier des photocellules par l'opérateur
Sous-système	Actions pour l'amélioration de la conception
Convoyeur d'alimentation	Mise en place d'un système d'éjection (buse d'air) de briques tombées ou un frein à bande pour séparer les briques et ainsi faciliter leur élimination par le rail de guidage.
Pousseur de boîte	Modification de la conception du pousseur par : <ul style="list-style-type: none"> - la substitution de l'aluminium, facilement usable, par l'inox qui est plus résistant - la perforation du matériau et l'ajout d'un support pour alléger son poids et donc éviter l'endommagement du vérin
Chaînes de transfert	Mise en place d'une cellule photoélectrique pour la détection de bourrage à la sortie de la machine

▪ **Elaboration du plan de maintenance préventive du tapis de transfert :**

Vu que le tapis de transfert n'est pas inclut dans le plan de maintenance préventive en vigueur, nous avons élaboré un plan de maintenance préventive du tapis de transfert présenté dans le tableau 15.

Tableau 15: Plan de maintenance préventive du tapis de transfert.

 Plan de maintenance préventive – Tapis de transfert									
Machine : Encartonneuse CBP 32 Système : Module de formation de motif Sous-système : Tapis de transfert						Date : mai 2018			
Référence	Composant	Opération à effectuer	Périodicité	Etat machine	Référence	Outillages, PDR et consommables	Qté	Interv enants	Observations et remarques
Corps du tapis de transfert									
2844929-0000	Tapis	Vérification de l'état du tapis	Mensuelle	Arrêt				Méc.	
		Changement du tapis	18 000 H	Arrêt	2844929-0000 315105-0153	Tapis Washer BRB 6,4*12 RFR	1 12	Méc.	
		Lubrification du tapis	2 H	Marche		Lubrifiant VL20 Jonhson		Opér.	
		Nettoyage du tapis	Journalière	Marche		Solutions alcalines : VK12 Jonhson P3-MIP Henkel		Opér.	
1124044-0400 2782792-0100 2787828-0100 2787856-0100	Rouleaux (6)	Vérification de l'état des Rouleaux/ Arbres/ Bushings/ Roulements	Hebdomadaire	Arrêt				Méc.	
		Lubrification des roulements des rouleaux	Hebdomadaire	Arrêt		Pistolet graisseur Graisse Shell Cassida HDS2		Méc.	
		Changement des bushings/washers	2000 H	Arrêt	1287041-0000 2787827-0000	Bushing Bushing	8 4	Méc.	

					548599-0000	Washer	20		
					315105-0165	Washer BRB 8,4*16 RFR	2		
					2787832-0000	Washer	2		
					2787859-0000	Washer	2		
					90153-0047	Adhésif, multi-bond 330 ; Aktivator 738			
		Changement des roulements	3000 H	Arrêt	344226-0103	PALIER A BSKF6203-2RS	12	Méc.	
		Changement des rouleaux	18 000 H	Arrêt	1502535-0000	Rouleau	3	Méc.	
	2782793-0000				Rouleau	2			
	2787829-0000				Rouleau	1			
		Changement des arbres	En cas de rupture	Arrêt	1502560-0000	Arbre	5	Méc.	
					2787830-0000	Arbre	1		
Moteur du tapis de transfert									
90600-2710	Moto- réducteur SK 1SI40- IEC 71- 71L/4	Contrôle des vibrations	Journalière	Marche		Vibromètre		Méc.	Signaler les bruits et les vibrations anormaux
		Lubrification des roulements du moteur et du réducteur	Hebdomadaire	Arrêt	90459-0340	Pistolet graisseur Graisse Shell Cassida HDS2		Méc.	
		Vérification de l'état des roulements du moteur et du réducteur	Mensuelle	Arrêt				Méc.	
		Changement des roulements du moteur et du réducteur	En cas d'échec de vérification	Arrêt				Méc.	
		Vérification du niveau d'huile du réducteur	Hebdomadaire	Marche	90296-0075	Huile Omala OI 320		Méc.	Ajuster le niveau d'huile si c'est nécessaire
		Vérification de l'état d'huile du réducteur	Hebdomadaire	Arrêt				Méc.	Renouveler l'huile en cas d'échec de vérification
		Vidange et renouvellement d'huile du réducteur	Semestrielle	Arrêt		Entonnoir, bidon d'huile, seau de vidange		Méc.	

		Vérification de l'étanchéité	Journalière	Marche				Méc.	Détecter les fuites d'huile
		Vérification de la température	Journalière	Marche				Méc.	Signaler les échauffements anormaux
		Vérification des accouplements	Semestrielle	Arrêt				Méc.	
		Changement des accouplements	En cas d'échec de vérification	Arrêt				Méc.	
		Nettoyage du moteur et du réducteur	Hebdomadaire	Arrêt		Pistolet air comprimé, Chiffon		Opér.	
2894977-0000	Arbre du moteur	Vérification de l'état des roulements, paliers, arbre, clavette, roues dentées	Hebdomadaire	Arrêt				Méc.	
		Lubrification des roulements, paliers	Hebdomadaire	Arrêt		Pistolet graisseur Graisse Shell Cassida HDS2		Méc.	
		Changement des roulements, paliers, roues dentées, retaining rings, washers	3000 H	Arrêt	90603-4534	PALIER A BILLES	2	Méc.	
					2750061-0000	Gear wheel	4		
					315751-0115	Retaining ring for shaft DIN 471 18 SS	1		
			315751-0116	Retaining ring for shaft DIN 471 20 SS	1				
			315105-0178	Washer BRB 13*24 RFR	1				
			315105-0146	Washer BRB 5,3*10 RFR	6				
		Changement de l'arbre, clavette	En cas de rupture	Arrêt	2894977-0000 315705-0239	Arbre Parallel key W. round ends 6*6*40 MM	1 1	Méc.	

II. COUT D'INVESTISSEMENT DU PROJET :

La mise en place des améliorations techniques proposées doit être complétée par une étude économique. Dans cette étude, nous nous sommes basé sur le barème de facturation proposé par le fournisseur et sous-traitant habituel avec lequel coopère la société AJP, donc tout changement dans ce paramètre se répercutera directement sur le coût total.

Nous proposons dans les tableaux ci-après, l'estimation du coût de chaque solution technique.

1. MAINTENANCE PREVENTIVE DU TAPIS DE TRANSFERT POUR 18 000 H :

Tableau 16: Estimation du coût de la maintenance préventive du tapis de transfert pour 18000 H.

Réf.	Désignation	Quantité (pour 18000 H)	Prix Unitaire DH	Montant DH
1502535-0000	Rouleau	3	492,76	1 478,28
2782793-0000	Rouleau	2	-	-
2787829-0000	Rouleau	1	-	-
1502560-0000	Arbre	5	1 453,45	7 267,25
2787830-0000	Arbre	1	-	-
2894977-0000	Arbre	1	3 782,60	3 782,60
315705-0239	Parallel key W. round ends 6*6*40 MM	1	27,73	27,73
1287041-0000	Bushing	72	777,40	55 972,80
2787827-0000	Bushing	36	993,00	35 748,00
315105-0153	WASHER BRB 6,4X12 RFR	12	1,39	16,68
315105-0178	WASHER BRB 13X24 RFR	6	3,47	20,82
315105-0146	WASHER BRB 5,3X10 RFR	36	1,39	50,04
315105-0165	Washer BRB 8,4*16 RFR	18	1,39	25,02
2787832-0000	Washer	18	41,59	748,62
2787859-0000	Washer	18	822,05	14 796,90
548599-0000	Washer	180	-	-
Montant total DH				119 934,74

2. SYSTEME D'EJECTION :

Tableau 17: Estimation du coût du système d'éjection des briques.

Réf. Pièces détachées	Désignation	Quantité	Prix Unitaire DH	Montant DH
312105-0449	SCREW M6S ISO 4017 M8x16 A480	4	3,47	13,88
90424-0087	Air Nozzle	1	687,00	687,00
312105-0329	SCREW M6S ISO 4017 M5x16 A480	4	1,39	5,56
90458-1203	VALVE	1	1 482,98	1 482,98
90459-2591	PLAQUE	1	1 368,18	1 368,18
Montant total DH				3 557,60

3. FREIN A BANDE :

Tableau 18: Estimation du coût du frein à bande.

Réf. Pièces détachées	Désignation	Quantité	Prix Unitaire DH	Montant DH
2909542-0000	FASTENING PLATE	2	-	0,00
2877468-0000	FASTENING PLATE	2	-	0,00
1128853-0000	CAUTION SIGN	2	-	0,00
2851960-0000	GUIDE	1	-	0,00
2909535-0000	PHOTOCELL BRACKET	1	-	0,00
2877470-0000	TOOTHED PULLEY	2	4 974,15	9 948,30
2877469-0000	SHAFT	2	3 344,75	6 689,50
2833967-0000	BEARING HOUSING	2	746,34	1 492,68
2851956-0000	BRACKET	2	-	0,00
2851957-0000	PLATE	2	-	0,00
2851954-0000	SHAFT	2	1 296,64	2 593,28
2851953-0000	RUNNER	4	1 031,54	4 126,16
2851958-0000	SUPPORT PLATE	4	-	0,00
2895038-0000	BRACKET	2	-	0,00
2851959-0000	PLATE	2	-	0,00
90601-0786	TIMING BELT TK5K6 800X50 MM	4	1 682,22	6 728,88
2511001-0000	WASHER	2	143,36	286,72
2851955-0000	WASHER	8	24,26	194,08
2851961-0000	ROD	4	-	0,00
2851962-0000	1 BRACKET	1	-	0,00
2851977-0000	END SECTION	2	1 162,71	2 325,42
2851978-0000	WASHER	2	-	0,00
2933259-0000	SPACER	2	337,05	674,10
90091-0418	V-RING 31X39X7,5 MM V-35A	4	24,26	97,04
312105-0291	SCREW M6S ISO 4017 M4X12 A470	4	1,39	5,56

312105-0331	SCREW M6S ISO 4017 M5X20 A480	4	3,47	13,88
312105-0372	SCREW M6S ISO 4017 M6X25 A480	4	3,47	13,88
312155-0228	SCREW DIN 7991 MF6S M3X16 A4 70	2	3,47	6,94
312109-0467	SCREW M6S ISO 4017 M8X80 A480	2	10,40	20,80
312115-0374	SCREW ISO4762 M6X30 A4 80	4	3,47	13,88
312125-0228	SCREW ISO 1207 M3X16 A4	4	1,39	5,56
312155-0329	SCREW DIN 7991 MF6S M5X16 A4 70	12	1,39	16,68
312155-0368	SCREW DIN 7991 MF6S M6X16 A4 70	6	3,47	20,82
312125-0232	SCREW ISO 1207 M3X25 A4	4	-	0,00
312155-0372	SCREW DIN 7991 MF6S M6X25 A4 70	8	3,47	27,76
312311-0374	SCREW ISO4028 M6X30 FZB	2	6,93	13,86
312145-0287	SCREW ISO 2009 MFS M4X8 A4	12	1,39	16,68
315105-0124	WASHER BRB 3,2X6 RFR	6	1,39	8,34
315105-0136	WASHER BRB 4,3X8 RFR	4	1,39	5,56
315105-0146	WASHER BRB 5,3X10 RFR	4	1,39	5,56
315105-0153	WASHER BRB 6,4X12 RFR	10	1,39	13,90
315105-0192	WASHER BRB 21X36 RFR	2	6,93	13,86
315705-0234	PARALLEL KEY W. ROUND ENDS 6X6X25 MM	2	20,80	41,60
90141-0017	RETAINING RING FOR SHAFT DIN 471 17 SS	4	6,93	27,72
315751-0116	RETAINING RING FOR SHAFT DIN 471 20 SS	2	10,40	20,80
90459-2953	GLAND, EXTENDED WITH INSERT, M16X1,5	1	192,44	192,44
321308-0204	BALL BEARING 20/42X12	2	63,78	127,56
321308-0203	BALL BEARING 17/35X10	8	56,98	455,84
90153-0053	ADHESIVE, LOCTITE 648 TEMP 150`C 50ML	1	1 295,67	1 295,67
315207-0714	O-RING 31,47X1,78 MM	2	149,19	298,38
90600-2981	GEARS, WORM MOTOR D9582/SC401-H/1600099	2	9 332,00	18 664,00
Montant total DH				56 503,69

4. PHOTOCELLES DE DETECTION DE BOURRAGE :

Tableau 19: Estimation du coût des photocellules.

Réf.	Désignation	Quantité	Prix Unitaire DH	Montant DH
90600-3673	PHOTOCELL WE4-3F3130S03	1	869,74	869,74
90600-3723	PHOTOCELL WS4-3D3130S05	1	918,96	918,96
Montant total DH				1 788,70

DISCUSSION :

Cette partie nous a permis d'estimer les coûts apportés par les solutions proposées. Ainsi :

- Le coût de la maintenance préventive du tapis de transfert pour 18000 H de fonctionnement est estimé de 119 935 DH.
- Le coût du système d'éjection vaut environ 3 558 DH, alors que celui du frein à bande est de l'ordre de 56 504 DH. Donc le système d'éjection semble être la solution la plus pertinente.
- Le coût des photocellules de détection de bourrage est estimé de 1 789 DH.

Cependant, l'estimation du coût de projet reste encore incomplète parce qu'ils existent d'autres coûts à évaluer : ils s'agissent des coûts de la reconception du pousseur de boite et des pièces manquantes.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'objectif visé de ce projet de fin d'études était la contribution à l'amélioration des performances de la ligne de conditionnement A3 Slim en s'appuyant sur les méthodes et outils proposés par les démarches d'amélioration de la performance (Lean, TPM, Six sigma) dans la perspective d'augmenter la productivité et d'éviter toutes sortes de pertes causées par les arrêts répétitifs.

Le travail réalisé a consisté dans un premier temps, à l'évaluation du TRS de la ligne qui nous a permis de mettre en évidence la cause majeure de sa sous-performance, qui s'est révélé être la perte de disponibilité de ses machines.

Dans un deuxième temps, nous avons complété notre analyse par l'application de l'AMDEC sur l'encartonneuse CBP 32, vu qu'elle représente 45% des temps d'arrêts de la ligne étudiée. Comme résultats, nous avons dégagé 11 défaillances critiques au niveau des composants suivants : chaînes de transfert, pousseur de boîte, convoyeur d'alimentation, pousseur de regroupement, tapis de transfert, ventouses du bras de magasin, photocellules du frein à bande, du séparateur des briques et de la butée d'emballage et tasseau de regroupement.

Nous avons par ailleurs proposé des actions d'amélioration à mettre en œuvre, en agissant à la fois sur la maintenance et sur la conception de l'encartonneuse CBP 32, afin d'optimiser sa fiabilité et sa disponibilité et ainsi d'améliorer le rendement de la ligne.

Au terme de notre étude, nous avons estimé le coût de chacune des solutions proposées.

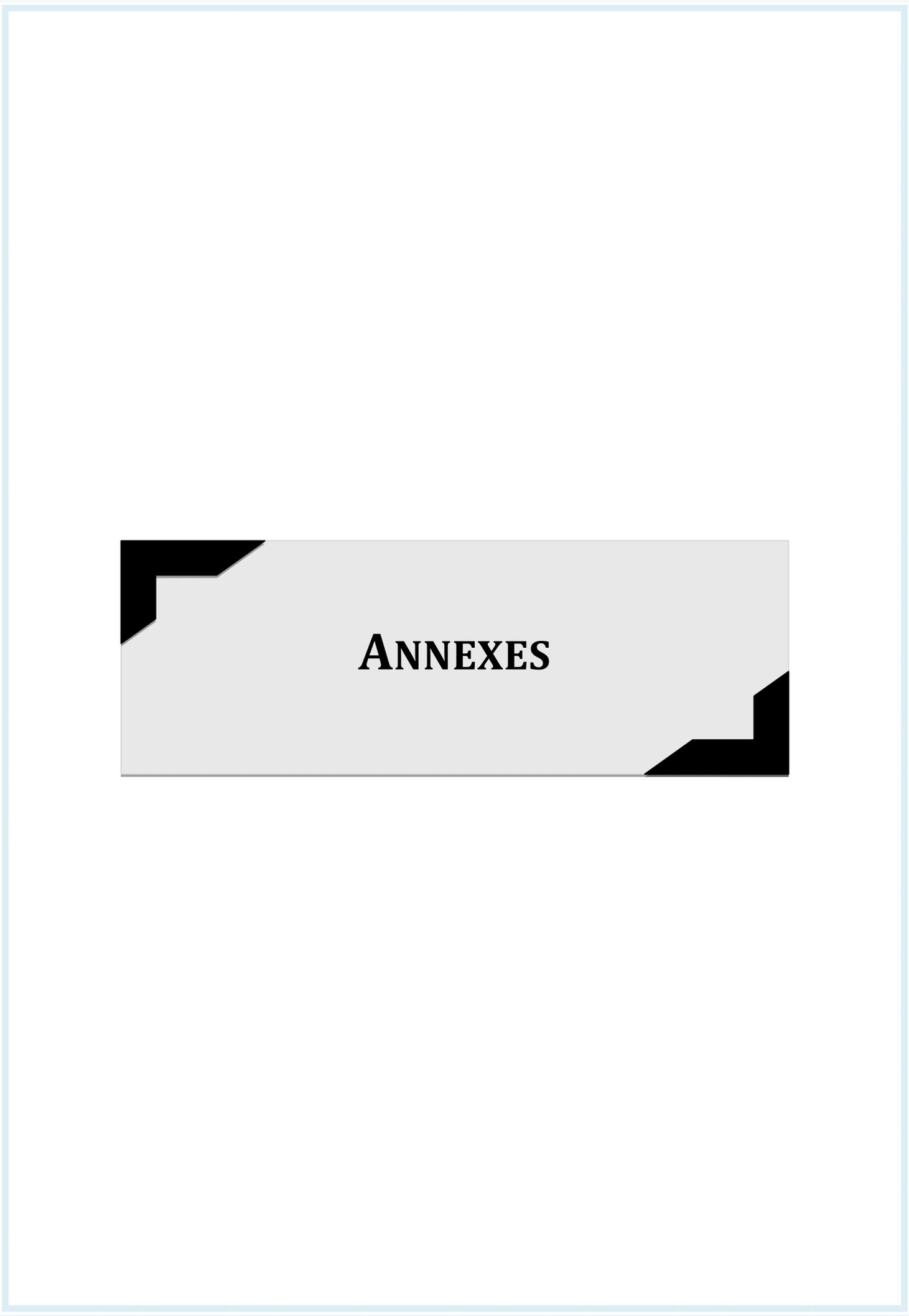
Comme perspectives de ce travail, nous proposons de :

- Procéder à la mise en place des actions d'amélioration préconisées dans le document.
- Réaliser une étude technique et un dimensionnement du nouveau pousseur de boîte.
- Etendre l'étude sur les autres équipements de la ligne notamment la remplisseuse A3 Slim qui vient au second ordre en termes de temps d'arrêts.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] AKINOCHO, A. (2016) Maroc : la consommation de jus de fruits industrialisés recule, *Agence Ecofin.com* [en ligne], 17 mai 2016. Disponible sur : <https://www.agenceecofin.com/industrie/1705-38164-maroc-la-consommation-de-jus-de-fruits-industrialises-recule> [Consulté le 13 avril 2018].
- [2] BERRAHOU, M. (2016) Jus de fruits industrialisés au Maroc: Les opérateurs misent sur le ramadan, *Medias24.com* [en ligne], 17 mai 2016. Disponible sur : <https://www.medias24.com/MAROC/ECONOMIE/ENTREPRISES/163487-Jus-de-fruits-industrialises-au-Maroc-Les-operateurs-misent-sur-le-Ramadan.html> [Consulté le 13 avril 2018].
- [3] Agro Juice Processing Valencia Maroc [en ligne]. Disponible sur : <http://valenciamaroc.com/> [Consulté le 20 mars 2018].
- [4] DAHHOUMI H. (2017) *Réduction des pertes de conditionnement et mise en place des standards de production*. Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en industries agroalimentaires présenté à la faculté des sciences et techniques de Fès.
- [5] CIMI (2010) *Les démarches d'amélioration de la performance* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.cimi.fr/index.php/cdt/revue-de-presse/309-les-demarches-damelioration-de-la-performance.html> [Consulté le 9 mai 2018].
- [6] VATTIER E. (2014) *Les outils du Lean Manufacturing : Application pratique en atelier de production*. Thèse de doctorat en pharmacie présentée à l'université de Toulouse III Paul Sabatier.
- [7] HOHMANN C. (2018) *TRS indicateur clé de performance* [en ligne]. Disponible sur : <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/la-boite-a-outils-lean/60-trs-indicateur-cle> [Consulté le 10 mai 2011].
- [8] LLAURENS J. (2011) *Mise en place d'un plan de maintenance préventive sur un site de production pharmaceutique*. Thèse de doctorat en pharmacie présentée à l'université Joseph Fourier.
- [9] ASTREE A. (2017) Synthèse de la norme NF E 60-182 [en ligne]. Disponible sur : <https://www.mes-trs.fr/trs-oe/synthese-de-norme/> [Consulté le 12 mai 2011].
- [10] LASNIER G. (2007) Le lean-manufacturing (Système de production à haute performance) dans les industries travaillant en juste-à-temps avec flux régulés par takt-time (rythme de la consommation du client), *Revue des Sciences de Gestion* 2007/1 (n°223), pp. 99-107.

- [11] BELLAOUAR A. et BELLEULMI S. (2013) *Rapport - Fiabilité Maintenabilité Disponibilité*. Université Constantine 1, décembre.
- [12] OLIVIER F. (2009) *L'approche Lean : méthodes et outils appliqués aux ateliers de production pharmaceutique*. Thèse de doctorat en pharmacie présentée à l'université Joseph Fourier.
- [13] Norme CNOMO E41.50.530.N (2011) *Moyens de production - Méthode AMDEC*.
- [14] ERNOUL R. (2010) *Le grand livre de la qualité – Management par la qualité dans l'industrie, une affaire de méthodes*. AFNOR.
- [15] SEVERIN P. *L'analyse fonctionnelle, de la méthode aux outils*. Lycée des métiers de l'hôtellerie et du tourisme de Toulouse.
- [16] KELADA J. (1998) *Rapport - L'AMDEC*. Ecole des hautes études commerciales.
- [17] BOUZHAR Y. (2018) Communication privée fournie par le coordinateur technique de la société AJP M. Yassine BOUZHAR.



ANNEXES

ANNEXE 1 : Tableau de calcul du TRS de la ligne de conditionnement A3 Slim.

Le tableau ci-dessous présente le fichier Excel permettant le calcul du TRS et ses sous-indicateurs journaliers, hebdomadaires et globaux de la ligne de conditionnement A3 Slim de la période allant du 1^{er} janvier au 18 février 2018.

Tableau 20: Tableau de calcul du TRS.

Date	Capacité (u/mn)	Temps d'ouverture T_o (mn)	Temps d'arrêts planifiés (mn)	Temps requis T_r (mn)	Temps d'arrêts non planifiés (mn)			Temps de fonctionnement T_f (mn)	Taux de disponibilité $T_d = T_f/T_r$	Total Production (u)	Temps équivalent (mn)	Temps théoriquement perdu (mn)	Temps net T_n (mn)	Taux de performance $T_p = T_n/T_f$	Total Pertes	Temps théoriquement perdu (mn)	Temps utile T_u (mn)	Taux de qualité $T_q = T_u/T_n$	TRS Journalier	TRS Hebdomadaire
					Remp	Reste de la ligne	Total													
01/01/2018	150	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00		0	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	-	
02/01/2018	150	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00		0	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	-	
03/01/2018	150	821,083	244,083	577,000	36,37	107,87	144,23	432,77							1 254					
04/01/2018	150	1077,950	0,000	1077,950	22,38	140,93	163,32	914,63							1 639					
05/01/2018	150	1078,767	0,000	1078,767	285,68	168,25	453,93	624,83							1 406					
06/01/2018	150	1078,267	0,000	1078,267	195,80	94,77	290,57	787,70	73,05%	117 822	785,48	2,22	785,48	99,72%	917	6,11	779,37	99,22%	72,28%	
07/01/2018	150	941,417	139,667	801,750	29,75	67,58	97,33	704,42	87,86%	105 385	702,57	1,85	702,57	99,74%	891	5,94	696,63	99,15%	86,89%	
Semaine 1	150	2019,68	139,67	1880,02	225,55	162,35	387,90	1492,12	79,37%	223 207	1 488,05	4,07	1488,05	99,73%	1 808	12,05	1476,00	99,19%		78,51%
08/01/2018	150	1061,733	121,100	940,633	18,62	301,63	320,25	620,38	65,95%	92 819	618,79	1,59	618,79	99,74%	1 448	9,65	609,14	98,44%	64,76%	

09/01/2018	150	1055,083	15,583	1039,500	17,23	48,37	65,60	973,90							749					
10/01/2018	150	933,267	329,117	604,150	37,08	32,65	69,73	534,42							758					
11/01/2018	150	999,367	62,083	937,283	81,93	39,63	121,57	815,72	87,03%	122 290	815,27	0,45	815,27	99,94%	781	5,21	810,06	99,36%	86,43%	
12/01/2018	150	1078,167	0,000	1078,167	37,82	213,53	251,35	826,82	76,69%	123 753	825,02	1,80	825,02	99,78%	1 451	9,67	815,35	98,83%	75,62%	
13/01/2018	150	1010,300	162,700	847,600	73,23	121,40	194,63	652,97	77,04%	97 337	648,92	4,05	648,92	99,38%	2 291	15,27	633,65	97,65%	74,76%	
14/01/2018	150	1043,000	117,150	925,850	13,22	164,90	178,12	747,73	80,76%	112 076	747,18	0,56	747,18	99,93%	1 310	8,73	738,45	98,83%	79,76%	
Semaine 2	150	5192,57	463,03	4729,53	224,82	841,10	1065,92	3663,62	77,46%	548 275	3 655,17	8,45	3655,17	99,77%	7 279	48,53	3606,64	98,67%	76,26%	
15/01/2018	150	1022,617	153,633	868,983	47,97	60,73	108,70	760,28	87,49%	113 990	759,93	0,35	759,93	99,95%	785	5,23	754,70	99,31%	86,85%	
16/01/2018	150	1074,267	0,000	1074,267	24,92	257,07	281,98	792,28	73,75%	118 560	790,40	1,88	790,40	99,76%	911	6,07	784,33	99,23%	73,01%	
17/01/2018	150	784,900	95,283	689,617	39,18	56,02	95,20	594,42	86,20%	88 949	593,00	1,42	593,00	99,76%	725	4,84	588,16	99,18%	85,29%	
18/01/2019	150	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	-	-	
19/01/2018	150	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	-	-	
20/01/2018	150	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	-	-	
21/01/2018	150	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	0	0,00	0,00	-	-	-	
Semaine 3	150	2881,78	248,92	2632,87	112,07	373,82	485,88	2146,98	81,55%	321 499	2 143,33	3,66	2143,33	99,83%	2 420	16,14	2127,19	99,25%	80,79%	
22/01/2018	150	738,883	203,183	535,700	102,22	42,07	144,28	391,42						458	3,05					
23/01/2018	150	949,683	367,050	582,633	219,72	37,33	257,05	325,58	55,88%	48 731	324,88	0,71	324,88	99,78%	179	1,20	323,68	99,63%	55,55%	
24/01/2018	150	760,267	97,117	663,150	49,50	58,13	107,63	555,52						902	6,01					
25/01/2018	150	1078,117	0,000	1078,117	16,87	200,98	217,85	860,27	79,79%	128 704	858,03	2,24	858,03	99,74%	953	6,36	851,67	99,26%	79,00%	
26/01/2018	150	1028,267	317,100	711,167	3,93	127,20	131,13	580,03	81,56%	86 905	579,37	0,67	579,37	99,88%	1 094	7,30	572,07	98,74%	80,44%	
27/01/2018	150	1137,917	0,000	1137,917	17,10	93,82	110,92	1027,00	90,25%	144 806	965,37	61,63	965,37	94,00%	1 964	13,10	952,28	98,64%	83,69%	
28/01/2018	150	1003,600	130,567	873,033	11,02	93,25	104,27	768,77	88,06%	115 110	767,40	1,37	767,40	99,82%	787	5,25	762,16	99,32%	87,30%	
Semaine 4	150	5197,58	814,72	4382,87	268,63	552,58	821,22	3561,65	81,26%	524 255	3 495,04	66,62	3495,04	98,13%	4 978	33,19	3461,85	99,05%	78,99%	
29/01/2018	150	977,467	442,333	535,133	7,30	187,83	195,13	340,00	63,54%	50 896	339,31	0,70	339,31	99,80%	1 492	9,95	329,36	97,07%	61,55%	
30/01/2018	150	1001,467	239,083	762,383	8,87	130,73	139,60	622,78	81,69%	93 299	622,00	0,79	622,00	99,87%	422	2,81	619,19	99,55%	81,22%	
31/01/2018	150	1077,900	0,000	1077,900	3,40	89,92	93,32	984,58						502	3,35					
01/02/2018	150	1002,267	162,917	839,350	25,23	49,48	74,72	764,63	91,10%	114 578	763,85	0,78	763,85	99,90%	671	4,47	759,38	99,41%	90,47%	
02/02/2018	150	1077,950	0,000	1077,950	57,08	108,37	165,45	912,50	84,65%	136 803	912,02	0,48	912,02	99,95%	672	4,48	907,54	99,51%	84,19%	
03/02/2018	150	1000,100	183,450	816,650	3,30	132,68	135,98	680,67	83,35%	101 761	678,41	2,26	678,41	99,67%	1 478	9,85	668,56	98,55%	81,87%	
04/02/2018	150	1078,350	0,000	1078,350	13,93	291,08	305,02	773,33	71,71%	115 296	768,64	4,69	768,64	99,39%	1 583	10,56	758,09	98,63%	70,30%	

Semaine 5		6137,60	1027,78	5109,82	115,72	900,18	1015,90	4093,92	80,12%	612 632	4 084,22	9,70	4084,22	99,76%	6 317	42,11	4042,11	98,97%		79,10%
05/02/2018	150	637,067	252,050	385,017	3,65	131,52	135,17	249,85	64,89%	37 401	249,34	0,51	249,34	99,80%	731	4,87	244,47	98,05%	63,50%	
06/02/2018	150	973,783	77,917	895,867	5,27	163,88	169,15	726,72	81,12%	108 962	726,41	0,31	726,41	99,96%	668	4,46	721,96	99,39%	80,59%	
07/02/2018	150	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00		0		0,00	0,00		0	0,00	0,00	-		
08/02/2018	150	396,217	143,050	253,167	6,18	102,77	108,95	144,22	56,97%	21 309	142,06	2,16	142,06	98,50%	1 085	7,23	134,83	94,91%	53,26%	
09/02/2018	150	1102,150	0,000	1102,150	26,45	231,47	257,92	844,23	76,60%	126 211	841,41	2,83	841,41	99,66%	1 547	10,32	831,09	98,77%	75,41%	
10/02/2018	150	1140,117	0,000	1140,117	45,63	211,42	257,05	883,07	77,45%	132 169	881,13	1,94	881,13	99,78%	1 181	7,88	873,25	99,11%	76,59%	
11/02/2018	150	585,733	166,617	419,117	10,43	49,02	59,45	359,67		53 969	359,79	-0,12	359,79		581	3,87	355,92			
Semaine 6	150	4249,33	473,02	3776,32	87,18	841,05	928,23	2848,08	75,42%	426 051	2 840,34	7,74	2840,34	99,73%	5 212	34,75	2805,60	98,78%		74,29%
12/02/2018	150	979,250	79,433	899,817	72,12	42,88	115,00	784,82	87,22%	117 526	783,51	1,31	783,51	99,83%	601	4,01	779,50	99,49%	86,63%	
13/02/2018	150	558,200	139,867	418,333	5,85	88,18	94,03	324,30	77,52%	48 497	323,32	0,99	323,32	99,70%	380	2,53	320,79	99,22%	76,68%	
14/02/2018	150	1052,667	141,133	911,533	12,77	61,33	74,10	837,43							974	6,49				
15/02/2018	150	1077,900	0,000	1077,900	50,62	26,45	77,07	1000,83							473	3,15				
16/02/2018	150	906,800	451,917	454,883	9,15	155,62	164,77	290,12		43 544	290,30	-0,18	290,30		1 421	9,47	280,83			
17/02/2018	150	1018,033	206,583	811,450	16,60	27,45	44,05	767,40	94,57%	115 100	767,34	0,07	767,34	99,99%	1 027	6,85	760,49	99,11%	93,72%	
18/02/2018	150	808,400	0,000	808,400	3,58	37,58	41,17	767,23		115 169	767,79	-0,56	767,79		313	2,09	765,71			
Semaine 7	150	2555,48	425,88	2129,60	94,57	158,52	253,08	1876,52	88,12%	281 123	1 874,16	2,36	1874,16	99,87%	2 007	13,38	1860,78	99,29%		87,38%
Du 01/01 au 18/02	150	28234,03	3593,02	24641,02	1128,53	3829,60	4958,13	19682,88	79,88%	2937043	19 580,28	102,60	19580,28	99,48%	30020	200,13	19380,15	0,9881	98,98%	78,65%

	Remp.	Ligne	Total
Temps d'arrêt total	1768,95	4847,78	6616,73

-  : Pas de production
-  : Valeur douteuse de la Production totale (Ecart négatif entre Emballages en entrée et Emballages en sortie)
-  : Ecart négatif entre la production prévue et la production réelle, probablement parce que le temps requis réel est supérieur à celui déclaré (c'est à dire des temps d'arrêts planifiés non déclarés)

NB : Les données mises en évidence par ces couleurs ont été éliminées du calcul de TRS pour les raisons susmentionnées. Cependant, elles ont été prises en compte pour le calcul des temps d'arrêt total utilisés pour l'identification de l'équipement critique.

ANNEXE 2 : Tableaux AMDEC de l'encartonneuse CBP 32.

Tableau 21: Tableau AMDEC du module d'alimentation.

	AMDEC – Moyen de production									
	Machine : Encartonneuse CBP 32 Système : Module d'alimentation				Date d'analyse : mars 2018			Criticité et indices nominaux		
Sous-système	Composant	Fonctions	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	F	G	D	C
Convoyeur d'alimentation	Photocellules	Détecter les briques tombées	Non détection des briques tombées	Dysfonctionnement	Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	1	2	1	2
	Rail de guidage	Guider les briques à travers le convoyeur	Non élimination des briques tombées	Briques trop serrées	Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	5	1	1	5
	Convoyeur	Transporter les briques	Désalignement des briques	Vitesse excessive	Ecrasement des briques par le séparateur	Analyse	4	2	2	16
Frein à bande	Photocellules	Compter le nombre de briques entrantes	Non détection des briques	Dysfonctionnement	Faire passer des briques en plus de la quantité souhaitée	Visuelle (Alarme machine)	2	2	1	4
				Impuretés	Ecrasement des briques par le séparateur de briques		5	1	1	5
	Moteurs	Entrainer en rotation l'arbre de la poulie dentée	Pas de rotation	Pas d'alimentation Surcharge	Arrêt de la machine	Tactile Visuelle (Alarme machine)	1	2	1	2
	Réducteurs	Réduire la vitesse de	Grippage	Manque de	Mauvaise transmission de	Analyse	2	2	3	12

		rotation		lubrification	mouvement à l'frein à bande					
	Poulie dentée	Transmettre le mouvement de rotation entre réducteur et courroie	Desserrage Mauvaise état de liaison arbre/poulie	Usure des roulements	Mauvaise transmission de mouvement à la courroie	Analyse	2	2	3	12
	Détendeurs	Assurer la tension de la courroie	Usure	Usure des joints toriques, roulements, joints en V	Allongement/Détachement de la courroie	Analyse	2	2	3	12
	Courroies	Freiner le passage des briques	Usure/rupture Transmission de capacité insuffisante	Tension trop élevée Tension trop basse	Surcharge moteur Détachement des courroies	Visuelle Tensiomètre	2	2	2	8
Séparateur de briques	Vérin pneumatique W30M0240	Faire avancer et reculer le séparateur de briques	Blocage/coincement Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Non séparation des briques entrantes	Analyse	2	2	3	12
	Capteur anti-écrasement W30B0116	Vérifier qu'il y a de l'espace libre avant que le séparateur de briques ne sorte	Non détection de l'espace libre	Dysfonctionnement Impuretés	Ecrasement des briques par le séparateur Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	2 5	2 1	1 1	4 5

Tableau 22: Tableau AMDEC du module de formation de motif.

	<h2 style="text-align: center;">AMDEC – Moyen de production</h2>						Machine : Encartonneuse CBP 32 Système : Module de formation de motif				Date d'analyse : mars 2018				Criticité et indices nominaux			
	Sous-système	Composant	Fonctions	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	F	G	D	C	F	G	D	C			
Tasseau de regroupement	Vérin pneumatique T40M0250	Faire avancer le tasseau de regroupement	Blocage/coincement Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Chute des briques lorsqu'elles sont poussées sur le tapis de transfert	Analyse	2	2	3	12								
	Amortisseurs	Affaiblir la violence du choc	Amortisseurs endommagés	Usure	Détérioration de l'état du vérin	Analyse	2	2	3	12								
	Tasseau de regroupement	Supporter les briques lorsqu'elles sont poussées sur le tapis de transfert	Blocage	Manque de lubrification	Chute des briques lorsqu'elles sont poussées sur le tapis de transfert Ecrasement des briques par le séparateur	Analyse	4	1	2	8								
Pousseur de regroupement	Pousseur de regroupement	Pousser les briques sur la plaque de regroupement	Désalignement des briques	Vitesse excessive ou insuffisante	Ecrasement des briques par le séparateur	Analyse	4	2	2	16								
Tapis de transfert	Tapis de transfert	Transférer les briques vers la zone de pousseur de boîte	Désalignement des briques	Dysfonctionnement Manque de lubrification	Ecrasement des briques par le séparateur	Visuelle	5	1	2	10								
Bras de butée	Vérin pneumatique T40M0220	Abaisser et lever le bras de butée	Blocage/coincement Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Laisser passer les briques avant le regroupement complet du grand	Analyse	2	2	3	12								

					motif ou bloquer leur passage					
	Bras	Arrêter les briques se trouvant sur le tapis de transfert jusqu'à ce que le regroupement du grand motif soit terminé	Blocage Dérégulation de la hauteur du bras	Usure des pièces: Palier d'extrémité de tige, roulements à billes	Laisser passer les briques avant le regroupement complet du grand motif ou bloquer leur passage	Analyse	2	2	3	12
	Photocellule	Détecter la position supérieure du rail de guidage	Non détection de la position supérieure du rail de guidage	Dysfonctionnement Vibrations	Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	2	2	1	4
Unité basculante	Vérins pneumatiques : T40M0320, T40M0321	Abaisser et lever l'unité basculante	Blocage/coincement Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Ecrasement des briques par le séparateur	Analyse	2	2	3	12
	Photocellule T40B0320	Détecter la position du vérin pneumatique	Non détection de la position du vérin pneumatique T40M0320	Dysfonctionnement	Blocage de l'unité basculante Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	1	2	1	2
Butée de fin de course du pousseur	Vérin pneumatique T40M0280	Faire avancer et reculer la butée de fin de course du pousseur	Blocage/coincement Fuite d'air Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Ecrasement des briques par le séparateur	Analyse	2	2	3	12
	Plaque de butée de fin de course	Supporter les briques lors de l'abaissement de l'unité basculante	Dérégulation		Ecrasement des briques par le séparateur	Analyse	2	2	3	12
	Capteur ultrason T40B0106	Détecter la présence des briques	Non détection des briques	Dysfonctionnement	Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	1	2	1	2
Séparateur (Plaque de butée de transfert)	Vérin pneumatique T40M260	Abaisser et lever le séparateur	Blocage/coincement Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Non séparation des briques	Analyse	1	3	3	9

	Amortisseur	Affaiblir la violence du choc	Amortisseur endommagé	Usure	Détérioration de l'état du vérin	Analyse	1	3	3	9
	Régulateurs d'air : T40R0261, T40R0262	Ajuster la pression	Pression insuffisante ou excessive	Fatigue	Déséquilibre de la plaque lors de l'abaissement et le levage	Analyse	1	3	3	9
	Détecteurs inductifs : T40B0262, T40B0260, T40B0264	Détecter la position du séparateur	Non détection de la position	Dysfonctionnement	Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	1	2	1	2
	Photocellules : T40B0102 et T40B0266	Détecter la présence des briques Compter le nombre de briques	Non détection des briques	Dysfonctionnement Vibrations	Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	1	2	1	2
Pousseur de boîte	Vérin pneumatique T40M0040	Faire avancer et reculer le pousseur de boîte	Blocage/coincement Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Non transfert des briques vers le poste d'emballage	Analyse	1	3	3	9
	Vérin pneumatique de la plaque de pousseur T40M0300	Abaisser et lever la plaque de pousseur	Blocage/coincement Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Non maintien des briques	Analyse	2	2	3	12
	Vérin pneumatique du dolly de pousseur T40M0310	Abaisser et lever le dolly de pousseur	Blocage/coincement Perte de vitesse	Usure/déformation des pièces Usure des joints Dysfonctionnement du distributeur pneumatique	Non maintien des briques	Analyse	1	3	3	9
	Photocellule	Détecter la position du vérin de la plaque de pousseur	Non détection de la position	Dysfonctionnement Vibrations	Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	3	2	1	6
	Plaque/Dolly	Supporter le petit motif lors de son transfert vers le plateau en carton	Blocage Déréglage Casse	Usure des pièces : Palier d'extrémité de tige, douilles, amortisseurs de vibration, axe, ressort	Chute des briques	Analyse	3	3	3	27

Tableau 23: Tableau AMDEC du module de formation de carton.

	AMDEC – Moyen de production						Criticité et indices nominaux			
	Machine : Encartonneuse CBP 32 Système : Module de formation de plateaux en carton				Date d'analyse : mars 2018		F	G	D	C
Sous-système	Composant	Fonctions	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection				
Chaînes de transfert	Chaînes	Transporter les plateaux en carton	Désynchronisation	Bourrage à la sortie	Les cartons ne sont pas placés correctement entre les supports	Analyse	5	3	2	30
Bras du magasin	Bras	Prélever les cartons du magasin et les placer entre les supports montés sur les chaînes de transfert	Blocage Dérèglement	Usure des pièces : roulements, douille à billes, douilles en acier, bagues d'étanchéité, palier d'extrémité de tige	Non prélèvement des cartons	Bruit anormal	2	2	3	12
	Ventouses	S'adhérer à au carton	Ne pas s'adhérer au carton	Usure des ventouses, ressorts		Les cartons ne sont pas placés correctement entre les supports	Analyse	4	2	2
				Colmatage du filtre Pression d'air insuffisante	Analyse		2	2	3	12
	Bras de commande du bras de magasin	Assurer le mouvement du bras de magasin	Blocage	Usure des pièces : paliers d'extrémité de tige, galet de came et soufflet en caoutchouc	Non maintien des cartons sur la chaîne de transfert	Bruit anormal	1	2	3	6
				Dérèglement de la came		Analyse	1	2	3	6
				Manque de lubrification des paliers		Analyse	2	1	2	4
Portes-plateaux	Bras des portes-plateaux	Maintenir le carton en place	Blocage Dérèglement	Usure des pièces : paliers d'extrémité de tige, moyeu, joint radial, roulements, douilles à bride, coin plat, clavette	Non maintien des cartons sur la chaîne de transfert	Bruit anormal	2	2	3	12
	Bras de	Assurer le mouvement	Blocage	Usure des pièces : paliers		Bruit	1	2	3	6

	commande des portes-plateaux	des portes-plateaux		d'extrémité de tige, galet de came et soufflet en caoutchouc		anormal				
				Dérèglage de la came		Analyse	1	2	3	6
				Manque de lubrification des paliers			2	1	2	4
Plieur des rabats	Bras du plieur	Plier les rabats du carton	Blocage Dérèglage	Usure des pièces : Paliers d'extrémité de tige, moyeu, bagues d'étanchéité, roulements, joint torique	Ecrasement des cartons par les plieurs	Bruit anormal	2	2	3	12
	Bras de commande du plieur	Assurer le mouvement des portes-plateaux	Blocage	Usure des pièces : paliers d'extrémité de tige, galets de came et soufflets en caoutchouc		Bruit anormal	1	2	3	6
				Dérèglage des cames			1	2	3	6
				Manque de lubrification des paliers		Analyse	2	1	2	4
Butée d'emballage	Photocellule C50B0106	Détecter la présence du carton dans le poste d'emballage	Non détection du carton	Dysfonctionnement	Arrêt de la machine	Visuelle (Alarme machine)	2	2	1	4
				Impuretés		5	1	1	5	