



MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

**Diplôme de Mater Sciences et Techniques
Spécialité : Génie Mécanique et Productique**

Sous thème :

***Développement des réparations sur carter de la soufflante
du moteur civile CFM56-7B***

Présenté par :

EL HANBALI Ayoub

Encadré par :

- M. HARRAS Bilal, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès
- M. RAHOUI Amine, Encadrant Professionnel, SAESM

Effectué à : Safran Aircraft Engine Services Morocco 

Soutenu le : 12/06/2018

Le jury :

- Pr. Seddouki Abbass, Faculté des Sciences et Techniques de Fès
- Pr. El Khalfi Ahmed, Faculté des Sciences et Techniques de Fès
- Pr. Harras Bilal, Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Année Universitaire : 2017-2018

Dédicace

A Dieu,

A Allah, le clément et miséricordieux, pour la force qu'il me donne, et qu'il donne aux personnes qui m'ont aidées et soutenues. Mon Dieu merci pour tout ce qui m'arrive dans ma vie.

A mes chers parents,

Mon amour pour vous n'a pas de limite, vous m'avez toujours encouragé à donner le meilleur de moi-même. Puisse Dieu vous donner longue vie pleine de santé pour que je puisse vous combler à mon tour.

A ma sœur et mes frères,

En témoignage de mon amour, je vous souhaite tout ce qu'il y a de meilleur dans le monde.

A mes encadrants et mes professeurs,

Pour leurs serviabilités, leurs soutiens, leurs orientations et leurs encouragements

A toute ma famille et à tous mes amis,

Que ce travail soit l'aboutissement de votre soutien et de votre encouragement.

Je vous dédie ce modeste travail...

EL HANBALI Ayoub

REMERCEIEMENT

Je remercie **ALLAH** le tout puissant qui m'a donné le courage et la volonté de mener à terme ce présent travail.

Je tiens à présenter mes sincères remerciements à la direction de la société **SASEM** pour sa sensibilisation vis-à-vis des stagiaires, en leurs accordant des stages.

Je tiens à remercier mon encadrant, **M. RAHOUI Amine**, Responsable du service Méthodes et industrialisation, pour son accueil, son support, son encadrement, ses conseils et son accompagnement pendant la durée du stage.

Ensuite, je tiens à remercier toutes les membres de l'équipe d'inspection et de réparations pour le temps qu'elles ont bien voulu me consacrer afin d'apporter des réponses à toutes mes questions.

Avant d'entamer ce travail, je profite de l'occasion pour remercier tout d'abord mon responsable et mon encadrant enseignant **M. HARRAS Bilal** qui n'a pas cessé de m'encourager pendant la durée du stage, ainsi pour sa générosité en matière de formation et d'encadrement.

Je profite aussi de ce stage pour exprimer mes plus vifs remerciements envers les corps enseignants du département génie mécanique de la FST-Fès, pour tous leurs enseignements et leurs volontés réelles de nous transmettre le savoir, Veuillez accepter dans ce travail mon sincère respect et ma profonde reconnaissance.

Finalement, mes remerciements s'adressent à tous les membres du jury pour avoir bien voulu examiner et juger mon travail.

RESUME

Le présent document est un rapport du projet de fin d'études. Il est effectué dans le cadre de la formation du Master en sciences et techniques à la faculté des sciences et techniques de Fès, spécialité ingénierie mécanique. Ce rapport fait suite d'un stage effectué au sein de Saffran Aircraft Engine Services Morocco (SAESM).

L'objectif de SAESM ainsi que les autres entreprises du groupe est d'œuvrer pour la mise en place d'un système d'amélioration continue basé sur la philosophie de l'industrialisation. En plus, de la volonté affichée par le groupe de satisfaire les attentes du client en termes de qualité, performance, délais, optimisation de la gestion interne de ses ressources, il est question, essentiellement, d'agir sur le facteur le plus critique dans le domaine de la maintenance des moteurs avions, à savoir le temps nécessaire à la maintenance intitulé le TAT (Turn Around Time).

L'amélioration adoptée pour mener le projet est basée sur le processus d'industrialisation, celle-ci est articulée autour de cinq phases : Lancement-Pré-études, Lancement d'Industrialisation, Validation Techniques, Lancement 1er article et Lancement production & Retour d'expérience.

ABSTRACT

This document is the report of the final project studies, it is carried out as part of the master's degree in sciences and technology at the Faculty of the Sciences and Technology in Fez, mechanical engineering speciality. This report is a result of a training at Safran Aircraft Engine Services Morocco (SAESM).

In order to meet customer expectations on quality, performance and time, and to improve the internal management of its resources, SAESM Company follows the standards of Safran Group. The company constantly establishes a system of continuous improvement based on the philosophy of Industrialization with the aim of improving the most critical factor in the field of maintenance of aircraft engines; time required for maintenance titled TAT (TurnAround Time).

The Industrialization adopted to conduct the project is based on the industrialization process, it is organized around five phases: pre-study launch, launch of industrialization, technical validation, first article launch and production launch & feedback.

TABLE DES MATIERES

REMERCEIEMENT	3
RESUME	4
ABSTRACT	5
LISTES DES FIGURES	9
LISTE DES TABLES	9
ABREVIATION & ACRONYMES.....	10
INTRODUCTION GENERALE	11
Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise & Cadre du projet	13
1. INTRODUCTION	14
2. GROUPE SAFRAN	14
3. SAFRAN AIRCRAFT ENGINE :	14
4. SAFRAN AIRCRAFT ENGINE SERVICES MOROCCO :	15
4.1. APERÇU GÉNÉRAL :	15
4.2. ORGANIGRAMME.....	15
4.3. PRÉSENTATION DU DÉPARTEMENT ENGINEERING :	16
4.4. FICHE SIGNALÉTIQUE.....	17
5. LES MOTEURS EN CHARGE DE SAESM.....	17
6. COMPOSITION D'UN MOTEUR.....	18
6.1. FAN MAJOR MODULE :	21
6.2. COREY MAJOR MODULE :	21
6.3. LPT MAJOR MODULE :	22
6.4. GEARBOX MAJOR MODULE :	22
7. DESCRIPTION DU FLUX DE PRODUCTION	22
8. CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET.....	25
8.1. INTRODUCTION.....	25
8.2. TITRE.....	25
8.3. CARACTÉRISTIQUES	25
8.4. ACTEUR DU PROJET	25
8.5. PROBLÉMATIQUE	25
8.6. OBJECTIFS	26
8.7. DÉROULEMENT ET PLANNING DE TRAVAIL	26
8.8. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL : PROCESSUS DE PROJET D'INDUSTRIALISATION.....	28
8.8.1. Lancement Pré-études	28
8.8.2. Lancement Industrialisation	29
8.8.3. Validation Technique	29
8.8.4. Lancement 1 ^{er} Article	29
8.8.5. Lancement Production & Retour d'expérience	29
9. CONCLUSION :	30

CHAPITRE 2 : LANCEMENT PRÉ-ÉTUDES	31
1. INTRODUCTION :	32
2. DÉFINITION DU PROBLÈME VIA L'OUTIL QQQQCP	32
2.1. QUOI ? : DE QUOI S'AGIT-IL ?	32
2.2. QUI ? : QUELS SONT LES ACTEURS CONCERNÉS ?	32
2.3. OÙ ? : OÙ APPARAÎT LE PROBLÈME ?	32
2.4. QUAND ? : QUAND APPARAÎT LE PROBLÈME ?	32
2.5. COMMENT ? : COMMENT RÉSOUDRE LE PROBLÈME ?	32
2.6. POURQUOI ? : POURQUOI FAUT-IL RÉSOUDRE LE PROBLÈME ?	33
3. IDENTIFICATION DES BESOINS	33
4. IDENTIFICATION DES DÉFAUTS LIÉS AU CARTER DE LA SOUFFLANTE	33
5. HIÉRARCHISATION DES RÉPARATIONS NON INDUSTRIALISÉES	36
5.1. DIAGRAMME EN SECTEURS :	36
5.2. DÉFINITION DE DIAGRAMME PARETO :	37
5.3. APPLICATION DE L'OUTIL PARETO SUR L'HISTORIQUE DE L'INSPECTION	38
6. IDENTIFICATION DES CAUSES APPARENTES	39
6.1. DÉFINITION DE DIAGRAMME D'ISHIKAWA	39
6.2. APPLICATION DE L'OUTIL ISHIKAWA (6M) POUR LES RÉPARATIONS	39
6.2.1. 6M pour la Réparation de peinture	40
6.2.2. 6M pour les réparations des trous ovalisés ou corrodés	40
7. CONCLUSION :	41
Chapitre 3 : Lancement d'industrialisation et Validation technique	42
1. INTRODUCTION :	43
2. ANALYSE DES RISQUES ET DES DANGERS	43
2.1. ASPECTS DE RISQUE	43
2.1.1. Le risque technique	43
2.1.2. Le risque organisationnel	44
2.1.3. Le risque Humain	44
3. DÉTERMINATION DE LA CRITICITÉ DES RISQUES :	44
4. GESTION D'ANALYSE DES RISQUES LIÉE AUX RÉPARATIONS	47
5. MODE OPÉRATOIRE	49
5.1. GAMME DE PRINCIPE DE LA RÉPARATION 029	49
5.2. GAMME DE PRINCIPE DE LA RÉPARATION 022	49
6. INSTRUCTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX RÉPARATIONS	50
6.1. INSTRUCTION TECHNIQUE 0010 : PERÇAGE	50
6.2. INSTRUCTION TECHNIQUE 0020 : NETTOYAGE LOCAL DES ZONES RÉPARÉES	53
6.3. INSTRUCTION TECHNIQUE 0030 : RESSUAGE	55
6.4. INSTRUCTION TECHNIQUE 0040 : RETOUCHE PONCTUEL DE REVÊTEMENT	58
6.5. INSTRUCTION TECHNIQUE 0050 : INSTALLATION DE LA BAGUE	59
6.6. INSTRUCTION TECHNIQUE 0060 : APPLICATION DU MASTIC (ÉTANCHÉITÉ)	61
6.7. INSTRUCTION TECHNIQUE 0011 : ENLÈVEMENT DE LA CORROSION PAR USINAGE	63
6.8. INSTRUCTION TECHNIQUE 0021 : NETTOYAGE À HAUTE PRESSION	65

7. ÉTUDE DE LA FABRICATION DES BAGUES UTILISÉES DANS LA RÉPARATION 029	66
7.1. CONCEPTION : DESSIN DE DÉFINITION DE LA BAGUE.....	66
7.2. QUANTITÉ PRÉVUE À CONSOMMER DANS UNE ANNÉE.....	67
8. ESTIMATION DU GUAIN.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
9. CONCLUSION.....	67
CONCLUSION GENERALE.....	68
Références Bibliographiques	69
Annexe.....	70

LISTES DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de Safran Aircraft Engine Services Morocco	16
Figure 2: Organigramme de département Engineering	16
Figure 3 : Composition du turboréacteur CFM56-7.....	19
Figure 4: vue éclaté du turboréacteur	20
Figure 5: Flux de production.....	22
Figure 6: Diagramme de GANTT	27
Figure 7: Processus de projet d'industrialisation	28
Figure 8: Diagramme en secteurs des défauts annuels.....	37
Figure 9: Diagramme Pareto des réparations non industrialisées	38
Figure 10: Diagramme Ishikawa de la réparation 016	40
Figure 11: Diagramme Ishikawa des réparations 029 & 022	40
Figure 12: Grille de détermination de la criticité	45
Figure 13: L'analyse des risques dans le processus de gestion des risques	47

LISTE DES TABLES

Tableau 1: Fiche signalétique de SAESM.....	17
Tableau 2: Équipe Projet	32
Tableau 3: checklist des défauts et leurs réparations	35
Tableau 4: Classification des réparations non industrialisées	36
Tableau 5: Description des causes potentielles	39
Tableau 6: Grille de détermination de l'impact.....	46
Tableau 7: Gestion des risques.....	48
Tableau 8: Gamme de principe de la réparation 029.....	49
Tableau 9: Gamme de principe de la réparation 022.....	49
Tableau 10: Estimation du gain.....	67

ABBREVIATION & ACRONYMES

ACC	Accessory
AGB	Accessory GearBox
APRS	Approbation de remise en service
ATA	Air Transport Association
Config	Configuration
CND	Contrôle non destructif
EPI	Equipement de protection individuel
ESM	Engine Shop Manuel
ESN	Engine Serial Number
FOD	Forein Object Damage
HPC	High Pressure Compressor
IGB	Inlet GearBox
IMR	Instruction de mise en réparation
IT	Instructions techniques
LPT	Low Pressure Turbine
MM	Major Module
PN	Part Number
PP	Piece Part
QEC	Quick Engine Change
SAESM	Safran Aircraft Engine Services Morocco
SM	Shop Module
Snecma	Société nationale d'étude et de construction des moteurs d'aviation
SPM	Standard Practice Manuel
SSE	Santé sécurité Environnement
TAT	Turn Around Time
TGB	Transfert GearBox
TS	Traitement de surface
VST	Visite sur table

INTRODUCTION GENERALE

L'aéronautique présente aujourd'hui un potentiel de croissance énorme et des avantages concurrentiels hautement compétitifs.

Dans ce contexte, l'entreprise Safran Aircraft Engine Services Morocco (SAESM) a déployé tous les moyens techniques et managériaux afin de s'engager dans une philosophie d'amélioration et de réorganisation interne qui permettrait de confirmer sa présence à l'échelle internationale et conserver sa position mondiale parmi les leaders sur le marché de l'industrie aéronautique.

L'objectif de ce travail est de créer une organisation efficace capable d'une part d'assurer le développement des réparations, et d'autre part de respecter le délai attribué à la révision des moteurs. Ce projet vise ainsi à l'amélioration des flux des processus au sein de SAESM dans l'unique but de satisfaire sa clientèle et éviter le paiement de pénalités considérables.

Le processus d'industrialisation adoptée pour mener à ce projet est fondé sur l'approche « Amélioration continue », une méthode d'amélioration systématique des processus qui vise à l'élimination de toutes les formes de gaspillage, cela permet justement de piloter globalement la démarche d'amélioration en tenant compte de l'ensemble des attentes clients en matière de qualité, de délais et de coûts.

À cet effet, le présent rapport décrit les différentes phases de réalisation du projet. Son contenu est scindé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise et le cadre général du projet incluant les différents éléments de l'environnement de notre projet. Cette présentation commence par une description de l'entreprise d'accueil, puis une description des moteurs CFM56, ainsi que le flux de production, puis une introduction à la problématique générale et les finalités du projet, ainsi que la démarche poursuivie.

Le deuxième chapitre mettra l'accent sur la phase du « Lancement Pré-études » qui contiendra une description de la problématique, les finalités du projet ainsi que les différents éléments permettant de définir le périmètre du projet. Nous avons également identifié les réparations qu'on veut industrialiser à l'aide des outils d'analyse (QQOQCP, Pareto et Ishikawa).

Le dernier chapitre sera consacré aux deux phases « Lancement d'industrialisation & Validation technique » d'une manière chronologique. Dans ce chapitre nous commençons par l'identification des risques relatifs au projet et les évaluer par la suite, puis nous proposerons un plan d'action ce forme d'un mode opératoire qui englobe tous les livrables liés aux réparations qui nécessitent l'industrialisation.

Enfin, la conclusion générale présentera le bilan des travaux et les perspectives du projet.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise & Cadre du projet

1. Introduction

Ce chapitre présente le cadre général du projet à savoir une présentation du groupe SAFRAN et Safran Aircraft Engine Services Morocco, l'entreprise où s'est déroulé le stage. Ensuite, vient une présentation des moteurs CFM56-7B et une description de leurs structures. Et finalement une présentation détaillée du cahier de charge du projet avec la méthodologie de travail adoptée.

2. Groupe SAFRAN

Safran est le plus ancien motoriste d'aviation au monde. Composé de sociétés aux marques prestigieuses, recentrées continuellement sur leur cœur de métier, il écrit depuis plus d'un siècle l'histoire de l'aéronautique, de la défense et de la sécurité. Le groupe Safran résulte de la fusion réalisée le 11 mai 2005 de Snecma et de Sagem, SA. [1]

Les activités du groupe SAFRAN, spécialisé dans les hautes technologies, sont réparties en trois branches : Propulsion aéronautique et spatiale, équipements aéronautiques et Défense Sécurité.

Implanté sur tous les continents, le groupe emploie plus de 58000 personnes

Pour un chiffre d'affaires de 16.6 milliards d'euro en 2017. Composé de nombreuses sociétés, Safran occupe, seul ou en partenariat, des positions de premier plan mondial ou européen sur ses marchés. Pour répondre à l'évolution des marchés, le Groupe s'engage dans des programmes de recherche et développement qui ont représenté en 2017 des dépenses de 1,4 milliard d'euros.





En février 2018, Safran a pris le contrôle de Zodiac Aerospace, élargissant ainsi son périmètre d'activités dans le domaine des équipements et systèmes aéronautiques. Zodiac Aerospace emploie environ 32 500 collaborateurs et a réalisé un chiffre d'affaires annuel de 5,1 milliards d'euros au 31 août 2017.

3. Safran Aircraft Engine

Safran Aircraft Engine conçoit, développe, produit, et commercialise, seul ou en coopération, des moteurs pour avions civils et militaires, pour lanceurs spatiaux et pour satellites. Safran Aircraft Engine propose également aux compagnies aériennes, aux forces armées et aux opérateurs d'avions une gamme complète de services pour leurs moteurs

aéronautiques. L'excellence de Safran Aircraft Engine en tant que motoriste aéronautique et spatial est reconnue dans le monde entier.

Les activités de Safran Aircraft Engine sont organisées en quatre pôles d'activités :

-  **Moteurs civils**
-  **Moteurs Militaires**
-  **Moteurs Spatiaux**
-  **Services**

4. Safran Aircraft Engine Services Morocco :

4.1. Aperçu général

Safran Aircraft Engine Services Morocco est une filiale commune de société du groupe Safran (51%) et Royal Air Maroc (49%). Située sur l'aéroport international de Casablanca, elle est spécialisée dans la maintenance, la réparation et la révision générale des moteurs CFM56-5B et CFM56-7B, ainsi que de certains équipements ou groupes auxiliaires de puissance.

Elle est certifiée par les autorités européennes et américaines de l'aviation, l'AESA et la FAA. Depuis sa création, SAESM a desservi plus de 300 moteurs pour 40 compagnies aériennes. En continuant à développer ses capacités de maintenance pour la famille de moteurs CFM56, SAESM confirme son leadership en Afrique et contribue à développement de l'industrie de l'aviation marocaine aussi.

4.2. Organigramme

Le schéma ci-dessous représente l'organigramme de Safran Aircraft Engine Services Morocco

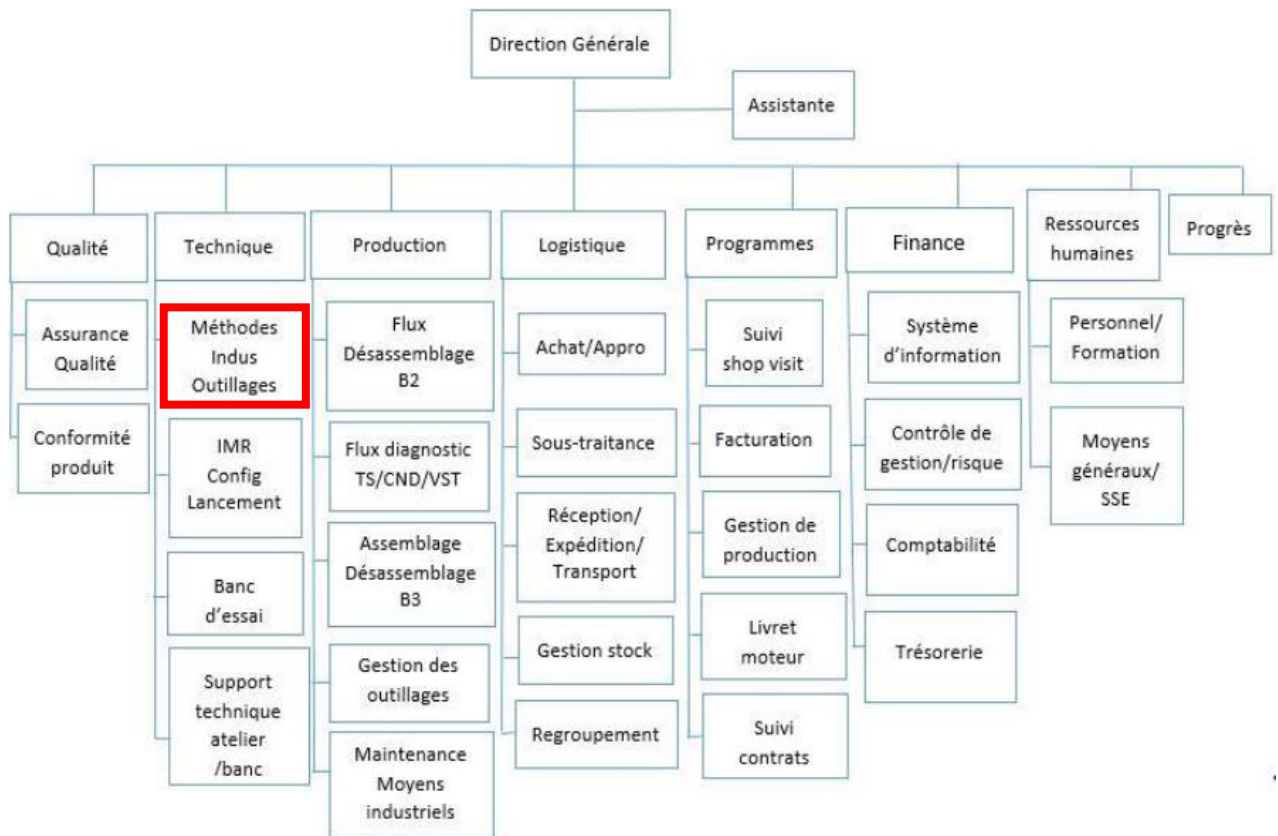


Figure 1: Organigramme de Safran Aircraft Engine Services Morocco

4.3. Présentation du département Engineering

Le département engineering est parmi l'un des départements qui ont une grande influence sur la circulation des travaux de la société ; c'est le responsable du lancement des gammes des travaux, résolution des problèmes techniques rencontrés, modification des modes opératoires des travaux ...etc.

Ces travaux sont lancés par différents services du département, l'organigramme suivant nous présente ces derniers :

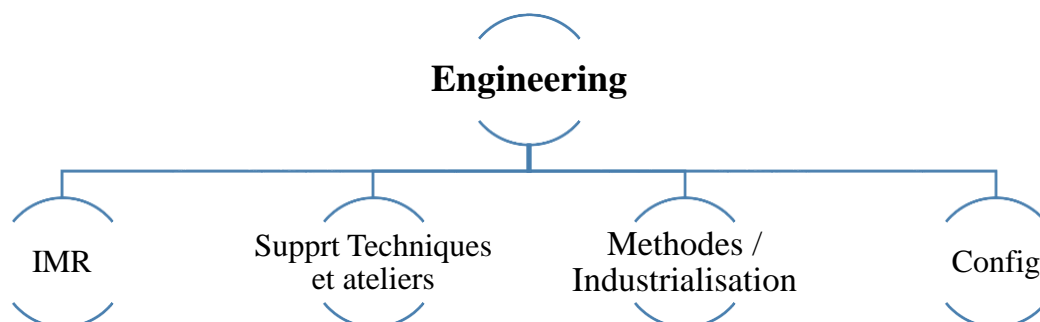


Figure 2: Organigramme de département Engineering

4.4. Fiche signalétique

Le tableau ci-dessous donne une estimation des faits et des chiffres de SAESM

Raison sociale	Safran Aircraft Engine Services Morocco
Forme juridique	Société anonyme
Date de création	1999
Capital	206.260.000 Dhs
Effectif	234
Activité Superficie	Révision des moteurs CFM56 27.610 m2
Adresse	Zone industrielle RAM, Aéroport international Mohammed V
Capacité	28 à 32 moteurs/an

Tableau 1: Fiche signalétique de SAESM

5. Les moteurs en charge de SAESM

La liste de capacités de SAESM couvre désormais le moteur CFM56-5B et CFM56-7B

CFM56-5B :

Le CFM56-5B est le seul moteur à équiper toute la gamme des Airbus A318, A319, A320 et A321. Il est disponible dans une gamme de poussée de 98 à 142,50 kN.

Conçu pour minimiser le coût global de possession de la famille A320, le CFM56-5B associe l'architecture éprouvée du CFM56 aux avancées technologiques les plus récentes telle la conception aérodynamique tridimensionnelle des aubes de compresseur et de turbines haute et basse pression, afin d'accroître le rendement global.

Il enregistre un taux de fiabilité exceptionnel se traduisant par de faibles coûts d'exploitation. Il fut le pionnier de la technologie à faible émission de NOx pour les avions monocouloir. Avec un nombre réduit de pièces à durée de vie limitée et un excellent taux de disponibilité, le CFM56-5B présente de faibles coûts de maintenance en ligne et en atelier.

CFM56-7B :

Le CFM56-7B est le réacteur qui équipe en exclusivité les dernières évolutions du Boeing 737, les versions B737-600, 700, 800 et 900 dites Boeing 737 NG pour nouvelle génération. Le CFM56-7B permet à CFM de conforter sa position de leader sur ce marché aéronautique. Il dispose des dernières avancées technologiques et est disponible dans des poussés de 87 à 121 kN.

L'amélioration des performances du CFM56-7B repose en grande partie sur sa nouvelle soufflante en titane de 1 550 mm diamètre avec aubes à large corde, son corps haute pression et sa turbine basse pression, eux aussi novateurs. Toutes ces innovations ont été réalisées à l'aide des méthodes de conception aérodynamiques 3D les plus avancées.

Sa turbine haute pression, dotée d'aubes monocristallines en alliage N5, permet au CFM56-7B de réduire la température de fonctionnement pour une meilleure longévité du moteur sous l'aile et une consommation spécifique de carburant réduite de plus de 8 %.

6. Composition d'un moteur

La composition de la famille CFM56 est plus ou moins la même, on présentera à titre d'exemple la composition du turboréacteur CFM56-7B dont la coupe est présentée dans la figure 3 :

Le moteur a une architecture modulaire et il est constitué de 3 grandes parties appelées « Major Module » (MM) :

- MM01**: Fan
- MM02**: Core
- MM03**: LPT (Low Pressure turbine)

Le moteur inclut également des modules d'accessoires à savoir:

- AGB (Accessory GearBox)
- TGB (Transfert GearBox)

Chaque Major Module est composé à son tour de shop modules, le moteur est constitué de 17 Shop Modules (SM)

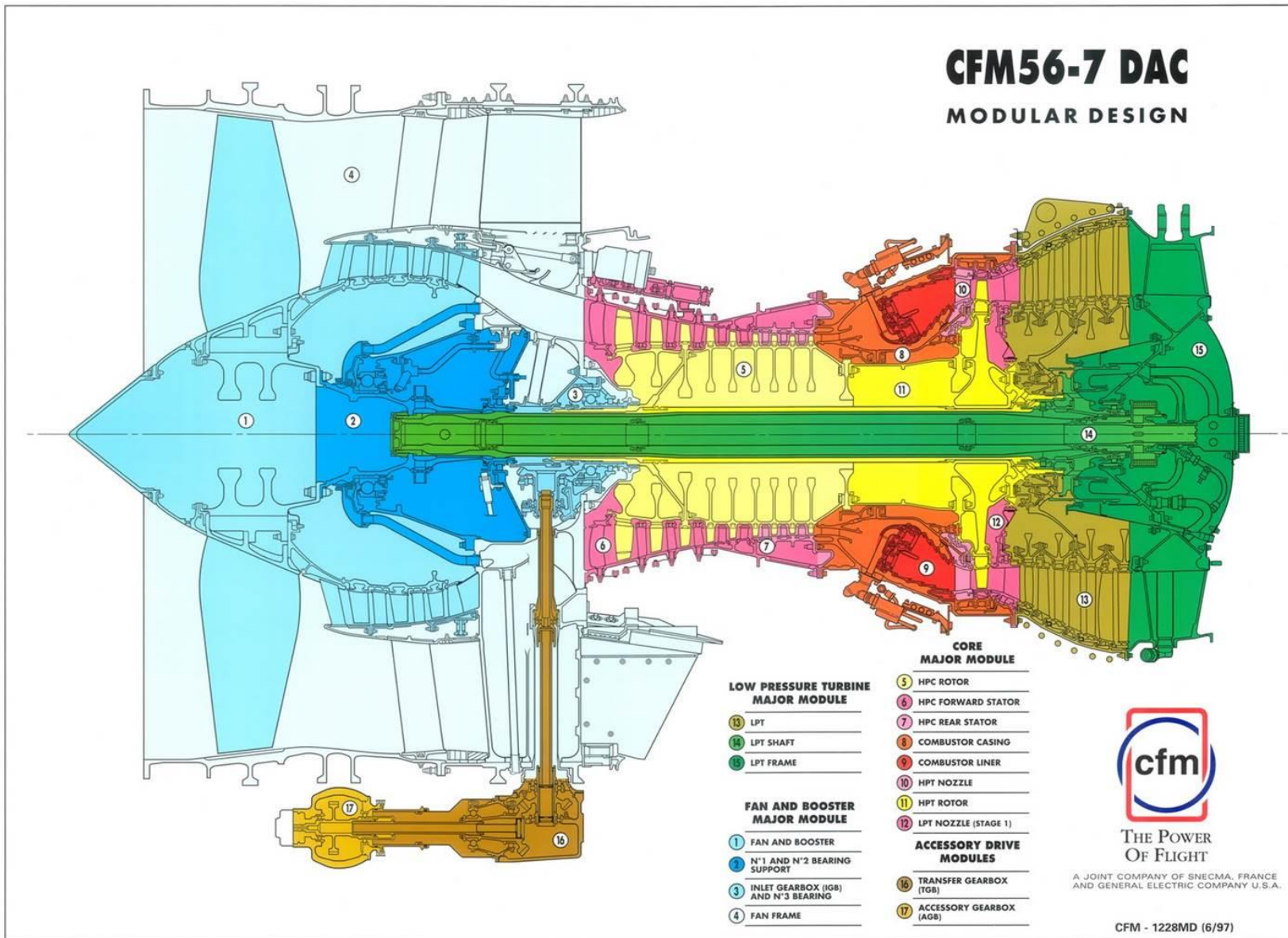


Figure 3 : Composition du turboréacteur CFM56-7

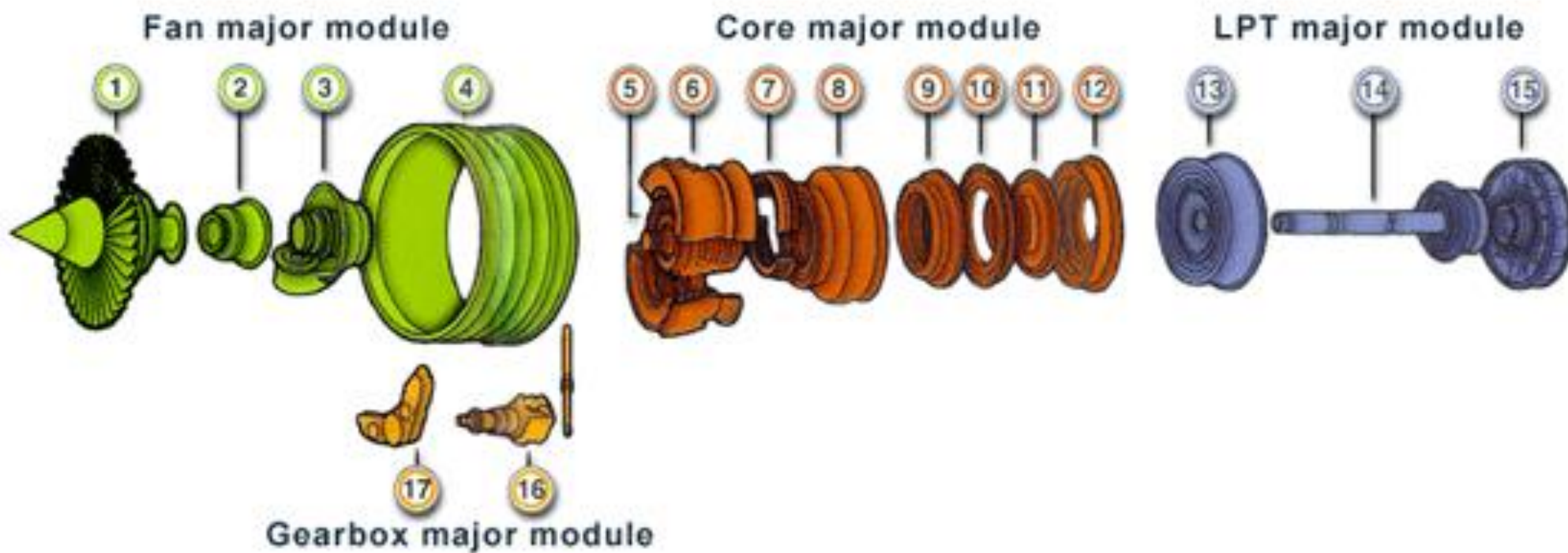


Figure 4: vue éclaté du turboréacteur

6.1.Fan Major Module :

Le Major Module Fan est constitué de 4 Shop modules suivants :

- 1) **Fan and booster** : une soufflante constituée de 24 ailettes en titane plus un compresseur à basse pression de quatre étages.
- 2) **No.1 and No.2 bearing support**: Il supporte les deux roulements à billes qui guident la rotation de l'arbre liée à la turbine à basse pression.
- 3) **Inlet gearbox (IGB) and No.3 bearing** : c'est un ensemble d'engrenages transmettant une partie du mouvement de l'arbre de la LPT vers les accessoires dans le cas de fonctionnement normal, et l'inverse dans le démarrage.
- 4) **Fan frame assembly** : C'est un carter pour guider une partie du flux d'air, il contient des attaches des moteurs servant à la fixation du réacteur dans l'avion ou dans le support d'essai.

6.2.Corey Major Module :

Le Major Module Core est constitué de 8 Shop Modules suivants :

- 5) **HPC Rotor** : Le HPC est composé de 9 étages de roué d'aubes mobiles.
- 6) **HPC Forward stator**: c'est la partie du compresseur à haute pression qui se trouve directement après le FAN, elle aide au guidage de l'air comprimé.
- 7) **HPC Rear stator**: c'est la partie inférieure du stator du compresseur, elle contient trois étages d'aubes fixes en titane pour résister à la chaleur de la chambre de combustion.
- 8) **Combustor casing**: c'est l'assemblage de de la chambre de combustion, il contient les injecteurs de carburant et des ouvertures de guidage de l'air pour l'introduire dans la chambre de combustion.
- 9) **Combustion chamber**: c'est la chambre de combustion où s'enflamme le mélange air-carburant.
- 10) **HPT nozzle assembly**: c'est le guidage de l'air sortant de la chambre de combustion vers la turbine à haute pression.
- 11) **HPT Rotor**: c'est le rotor de la turbine à haute pression entraîné par la première détente des gaz de combustion.
- 12) **LPT nozzle**: pour assurer le guidage de l'air sortant de la HPT.

6.3.LPT Major Module :

Le Major Module LPT est constitué de 3 Shop Modules suivants :

- 13) **LPT rotor/stator** : C'est la partie qui guide l'air sortant de LPT dans sa sortie du moteur.
- 14) **LPT Shaft**: C'est un arbre qui transmet le mouvement de rotation de la LPT vers le Fan et l'IGB
- 15) **LPT Frame** : constitue un ensemble majeur à l'arrière du moteur.

6.4.Gearbox Major Module :

Les modules d'entraînement des accessoires se constituent des shop modules suivants:

- 16) **TGB (Transfert Gearbox)** : est un système de transfert et de renvoi du mouvement venant de l'IGB à la boîte d'engrenage des accessoires.
- 17) **AGB (Accessory Gearbox)** : est un système d'engrenage qui envoie le couple engendré par la rotation de l'arbre de la HPT pour faire tourner une génératrice alimentant les accessoires du moteur et de l'avion.

Chaque shop module est constitué à son tour de pièces élémentaires appelées Piece Part (PP).

7. Description du flux de production

Le processus de maintenance et révision des moteurs CFM56 se déroule dans deux principaux bâtiments : B2 et B3.

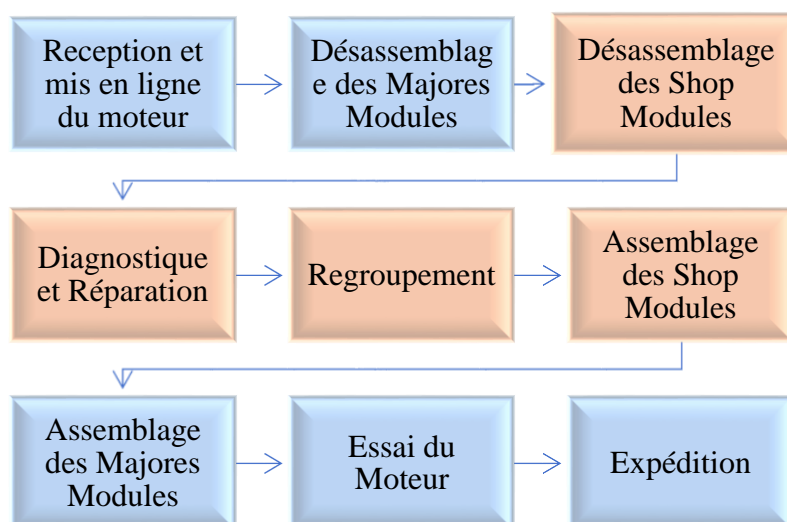


Figure 5: Flux de production

✚ Réception et mise en ligne du moteur :

Dans le bâtiment B2, le processus commence par la réception du moteur qui est accompagnée par les inspections préliminaires, les inventaires des QEC et accessoires.

✚ Désassemblage des Majors Modules :

Le désassemblage du moteur dépend de la demande du client (Workscop). Dans le cas d'un désassemblage complet (Full Disassembly), cela commence par la dépose des QEC et des accessoires, ensuite la dépose des majeurs modules LPT, Core et FAN qui sont désassemblés ensuite en shop modules. Les shop modules, QEC et accessoires sont acheminés vers le bâtiment B3.

✚ Désassemblage des Shop Modules :

Les shop modules sont désassemblés, sauf pour le SM 9 envoyé à un sous-traitant vu que l'entreprise ne dispose pas des moyens pour son inspection. En sortie, nous obtenons les pièces élémentaires appelées Pièce Part.

✚ Le Diagnostic :

Les pièces passent par le processus diagnostic constitué de :

○ Le nettoyage :

Les pièces subissent un nettoyage selon la gamme correspondante. On peut distinguer plusieurs types de nettoyage :

- Le nettoyage chimique : est constitué de bains chimiques grâce à deux chaînes de nettoyage : une chaîne de titane et une autre d'acier.
- Le nettoyage manuel : grâce au brossage manuel.
- Le nettoyage par sablage: permet un nettoyage de surface en utilisant du sable projeté à une grande vitesse.
- Le nettoyage à haute pression (KARCHER).
- Le nettoyage par tribo-finition.

○ Le contrôle non destructif (CND) :

La principale technique utilisée est le ressuage qui permet de mettre en évidence les discontinuités débouchantes sur les pièces. On induit la pièce à contrôler de pénétrant fluorescent, par immersion (pour les petites et moyennes pièces) ou par pulvérisation (dans le cas des pièces volumineuses) Ensuite, la pièce est rincée pour éliminer le pénétrant déposé

en surface. La pièce est séchée puis on lui applique le révélateur et on examine la pièce sous éclairage ultraviolet (UV).

L'entreprise dispose également du courant de Foucault pour le contrôle de certaines pièces et un banc de magnétoscopie qui n'est pas encore mis en ligne.

- **La visite sur table (VST) :**

La VST consiste en une inspection visuelle et dimensionnelle des pièces, elle est divisée en deux parties :

-**VST QEC/Accessoires** : consiste à inspecter tous les attaches, accessoires et les échanges rapides du réacteur.

-**VST PP** : consiste à inspecter visuellement les pièces élémentaires et les shop modules et prendre les mesures nécessaires afin de vérifier la conformité de ces dernières.

- ✚ **Le regroupement :**

Les pièces inspectées se dirigent vers la zone de packing où elles sont regroupées par shop module pour être acheminés vers l'assemblage.

- ✚ **Assemblage des Shop Modules :**

Les PP sont assemblées pour constituer les shop modules et sont acheminés ensuite au bâtiment B2.

- ✚ **Assemblage des Majors Modules :**

Les shop modules sont assemblés pour constituer les trois majors modules, les QEC et accessoires sont déposés afin d'obtenir le moteur assemblé.

- ✚ **Essai du moteur :**

Le banc d'essai dispose de tous les moyens nécessaires à l'entretien modulaire du moteur CFM56 et aux essais de performances des moteurs (vitesse de rotation, pression d'air, consommation...). Ces bancs sont supervisés par des opérateurs dans deux salles de contrôle équipées de systèmes d'acquisition et de traitement de données, d'ordinateurs, et de logiciels d'essai.

- ✚ **Expédition :**

Après l'approbation de remise en service, le moteur est expédié vers le client.

8. Contexte général du Projet

8.1.Introduction

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de projet de fin d'études, durant lequel nous sommes censés réaliser un projet technique. Au cours de ce stage, on doit mettre en place nos acquis et nos compétences pour résoudre l'ensemble des difficultés rencontrées dans la réalisation du travail qui nous a été confié. Notre stratégie pour traiter le sujet de stage s'appuie sur un recueil d'informations, notamment des relevés de l'état actuel. Nous allons présenter d'une part le cahier de charges du **projet** tout en détaillant les besoins exprimés par l'organisme d'accueil. D'autre part, nous allons décrire la méthodologie utilisée afin d'organiser le travail ainsi que la planification adoptée.

8.2.Titre

Développement des réparations sur Carter de la Soufflante du moteur Civil CFM56-7B.

8.3.Caractéristiques

Fonctionnel : Réponse au besoin de Safran Aircraft Engine Services Morocco.

Technique et Maitrise des domaines : Management industriel, Maintenance corrective, Analyse des risques, Fabrication Mécanique (Condition de coupe), CAO.

Organisationnel : Respect du standard SAESM et des conditions de confidentialité.

Délai : Respect la durée de stage.

8.4.Acteur du projet

Maitre d'œuvre : La Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Master Sciences et Techniques – Génie Mécanique et Productique, présenté par **EL HANBALI Ayoub**, et avec l'encadrement pédagogique de **M. HARAS Bilal**, le suivi professionnel de **M. RAHOUI Amine**.

Maitre d'ouvrage : Le maître d'ouvrage est l'entreprise SAESM, qui est un site de haute technologie en maintenance des Moteur Civil de la famille CFM56, équipementier de premier rang dans les domaines de l'Aéronautique, implanté au Maroc à Casablanca, présenté par le Directeur Général M. **Jean-Philippe Grémont**.

8.5.Problématique

La problématique consiste à ce que l'entreprise ne dispose pas les efforts sur les méthodes qui conduisent les améliorations des réparations selon une démarche scientifique et structurée, à propos de ce dernier nous avons consacré les efforts pour industrialiser le

maximum des réparations, afin d'atteint l'objectif de livrer les moteurs avec l'équilibrage des contraintes techniques de coût et de délais.

8.6.Objectifs

Dernièrement le service méthode/industrialisation n'a détecté que les réparations en externe imposant beaucoup de retard au niveau de TAT (délai d'exécution) du moteur.

L'objectif de ce projet est : de minimiser ce retard en intégrant des nouvelles compétences au bureau de méthodes et d'industrialisations qui est doté de profils multidisciplinaires adéquats assurant des activités à même de contribuer à accroître sensiblement la performance de la société.

8.7.Déroulement et Planning de travail

Le temps est un facteur essentiel dans la réalisation d'un PFE, d'où l'importance de la gestion du temps et la planification qui est représenté par un diagramme de GANTT.

Nous avons choisi de mettre une nouvelle synthèse de projet d'industrialisation. : Cette démarche a été jalonnée par les étapes suivantes :

- L'allocation des ressources matérielles nécessaires pour cette industrialisation
- L'engagement à court terme de deux actions concrètes visant à l'amélioration de l'efficacité et de la performance à savoir :
- L'amélioration continue de la stabilité de flux de production par la mise en place des nouvelles réparations. En suivant le projet par la mise en œuvre d'une synthèse industrialisation.
- L'amélioration par approche systémique en appliquant la technique de l'analyse des risques.

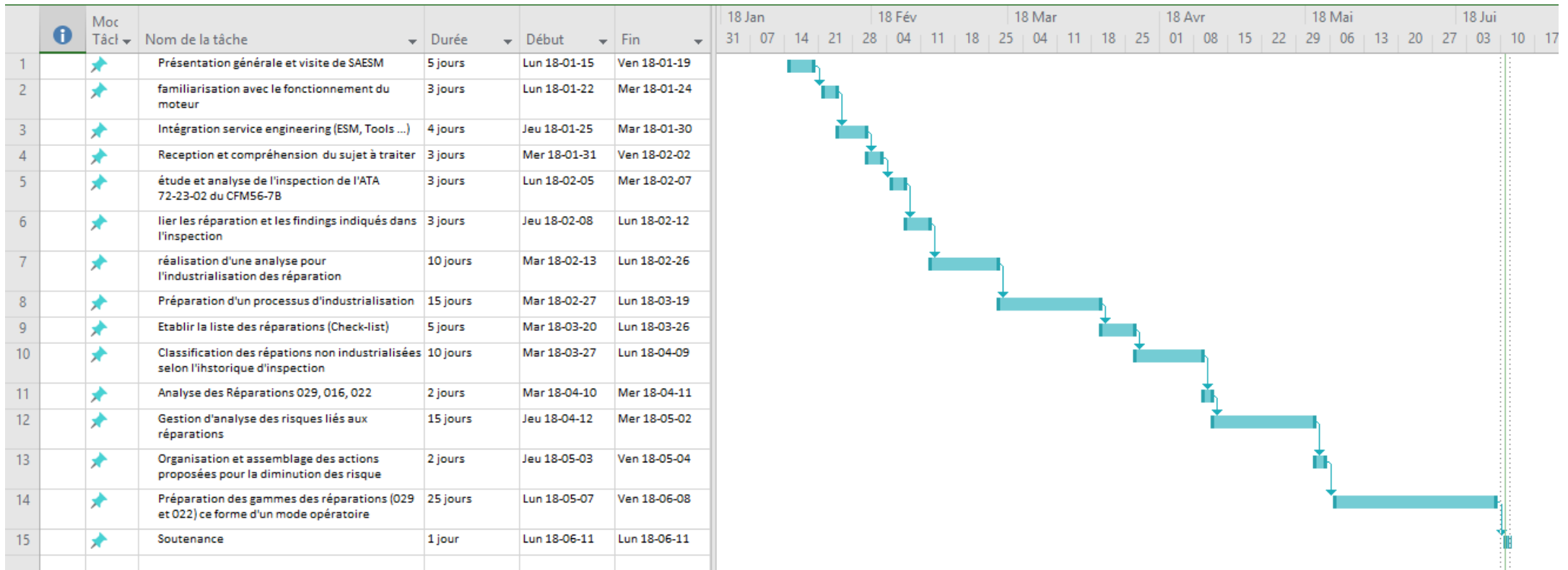


Figure 6: Diagramme de GANTT

8.8.Méthodologie de travail : Processus de projet d'industrialisation

Le processus d'industrialisation d'un procédé s'inscrit dans une démarche plus générale de mise sur le marché d'un nouveau produit ou d'un nouveau service, qui part de la recherche et se poursuit jusqu'au niveau de la production à échelle industrielle.

Cette démarche est de plus en plus réalisée d'une manière systématique et formelle par les entreprises les plus innovantes et les plus compétitives.

Le modèle du processus permet une description complète des éléments constitutifs d'un projet à travers ses cinq phases essentielles (Voir schéma ci-dessous):

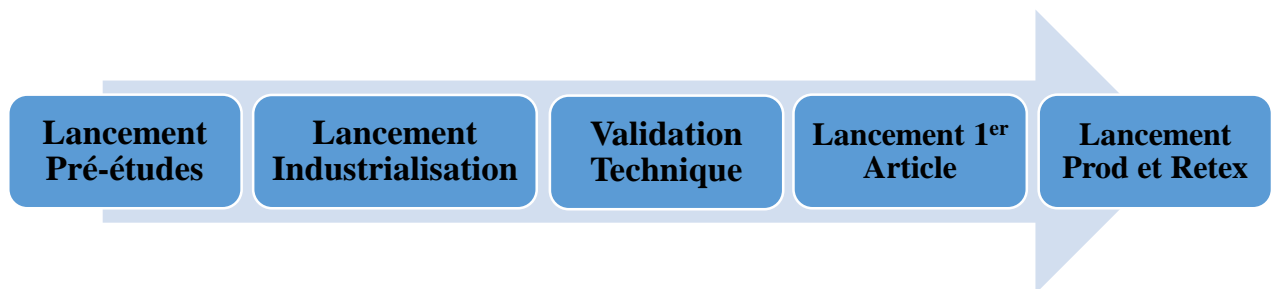


Figure 7: Processus de projet d'industrialisation

8.8.1. Lancement Pré-études

Conduire un projet, cela consiste à identifier les besoins et à assembler des ressources spécifiques (humaines, financières, matérielles...) pour une période de temps définie, en vue d'atteindre un objectif prédéterminé.

En termes de données d'entrée, nous avons...

- des informations: l'objectif que le projet doit permettre d'atteindre (en pratique, les attentes des clients potentiels, le cahier des charges), les contraintes de délai de réalisation et de budget, etc. ;
- des ressources humaines: les ressources humaines seront constituées de l'équipe-projet elle-même, d'experts sollicités occasionnellement, ainsi que des instances de pilotage ou/et de parrainage du projet ;
- des données d'environnement, à savoir le contexte dans lequel le projet va devoir être mené: environnement économique, réglementation, etc.

8.8.2. Lancement Industrialisation

Cette étape du processus, consiste à préparer et planifier ce que l'on va réaliser à partir d'un planning prévisionnel. Définir les tâches à réaliser d'une manière chronologique. Prévoir, préparer, identifier... en regard des risques préliminaires liés à la réparation, activités, ressources, moyens, objectifs de management, gammes, outillages nécessaires à la série et peut être à la faisabilité.

8.8.3. Validation Technique

La validation consiste à vérifier et valider les tâches réalisées dans le lancement d'industrialisation avec une recommandation SSE, pour ce faire, il est nécessaire de définir un plan d'action pour diminuer les risques, analyser le coût consolidé, établir un prototype conforme aux spécifications et définir un plan d'essai. Ainsi, il faut mettre en place un plan de formation des opérateurs, un plan de communication et de maintenance, et en fin mettre à jour les objectifs QCDRS (Qualité Coût Délai Rendement Sécurité).

8.8.4. Lancement 1^{er} Article

Dans ce stade, il faut assurer la disponibilité des outillages, des produits, des consommables, des moyens et de la pièce d'essai (prototype) pour faire la réparation. L'objectif est de sortir par un plan d'essai éprouvette qui consiste à contrôler que les ressources mises en œuvre dans l'étape précédente et les résultats obtenus correspondent bien à ce qui a été prévu, ainsi on doit vérifier que les actions risques rouges soldées et les solutions SSE sur recommandation majeurs.

8.8.5. Lancement Production & Retour d'expérience

La dernière phase du processus d'industrialisation est constatée notamment à l'écart significatif du prix lié à la réparation qui nécessite à réagir avec le planning et les prévisions des phases précédentes.

Il s'agira ici de l'atteinte des objectifs initiaux :

- Le niveau de satisfaction des clients du projet.
- Les nouvelles compétences acquises par les participants dans le cadre du projet : apprentissage de méthodes de travail, de nouveaux outils, etc.

On parle de plus en plus d'organisations apprenantes, c'est leur capacité à capitaliser les expériences, à en conserver la mémoire, que ces expériences aient été des réussites ou des échecs (on sait les vertus pédagogiques d'un échec dont on a su tirer les enseignements).

9. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de connaître l'organisme concerné par le projet, de savoir les objectifs d'activité de notre service d'affectation, ainsi il englobe les méthodes et outils que nous aidera dans les différentes phases prochaines de notre projet. Dans le déroulement de notre projet nous allons consacrer l'effort sur les trois premières phases du processus d'industrialisation.

Les deux dernières phases réservées pour la direction de production. Alors, notre objectif est de consacrer les efforts sur les trois premières phases.

Chapitre 2 : Lancement Pré-études

1. Introduction

Dans cette phase nous avons défini le périmètre du projet en utilisant la méthode QQQQCP, ainsi l'identification des réparations qu'on veut industrialiser, en utilisant les outils d'application de Kaizen (Diagramme de Pareto et Diagramme d'Ishikawa).

2. Définition du problème via l'outil QQQQCP

Dans le but de bien comprendre la situation, on va adopter la démarche QQQQCP qui permet d'avoir sur toutes les dimensions du problème, les informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels. [2]

2.1. Quoi ? : De quoi s'agit-il ?

Développement d'industrialisation des réparations du moteur civil CFM56-7B pour élargir la capacité des réparations au sein de SASSEM.

2.2. Qui ? : Quels sont les acteurs concernés ?

Non	Fonction
Bilal HARAS	Encadrant Pédagogique (PES FST-Fès)
Amine RAHOUI	Encadrant professionnel (Responsable Méthode/Indus)
Ayoub EL HANBALI	Pilote de projet (Stagiaire)

Tableau 2: Équipe Projet

2.3. Où ? : Où apparaît le problème ?

Le problème apparaît au niveau de la zone Assemblage/désassemblage dans le bâtiment B2 ce qui affecte par la suite la zone diagnostique par l'occupation des chariots qui contient les pièces et les accessoires liées au carter du ventilateur.

2.4. Quand ? : Quand apparaît le problème ?

Le problème apparaît Lors de l'inspection du carter de la soufflante.

2.5. Comment ? : Comment résoudre le problème?

Le problème sera traité en utilisant la démarche d'industrialisation à travers le recueil de l'identification des besoins, l'analyse des dysfonctionnements et la proposition d'un plan d'amélioration continue.

2.6. Pourquoi ? : Pourquoi faut-il résoudre le problème ?

La résolution de ce problème permettra d'améliorer l'organisation du flux de réparation des pièces. Et par la suite contribuer au respect du TAT afin d'éviter tout retard pénalisant sachant qu'un jour de retard coûte à l'entreprise minimum de 5000€.

3. Identification des besoins :

Notre besoin est d'industrialiser le maximum des réparations, mais la notion de temps ainsi que la capacité nous imposent de travailler avec un esprit d'amélioration continue pour atteindre un état du progrès.

Premièrement nous avons cité les différentes réparations liées au carter de la soufflante, à base d'un historique des rapports d'inspection qui collectent tous les défauts recommandés pour les réparer, et par la suite nous utilisons un diagramme de Pareto pour priorisé les réparations selon leurs fréquences. Finalement nous avons analysé les réparations les plus représentatifs via l'outil Ishikawa.

4. Identification des défauts liés au Carter de la Soufflante :

Le tableau suivant donne une visibilité majeure des zones qui sont impactées par des différents défauts et leurs numéros associé à chaque réparation. Ainsi l'existence de ce dernier dans le « Capa List » de SAESM. [3]

Types de Défauts	Zones	Photos [Annexe 1]	Numéro de Réparation	Description	l'existence de la réparation (Oui/Non)
Attache lâchés	Les supports d'AGB	Photo 1	Repair 003	Remplacement des boulons Hi-Lite et des écrous Hi-Lite sur l'enceinte de confinement	Oui
	Support de manutention				
Manque de la couche Plasma	Surface de contact avec le cadre de la soufflante (FFS)	Photo 2	Repair 005	Reconditionnement de la surface de contact par projection du Plasma	Non
Noix Manquant	L'extérieur de l'enceinte de confinement	Photo 3	Repair 008	Remplacement des écrous et /ou leurs rivets lâches sur le boîtier de confinement	Oui
Qualité de l'auto-bloquante détruit					
Rivets lâches ou manquants					
Usure du palier	Les supports d'AGB	Photo 4	Repair 010	remplacement du palier souple	Oui
fissure en joint du palier					
Mauvais positionnement axial de la bague interne par rapport à la bague extérieur					
Marques de frottement de l'extrémité de la lame dans le matériau Abradable	Abradable	Photo 5	Repair 011	Réparation complète ou partielle du revêtement époxy Abradable	Oui
Marques d'impacts, cratères ou des rainures					
Fissures / Cracks	Support de manutention	Photo 6	Repair 015	Remplacement du support de manutention	Oui
Manque de peinture anti-érosion	Zones 4,5 et 6	Photo 7	Repair 016	réparation complète ou partielle de la peinture anti-érosion à tous les niveaux	Non
			SB 72-0553	projection d'une peinture spéciale au lieu de l'anodine	Non

Manque de la couche de protection	toute la surface du Carter sauf les brides	Photo 8	Repair 018	Réparation du mélange des peaux intérieure et extérieure	Oui
Trous allongés sauf les trous 81 à 88 sur la bride B1	trous de fixations du support sur les brides B1, B4, et/ou B5	Photo 9	Repair 019	Cette procédure de réparation donne les instructions pour réparer les trous allongés	Non
Trous ovalisée	Trous 89A et 89B de la bride B4	Photo 10	Repair 020	Réparation des trous 89A et 89B sur la bride B4 par l'installation d'une bague	Non
Revêtement de protection (anodisation) manquant,	Carter sauf les 21 endroits situés sur les brides A1, B1, B4, B5 et B6 pour les sangles de liaison	Photo 11	Repair 021	Remplacement par points ou remplacement complet de l'anodisation sulfurique	Non
corrosion / FRETTING	Trous de noix (d'écrous) rivets et trous d'écrous de canal de gang	Photo 12	Repair 022	enlèvement de la corrosion autour des trous sur les écrous autobloquants rivetés	Non
			Photo 13	Repair 023	Réparation des trous de fixation qui porte les écrous autobloquants rivetés par l'installation d'une bague
Trous allongés de numéro 81 jusqu'à 88	Trous de fixation du support sur la bride B1	Photo 14	Repair 024	Réparation de bride par une plaque de renforcement	Non
trous fissurés 84 et 85			SB 72-0780	Réparation de bride par une plaque de renforcement pour les trous 84 et 85	Oui
Corrosion / Élongation / Frottement ou piqure sur des trous ou autour des trous de fixations	trous de boulon sur la bride B6	Photo 15	Repair 029	Réparation des trous de fixation par l'installation d'une bague	Non
	trous de boulon sur la bride A1	Photo 16	Repair 035		Non
			Repair 036	réparation des trous de fixation par le forage (enlèvement de la corrosion)	Non

Tableau 3: checklist des défauts et leurs réparations

5. Hiérarchisation des réparations non industrialisées :

Selon l'historique des rapports de l'inspection, on détermine le nombre des défauts annuels liés aux réparations non industrialisées.

Le tableau suivant résume tous les réparations non industrialisées classées selon la fréquence de défauts annuels.

Défaut	Numéro de Réparation	Moyen du nombre de Défaut annuel	% Défaut	% Défaut Cumule
Corrosion / Élongation / Frottement ou piqure autour des trous de la bride B6	Repair 029	7	28	28
Manque de peinture anti-érosion dans les Zones 4,5 et 6	Repair 016	5	20	48
Corrosion autour des trous de noix des rivets et trous d'écrous de canal de gang	Repair 022	4,5	18	66
Corrosion des trous de noix des rivets et trous d'écrous de canal de gang	Repair 023	2	8	80
Revêtement de protection du carter manquant	Repair 021	1,5	6	72
Frottement ou piqure autour des trous de boulon sur la bride A1	Repair 035	1,5	6	94
Corrosion / Élongation des trous de boulon sur la bride A1	Repair 036	1	4	98
Trous 89A et 89B ovalisées dans la bride B4	Repair 020	1	4	88
Manque de la couche du Plasma dans la surface de contact avec le cadre de la soufflante	Repair 005	0,5	2	82
Trous allongés de numéro 81 jusqu'à 88 appartiens au bride B1	Repair 024	0,5	2	84
Trous allongés sur les brides B4 et/ou B5	Repair 019	0,5	2	100

Tableau 4: Classification des réparations non industrialisées

5.1. Diagramme en secteurs :

Nous utilisons ce type de graphique en secteurs pour afficher les proportions de tous les défauts liés aux réparations non industrialisées.

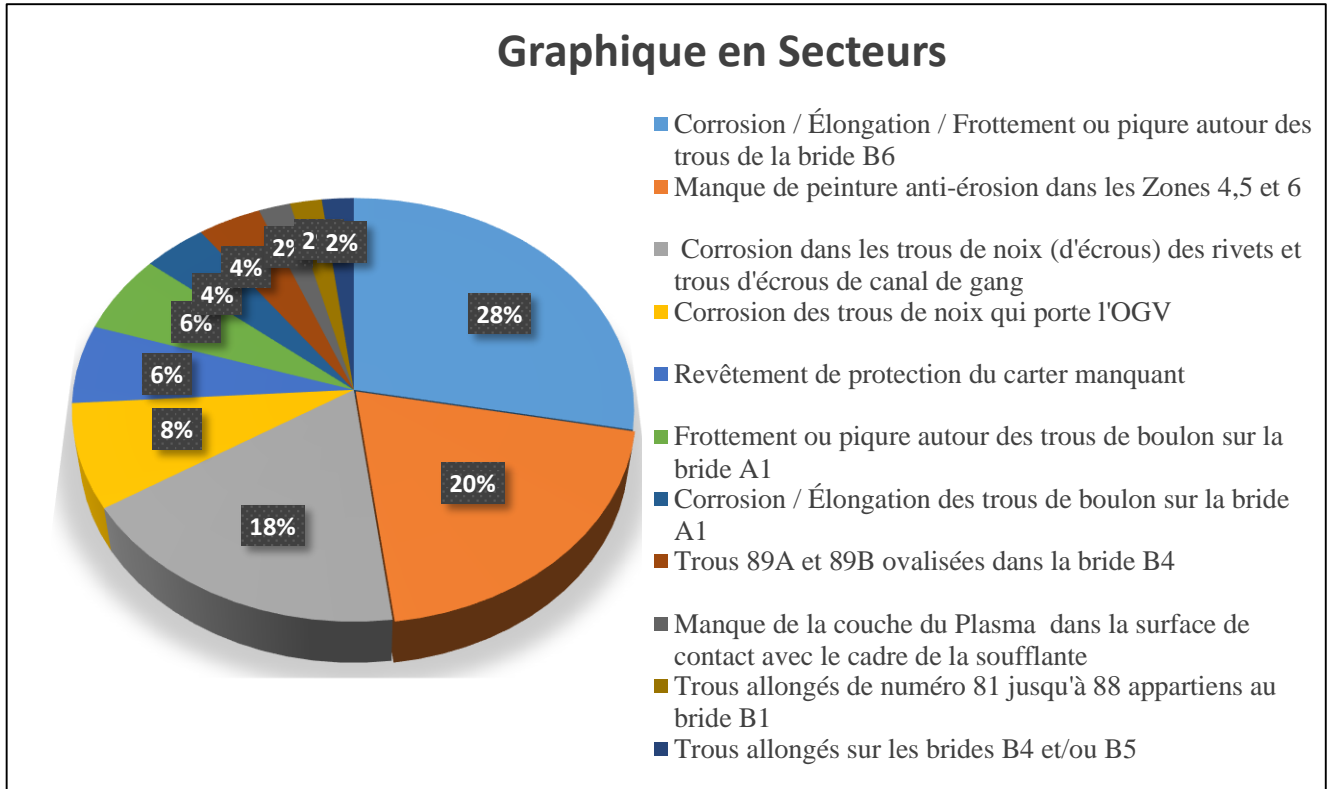


Figure 8: Diagramme en secteurs des défauts annuels

5.2. Définition de Diagramme Pareto :

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance.

La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part parce que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80 ou 30/70 ça dépend au domaine d'application ou les exigences techniques liées aux ensembles des éléments à étudier, et que d'autre part si 30% des causes produisent 70% des effets, il suffit de travailler sur ces 30% là pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision. [4]

Dans un environnement industriel, les points d'amélioration potentiels sont quasi innombrables. On pourrait même améliorer indéfiniment, tout et n'importe quoi. Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'amélioration coûte et par conséquent il faut en contrepartie une création de valeur ajoutée, ou une suppression de gaspillage.

5.3. Application de l'outil Pareto sur l'historique de l'inspection :

L'outil « Pareto » a pour but de sélectionner, dans le carter de la soufflante, les réparations les plus représentatifs en regard d'un critère chiffrable (Moyenne des défauts annuels). Généralement cette sélection sera effectuée pour simplifier l'étude d'un problème en ne retenant que les réparations les plus significatifs.

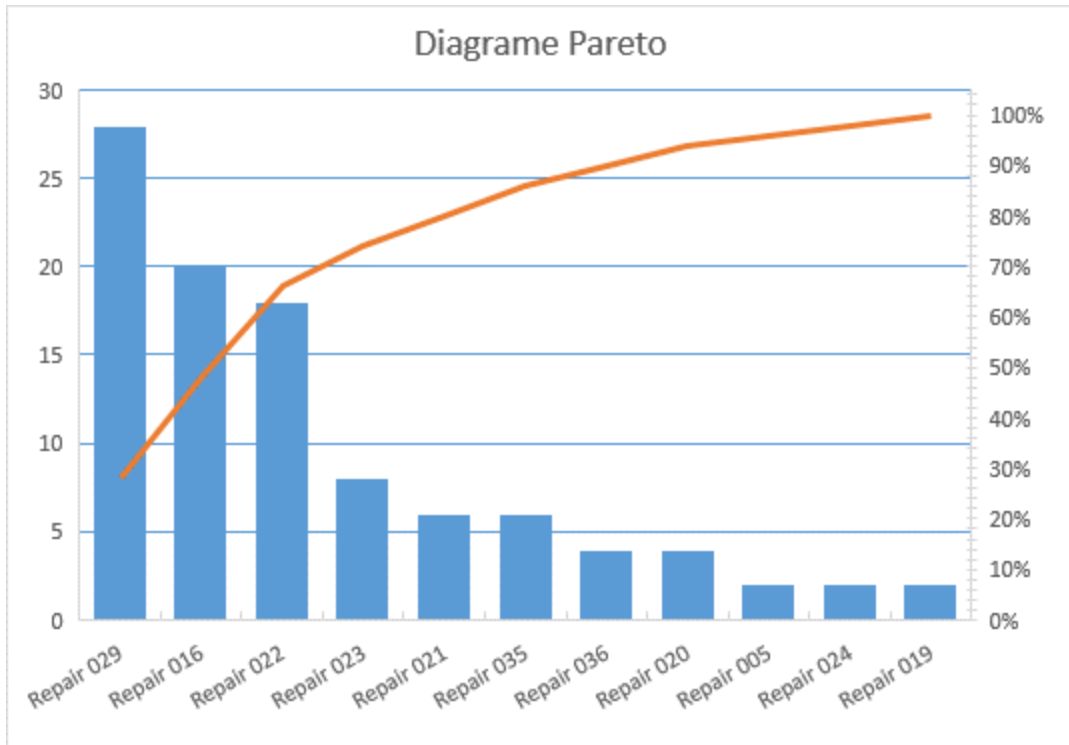


Figure 9: Diagramme Pareto des réparations non industrialisées

Après l'interprétation du diagramme de Pareto, on déduit que 30% des réparations non industrialisées cumulent 70% des défauts annuels qui nécessite l'envoi du carter de la soufflante.

Le classement précédent n'est pas suffisant pour commencer d'industrialiser les réparations par leurs fréquences de pannes. Or le domaine d'aéronautique plus précis, donc nous avons besoin de faire un filtrage plus technique. Alors on pose la question; pour quelle raison les réparations précédentes n'ont pas existé dans la « Capa List » de réparation de SAESM?

Ishikawa parmi les outils de détection des causes racines des réparations qui n'ont pas industrialisé.

6. Identification des causes apparentes :

6.1. Définition de Diagramme d'Ishikawa:

Le diagramme d'Ishikawa, encore appelé « diagramme causes-effets », au départ limité à 5M peut être étendu à un « diagramme des 7 M ». L'objectif de cette méthode reste inchangé c'est-à-dire : permettre une visualisation des causes de problèmes qu'il convient de traiter prioritairement. Ainsi, est un outil utilisé pour la présentation par famille de toutes les causes possibles d'un problème. Le tableau ci-dessous regroupe les différentes causes par ses familles. [5]

Famille	Causes potentiels
Milieu	Environnement matériel ou immatériel : conditions de travail, bruit, éloignement, exigüité des lieux...
Matière	Matières premières traitées, informations, marchandises...
Matériel	Machines utilisées : souvent en panne, en nombre insuffisant, obsolètes, inadaptées...
Main-d'œuvre	Personnel peu compétent, mal formé, non motivé, absent, en nombre insuffisant...
Méthode	Procédures utilisées, processus d'échange d'informations...
Management	Méthodes d'encadrement, style de commandement, délégation, organigramme imprécis...
Moyens financiers	Budget alloué, coûts ...

Tableau 5: Description des causes potentielles

6.2. Application de l'outil Ishikawa (6M) pour les réparations:

Lorsqu'on a deux catégories de réparation, l'une liée à la peinture et l'autre incorporée à l'élongation ou/et à la corrosion des trous de fixation, donc il suffit de faire deux diagrammes causes-effets, l'un correspond à la réparation 016 et l'autre aux réparations 029 et 022.

Suite au brainstorming avec l'équipe de réparation et l'entité d'accueil, nous avons identifiées les causes probables qui sont assemblées dans les deux diagrammes d'Ishikawa suivants :

6.2.1. 6M pour la Réparation de peinture :

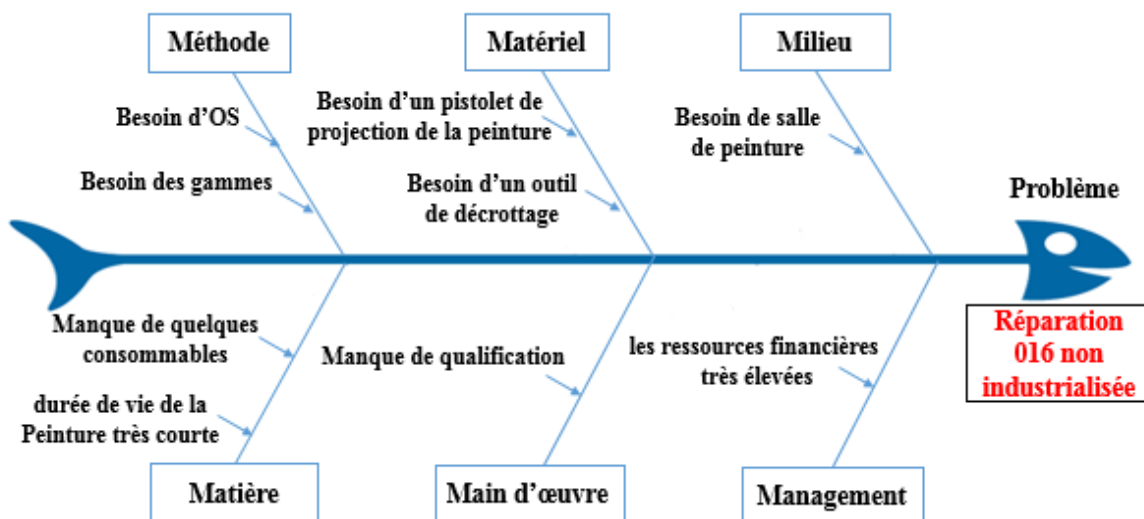


Figure 10: Diagramme Ishikawa de la réparation 016

6.2.2. 6M pour les réparations des trous ovalisés ou corrodés :

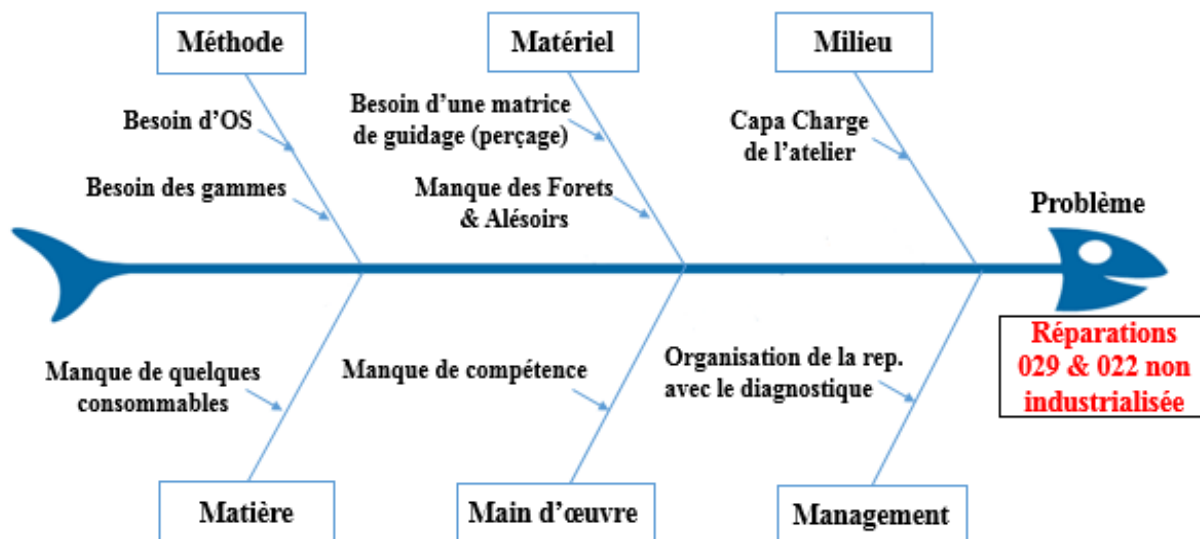


Figure 11: Diagramme Ishikawa des réparations 029 & 022

En comparant les deux diagrammes des réparations non industrialisables, on trouve que la matière de la réparation 016 est très cher par rapport à celle des réparations 029 et 022.

En se basant aussi sur la comparaison des causes racines (Milieu et Main d'œuvre), on note qu'on aura besoin d'une salle de peinture pour faire la réparation 016 (de peinture) alors qu'on peut faire les deux réparations 029 et 022 (réparation des trous ovalisées ou corrodées) dans la zone réparation qui est déjà disponible sur le site. En ce qui concerne la main d'œuvre, il est nécessaire d'organiser des formations pour qualifier les techniciens de réparations dans le métier de peinture, mais pour faire les Réparation 029 et 022, il faut juste assurer une montée en compétence des techniciens qui sont déjà qualifiés dans ce genre de réparation.

7. Conclusion :

Après l'analyse précédente, on note que les ressources financières et techniques de la réparation 016 sont beaucoup plus élevées par rapport aux ressources des deux autres réparations, pour cela il est optimal d'industrialiser les réparations 029 et 022.

**Chapitre 3 : Lancement
d'industrialisation et Validation
technique**

1. Introduction :

Dans ce chapitre, on va présenter deux étapes essentielles du processus d'industrialisation. Il s'agit du lancement d'industrialisation, qui consiste à identifier les risques préliminaires, et les outillages nécessaires..., puis la validation technique qui permet d'éliminer ou diminuer les risques à l'aide des actions prédéfini dans le mode opératoire de la réparation.

2. Analyse des risques et des dangers

La notion de risque diffère selon ses domaines d'application et les diverses disciplines scientifiques. Au sein de la protection de la population ou dans le domaine de la sécurité nationale s'est imposée la compréhension technique du risque telle que l'entendent les sciences de l'ingénieur et sciences naturelles. Le risque est dès lors défini en tant que produit de la probabilité d'occurrence d'un événement et des dommages auxquels il faut s'attendre. Il s'exprime souvent de la façon suivante: [6]

$$C = I \times P$$

C : Criticité de Risque.

I : Ampleur des dommages (Impact).

P : Probabilité d'occurrence.

La probabilité d'occurrence désigne la fréquence avec laquelle un événement survient dans un intervalle de temps donné, tandis que l'ampleur des dommages décrit les dommages auxquels il faut s'attendre en ce qui concerne les personnes et les différents types de biens à protéger (bâtiments, économie, produit, etc.).

2.1. Aspects de risque

Pour chacune de ces exigences, nous pouvons évaluer le risque en l'abordant sous trois aspects différents mais complémentaires qui sont: Le risque technique, le risque organisationnel, le risque humain.

2.1.1. Le risque technique

Il est lié aux défauts du produit à l'occasion du contrôle des composants et tout au long du processus de fabrication ou de réparation. On doit réduire ce niveau de risque avec la mise en place de procédure de contrôle et de tests efficaces. Le lancement d'une nouvelle réparation fait apparaître de nouveaux risques internes qu'il faut évaluer et maîtriser,

cependant les pannes ont parfois des causes indirectes, et n'apparaissent qu'une fois le produit chez le client. Cette notion de risque externe est difficile à identifier quand le produit a quitté l'entreprise mais doit faire l'objet d'une analyse à postériori dont les conclusions viendront modifier le processus de réalisation.

2.1.2. Le risque organisationnel

Il se traduit par un problème qui apparaît suite à un événement ou une action non maîtrisée dans l'entreprise, que le risque soit interne ou externe. Donc il faut l'identifier et d'apporter des solutions pour le maîtriser. Il peut concerner un responsable dans le pilotage de ses missions mais aussi un opérateur ou un technicien qui commet une erreur par manque d'information. Lorsque le risque est clairement défini, on poursuit la conduite du projet en sensibilisant d'avantage les collaborateurs sur l'erreur commise, l'objectif est de les responsabiliser pour qu'ils s'alignent sur la stratégie de l'entreprise.

2.1.3. Le risque Humain

Il est propre à l'opérateur ou au technicien qui possède une part d'autonomie dans la réalisation de ses tâches quotidiennes. Il se caractérise par une faute ou une négligence qui aura un impact sur la qualité du produit. Donc on cherche à prévenir ce risque par la rédaction de procédures et par la suite on va vérifier qu'elles sont appliquées. Pour encadrer le risque humain, il est nécessaire d'animer des formations internes pour lesquelles les objectifs sont fixés, mais aussi des événements enregistrés pendant toute la durée du projet.

3. Détermination de la criticité des risques :

Lors de l'évaluation des risques, la multiplication de la probabilité d'occurrence par l'ampleur des dommages permet d'obtenir une valeur probabiliste de la criticité du risque. Ce dernier peut dès lors être représenté dans une matrice (Grille) des risques (voir fig. 12). Dans le cas d'une analyse globale des risques, les valeurs de toute seule et même matrice. L'analyse globale des risques se différencie de l'analyse sectorielle par le fait qu'elle porte sur plusieurs dangers issus de divers secteurs (nature, technique...). Ces dangers sont en outre tous analysés à l'aide de la même méthode, de façon que les différents risques puissent être comparés entre eux en fonction de leur probabilité d'occurrence et de l'ampleur des dommages auxquels il faut s'attendre. Comparer les risques permet de définir un ordre des priorités pour la réduction des risques.

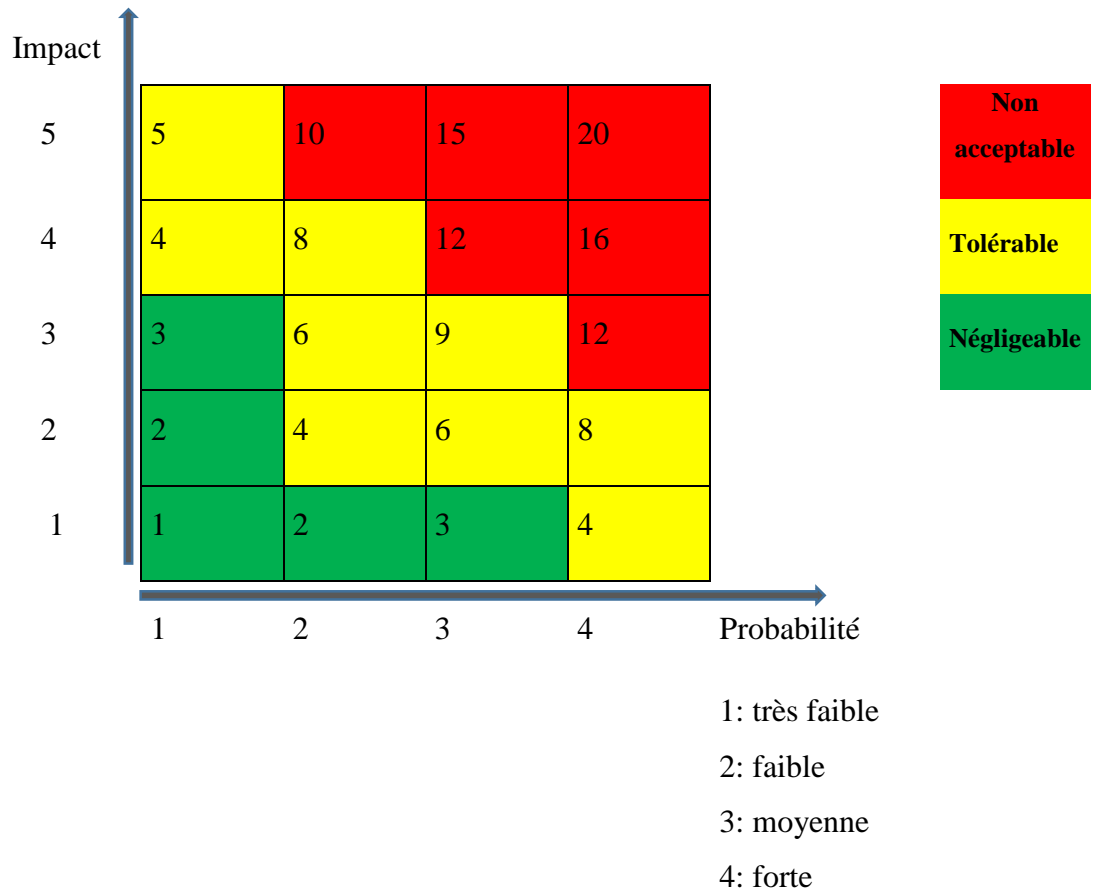


Figure 12: Grille de détermination de la criticité

Lors de l'**identification des risques**, tous les dangers théoriquement possibles sont considérés. Les dangers pertinents (pour la protection du produit et de la population) dans le périmètre soumis à l'appréciation sont sélectionnés et consignés dans un inventaire des dangers.

Souvent plus d'un scénario est établi pour chaque danger. L'identification et la description des risques constituent la base de la classification subséquente des événements impactant le produit ou/et les personnels (l'ampleur des dommages). Le tableau suivant résume les niveaux de l'impact qu'on peut prévoir au cours de la réparation :

Niveau	Technique/Qualité	Décal et Cadence	Finance/Cout
1 : Faible	Non-qualité interne peu probable	Retard de détermination des jalons d'indus peu probable	Les estimations des couts non récurrents (indus) ou récurrents (production) dépassent les objectifs de moins de 1%
2 : Limité	Possibilité de non-qualité interne pouvant remettre en cause les délais de livraison	Les jalons d'indus seront retardés mais les jalons programme peuvent être sauvegardés	Les estimations de couts non récurrents (indus) ou récurrents (production) dépassent les objectifs de 1% à 5%
3 : Significatif	Possibilité de non-qualité exportée ne remettant pas en cause les performances du produit. Impact cosmétique possible pouvant entraîner un refus du matériel de la part du client.	La montée en cadence ne sera pas tenue ou atteinte avec un retard inférieur à 6 mois	Les estimations de couts non récurrents (indus) ou récurrents (production) dépassent les objectifs de plus de 5% à 20%
4 : Critique	Possibilité de non-qualité exportée pouvant remettre en cause les performances du produit	La montée en cadence ne sera pas tenue ou atteinte avec un retard supérieur à 1 an	Les estimations de couts non récurrents (indus) ou récurrents (production) dépassent les objectifs de plus de 20%
5 : Catastrophique	Possibilité de non-qualité exportée pouvant avoir un impact potentiel sur la sécurité des personnes (personnes tuées ou gravement blessées)	Perte du marché et passage du client à la concurrence liée à un retard trop important. La cadence cible ne sera jamais atteinte.	L'impact financier peut conduire à un arrêt du programme

Tableau 6: Grille de détermination de l'impact

4. Gestion d'analyse des risques liée aux réparations

L'analyse des risques et dangers a par conséquent pour tâche d'identifier les dangers pertinents, puis d'évaluer et comparer les risques qui en découlent en se fondant sur la probabilité d'occurrence et l'ampleur des dommages. Cette tâche correspond aux deux premières étapes du processus de gestion des risques. Sous sa forme la plus simple, ce processus comprend trois étapes, soit l'identification des risques, l'évaluation des risques et la réduction des risques (voir fig. 12):

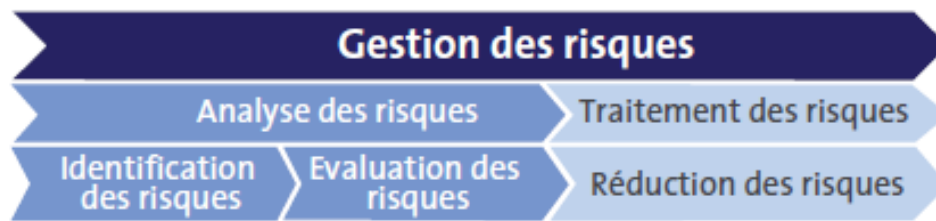


Figure 13: L'analyse des risques dans le processus de gestion des risques

La **réduction des risques** comprend des mesures de précaution ayant pour objectif de limiter soit la probabilité d'occurrence d'un risque, soit les dommages liés à sa survenance (gestion des risques résiduels). La réduction des risques ne s'inscrit pas dans le processus d'analyse des risques, mais dépend des résultats de ce processus.

Je dois définir le risque lié à notre projet d'industrialisation d'une nouvelle réparation et le traduire en critères de contrôle pour établir les plans de surveillance ou des actions auront pour objectif de diminuer les risques de la zone rouge à la zones vers. Je commence par faire l'inventaire des exigences relatives à la réparation et je les regroupe par thèmes pour mieux les encadrer et les traiter (voir le tab.7) :

Scénarios types (évènement redouté)	Effets de l'évènement redouté sur QCDPS	Criticité initial			Criticité cible			Description des actions: Toute criticité initiale \geq 10 nécessite une ou plusieurs actions, Si Inférieur donner un commentaire
		I	P	C	I	P	C	
Définition non compréhensible ou incomplète, obsolète ou contradictoire	Blocage	3	3	9	2	1	2	Préparation des gammes bien détaillées

Non atteinte de la capacité des caractéristiques clefs (sur des définitions similaires)	non-conformité	5	3	15	1	1	1	Maitrise du processus
Contraintes SSE ou Ergonomie lié à la définition (accessibilité, produits dangereux...)	non-conformité	4	2	8	2	1	2	Disponibilité des moyens d'ergonomie et de sécurité
Risque sur le pilotage du projet pour atteindre la satisfaction des objectifs QCDPS	Délai	4	3	12	2	1	2	Les autres services doivent nous aider au niveau des infos
Manque de compétence en interne de Safran pour juger avec pertinence sur la validation de certains résultats	Non-conformité, Délai	4	2	8	2	1	2	Formation Documentation Disponibilité d'outillage
Le procédé mis en œuvre peut mettre en danger la santé, la sécurité des opérateurs ou des personnes travaillant à proximité	dommages blessures irritation	5	3	15	1	1	1	Disponibilité des EPI
Le procédé mis en œuvre peut causer des FOD	accident catastrophique	5	1	5	1	1	1	Respecter les consignes de nettoyage et de contrôle
Source de procédé, matière, ingrédient disparue ou à disparition programmées	retard	4	3	12	2	1	2	Définir les équivalences
Producteurs en limite de capacité ou n'ayant pas démontré sa capacité à réaliser l'opération	Blocage	4	2	8	1	2	2	Assurer une qualification pour les producteurs
Fournisseur n'ayant pas démontré sa capacité à répondre dans les délais avec qualité montrée	retard	4	2	8	1	1	1	Négocier avec différents fournisseurs puis cibler le meilleur

Tableau 7: Gestion des risques

5. Mode opératoire :

Un mode opératoire consiste en la description détaillée des actions nécessaires à l'obtention d'un résultat.

Dans le cadre d'une procédure d'entreprise ou d'un processus industriel, le mode opératoire décrit généralement le déroulement détaillé des opérations effectuées sur un poste fixe ou dans une phase définie, mais il peut également décrire l'enchaînement des opérations de poste à poste ou phase à phase.

5.1. Gamme de principe de la réparation 029 :

N° OP	Zone de travail (Code SAP)	Subtask	N° IT	Description
1	GA-RM-039	70-44-50	0010	Drilling / <i>Perçage (Forage)</i>
2	GN-AL-026	70-53-11	0020	Local Swab Etching / <i>Nettoyage locale</i>
3	GR-P3-022	70-32-23	0030	Fluorescent-Penetrant Inspection / <i>Ressuage</i>
4	GA-RM-040	70-62-14	0040	Spot touch-up of oxide film coating / <i>Retouche ponctuelle de revêtement</i>
5	Préparée	70-44-00	*****	<i>Machining general - Locally manufactured bushing / Fabrication de la bague</i>
6	Préparée		0050	Installation of the Bushing / <i>Installation de la bague.</i>
7	Préparée	70-66-11	0060	Application of Sealant / <i>Application du mastic.</i>

Tableau 8: Gamme de principe de la réparation 029


5.2. Gamme de principe de la réparation 022 :




N° OP	Zone de travail (Code SAP)	Subtask	N° IT	Description
1	GA-RM-039	70-44-50	0011	Removal of the Corrosion by Drilling / <i>Enlèvement de la corrosion par usinage</i>
2	Préparée	70-21-13	0021	Steam Cleaning / <i>Nettoyage à haute pression</i>
3	GN-AL-026	70-53-11	0020	Local Swab Etching / <i>Nettoyage locale</i>
4	GR-P3-022	70-32-23	0030	Fluorescent-Penetrant Inspection / <i>Ressuage</i>
5	GA-RM-040	70-62-14	0040	Spot touch-up of oxide film coating / <i>Retouche ponctuelle de revêtement</i>

Tableau 9: Gamme de principe de la réparation 022



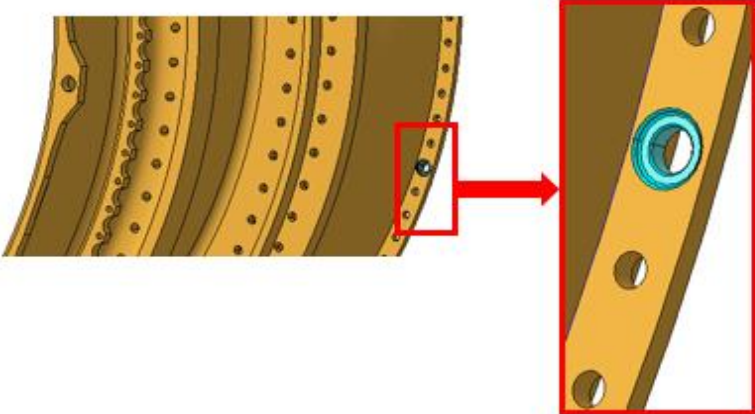
6. Instructions techniques relatives aux réparations : [7]

6.1. Instruction technique 0010: Perçage.

		Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B
Service : Méthodes/Indus		IT : Drilling / Perçage (Forage)	N° IT : 0010

N°	désignation	Schémas ou croquis
10	<p><u>Extraction :</u></p> <p>Si nécessaire, retirer l'ancienne bague</p>	<ul style="list-style-type: none"> Faire l'usinage (forage) de la bague jusqu'à la diminution de l'épaisseur (environ 0.5 mm), En utilisant une Perceuse Angulaire et des Forets de Ø9.5 et Ø10.5 mm.  <ul style="list-style-type: none"> Enlever le mastic entre la bague et la bride par un Tranchant de Coupe Pointé  <ul style="list-style-type: none"> Faire l'extraction de la bague en utilisant un Marteau Caoutchouc et un Piqueur Pointé 

Rédacteur : Ayoub EL HANBALI	Approbation : Amine RAHOU	Date : 04/05/2018
		Folio : 1 / 3



N°	désignation	Schémas ou croquis
20	<p>Forage :</p> <p>Usinage (Forage) des trous ovalisés ou corrodés ou corrodés</p>	<ul style="list-style-type: none"> Faire l'ébauche par un Alésoir Extensible Réglable de Ø8 à Ø 11 et pour la finition utiliser un Alésoir de diamètre 11.1 mm et une Matrice de guidage pour obtenir une coaxialité (concentricité) parfaite.  <ul style="list-style-type: none"> Faire le lamage en utilisant une Fraise à Lamer de diamètre (Ø18.5 et Ø20.8) rayon0.2 avec un Pilote de 11.1.  <p>Les images ci-dessous donnent une visualisation après l'usinage</p> 

Rédacteur :
Ayoub EL HANBALI

Approbation :
Amine RAHOUI

Date : 04/05/2018

Folio : 2 / 3

N°	désignation	Schémas ou croquis
30	<p><u>Contrôle :</u></p> <p>Nettoyage et inspection visuelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> Assurer l'enlèvement complet des copeaux en utilisant un chiffon imbibé de l'Acétone (CP1039)  <ul style="list-style-type: none"> Mesurer les trous aléser puis contrôler la marge (tolérance) adéquate a pour objectif de continuer les étapes de la réparation, en utilisant un Pied à Coullisse Digital 


Rédacteur :
Ayoub EL HANBALI


Approbation :
Amine RAHOUI

Date : 04/05/2018

Folio : 3 / 3

6.2. Instruction technique 0020 : Nettoyage local des zones réparées


		Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B
Service : Méthodes/Indus		IT : Local Swab Etching / <i>Nettoyage local</i>	N° IT : 0020
N°	désignation	Schémas ou croquis	
10	<p><u>Vérification :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Toutes les surfaces à traiter doivent être propre de toutes traces d'huile, graisse, ou autres matières étrangères. 		
20	<p><u>Préparation du produit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Versez une petite quantité de la solution S1093 dans un béccher propre en plastique ou une cuvette. Cette quantité sera la solution utilisée, elle ne sera pas retournée dans la bouteille de stockage 		
30	<p><u>Attaque chimique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Saturer un tampon de coton avec la solution utilisée, et tamponner la surface à attaquer chimiquement en 60-90 secondes. Garder la solution d'attaque chimique dans les limites définies de la zone à attaquer. Le masquage peut être exigé pour réaliser l'opération. <p><i>Remarque : Garder la solution fraîche en contact avec la surface du métal, tout le temps, en plongeant périodiquement le tampon dans la solution utilisée. Frotter la surface du métal attaqué par le tampon, sans interruption, pour empêcher la formation de résidus inertes.</i></p>		
40	<p><u>Séchage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Après l'attaque chimique, sécher la surface du métal de la solution par une serviette propre de papier ou un tissu. 		
Rédacteur :		Approbation :	Date : 07/05/2018
Ayoub EL HANBALI		Amine RAHOUI	Folio : 1 / 2

	Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B
Service : Méthodes/Indus	IT : Local Swab Etching / <i>Nettoyage local</i>	N° IT : 0020

N°	désignation	Schémas ou croquis
50	<p><u>Rinçage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Essuyez doucement la zone attaquée au moins trois fois avec un tissu ou une serviette de papier saturée avec de l'eau propre. Sécher avec un tissu propre ou une serviette de papier. Le procédé optionnel de rinçage est l'utilisation d'un jet d'eau et de l'air sec. <p><i>Remarque : Utiliser l'eau déminéralisée ou distillée pour le rinçage du titane.</i></p>	
60	<p><u>Décharge de la solution chimique:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Rebuter la solution utilisée. Rincer et sécher le bécber en plastique pour le prochain usage. <p><i>Remarque : Ne pas verser de nouveau la solution utilisée dans la bouteille de stockage.</i></p>	
70	<p><u>Contrôle :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier visuellement si l'attaque chimique locale n'a pas dépassé les limites de la zone à attaquer. 	

Rédacteur :	Approbation :	Date : 07/05/2018
Ayoub EL HANBALI	Amine RAHOU	Folio : 2 / 2

6.3. Instruction technique 0030 : Ressuage

	Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B
Service : Méthodes/Indus	IT : Fluorescent Penetrant inspection/ <i>Ressuage</i>	N° IT : 0030

N°	désignation	Schémas ou croquis
10	<p><u>Application du Pénétrant :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Température de la pièce supérieure à 4°C et inférieure ou égale à 40°C • Appliquer le pénétrant (HM3A, RC65 ou RC77) à l'aide d'un spray ou d'un pinceau • Temps de contact pénétrant/pièce : 30 minutes minimum, 1 heure maximum. 	
20	<p><u>Lavage sous lumière UV:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Essuyer le pénétrant à l'aide d'un chiffon sec propre non pelucheux. • Eliminer le bruit de fond fluorescent en essuyant à l'aide d'un chiffon imbibé d'eau. • Observer la zone sous lumière UV pour s'assurer que l'excès de pénétrant a été enlevé. • Appliquer l'émulsifiant (ER 83A) à une concentration entre 3% et 5 % en spray. Ne pas brosser l'émulsifiant. • Temps de contact maximum pièce /émulsifiant : 1 minute et 30 secondes. • Observer le résultat sous UV. • Eliminer l'émulsifiant à l'eau en spray et sécher à 70°C 	

Rédacteur : Ayoub EL HANBALI	Approbation : Amine RAHOUI	Date : 08/05/2018
		Folio : 1 / 3

N°	désignation	Schémas ou croquis
30	<p><u>Application du Révélateur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Appliquer le révélateur (D 90G) par pulvérisation seulement sur une zone parfaitement sèche à température ambiante. • Appliquer une fine couche (distance d'application : 20 à 25 cm). Généralement 2 passes suffisent. La couche doit être uniforme et doit laisser apparaître un fond métallique à travers le révélateur. • Temps de contact révélateur/pièce : 10 minutes minimum, 1 heure maximum 	
40	<p><u>Examen de la Pièce :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen à réaliser sous lumière ultraviolette, dans la pénombre : diriger la lumière ultraviolette en direction de la zone à inspecter • Eclairage énergétique UV au niveau de la zone d'inspection supérieur ou égal à 1500 microwatts/centimètre carré à 38,1 cm. (1500µW/cm²) • Intensité de lumière blanche parasite ambiante et émise par les lampes UV inférieure ou égale à 20 lux. (< 20 lux) • En cas d'indication : • Effectuer un essuyage avec du solvant ; appliquer du révélateur sur la zone suspecte après que le solvant ait séché. • Observer sous lumière UV, si l'indication réapparaît dans les 2 minutes, l'indication sera considérée comme valide. Si l'indication ne réapparaît pas, effectuer une inspection sous lumière blanche à l'aide d'une loupe grossissement X10. 	


Rédacteur :
Ayoub EL HANBALI
Approbation :
Amine RAHOUI
Date : 08/05/2018
Folio : 2 / 3

**SAFRAN****Nomenclature des phases****Moteur Civile CFM56-7B****Service : Méthodes/Indus****IT : Penetrant inspection/
*Ressuage*****N° IT : 0030**

N°	désignation	Schémas ou croquis
50	<p><u>Lavage de la zone :</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Laver la zone soit en pulvérisant de l'eau soit à l'aide d'une brosse et d'eau.• Eliminer le pénétrant en pulvérisant ou en imbibant du MEK ou de l'acétone.• S'assurer que toutes les zones de rétention et cavités sont complètement propres et sèches. Sécher les zones de rétention et cavités à l'aide d'air comprimé sec.• Inspecter la zone sous lumière UV pour s'assurer que le pénétrant et le révélateur sont éliminés.	


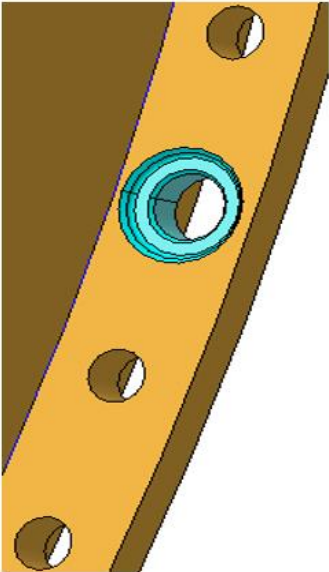
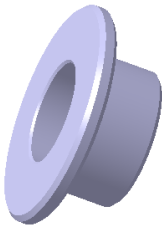
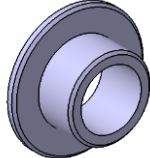
Rédacteur :**Ayoub EL HANBALI****Approbation :****Amine RAHOUI****Date : 08/05/2018****Folio : 3 / 3**

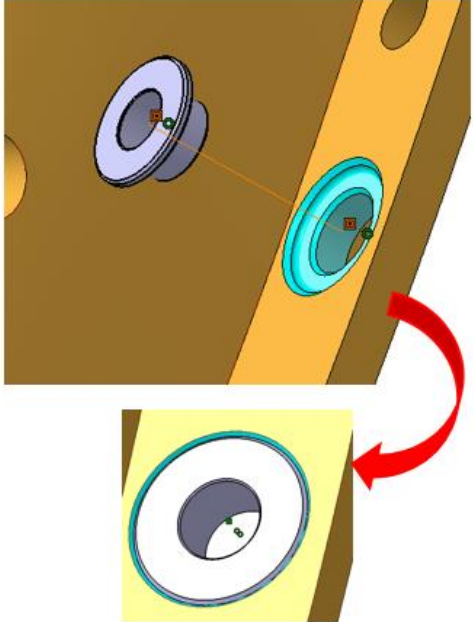
6.4. Instruction technique 0040 : Retouche ponctuel de revêtement

		Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B
Service : Méthodes/Indus		IT: Spot touch-up of oxide film coating / Retouche ponctuelle de revêtement (Anodine)	N° IT : 0040
N°	désignation	Schémas	
10	<p><u>Nettoyage :</u> Nettoyer la surface avec un solvant liquide dégraissant tel que (CP2011)*, (CP1041)* ou autrement reconnus non dangereux solvant à l'aide d'un pinceau propre ou d'un chiffon non pelucheux.</p>		
20	<p><u>Ponçage :</u> Zone du ponçage léger, en utilisant 180-grain ou du papier abrasif plus fin jusqu'à ce que toutes les rayures, fosse ou de rugosité soient supprimés. Puis rincer les zones à l'eau claire ou distillé.</p>		
30	<p><u>Retouche Ponctuelle :</u> Si vous utilisez (CP2640)* ou (CP2642)* ou le mélange des deux produits (CP2644)* et (CP2645)* dans un volume égale. Appliquer la solution de retouche comme suivant:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Appliquer la solution de finition avec un acide de nylon résistant à une brosse ou une éponge de cellulose. • Gardez une partie humide avec une solution jusqu'à ce revêtement est complètement formé - habituellement de 1 à 10 minutes. 		
40	<p><u>Rincage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Retirer les résidus de la solution de finition en rinçant à l'eau claire, par immersion dans l'eau (120 ° F-140 ° F ou 49 ° C-60 ° C), ou en enlevant l'excès de solution avec une éponge humide. • Ne pas rincer au jet d'un tuyau ou d'une pression de pulvérisation, ne laissez pas du liquide dans des cavités ou dépressions dans la pièce. Un jet d'air propre peut être utilisé pour souffler les liquides dans la pièce. 		
50	<p><u>Séchage :</u> Sécher la pièce avec de l'air comprimé ou avec un chiffon propre et doux</p>		
<p>Rédacteur : Ayoub EL HANBALI</p>		<p>Approbation : Amine RAHOUI</p>	<p>Date : 09/05/2018 Folio : 1 / 1</p>

Ind : * Annexe 2


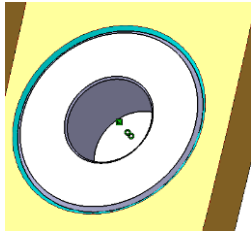
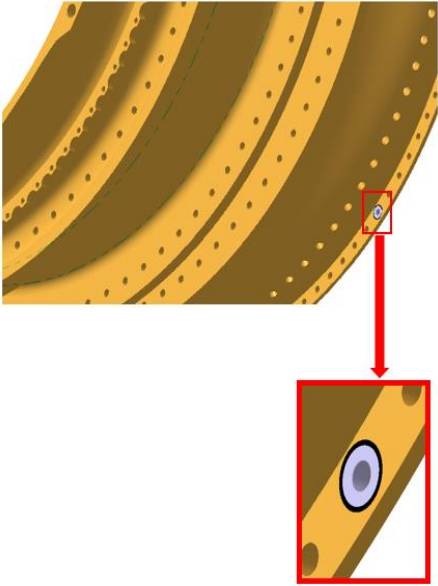
6.5. Instruction technique 0050 : Installation de la bague.


 SAFRAN	Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B	
Service : Méthodes/Indus	IT: Installation of the Bushing/ Installation de la bague.	N° IT : 0050	
N°	désignation	Schémas ou croquis	
10	<p><u>Application de la pâte :</u></p> <p>Appliquer la pâte de chromate de baryum sur les zones réparées du Carte de la Soufflante comme suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> Retirer la graisse des trous de fixation avec un chiffon propre imbibé de l'Acétone. Sécher les zones nettoyées par l'utilisation d'un chiffon propre et de l'air sec. Appliquer la pâte [CP2723 Bolicone 73] à l'aide d'une brosse. <p>Remarque : Assurer que les zones réparées sont entièrement recouvertes avec la pâte et l'excès de revêtement est enlevé. Une couche d'environ (0,1 à 0,2 mm) d'épaisseur doit recouvrir les zones réparées.</p>		
20	<p><u>Nettoyage de la bague (Bushing):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Essuyez doucement la bague avec une serviette ou un chiffon saturé avec de la solution TURCO IND 79 (CP2560) dans un milieu ambiant. S'assurer par un contrôle visuel que la pièce ne présente aucune pellicule de graisse ou de souillure. Dans le cas contraire continuer à nettoyer. Sécher la bague à l'aide de l'air comprimé sec et déshuilé. 		
30	<p><u>Durcissement de la bague :</u></p> <p>Mettre la bague entièrement dans l'Azote liquide pendant 3 min.</p>		
Rédacteur : Ayoub EL HANBALI		Approbation : Amine RAHOU	Date : 10/05/2018 Folio : 1 / 2

N°	désignation	Schémas ou croquis
40	<p><u>Installation de la bague :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Installer la bague. • Fixer la bague par un dispositif mécanique (vis-écrou et Deux rondelles). 	
50	<p><u>Nettoyage :</u></p> <p>Nettoyer la pâte anti-corrosion non désirée avec un chiffon propre et sec.</p>	

<p>Rédacteur : Ayoub EL HANBALI</p>	<p>Approbation : Amine RAHOU</p>	<p>Date : 10/05/2018 Folio : 2 / 2</p>
--	---	--

6.6. Instruction technique 0060 : Application du mastic (étanchéité)

		Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B
Service : Méthodes/Indus		IT: Application of Sealant / <i>Application du mastic.</i>	N° IT : 0060
N°	désignation	Schémas ou croquis	
10	<p><u>Préparation :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Préparer les surfaces à sceller. • Préparer le produit comme suit : <ul style="list-style-type: none"> ○ Base : 10 parties en poids. ○ Catalyseur : 1 partie en Poids. • Une fois le mélange préparé, dégazer dans l'installation sous vide à une pression de (20 mm Hg - 30 mm Hg) pendant quelques minutes. Si le dégazeur à vide n'est pas disponible, tous les efforts doivent être faits pour éliminer les bulles d'air et les vides du mélange d'étanchéité. 		
20	<p><u>Application de la pâte d'étanchéité :</u></p> <p>Retirer le produit d'étanchéité de l'installation de mise sous vide et à l'aide d'un Applicateur de type pistolet équipé de la buse de diamètre correct (3mm - 6 mm), appliquer un cordon de produit d'étanchéité sur la surface à sceller.</p>		
Rédacteur : Ayoub EL HANBALI		Approbation : Amine RAHOUI	Date : 11/05/2018 Folio : 1 / 2

N°	désignation	Schémas ou croquis
30	<p><u>Finition :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Habiller la perle (produit d'étanchéité) par une spatule. 	
40	<p><u>Polymérisation :</u></p> <p>Laisser de polymériser le produit d'étanchéité comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 heures à 48 heures à la température ambiante. • L'humidité relative nominale est de 50 pour cent. 	


Rédacteur :
Ayoub EL HANBALI



Approbation :
Amine RAHOUI

Date : 11/05/2018



Folio : 2 / 2

6.7. Instruction technique 0011 : Enlèvement de la corrosion par usinage.

	Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B
Service : Méthodes/Indus	IT : Removal of the corrosion / <i>Enlèvement de la corrosion</i>	N° IT : 0011

N°	désignation	Schémas ou croquis
10	<p><u>Abrasion :</u></p> <p>Élimination de la corrosion dans les trous de noix ou trous de canal de gang</p>	<ul style="list-style-type: none"> Braiser soigneusement les surfaces corrodées à la main et à l'aide du papier abrasif, ou utiliser une Meuleuse conique avec une brosse métallique pour la corrosion autours des trous.  <ul style="list-style-type: none"> Faire l'usinage (forage) des trous jusqu'à l'élimination de la corrosion, En utilisant une meuleuse droite avec différentes diamètre (entre 7 et 8mm). 

Rédacteur : Ayoub EL HANBALI	Approbation : Amine RAHOU	Date : 25/05/2018
		Folio : 1 / 2

N°	désignation	Schémas ou croquis
30	<p>Contrôle :</p> <p>Nettoyage et inspection visuelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> Assurer l'enlèvement complet des déchets, en utilisant un chiffon imbibé de l'Acétone (CP1039)  <ul style="list-style-type: none"> Mesurer les trous alésés, puis contrôler la marge (tolérance), en utilisant un Pied à Coulisse Digital  <ul style="list-style-type: none"> Mesurer les surfaces braisées à l'aide de la Patte (Cire)

Rédacteur :

Ayoub EL HANBALI


Approbation :

Amine RAHOUI

Date : 25/05/2018

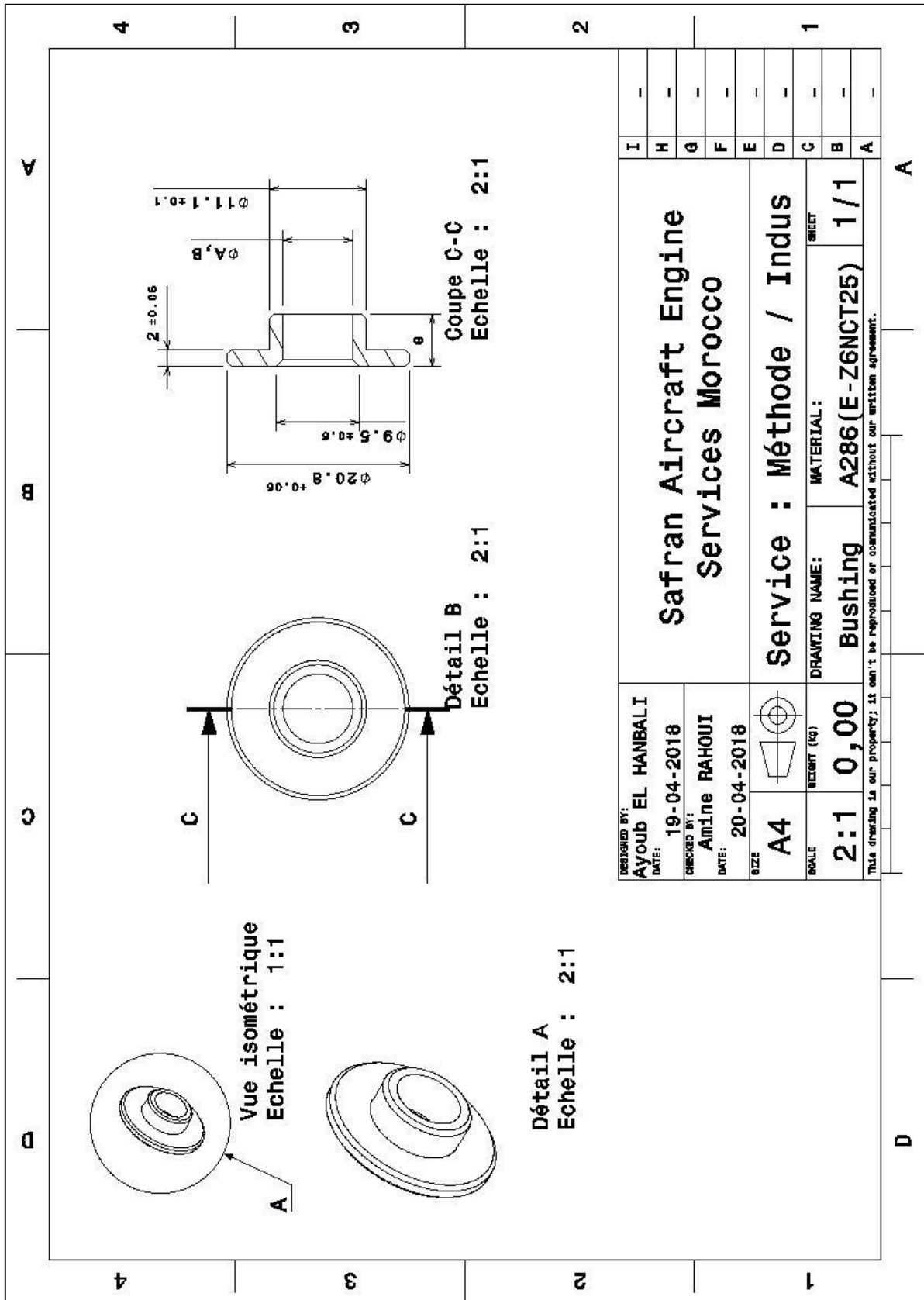
Folio : 2 / 2

6.8. Instruction technique 0021 : Nettoyage à haute pression.

		Nomenclature des phases	Moteur Civile CFM56-7B
Service : Méthodes/Indus		IT : Steam Cleaning / <i>Nettoyage à haute pression</i>	N° IT : 0021
N°	désignation	Schémas ou croquis	
10	<p><u>Préparation :</u></p> <p>Ajuster les paramètres du jet en sortie de lance de vaporisation afin d'obtenir le meilleur nettoyage.</p> <p>Produit utilisé : SUPER BEE 300LF CLEANER (CP2615)</p> <p>Paramètre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pression du jet : 100 Bars maxi. - Concentration de la solution de détergent : 1% (10ml/l de SUPER BEE 300LF CLEANER) - Température : 50 à 70°C 		
20	<p><u>Attaque chimique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Projeter le jet de solution SUPER BEE 300LF CLEANER au moyen de la lance pendant 5 à 30 minutes selon le besoin. • L'extrémité de la buse doit être située entre 250 et 300 mm de la surface de la pièce et le jet doit former un angle d'environ 45 degrés par rapport à la surface à nettoyer. 		
30	<p><u>Rincage :</u></p> <p>Rincer à l'eau chaude en vaporisant à l'aide du pistolet dont l'alimentation en SUPER BEE 300LF CLEANER aura été coupée.</p> <p>Paramètre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pression du jet : 100 Bars maxi. - Température : 70 à 88°C 		
40	<p><u>Contrôle :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • S'assurer par un contrôle visuel que la pièce est parfaitement propre et exempte de toute particule résiduelle (attacher une attention particulière aux cavités), si traces persistent recommencer l'opération. • S'assurer que la pièce est sèche et qu'il n'y a pas de présence d'eau ni de produit dans les cavités et les zones de rétentions. 		
<p>Rédacteur : Ayoub EL HANBALI</p>		<p>Approbation : Amine RAHOUI</p>	<p>Date : 28/05/2018</p> <hr/> <p>Folio : 1 / 1</p>

7. Étude de la fabrication des bagues utilisées dans la réparation 029 :

7.1. Conception : dessin de définition de la bague.



7.2. Quantité prévue à consommer dans une année.

Notons que la phase de fabrication de la bague vient après les phases de forage des trous, de nettoyage, de ressuage et d'inspection.

Après la mesure des diamètres des trous usinés nous pouvons lancer la fabrication des bagues selon la quantité, ainsi selon les différents diamètres.

En effet, pour atteindre l'objectif attendu, on va proposer de traiter la bague comme une pièce de rechange. Donc, il faut de travailler avec un esprit de gestion de stock c'est-à-dire nous avons besoins de faire un approvisionnement à propos du nombre des bagues qu'on veut fabriquer.

D'après les rapports d'inspection nous avons constaté que la moyenne du nombre des bagues réservées pour une réparation est égale à 10. Alors, l'approvisionnement annuel est de 70 bagues pour une cadence de 30 moteurs. Or le site SAESM approvisionnera de livrer 48 moteurs au cours de l'année 2018. Donc, on va lancer la fabrication d'environ 112 bagues.

8. Estimation des gains

L'approche d'industrialisation des nouvelles réparations va apporter des gains directs, qu'on peut évaluer quantitativement, et d'autres gains non chiffrés constaté par la fluidité de flux de matière.

Le tableau suivant résume le gain approvisionné qui influence la pénalité de retard coûtant 5000 € par jour.

	Situation actuelle	Situation améliorée	Gain temporaire	Gain chiffré en €
Temps de la réparation	40 jours	15 jours	25 jours	125 000 €

Tableau 10: Estimation du gain

9. Conclusion

A la fin de ce chapitre, je garantie que les livrables identifiés dans la phase du lancement d'industrialisation sont prêts sous forme des instructions techniques résume la démarche des réparations d'une manière structurée et détaillée avec une validation d'industrialisation.

CONCLUSION GENERALE

Dans la lumière de mon projet de fin d'étude effectué au sein de Safran Aircraft Engine Services Morocco intitulé « Développement des réparation sur carter de la soufflante du moteur civile CFM56-7B » et qui s'inscrit sous le titre de la formation professionnelle pour l'obtention du diplôme Master en sciences et technique de la faculté des sciences et techniques de Fès, j'ai pu profiter d'une expérience très riche dans le domaine aéronautique et découvrir en détail le secteur aéronautique, ses acteurs, ses contraintes.... Il m'a donnée l'opportunité de participer concrètement à ses enjeux à travers ma mission qui consiste à développer des réparations qui relèvent d'une importance considérable pour l'amélioration de TAT.

Au terme de ce projet, une brève rétrospective permet de dresser le bilan du travail effectué avec ses difficultés et ses contraintes, mais aussi et surtout les retombés de notre étude.

Pour répondre aux exigences du cahier des charges, différentes actions ont été proposées, engagées, et réalisées. Au début il a fallu s'intégrer dans l'équipe de travail et suivre une démarche adéquate basée sur des outils appropriés.

En effet, après avoir présenté l'organisme d'accueil et définir le cahier des charges, le deuxième chapitre de ce rapport consacré à la phase « Lancement Pré-études » qui nous a permis de cadrer le périmètre d'intervention, la problématique ainsi que les objectifs du projet en utilisant des outils associés à cette phase tels que le QQQQCP, la loi de Pareto et la méthode 6M.

Quant au troisième chapitre, il contient deux phases, la première consiste à décrire les gammes de principes des réparations, à identifier les livrables et définir les risques préliminaires et la deuxième partie est dédiée à proposer un plan d'action se forme d'un mode opératoire des réparations avec l'élimination ou la réduction des risques et des dangers.

Références Bibliographiques

- [1] Groupe Safran.
- [2] <http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Methodes-optimisation/QQQQCCP.htm>
- [3] ESM (Engine Shop Manuel).
- [4] BENICHOU J. et MALHIET D., Etudes de cas et corrigés en gestion de production, ED 1991
- [5] <http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Methodes-optimisation/5m-ishikawa.htm>
- [6] Center for Security Studies, ETH Zürich. Analyses des risques et des dangers et protection de la population, Zürich, mars 2011.
- [7] SPM (Standard Practice Manuel).

Annexe

Annexe 1

Photo 1

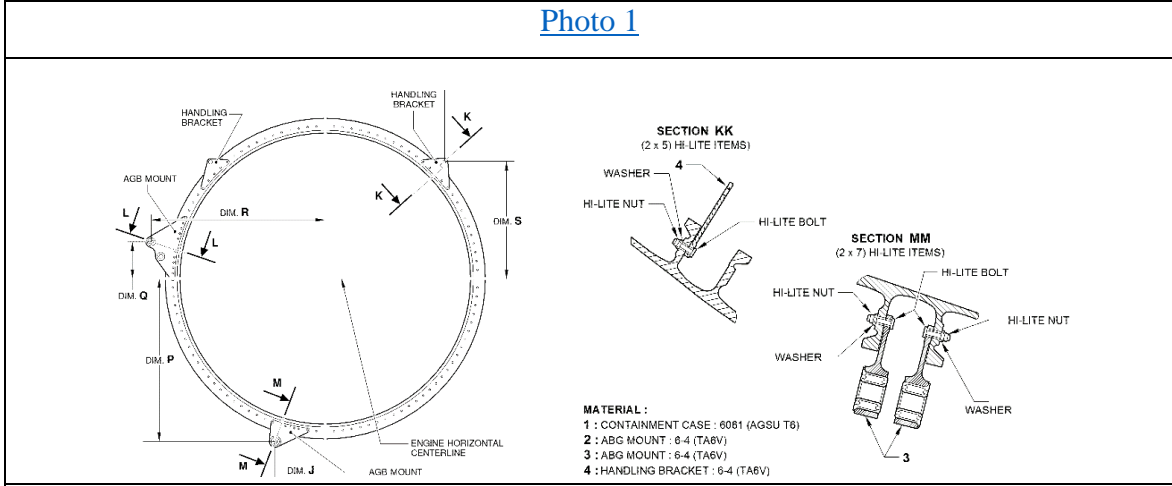


Photo 2

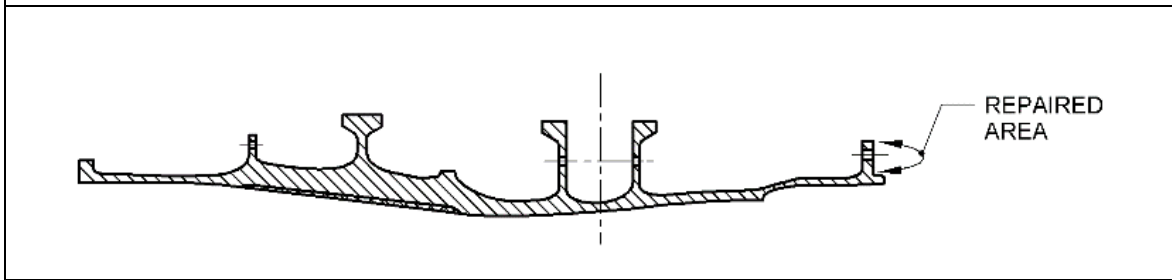


Photo 3

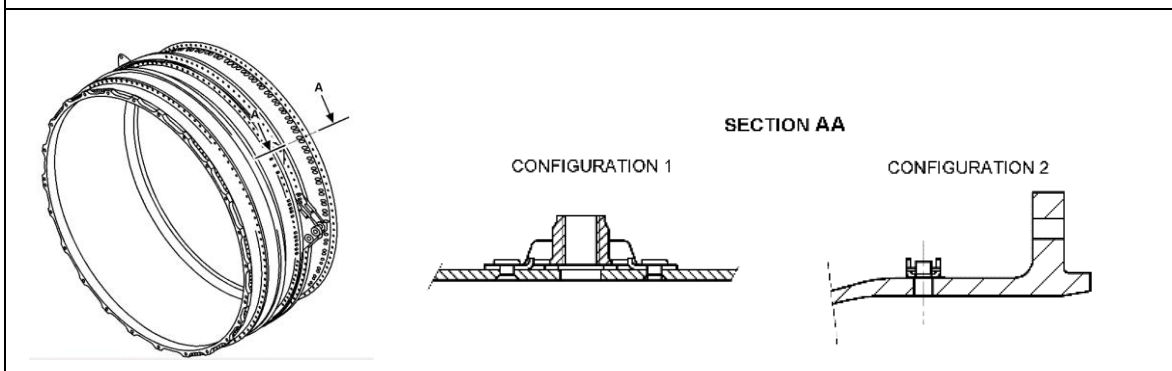
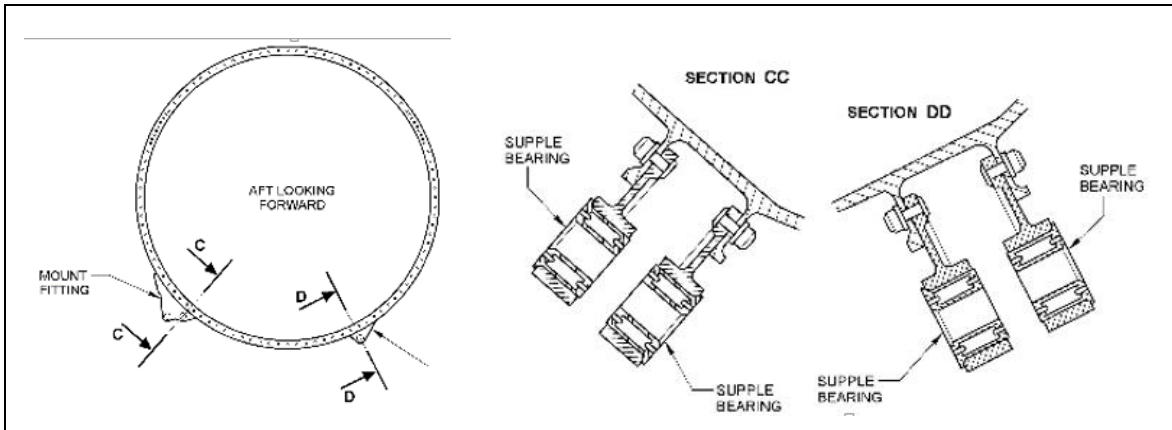
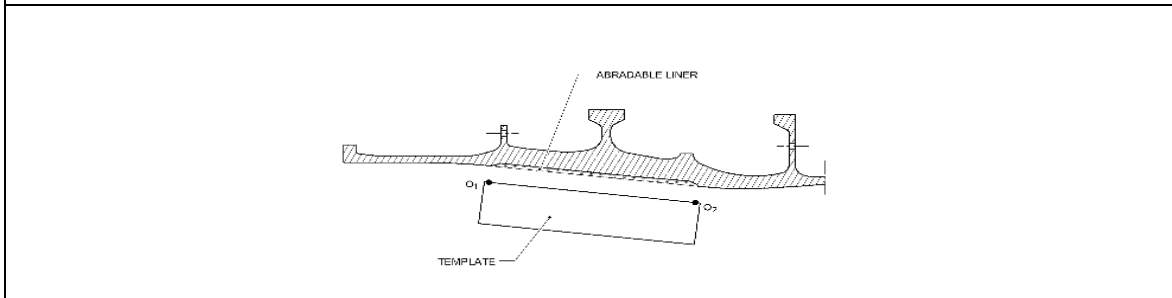


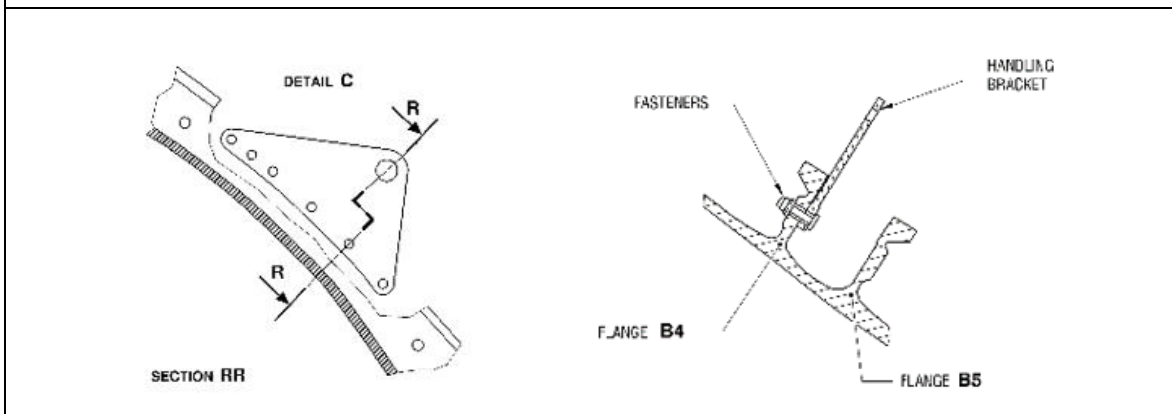
Photo 4



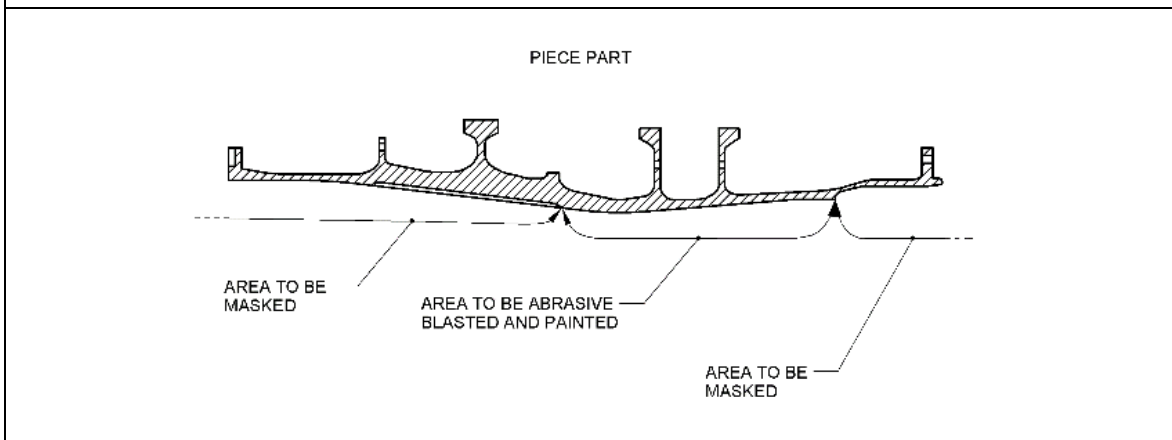
[Photo 5](#)



[Photo 6](#)



[Photo 7](#)



[Photo 8](#)

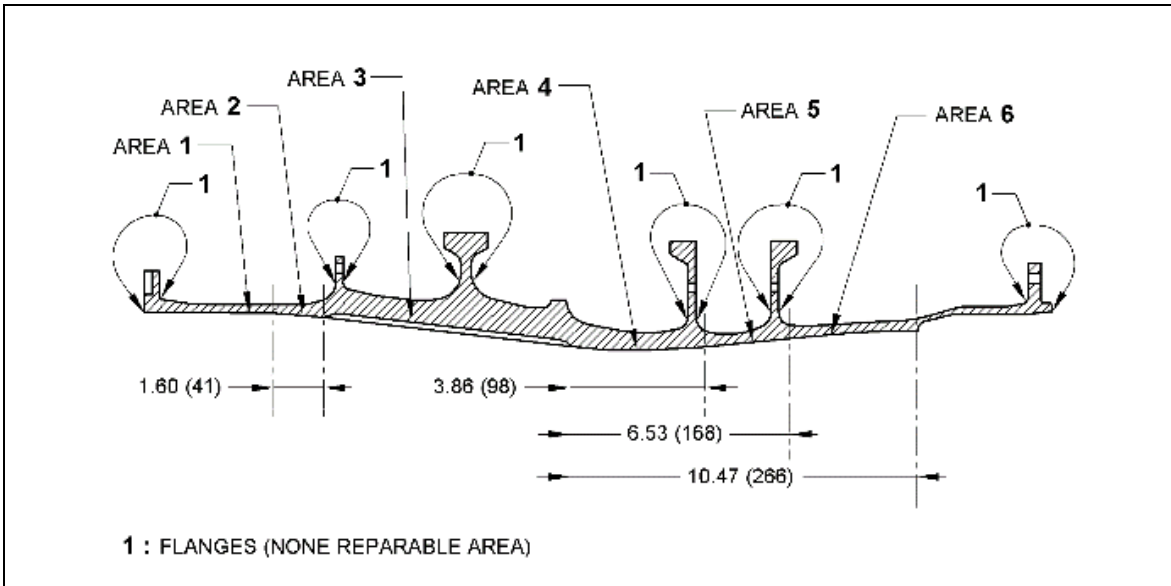


Photo 9

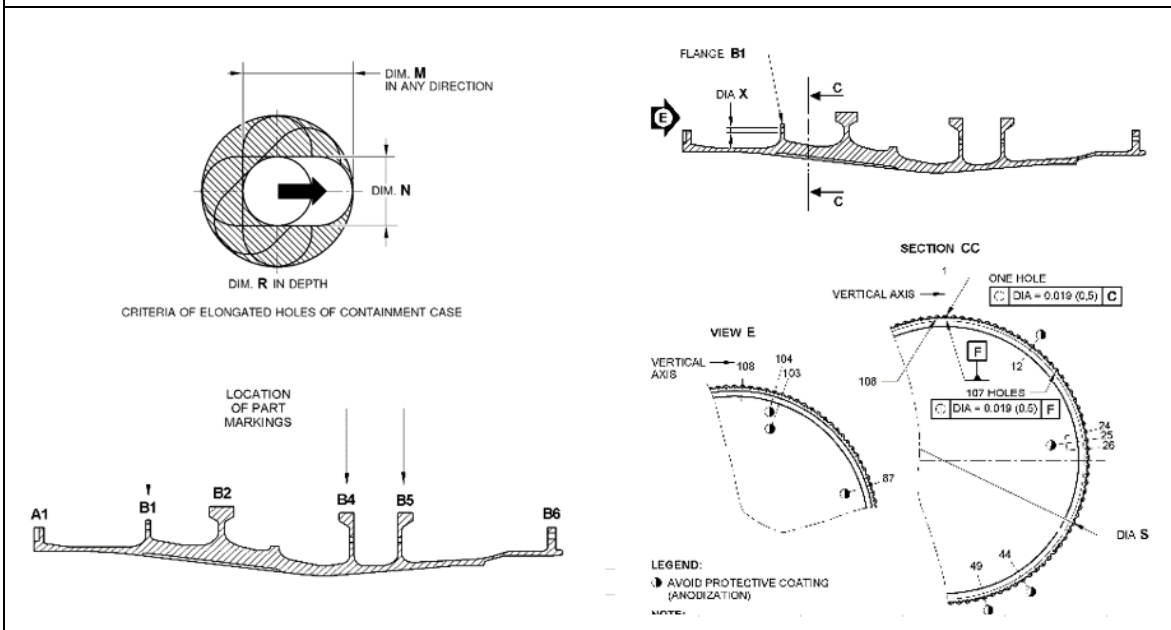
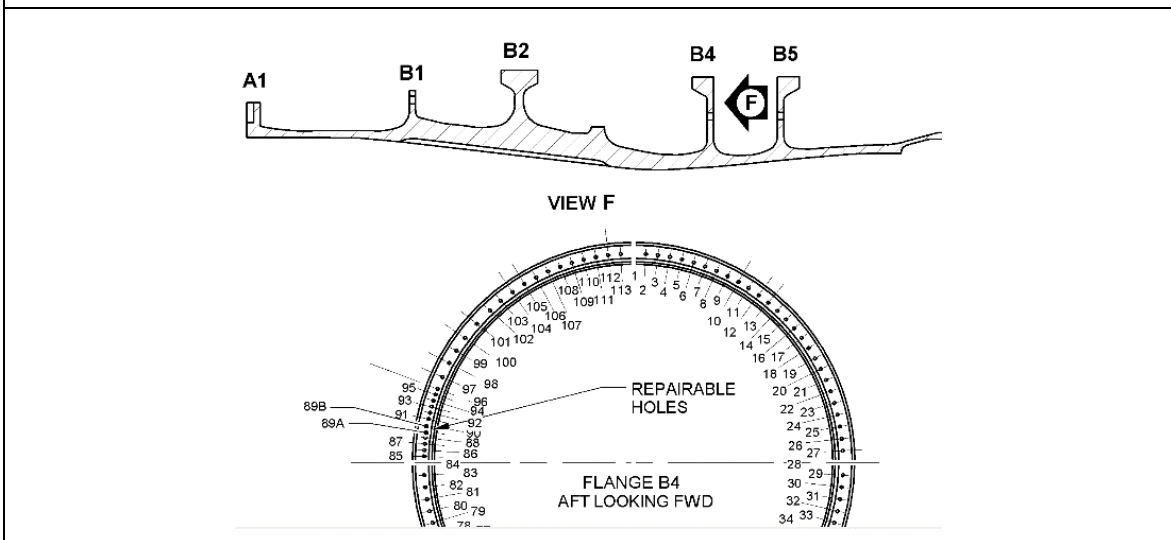
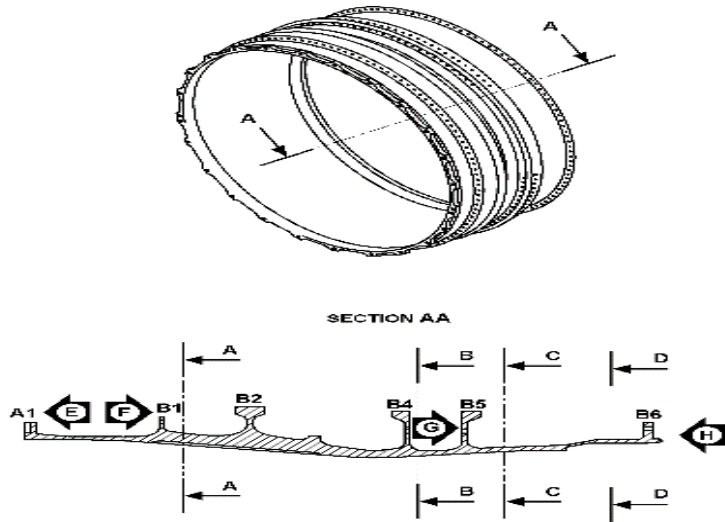


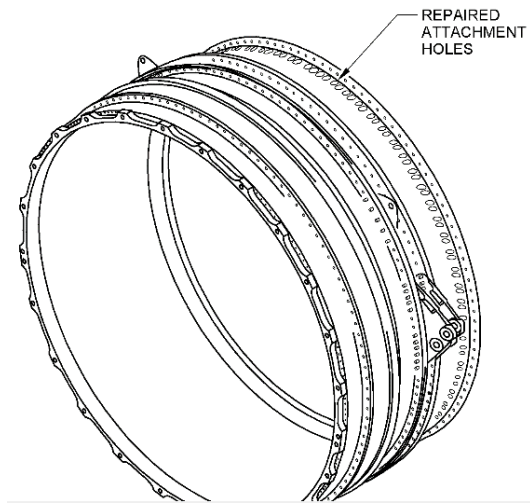
Photo 10



[Photo 11](#)



[Photo 12](#)



[Photo 13](#)

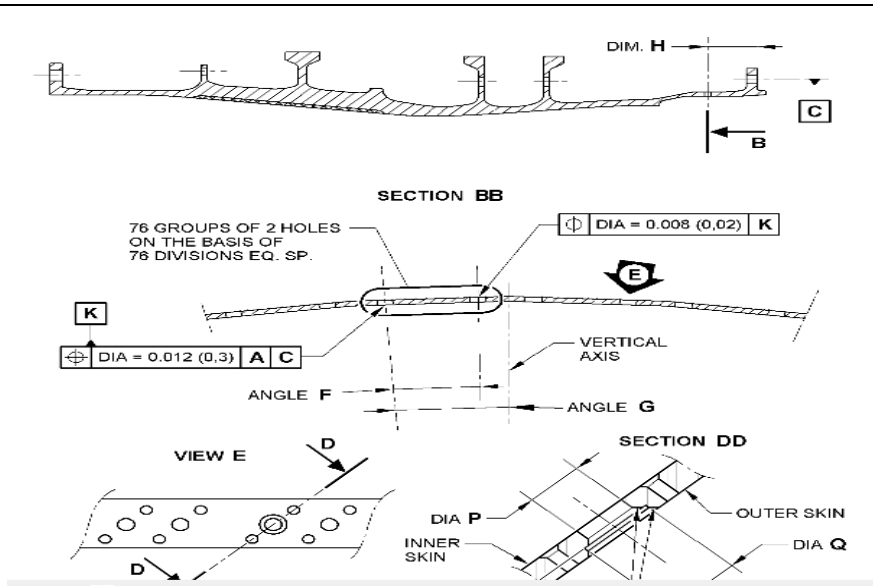


Photo 14

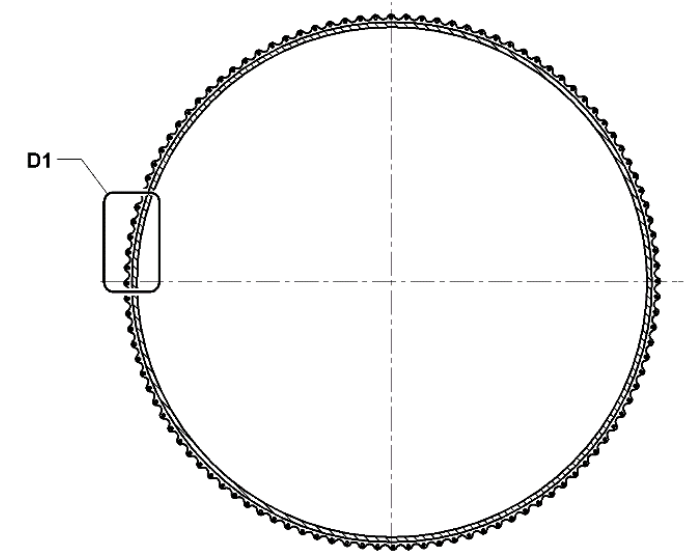


Photo 15

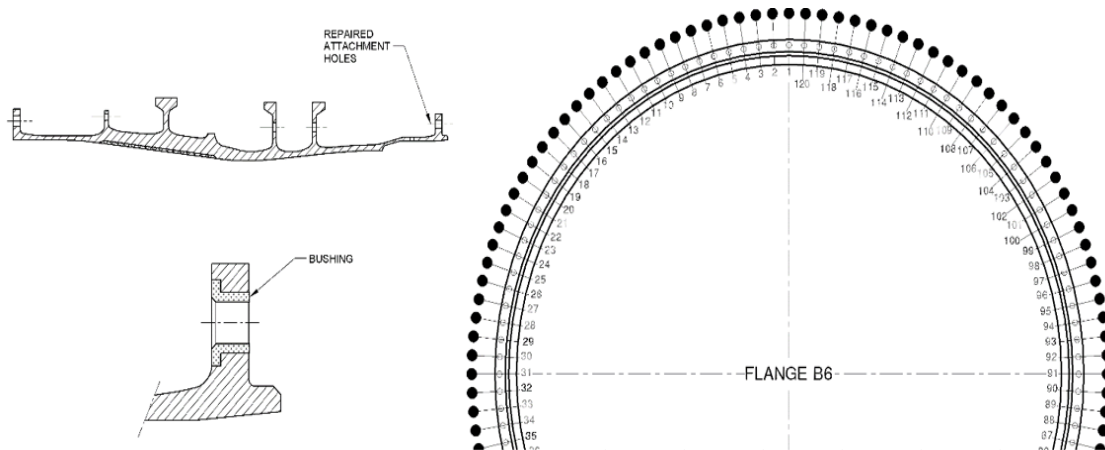
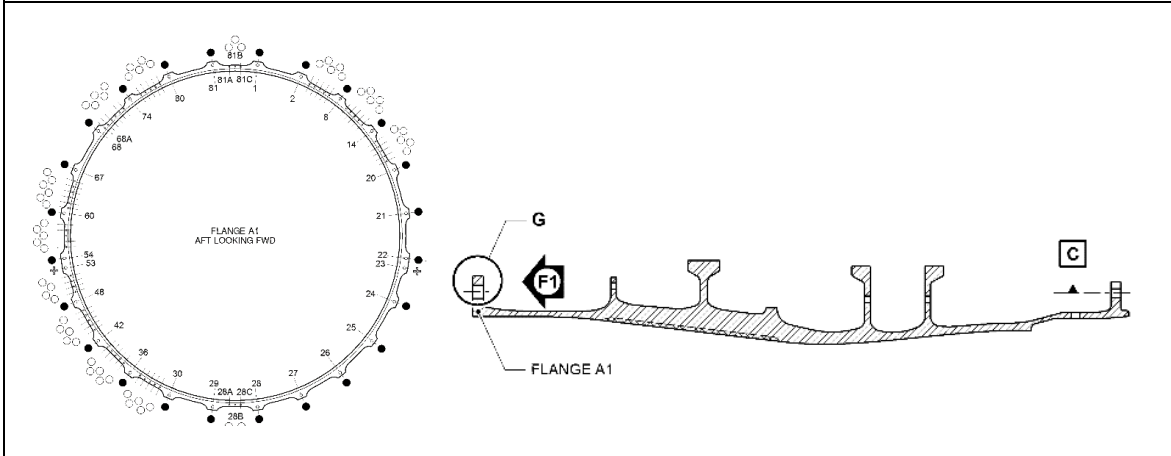


Photo 16



Annexe 2

CP2011	Stoddard
CP1041	Isopropyl Alcohol
CP2640	Alodine 1200S
CP2641	Alodine 1200S-RTU
CP2642	Alodine 1201
CP2644	Alocrom 1200 Brush Part A
CP2645	Alocrom 1200 Brush Part B
CP2659	Alodine 1132