



Année Universitaire : 2021-2022

Licence Sciences et Techniques en Génie Industriel



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Réalisé au sein de :



Amélioration de la machine de peinture

EAST ELECTRIC

Référence : 19/22-LST GI

Présenté par :

AMRAOUI Yousra

Soutenu Le 05 Juillet 2022 devant le jury composé de :

- Pr. HAMEDI L'habib (Encadrant FST)
- Mme. BERRADA Kenza (Encadrante Société)
- Pr. EN-NADI Abdelali (Examinateur FST)

Dédicaces

A mes chers parents,

Pour leur patience, leurs encouragements et leur soutien durant toutes les périodes de mes études, qui n'ont pas cessé de me prodiguer de leur amour.

A mes sœurs et frères,

Pour leur amour et pour le soutien.

A mes proches,

Qui n'ont pas hésité à m'apporter de l'aide et des renseignements.

A mes chers amis,

Pour leur présence et leur fidélité.

A tous mes collègues de département Génie Industriel.



Remerciements

C'est avec un immense plaisir que j'adresse, mes sincères remerciements, à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

A ce titre, je tiens à remercier Monsieur le Directeur Mohammed LARAQUI de m'avoir accordé l'opportunité d'effectuer ce stage au sein de Floquet Monopole.

J'exprime ma gratitude et ma profonde reconnaissance à mon encadrante professionnel Mme BERRADA Kenza -Responsable de Qualité de m'avoir accompagné par ses orientations et ses précieux conseils tout au long de mon stage avec beaucoup de patience et de gentillesse.

Mes remerciements vont également à l'ensemble du personnel de Floquet Monopole pour la remarquable collaboration, leur aide et leur soutien pendant toute la période de stage, et plus précisément Mme. Zineb DARQUAOUI- gestionnaire Maintenance et ordonnancement, et Mr HAGUITO Said- Responsable de Maintenance. Je tiens à remercier également Mr HAMED L'habib- mon encadrant au sein de la Faculté des Sciences et techniques de Fès qui a mis tout son savoir, sa gentillesse, sa disponibilité et son soutien pour me permettre de réaliser ce travail.

Je tiens aussi à présenter ma profonde gratitude au corps professoral et administratif de la Faculté des sciences et techniques de Fès, pour la qualité de l'enseignement dispensée au sein de l'établissement. J'exprime également mes respects et vifs remerciements à Mr EN-NADI Abdelali qui ma aider à trouver ce stage.

Enfin, je tiens à témoigner ma reconnaissance et ma gratitude à mes chers parents, mes sœurs mes frères et mes amis pour leur soutien et leur encouragement durant toute ma vie.

SOMMAIRE

Dédicaces.....	I
Remerciements	II
SOMMAIRE	III
Liste des figures.....	IV
Liste des Tableaux	V
Liste des acronymes	V
Terminologies	VI
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Présentation de la société Floquet Monopole (FM)	
1 Aperçue générale sur FM	2
1.1 Historique	2
1.2 Fiche signalétique.....	3
1.3 Les clients de FMI	3
2 Missions des différents départements.....	3
2.1 Le bureau de méthode (BM)	3
2.2 Le bureau d'étude et de conception	3
2.3 Le service maintenance.....	3
2.4 Le service qualité.....	4
2.5 Le service contrôle	4
2.6 Le service production	4
2.7 Le service ressources humaines.....	4
3 Le produit FM	4
3.1 Disque de frein	4
3.2 Moyeu tambour	5
4 Le processus de production.....	5
5 Ligne de production TV8	6
Chapitre 2 : Présentation de la méthode PDCA.....	
1 Méthode PDCA	7

2	Les étapes PDCA	8
3	Indicateurs de performance d'une machine	9
Chapitre 3 : Application de la méthode PDCA		
1	Présentation de la problématique	10
1.1	Evaluation des performances des équipements de la ligne TV8.....	10
1.2	La fiabilité	10
1.3	La maintenabilité.....	11
1.4	La disponibilité opérationnelle (DO)	12
1.5	Synthèse	13
2	Application de la démarche PDCA sur la problématique	13
2.1	Les étapes PDCA	13
2.1.1	Etape 1 : Identification du problème.....	14
2.1.2	Etape 2 : Comprendre le fonctionnement normal du système.....	14
2.1.3	Etape 3 : fixer un objectif	18
2.1.4	Etape 4 : Analyser les causes racines	19
2.1.5	Etape 5 : actions et contres mesure	21
2.1.5.1	Short-List des PDR	21
2.1.5.2	Check-List des taches critiques.....	22
2.1.6	Etape 6 : Vérification des résultats.....	24
2.1.7	Etape 7 : Verrouiller et généraliser	24
Conclusion générale		25
Bibliographie.....		26
Annexes.....		27

Liste des figures

Figure 1 : Société Floquet Monopole	2
Figure 2 : Disque.....	4
Figure 3 : Moyeu Tambour plein et ventilé.....	5
Figure 4 : La méthode PDCA.....	8
Figure 5 : Diagramme MTBF pour chaque OP (mois d'avril).....	11
Figure 6 : Diagramme MTTR pour chaque OP (mois d'avril).....	12
Figure 7 : Diagramme DO pour chaque OP (mois d'avril)	13
Figure 8 : OP 100	15

Figure 9 : Diagramme de la machine de peinture EAST ELECTRIC.....	15
Figure 10 : Diagramme de bête à corne de la machine EAST ELECTRIC	16
Figure 11 : Diagramme de Pieuvre de la machine EAST ELECTRIC.....	17
Figure 12 : Graphe SADT de la machine EAST ELECTRIC	18
Figure 13 : Diagramme d'objectif souhaité.....	18
Figure 14 : Diagramme de PARETO	22
Figure 15 : Diagramme des résultats	24

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Fiche technique de FMI	3
Tableau 2 : Durée et nombre de pannes de chaque OP durant un mois (Avril 2022).....	10
Tableau 3 : Indicateurs de performance de chaque OP.....	12
Tableau 4 : Planification du projet.....	14
Tableau 5 : Composants critiques de convoyeur de préchauffage.....	19
Tableau 6 : Composants critiques de l'armoire électrique	20
Tableau 7 : Composants critiques de pistolet.....	20
Tableau 8 : Composant critiques du convoyeur de séchage	20
Tableau 9 : Tableau ABC de PARETO.....	21
Tableau 10 : Short-List des pièces critiques.....	22
Tableau 11 : Check-List des tâches critiques.....	23
Tableau 12 : Plan maintenance systématique.....	23

Liste des acronymes

FMI : Floquet Monopole Industrie.

PDG : Président Direction Générale.

SA : Société Anonyme.

ISO : International Organization for Standardization.

PSA : Peugeot Société Anonyme.

MT : Moyeu Tambour.

SADT : Structured Analysis System Technique.

OP : Opération.

Qté : Quantité.

PDR : Pièces Des Rechanges.

MTBF : Mean Time Between Failure.

MTTR : Mean Time To Repair.

DO : Disponibilité Opérationnelle.

Terminologies

Norme ISO 9001 : est une norme qui établit les exigences relatives à un système de management de la qualité. Elle aide les entreprises et les organismes à gagner en efficacité et à accroître la satisfaction de leurs clients.

ISO TS 16949 : est la norme concernant la démarche qualité dans l'industrie automobile. Elle a été élaborée par l'IATF, l'ISO l'ayant validé et publié sous forme de spécification technique (TS pour technical specification).

IATF : (International Automotive Task Force) le groupe d'étude international de l'industrie automobile.

Introduction générale

L'évolution de production automobile a accompagné le grand bouleversement du 20^{ème} siècle. D'un artisanat réservé à une clientèle limitée, elle a su passer à une production industrielle de masse tout en augmentant la qualité de fabrication, en améliorant les conditions de travail et en diminuant les coûts, et par conséquent, satisfaire les clients.

Floquet Monopole est une société opérant dans le domaine automobile, elle a dirigé son activité vers l'usinage des disques et des tambours de frein, après avoir signé un contrat avec ses grands clients Renault Tanger et PSA Kenitra.

Dans le cadre de ma formation à la faculté des sciences et techniques de Fès, je devais passer un stage à la fin de troisième année de la licence Génie Industriel. A mon grand plaisir, j'ai été accepté à passer mon stage de fin d'étude chez Floquet Monopole. Ce stage allant du 13 Mai au 01 Juillet 2022 avait pour sujet « Amélioration de la machine de peinture EAST ELECTRIC des tambours de la ligne TV8 ».

Ce sujet consiste à assurer une production en continue et augmenter la disponibilité de la machine de peinture de la ligne de production des moyeux tambours TV8, en raison des pannes qui peuvent surgir et qui affectent la productivité de cet atelier.

Notre projet est axé sur l'application de la méthode PDCA afin d'anticiper les problèmes potentiels et de proposer un plan d'action pour cette machine.

Ce rapport, comprenant les détails de cette étude, est constitué de trois chapitres qui seront présentés comme suit :

- Le premier chapitre est une présentation de Floquet Monopole en tant qu'organisme d'accueil.
- Le deuxième chapitre est une description succincte de la méthode PDCA que nous avons utilisée.
- Le troisième chapitre sera dédié à l'application de la méthode PDCA sur la machine concernée. Sans oublier la quantification de nos résultats.

Chapitre 1 : Présentation de la société
Floquet Monopole (FM)

1 Aperçue générale sur FM

Floquet Monopole (figure 1) est une société anonyme créée en 1981 avec un capital de 21.8 millions de dirhams. La Société marocaine des fonderies du nord se situe dans le quartier industriel sidi Brahim de Fès, Lot 59, rue 813. L'activité principale de la société est la production des disques de frein ainsi que les moyeux tambours.

La SMFN est sous licence d'exploitation Floquet Monopole -filiale Française de DANA Corporation USA, spécialiste de l'industrie automobile ; d'où son intégration à l'échelle mondiale. Elle produit en effet pour ses clients Renault et PSA. Certifiée ISO 9001/ 2008 et ISO. TS/16949.



Figure 1 : Société Floquet Monopole

1.1 Historique

Le groupe Floquet Monopole (FM) a démarré son activité en 1981 .L'entreprise, fondée par Mohammed Laraoui, fabriquait au début des pistons sous licence « Floquet Monopole ». Une marque qui appartenait à une multinational américaine appelée « Dana ». Cette dernière était leader des équipementiers mondiaux et alimentait les chaînes de montage de plusieurs constructeurs automobiles dans le monde. Ses filières françaises fabriquaient des pièces maîtresses pour moteurs (pistons, chemises, segmentations, soupapes, etc.).

Actuellement, la firme fait l'usinage des disques frein et des moyeux tambours, grâce à une technologie de pointe. FM emploie plus de 250 ouvriers (des ingénieurs, des agents de maîtrise des opérateurs qualifiés... avec un plan de formation). Equipée de la technologie allemande, l'entreprise est dotée de plusieurs chaînes robotisées. A partir de 2016, le groupe a

investi quelque 150 millions de dirhams. Floquet Monopole a livré 1.608.000 pièces de première monte pour les 402.000 voitures sorties en 2018 des usines de Renault Maroc.

1.2 Fiche signalétique

Raison social	Floquet Monopole
Forme juridique	Société anonyme
Activité	Fabrication des disques de frein Fabrication des tambours de frein
Production	4200DF/jour
Identification fiscale	29151758
Date de création	1981
Chiffre d'affaire	80 000 000 DHS
Capital	21 800 000DHS
Adresse	Quartier industriel Sidi Ibrahim lot 59, Rue 813, Fès, Maroc

Tableau 1 : Fiche technique de FMI

1.3 Les clients de FMI

- Renault : L'arrivée de Renault, en 2015, a pérennisé la société. Selon le DG Mohammed Laraqui, cela représentait un exploit et aussi une fierté, d'avoir pu entrer dans le panel des fournisseurs de Renault, car cela révélait la capacité du groupe à produire pour un constructeur mondial.
- PSA : En 1999, il a signé son premier contrat en OEM avec PSA Peugeot Citroën. Et en 2003, il a paraphé un contrat très important avec PSA

2 Missions des différents départements

2.1 Le bureau de méthode (BM)

Il consiste à prévoir, préparer, lancer le processus d'usinage pour réaliser des pièces conformes au cahier des programmes de production donnée, dans un contexte déterminé.

2.2 Le bureau d'étude et de conception

Il sert à étudier un mécanisme, à concevoir le fonctionnement, à choisir les matériaux constitutifs, préciser les formes, les dimensions et l'agencement en vue de la fabrication.

2.3 Le service maintenance

Il est responsable de l'entretien et de la maintenance des machines de l'entreprise. Il comporte aussi une maintenance préventive qui est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire les problèmes techniques éventuels, et une maintenance corrective

qui est effectuée après la défaillance, ainsi qu'une maintenance systématique journalière sous forme de check-list qui a pour fonction de vérifier le bon fonctionnement de la machine.

2.4 Le service qualité

Il assure la conformité du produit et augmente son aptitude à satisfaire des besoins du client. Ces besoins peuvent évoluer avec le temps, ceci implique la révision périodique des exigences.

2.5 Le service contrôle

Il a pour rôle de contrôler, de mesurer, d'essayer, et de passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques de produit ou de service et de les comparer aux exigences du client.

2.6 Le service production

Il s'occupe de la mise en application des procédés de fabrication en utilisant des moyens matériels, humains et des matières premières et consommables dans un planning déterminé.

2.7 Le service ressources humaines

Il occupe une grande importance au sein de la société, il est chargé de toutes les fonctions administratives et professionnelles de l'ensemble du personnel de l'usine.

3 Le produit FM

3.1 Disque de frein

Le disque de frein (figure 2) est un dispositif technique utilisé pour assurer l'opération de freinage qui consiste à ralentir ou arrêter le véhicule, en passant d'une vitesse donnée à une vitesse inférieure ou nulle. Il fixé sur le moyeu de la roue, il est également relié à des plaquettes qui vont venir frotter le disque de chaque côté en cas d'activation du mécanisme.

Le disque à frein a plusieurs avantages, parmi lesquels la résistance à la chaleur système antiblocage des roues, fonctionne à l'air libre ce qui lui permet d'évacuer la chaleur du freinage par ses deux faces.

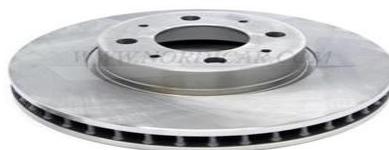


Figure 2 : Disque

3.2 Moyeu tambour

Tambour de frein (Figure 3) est un système de freinage performant pour les véhicules munis de roues en contact avec le sol. Ce système transforme l'énergie cinétique du véhicule en chaleur. Le frein à tambour est un système utilisant un tambour, fixé sur le moyeu de la roue d'arrière, et des segments, le freinage est d'éliminé le jeu entre les segments et le tambour.



Figure 3 : Moyeu Tambour plein et ventilé

4 Le processus de production

L'atelier FM est constitué de plusieurs lignes de production et notre projet concerne la ligne des moyeux tambours.

Le processus de production du moyeu tambour, se constitue des opérations (OP) suivantes :

OP 10 : Réception des MTS brut ; La réception des tambours bruts, puis ils sont destinés vers les lignes de production.

OP 20 : Tournage de la face interne du moyeu tambour.

OP 30 : Tournage de la face externe du moyeu tambour.

OP 40 : Tournage, finition des faces interne et externe.

OP 50 : Perçage, taraudage des quatre trous de passage de fixation.

OP 60 : Lavage ; Cette opération se fait pour le nettoyage et l'élimination des substances contaminées sur les surfaces des tambours et aussi l'élimination des résidus dans les cavités ou les trous.

OP 70 : Equilibrage ; Il se fait par enlèvement de la matière de la surface qui crée un déséquilibre dans la pièce

OP 80 : Contrôle à 100% le dimensionnel du moyeu tambour ; Il permet de vérifier les

défauts d'usinage, les défauts accidentels, et faire le marquage.

OP 90 : Contrôle visuel à 100% ; Contrôle visuel du moyeu tambour, et vérification de sa conformité contre les défauts possibles.

OP 100 : Peinture ; La peinture afin de protéger les tambours contre la corrosion et la rouille.

OP 110 : Assemblage ABS roulement + Ci clips.

OP 120 : Mise en caisse.

5 Ligne de production TV8

L'atelier FM constitué de plusieurs lignes de production : MT 9P 5P / MT9 M / MTV9 5T / MT9/ TV8 / Disque. Notre projet concerne la ligne de production TV8, s'articule autour de la méthode PDCA.

La démarche PDCA (Plan, Do, Check, Act) est destinée à cadrer la résolution de problèmes et l'amélioration dans les organisations.

Chapitre 2 : Présentation de la méthode

PDCA

1 Méthode PDCA

Le cycle PDCA (Plan-Do-Check-Act) est une stratégie de résolution de problèmes interactive qui consiste à améliorer les processus et à mettre en œuvre les changements. Le cycle PDCA est une méthode d'amélioration continue. Au lieu de représenter un processus de façon linéaire, les itérations et les améliorations de processus sont gérées de manière circulaire. En adoptant le cycle PDCA, les équipes suggèrent des idées, les testent et les améliorent de façon continue.

Le cycle PDCA est une technique utilisée pour identifier, analyser et résoudre les problèmes en entreprise. Étant basé sur l'amélioration continue, il permet un développement souple et itératif.

Cette méthode constituée de 4 étapes générales :

PLAN (Préparer)	Identification et définition du problème ou question.
DO (Faire)	Mise en œuvre de la solution retenue.
CHECK (Contrôler)	Evaluation des résultats par différentes mesures.
ACT (Assurer)	Généralisation de la solution retenue à l'ensemble du périmètre concerné.

2 Les étapes PDCA

La méthode de résolution de problèmes et d'amélioration continue PDCA constitué de plusieurs étapes comme nous montre la figure 4 :

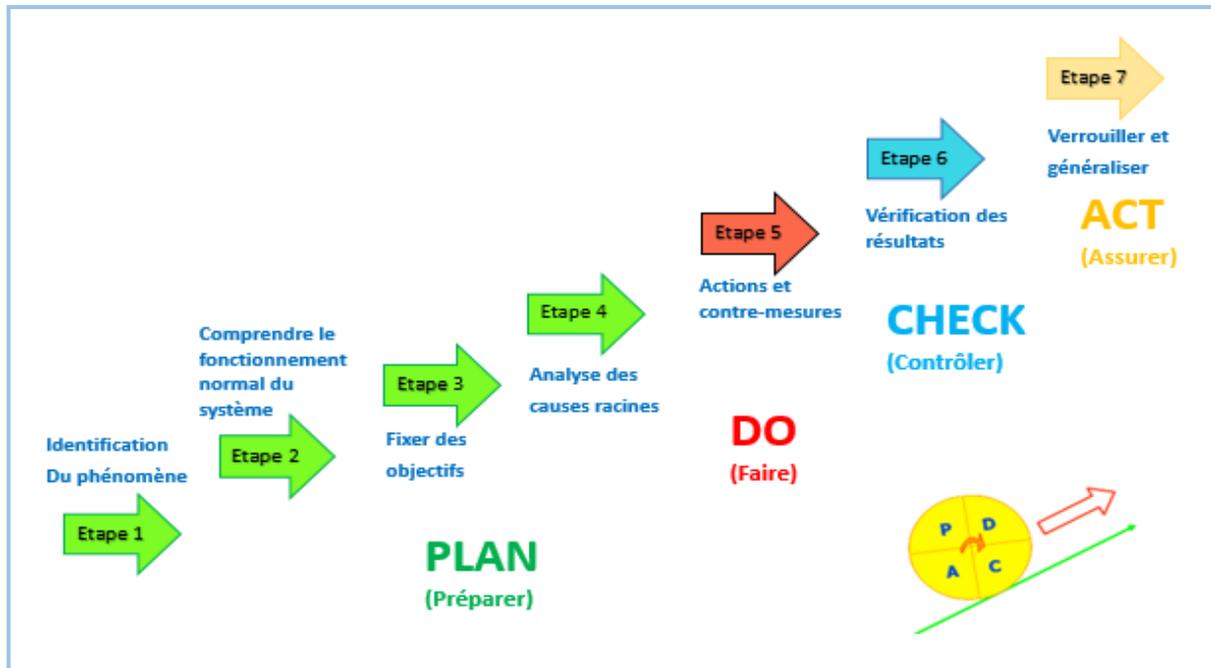


Figure 4 : La méthode PDCA

Etape 1 : Identification du phénomène

Cette étape consiste à préparer les éléments nécessaires pour la MRP en l'occurrence identifier le groupe de travail, fixer un objectif et tracer un planning des étapes retenues pour cette méthode. Ensuite, il faut bien identifier le problème ou le phénomène qui se répète en se basant sur l'outil d'identification de problème **QOQPC** (Qui, Quoi, Où, Quand, Par le quel et Comment) ;

Etape 2 : Comprendre le fonctionnement normal du système

Afin de découvrir le **VRAI** problème, nous devons comprendre comment fonctionne notre système (machine, procédé, processus ...) et faire une analyse complète des données de fonctionnement (mécanisme, liste des composants, paramètres de fonctionnement ...) ;

Etape 3 : Fixer les objectifs

Il s'agit de fixer un objectif du projet d'amélioration ciblé et de s'assurer que c'est un objectif **SMART** (spécifique et simple, mesurable, ambitieux et accepté, réaliste et délimité dans le temps) ;

Etape 4 : Analyse des causes racines

C'est l'étape de l'analyse des causes racines des problèmes en se basant sur les outils comme les **5P** (pourquoi) ou les **5M** (milieu, matière, méthode, matériels et main d'œuvre) ;

Etape 5 : Actions et contre-mesures

Lister les contre-mesures possibles et utiliser une matrice de décision pour obtenir la meilleure contre-mesure, et développer et la réaliser les actions et la concrétiser la solution sur terrain ;

Etape 6 : Vérification des résultats

La vérification de l'efficacité de la solution et la valeur ajoutée tirée des actions réalisées ;

Etape 7 : Verrouillage et généralisation

C'est l'étape de verrouillage des solutions adoptées et les généraliser sur la chaîne de valeur où on trouve Les mêmes phénomènes et problèmes ;

3 Indicateurs de performance d'une machine

Dans le cadre du projet de fin d'études, le département maintenance, nous confiait un projet, qui leur représente une préoccupation primordiale en matière de productivité. C'est l'amélioration du rendement de la ligne de production des moyeux tambours TV8, pour le faire nous allons opter pour une analyse de l'état actuel pour savoir au niveau de cette ligne la machine la plus critique afin d'orienter notre étude vers cette machine.

Pour évaluer la performance des équipements de la ligne de production des tambours TV8, nous allons calculer le MTBF (Mean Time Between Failure), le MTTR (Mean Time To Repair) et la DO (Disponibilité Opérationnel) qui sont des indicateurs de performance, largement exploité en maintenance.

*Chapitre 3 : Application de la méthode
PDCA*

1 Présentation de la problématique

1.1 Evaluation des performances des équipements de la ligne TV8

Cette analyse décrit en détail chaque opération de la ligne sous la lumière de trois critères : Fiabilité, maintenabilité et disponibilité. Afin de détecter les OP qui nécessitent une amélioration, dans l’objectif d’augmenter la performance globale de la ligne.

À partir de l’historique des interventions maintenance, on a construit le tableau suivant sur lequel est enregistré la durée et le nombre des pannes cumulées pendant l’intervalle d’étude (le mois d’avril).

Machine	Temps D’arrêt total (H)	Nombre D’arrêt
OP 20	2	2
OP 30	1.5	1
OP 40	1.5	1
OP 50	2.38	2
OP 60	4.5	2
OP 70	1.88	3
OP 80	1.77	2
OP 100	16.1	19
OP 110	0.58	1

Tableau 2 : Durée et nombre de pannes de chaque OP durant un mois (Avril 2022)

1.2 La fiabilité

La fiabilité se définit comme l’aptitude d’un équipement à accomplir une fonction requise ou à satisfaire les besoins des utilisateurs, dans les conditions données et durant un intervalle de temps donnés, et avoir une faible fréquence de défaillance.

Le temps moyen entre pannes (MTBF) est un bon indicateur de la fiabilité.

Il se définit selon la relation suivante :

$$MTBF = \frac{\text{Temps requis} - \text{Temps d'arrêt}}{\text{Nombre d'arrêt}}$$

Les résultats de ces calculs sont donnés par la figure suivante :

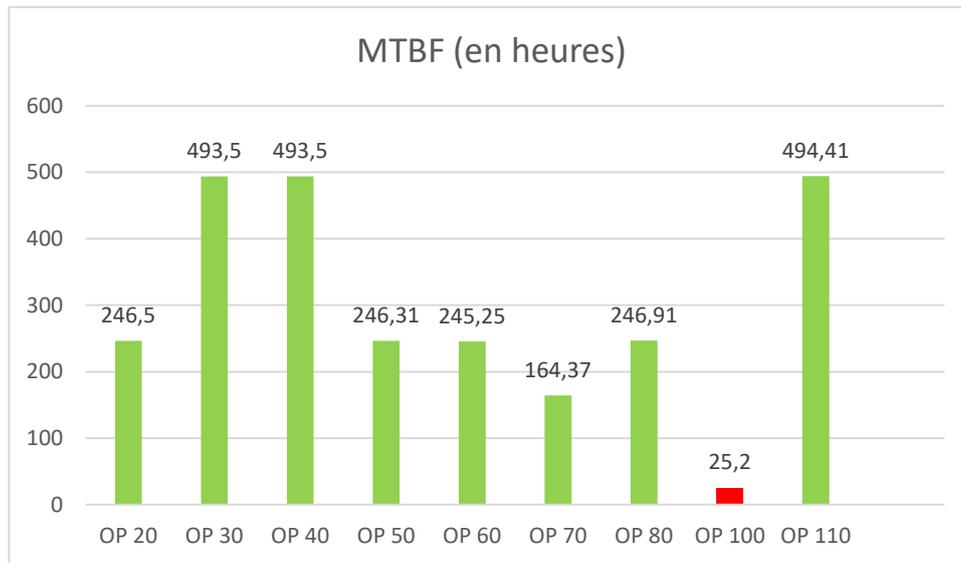


Figure 5 : Diagramme MTBF pour chaque OP (mois d'Avril)

D'après la figure 5 que l'OP 100 est critique au niveau de la fiabilité car elle représente le MTBF le plus bas.

1.3 La maintenabilité

C'est l'aptitude d'un équipement à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits (moyens en personnel, appareillages, outillages, etc.).

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Moyenne des Temps Techniques de Réparation) qui se définit par la relation suivante :

$$MTTR = \frac{\text{Temp d'arrêt}}{\text{Nombre d'arrêt}}$$

Les résultats de ces calculs sont donnés par la figure suivante :

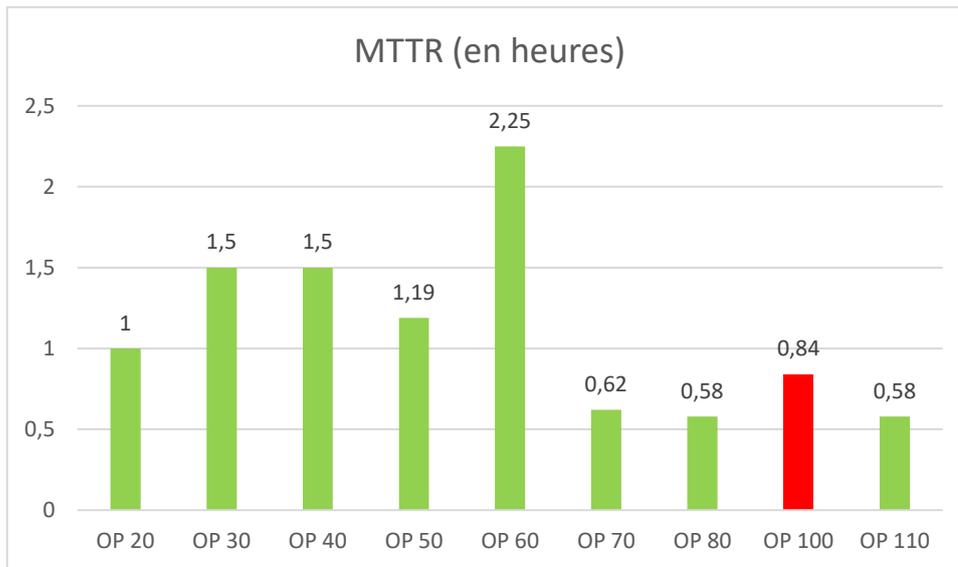


Figure 6 : Diagramme MTTR pour chaque OP (mois d'Avril)

D'après la figure 6 nous constatons que l'OP 100 a un MTTR important.

1.4 La disponibilité opérationnelle (DO)

C'est l'aptitude d'un équipement à être en état d'accomplir une fonction requise dans les conditions données et à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné. Cette aptitude est fonction d'une combinaison de la fiabilité et de la maintenabilité. Elle se définit par l'expression suivante :

$$DO(\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

Machine	Temps de fonctionnement (H)	Temps d'arrêt (H)	Nombre d'arrêt	MTBF (H)	MTTR (H)	Disponibilité (%)
OP 20	495	2	2	246.5	1	99.60%
OP 30	495	1.5	1	493.5	1.5	99.70%
OP 40	495	1.5	1	493.5	1.5	99.70%
OP 50	495	2.38	2	246.31	1.19	99.52%
OP 60	495	4.5	2	245.25	2.25	99.09%
OP 70	495	1.88	3	164.37	0.62	99.62%
OP 80	495	1.77	2	246.91	0.58	99.76%
OP 100	495	16.1	19	25.2	0.84	96.75%
OP 110	495	0.58	1	494.41	0.58	99.88%

Tableau 3 : Indicateurs de performance de chaque OP

Les résultats de ces calculs sont donnés par la figure suivante :

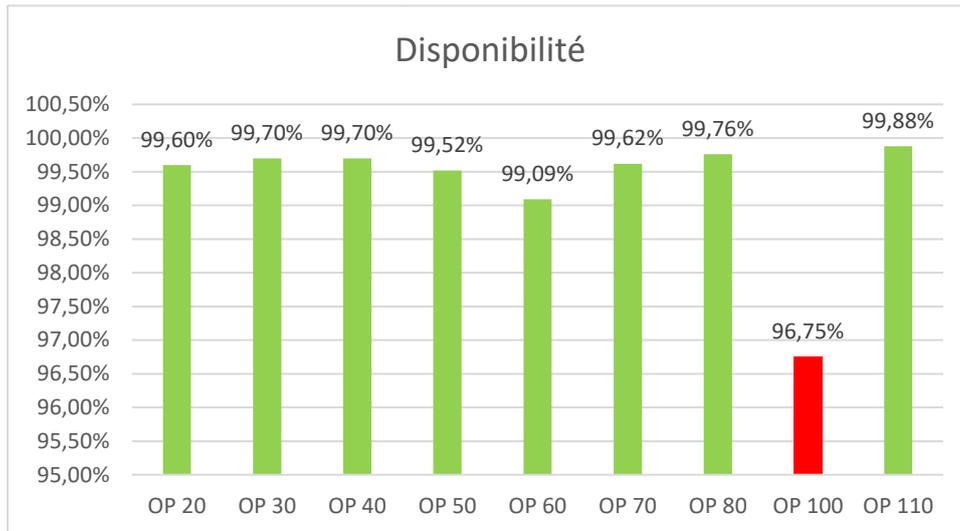


Figure 7 : Diagramme DO pour chaque OP (mois d'Avril)

D'après la figure 7 nous remarquons que L'OP 100 représente le poste le plus pénalisant au niveau de la disponibilité.

1.5 Synthèse

Il est donc clair qu'un équipement qui a un MTBF élevé et un MTTR faible est considéré comme fiable, et a de grandes chances de remplir sa fonction tout en étant en bon état, tandis qu'un équipement qui a un MTBF faible et un MTTR élevé aura un taux de défaillances élevé et une DO faible, sera considéré comme critique.

L'analyse des résultats montre que les actions amélioratrices de la ligne TV8 doivent concerner de façon prioritaire l'OP 100.

2 Application de la démarche PDCA sur la problématique

2.1 Les étapes PDCA

Avant de commencer l'application de la méthode PDCA nous avons élaboré un planning pour la réalisation des étapes de la méthode de résolution de problème présentées dans le tableau ci-après en fixant un objectif de fiabilisation et d'amélioration de la machine de peinture EAST ELECTRIC.

tambours, est équipée d'un automate programmable, et des parties mécanique, électrique et pneumatique.



Figure 8 : OP 100

La machine marche selon plusieurs étapes comme le montre le diagramme suivant :

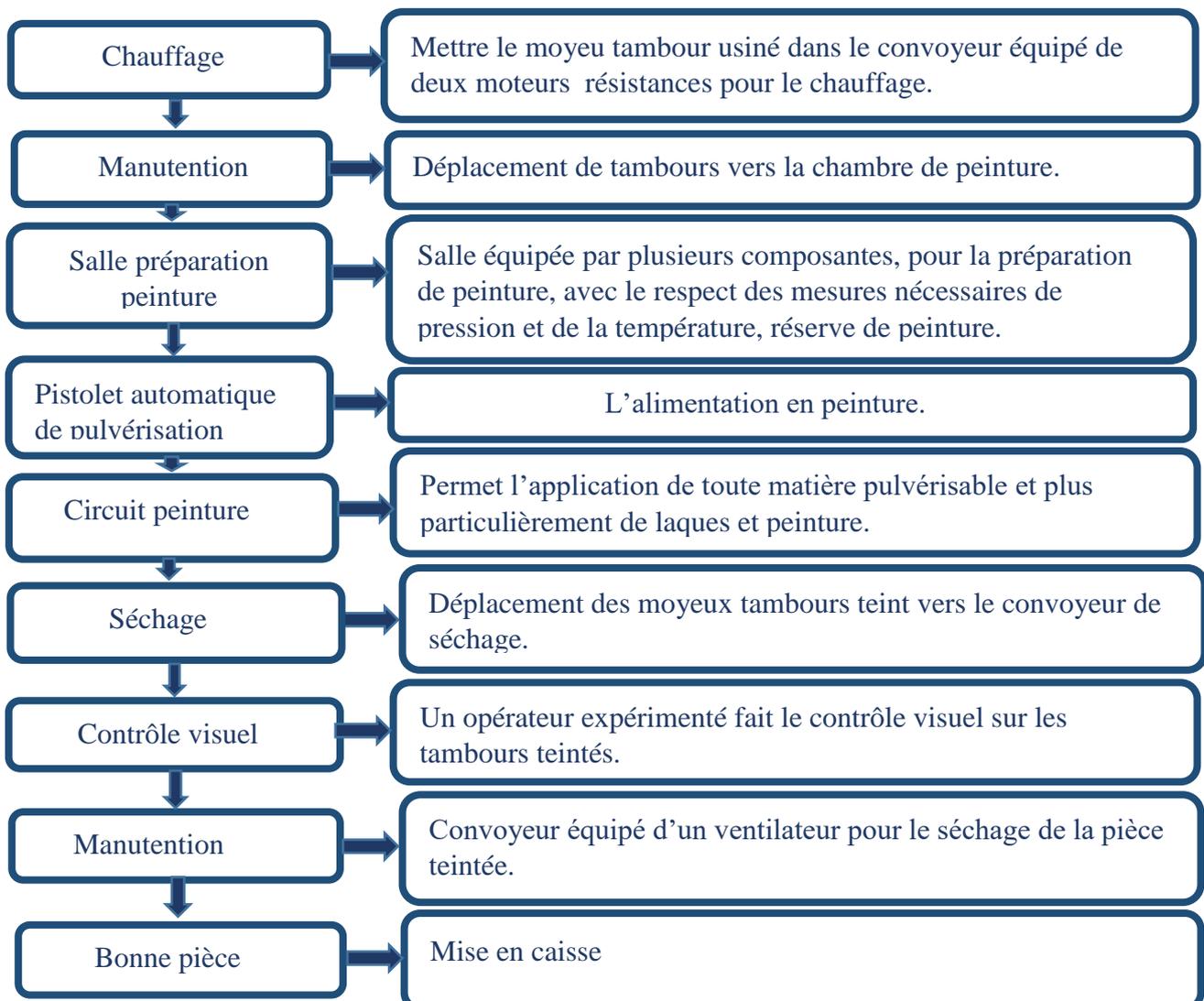


Figure 9 : Diagramme de la machine de peinture EAST ELECTRIC

Pour la modélisation de la machine par le logiciel CATIA voir Annexes page 30.

- **Analyse fonctionnelle externe**

L'analyse fonctionnelle externe, décrit le point de vue de l'utilisateur et ne s'intéresse au produit qu'en tant que "boite noire" capable de fournir des services dans son environnement durant son cycle d'utilisation.

Parmi les outils destinés à nous aider à réaliser cette analyse fonctionnelle externe : le diagramme de bête à corne et le diagramme de pieuvre.

- **Diagramme bête à corne**

Il est nécessaire de se poser des questions fondamentales concernant le véritable objectif du produit.

Quel est son utilité ? = A quoi sert-il ? A qui sert-il ?

Quel est son action ? = Sur quoi agit-il ? Sur qui agit-il ?

A quel besoin de base répond-il ? = Dans quel but ?

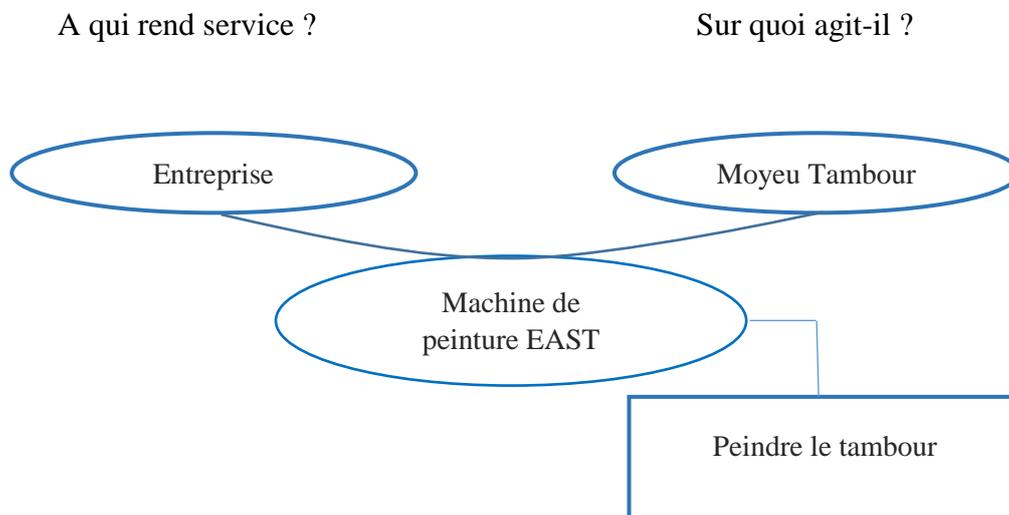


Figure 10 : Diagramme de bête à corne de la machine EAST ELECTRIC

- **Diagramme de pieuvre**

Le diagramme pieuvre appelé aussi « graphe des interactions » montre de manière visuelle et littérale les relations entre un produit et ses milieux environnants, ses relations correspondent au service rendu par le produit et contribuent à l'élaboration du cahier des charges fonctionnelles.

Un graphe des interactions comprend toujours deux parties liées :

- Une partie graphique (le « diagramme pieuvre »)
- Une partie descriptive souvent présentée sous forme de tableau On distingue deux types de fonction :

FP : Fonction principale : Lien entre le produit et deux objets environnant.

FC : Fonction contrainte : Lien entre le produit et l'objet environnant.

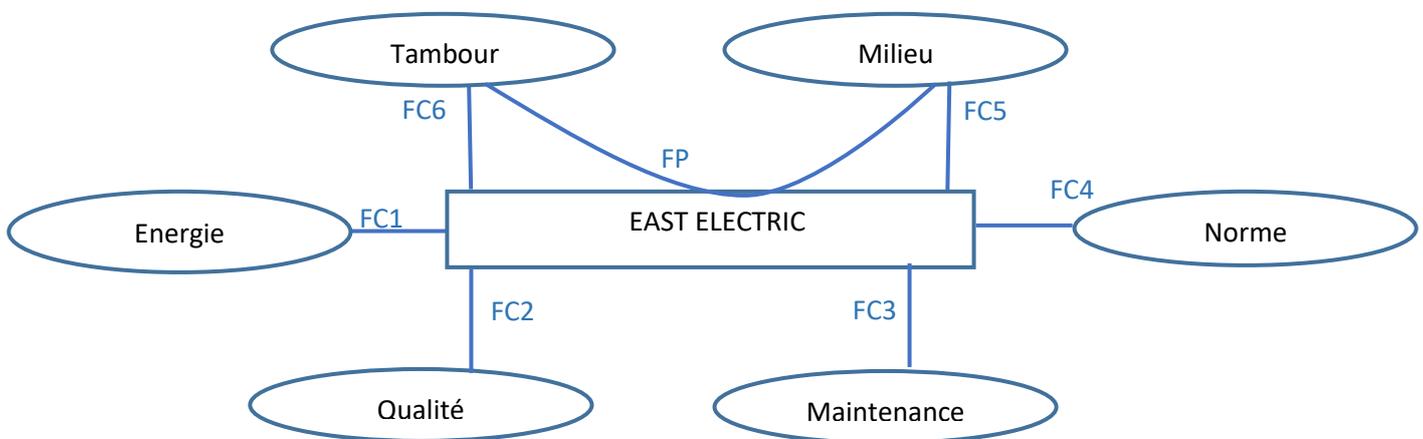


Figure 11 : Diagramme de Pieuvre de la machine EAST ELECTRIC

FP : Permet la peinture du moyeu tambour pour le protéger contre la corrosion.

FC1 : Alimentation de la machine.

FC2 : Assurer la bonne qualité.

FC3 : Assurer la sûreté de fonctionnement de la machine.

FC4 : Respecter les normes de sécurité.

FC5 : Résistance au milieu ambiant.

FC6 : Assurer la peinture de tambour.

- **Analyse fonctionnelle interne**

Analyse du point de concepteur en charge de réaliser le produit. Cette analyse consiste à passer des fonctions de services aux fonctions techniques permettant de la caractériser.

Pour cela nous allons utiliser la méthode SADT pour réaliser cette analyse fonctionnelle interne.

Méthode SADT

Démarche SADT (Structured Analysis and Design Technique) permet de donner une représentation graphique qui permet de mettre en évidence toutes les informations relatives à ce système.

On représente un système par une « boîte » à l'intérieur de laquelle on inscrit la « Fonction globale » du système :

Les entrées sont de deux types :

- Le flux matière d'œuvre qui est modifié par la fonction.
- Les données de contrôle qui déclenchent.

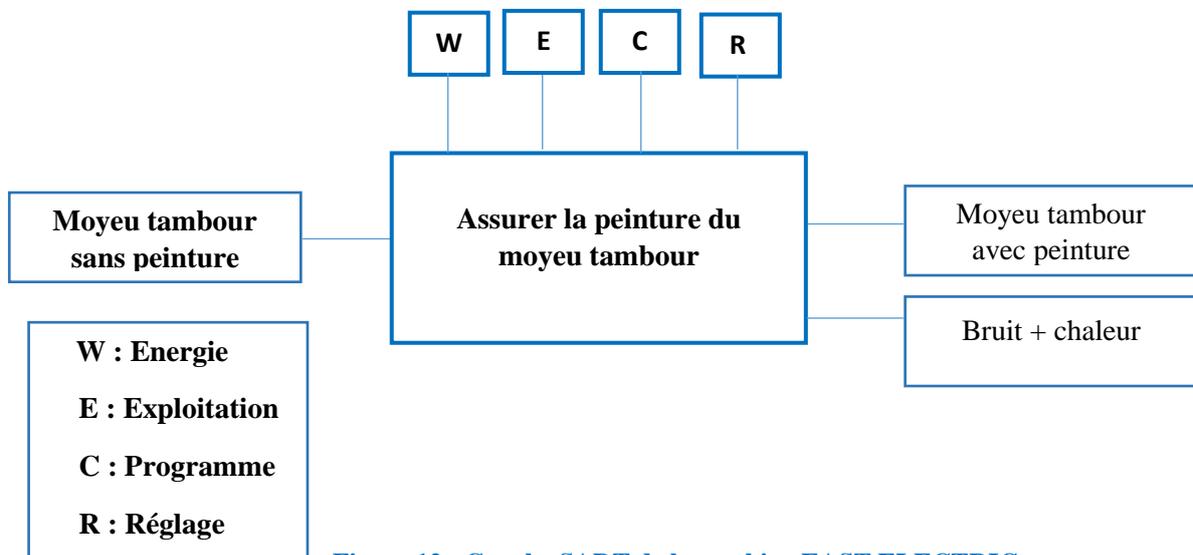


Figure 12 : Graphe SADT de la machine EAST ELECTRIC

2.1.3 Etape 3 : fixer un objectif

Suite aux arrêts subis au niveau de l'OP 100, nous avons calculé sa disponibilité fin d'avril 2022 et nous avons constaté un taux de 96,75%, chose qui justifie la nécessité à ce système dont l'objectif est d'atteindre 99% de disponibilité.

De même façon, nous avons calculé le MTBF (25.2H) et nous avons fixé comme objectif (29H) comme temps moyen de bon fonctionnement.

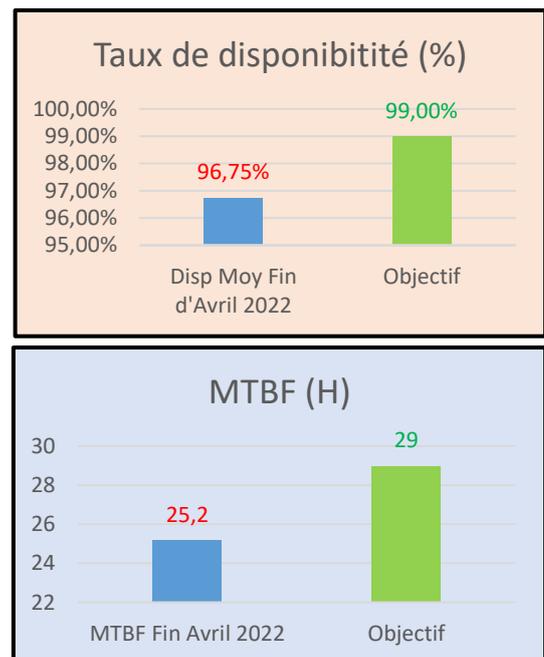


Figure 13 : Diagramme d'objectif souhaité

2.1.4 Etape 4 : Analyser les causes racines

Arriver au vrai problème nécessite une analyse approfondie des causes qui peuvent générer ce phénomène de panne. Pour ce faire, on a fait une réunion avec le service maintenance on a déterminé les composantes critiques du système :

➤ **Convoyeur de préchauffage**

composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance
Réducteur	Réduire la vitesse Transmettre une puissance mécanique avec minimum des pertes. Réducteur variateur mécanique.	Blocage Coincement Vieillessement Manque d'huile Usure pignon	Fatigue Surcharge Manque de graissage Duré de vie	Arrêt convoyeur Vibration Bruits
Chaîne de convoyeur	Transport des moyeux tambours	Coincement Cassure	Mauvais graissage Pièces bloquées Vieillessement	Problème de transport des moyeux tambour
Les galets de la chaîne	Assurer le guidage latéral de la chaîne. Le support pile de pièce	Cassure de la chaîne	Mauvais graissage Mauvais positionnement de la pièce par le manipulateur. Vieillessement	Mauvais guidage de la chaîne Fuites de palier du galet
Moteur convoyeur	Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique	Moteur brûlé, Problème de surcharge Coincement de roulement Manque de la tension	Manque de phase surcharge Roulements guipé Court-circuit au niveau de stator. Durée de vie	Arrêt convoyeur

Tableau 5 : Composants critiques de convoyeur de préchauffage

➤ **Chambre de peinture :**

composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance
Les roulements	Le guidage en rotation	Bruit Grippage Usure Vibration	Durée de vie Vitesse excessive Ajustement très serré Manque de graissage Laminage	Arrêt de la machine Température élevée

Tableau 6 : Composants critiques de la chambre de peinture

➤ **Armoire électrique :**

composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance
Transformateur	Permet de convertir une tension alternative élevée en tension très basse 24V.	Court-circuit Bobine défectueuse	Surintensité	Arrêt de machine

Disjoncteur	L'organe de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas de surcharge ou de	Chauffage	Effet joule ; Le seuil de déclenchement n'est pas réglable Problème de commande.	Court-circuit
Automate programmable	Commander la machine de peinture ; calcul des paramètres d'usinage	Erreur de pour suite Perte des données	Décharge de la batterie (pile)	Arrêt machine
Ecran	Affichage des informations	Le circuit d'affichage n'est pas connecté	Surcharge	Ecran hors usage ; Des informations erronées

Tableau 7 : Composants critiques de l'armoire électrique

➤ **Pistolet :**

composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance
Tête à air	Assurer le jet rond de la peinture	Rupture Fissure Usure Suffocation de la tête	Durée de vie surcharge	Arrêt pulvérisation de la peinture
Aiguille de matière	Permet l'injection de la peinture	Rupture	Durée de vie Surcharge	Arrêt pulvérisation de la peinture

Tableau 8 : Composants critiques de pistolet

➤ **Convoyeur de séchage :**

composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance
Moteur convoyeur	Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique	Moteur brûlé Problème de surcharge Coincement de roulement Manque de la tension	Incident extérieur Surcharge Matériel de mauvaise qualité Déterioration d'une pièce d'usure Durée de vie	Arrêt convoyeur
Moteur ventilateur	Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique	Moteur brûlé Problème de surcharge Coincement de roulement. Manque de la tension	Incident extérieur Matériel de mauvaise qualité. Déterioration d'une Pièce d'usure. Durée de vie	Arrêt ventilateur
La chaîne de convoyeur	Transport des disques freins	Coincement Cassure	Mauvais graissage Pièces bloquées Vieillessement	Problème de transport des tambours
Les galets de convoyeur	Assurer le guidage latéral de la chaîne. Le support pile de pièce	Cassure de la chaîne	Mauvais graissage Mauvais positionnement de la pièce par le manipulateur Vieillessement	Mauvais guidage de la chaîne. Fuites de palier du galet
Réducteur	Réduire la vitesse Transmettre une puissance mécanique avec minimum des pertes.	Blocage Coincement Vieillessement Manque d'huile Usure pignon	Fatigue Surcharge Manque de graissage Durée de vie	Arrêt convoyeur Vibration Bruits

Tableau 9 : Composant critiques du convoyeur de séchage

Tous les composants critiques doivent avoir une place dans le stock.

Ces composants nous permettent, par la suite, de déterminer les éléments les plus critiques qui sont listés dans la Short-List des PDR.

2.1.5 Etape 5 : actions et contres mesure

Notre plan comporte trois types d'action : une Short-List des PDR, une maintenance préventive sous forme d'une Check-List, et une maintenance systématique journalière.

2.1.5.1 Short-List des PDR

La Short-List est une liste qui contient les composants les plus critiques, on utilise la méthode PARETO pour extraire les éléments les plus critiques.

➤ Application de la méthode ABC

	Criticité	cumul	%cumulé	ABC
Réducteur	20	20	9.8%	A
Chaîne de convoyeur	20	40	19.6%	A
Les galets de la chaîne	20	60	29.41%	A
L'automate programmable	20	80	39.21%	A
Ecran	16	96	47.1%	A
Moteur convoyeur	16	112	54.9%	A
Moteur ventilateur	16	128	62.74%	A
Les roulements	16	144	70.58%	A
Disjoncteur	12	156	76.47%	A
Tête à aire	12	168	82.35%	B
Aiguille de matière	12	180	88.23%	B
Transformateur	12	192	94.11%	B
Les galets de convoyeur	12	204	100%	C

Tableau 10 : Tableau ABC de PARETO

Puis nous avons réalisé le diagramme de Pareto suivant :

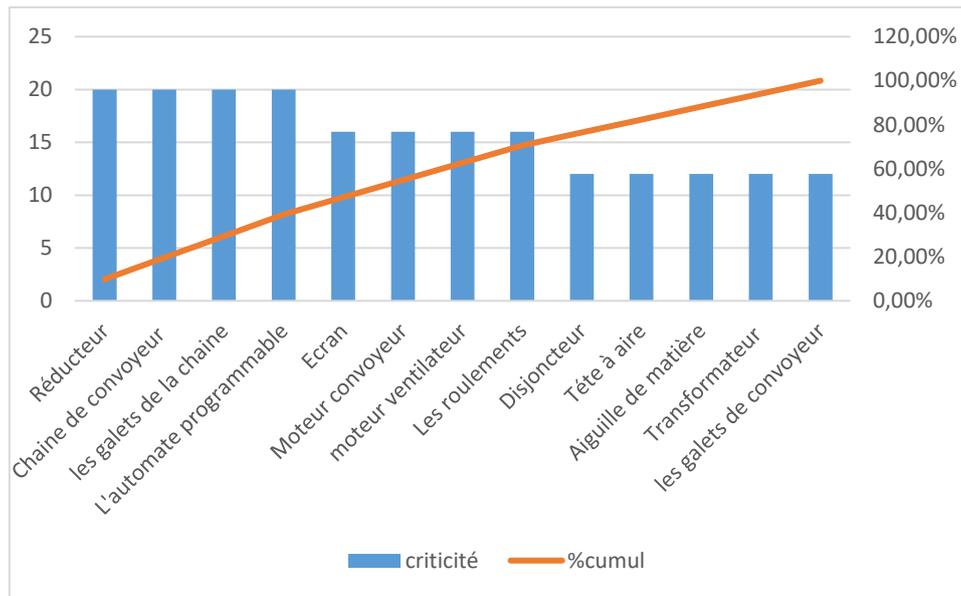


Figure 14 : Diagramme de PARETO

➤ Short-List des pièces critiques

D'après le diagramme nous constatons que les composants les plus critiques qui présentent les 80% de la totalité de criticité, sont listés dans la Short-List ci-dessous :

Élément	Code	Stock minimal
Réducteur	51040229B1	1
Chaîne de convoyeur	53050209B4	4
Les galets de la chaîne	51040230B1	20
L'automate programmable	50010231B2	1
Ecran	50010232B2	1
Moteur convoyeur	50000114B1	1
Moteur ventilateur	50000233B1	1
Les roulements	51040234B4	4
Disjoncteur	50010235B2	4

Tableau 11 : Short-List des pièces critiques

Remarque :

La Short-List est exigé lors de l'audit.

La quantité à commander est définie par le responsable maintenance selon le besoin et selon le budget alloué au PDR.

2.1.5.2 Check-List des taches critiques

Il s'agit d'une liste de maintenance préventive qui se réalise selon une fréquence donnée.

Nous avons réalisé la Check-List des taches critiques en concertation avec le responsable maintenance.

Machine	Intervention	Fréquence d'intervention(H)	Etat de réalisation OK/NOK
OP100	Nettoyage des deux convoyeurs	1/4	OK
	Vérification des résistances préchauffage + ventilateur de soufflage	1/8	OK
	Rinçages et débouchage de tuyau de peinture Vérification des fuites d'aire	1/8	OK
	Nettoyage générale de support de peinture + chambre de préparation	1/4	OK
	Vérification de manipulateur de pièces	1/8	OK
	Nettoyage et réglage des détecteurs des convoyeurs	1/8	OK
	Contrôle de l'armoire et climatiseur	1/8	NOK

Tableau 12 : Check-List des taches critiques

➤ Plan de maintenance systématique

Pour organiser les interventions on a proposé le plan suivant :

	<u>Maintenance Systématique</u>						Code :
	<u>Journalière</u>						DATE :
Période du:Au.....							Code machine : 411811
Jours	Moyeu Tambour						Intervenant
	Intervention						
	Etat de la machine (carter ; bruit anormale)	Circuit air comprimé (fuite)	Contrôle le fonctionnement de manipulateur	Contrôle Mécanique (bruit anormale)	Vérifier l'état de ventilateur de séchage)	Contrôle Armoire (Etat climatiseur ; odeur)	
1							
2							
·							
30							
31							

Tableau 12 : Plan de maintenance systématique

2.1.6 Etape 6 : Vérification des résultats

Concernant la vérification des résultats de disponibilité et de MTBF, la figure suivante présente les résultats après la mise en service les solutions qu'on a proposées :

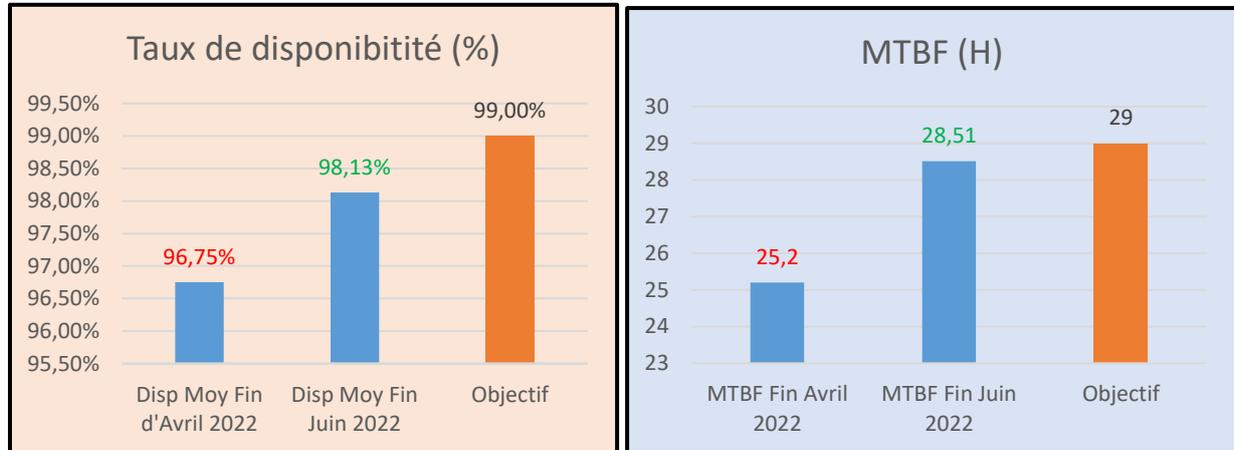


Figure 15 : Diagramme des résultats

2.1.7 Etape 7 : Verrouiller et généraliser

La dernière phase de la MRP est le verrouillage et la généralisation des résultats, c'est pour cela nous avons commencé le travail sur les autres machines de peinture des autres lignes de production.

En raison de l'épuisement de la période de stage on n'a pas pu généraliser les solutions sur les autres machines de peinture.

Conclusion générale

Ce rapport présente la synthèse de notre projet de fin d'étude, s'inscrivant dans le cadre de l'amélioration de la machine de peinture EAST ELECTRIC au sein de groupe Floquet Monopole à Fès. Ce travail est traité sur la base de la démarche PDCA permettant de structurer les étapes du projet.

En effet, à partir d'une analyse précise du cahier des charges, nous avons bâti notre raisonnement sur une méthodologie logique et bien structurée en suivant les étapes suivantes :

- ❑ Description fonctionnelle de la machine de peinture EAST ELECTRIC qui fait l'objet de notre étude.
- ❑ Etudes des causes racines des pannes et tirer les composants les plus critiques.
- ❑ Elaboration d'un plan de maintenance préventive et systématique de la machine étudié.

La réalisation de ce modeste travail nous a permis d'obtenir une amélioration au niveau des indicateurs de performance de la machine étudiée et par la suite une augmentation remarquable dans la disponibilité de cette machine. D'où l'amélioration de rendement au niveau de la ligne de production de moyeu tambour TV8.

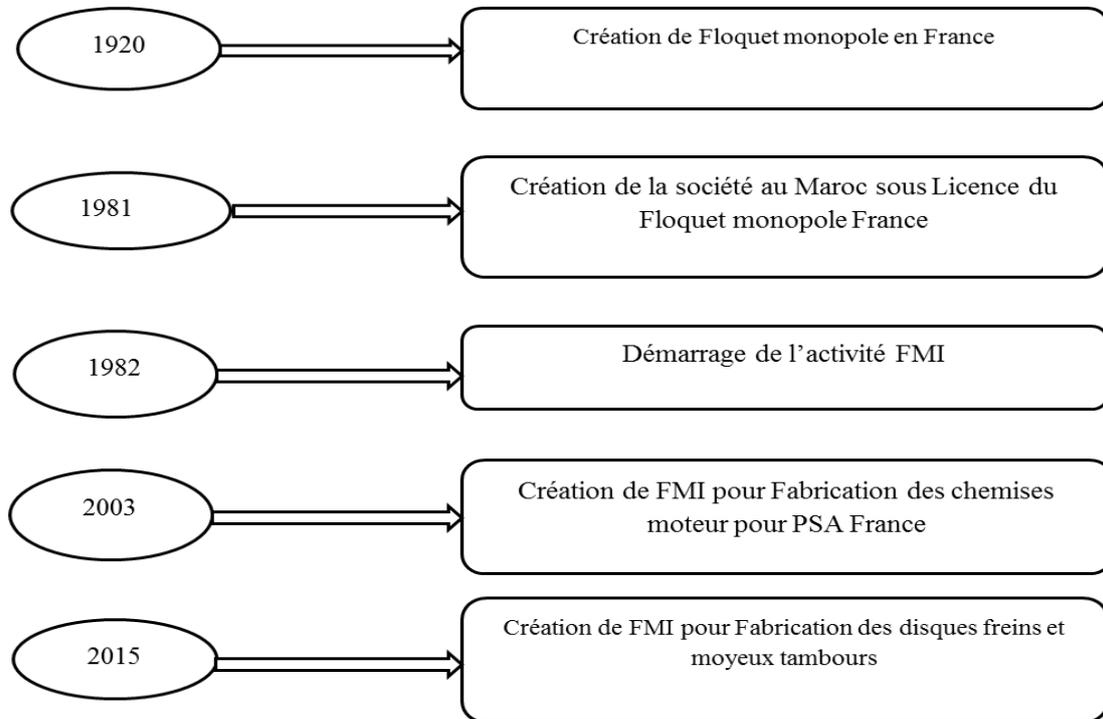
- Augmentation de 1,38% au niveau de la disponibilité de la machine EAST ELECTRIC, et par conséquent une augmentation importante de la productivité et du gain de la ligne des moyeux tambours TV8.
- Augmentation de 3,31H au niveau de la MTBF.
- Création d'une Short-Liste considéré comme une exigence lors de l'audit pour la certification IATF de la qualité.

Bibliographie

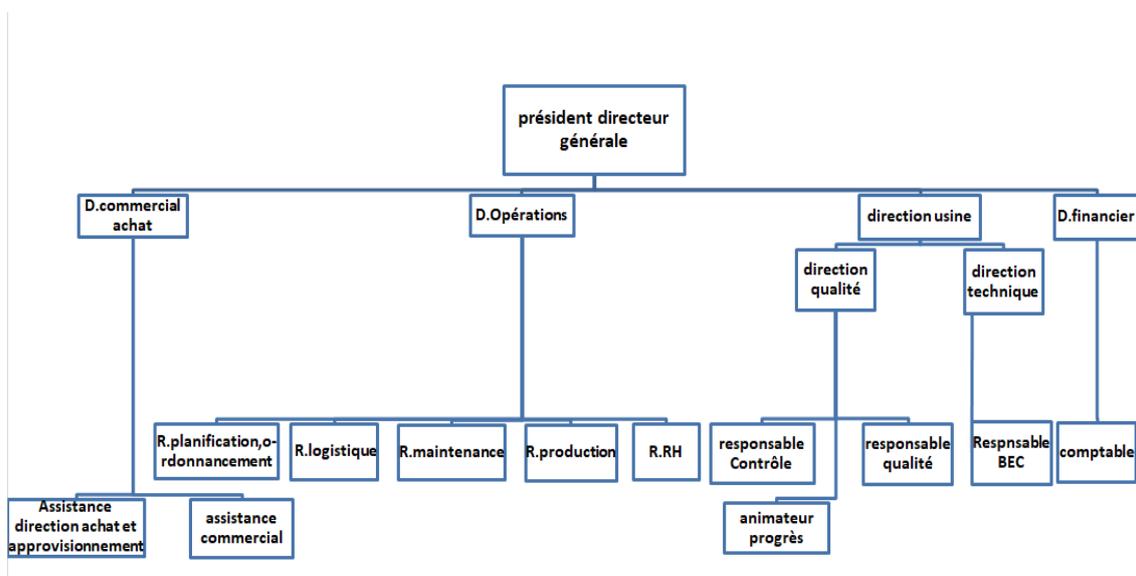
- [1] Cours de gestion de la maintenance Mr. CHAFI Anas.
- [2] Cours de qualité Mme. TAJRI Ikram.
- [3] Rapport PFE – MEGHARI Sanae.
- [4] <https://industries.ma/floquet-monopole-une-ascension>
- [5] <https://asana.com/fr/resources/pdca-cycle>
- [6] Cours gestion de projet Mr. RAMADANY Mohamed.
- [7] Cours Mr. BINE EL OUIDANE Hassan.

Annexes

Echelle historique de Floquet Monopole



Organigramme de Floquet Monopole



Les clients FM :

▪ PSA :

Le groupe FM a réalisé plusieurs projets avec de grands constructeurs de l'automobile. En 1999, il a signé son premier contrat en OEM avec PSA Peugeot Citroën. Et en 2003, il a paraphé un contrat très important avec PSA de fourniture de chemises de moteur dans le cadre de l'externalisation d'une usine de Sochaux, ici, à Fès, qui s'est poursuivi, en 2005, par la fabrication d'autres modèles de chemises, que nous livrions directement à La Française de Mécanique, à Lille, pour alimenter les chaînes de montage.

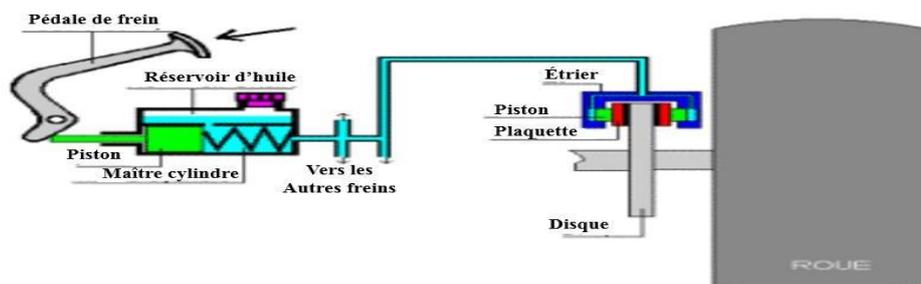
▪ Renault

L'arrivée de Renault, en 2015, a pérennisé la société. Selon le DG Mohammed Laraoui, cela représentait un exploit et aussi une fierté, d'avoir pu entrer dans le panel des fournisseurs de Renault, car cela révélait la capacité du groupe à produire pour un constructeur mondial. Avec Renault, le groupe réussit à signer un contrat qui stipulait la livraison également des pièces de châssis, et notamment des disques de frein. Il a créé trois lignes de production dédiées pour le groupe Renault, afin d'alimenter leurs chaînes de montage de l'usine de Tanger et de Renault Somaca.

Principe de fonctionnement du système de freinage :

Le principe de base du disque de frein se résume dans la transformation de l'énergie cinétique d'un véhicule en chaleur. Concrètement, le système de freinage (Figure) utilise un disque et des plaquettes. Le premier est fixé sur le moyeu de la roue, les secondes, maintenues dans un Etrier ou une chape, ont pour mission de frotter de chaque côté du disque.

Lorsqu'un freinage est nécessaire, un mécanisme pousse les plaquettes qui viennent frotter sur le disque, entraînant une force de frottement et la création d'un couple de freinage.



Position et surfaces de peinture :



Position initiale



Peinture partie inférieure



Peinture partie moyenne



Peinture partie supérieur

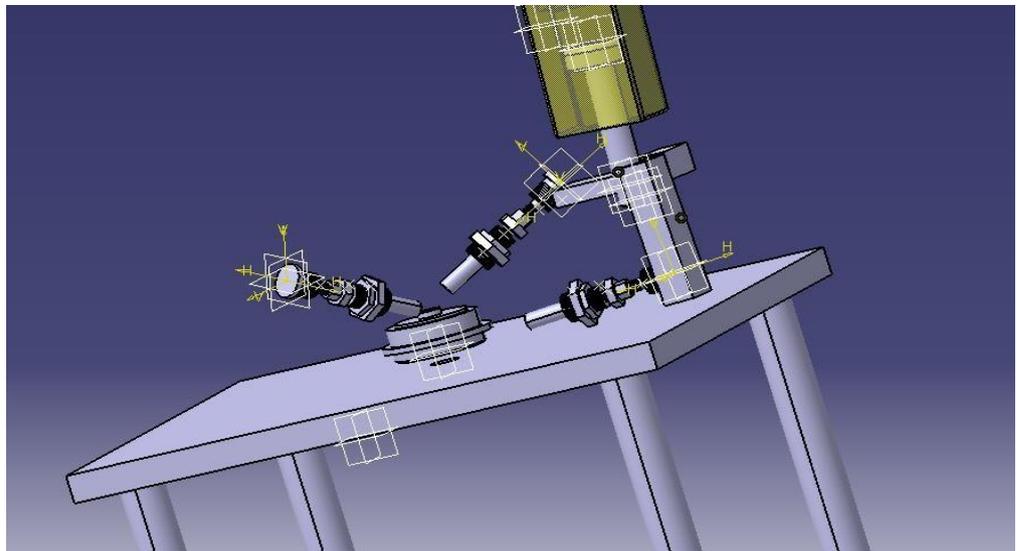
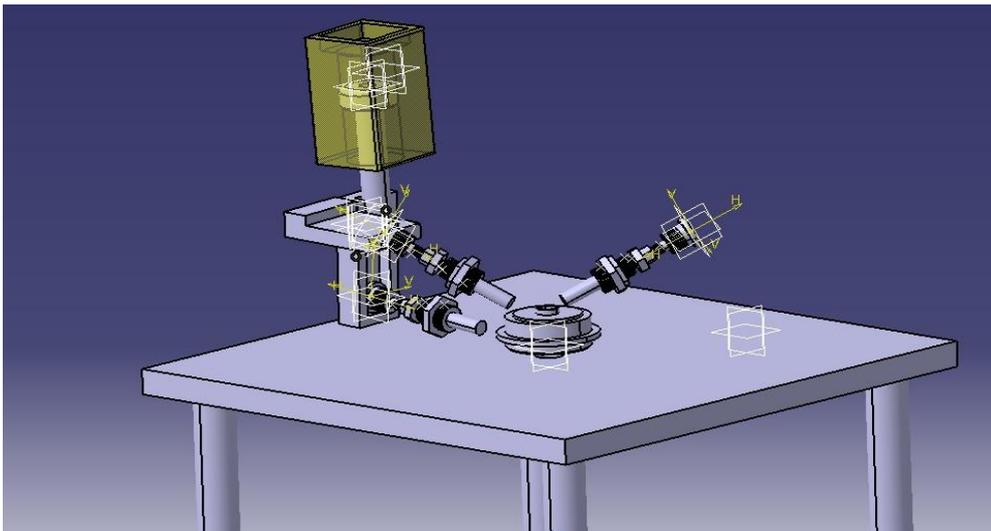
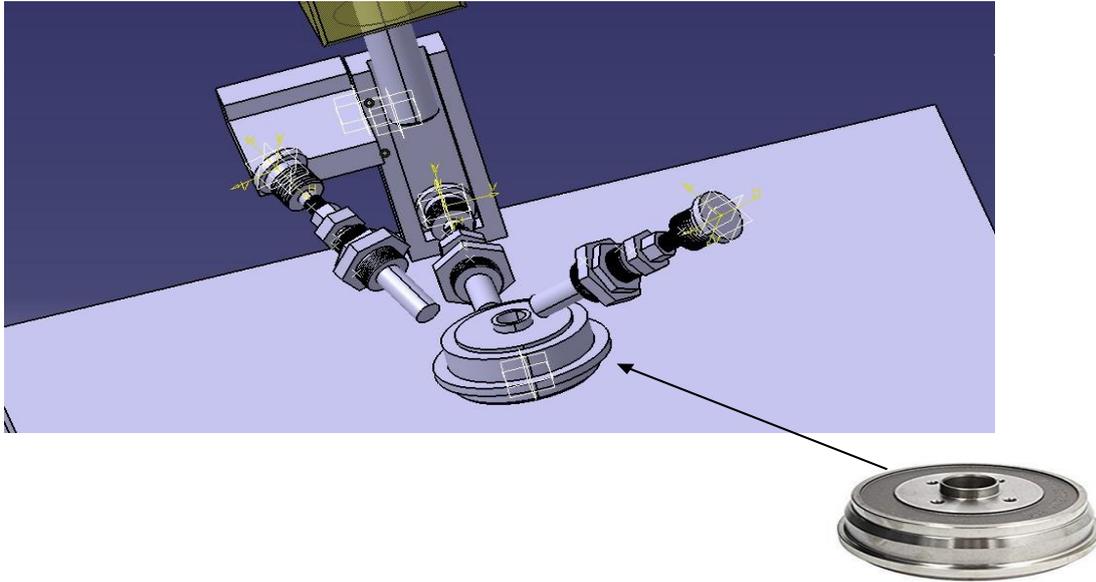


Peinture de la face



Peinture des extrémités

Modalisation de la machine de peinture EAST ELECTRIC par le logiciel CATIA :

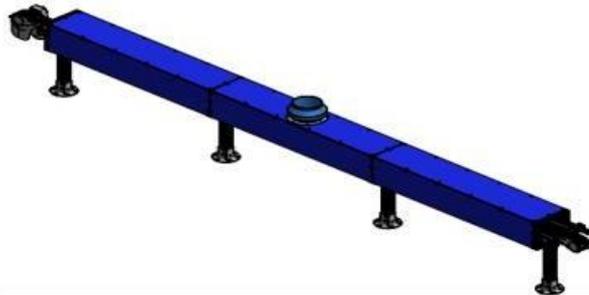


Découpage fonctionnel de la machine EAST ELECTRIC :

- **Convoyeur de préchauffage**



- **Convoyeur de séchage**



- **La chambre de peinture**

Les principales composantes de la chambre de peinture sans les pistolets, elle se compose de deux pistolets qui assurent la peinture des tambours.

