

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté des Sciences de L'Ingénieur  
Département Génie Mécanique

## Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

**Filière : Electromécanique**  
**Spécialité : Maintenance Industrielle**

### THEME

Etude de la Fiabilité et Application de l'Analyse  
ABC(Pareto) et AMDEC sur la cabine de peinture  
humide

Présenté par :

Mr. HADJ ALI Lyes

Mr. BOURAHLA Youcef

Promoteur : Mme. BAHLOUL.H

Co- Encadreur : Mr. BELAID.Halim

Année universitaire 2023- 2024

## *Dédicace*

*Ce mémoire est dédié*

*À mes parents, en signe de gratitude pour leur soutien  
inconditionnel et leur amour incommensurable. Leur soutien et leur  
confiance en moi ont constitué une source de motivation inestimable  
tout au long de mon cheminement.*

*À mes chers frères et ma chère sœur*

*À mes grands-parents*

*À mes cousins*

*À mes amis et collègues, YUCEF, ANIS, HICHAM, HADI, KHALIL,  
AZIZ, NOUR EL HOUDA, AYMANE, MAROUANE, ABDELLAH,  
ZINO, HAKIM, HAMZA, ABDELBARI, pour leur amitié, leur  
précieuse assistance et leurs instants de partage qui ont rendu ce  
voyage plus plaisant.*

## *Dédicace*

*Louange à Allah qui m'a accordé l'achèvement de ce travail.*

*Je remercie mes parents qui m'ont aidé et soutenu tout au long de mon  
parcours académique.*

*Je demande à Allah de les protéger et de prendre soin d'eux.*

*J'adresse mes salutations aux membres de ma famille,*

*À mes grands-parents,*

*À ma tante,*

*À mon frère et mes sœurs,*

*À mes cousins et à mes oncles.*

*Je remercie mes amis et collègues ILYES, OUSSAMA, ANIS, HICHAM,  
NOUR AL-HUDA, AYA, YOUNES, KHALIL, ABDELBARI,  
ABDELAZIZ, ABDELLAH, ZINO, SOHAIB, TAKI, HAKIM,  
MAROUANE<sup>2</sup>, AYMANE<sup>2</sup>, ZAKI et tous ceux que j'ai pu oublier.*

**YOUCEF**

## *Remerciement*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.*

*En premier lieu, nous remercions notre directeur de mémoire, madame BAHLOUL, pour sa disponibilité, ses conseils avisés et son soutien tout au long de cette aventure. Son expertise et sa bienveillance ont été des atouts précieux pour mener à bien ce travail.*

*Nous souhaitons également remercier Mr halim BELAID, pour nous avoir conseillé, dirigé pendant ce parcours. Aussi à toute l'équipe d'ingénieurs génie mécanique, techniciens supérieurs et operateurs de CIR.SNVI.*

*Enfin, nous remercions tous les membres du jury qui font l'honneur d'examiner et discuter notre travail de mémoire de fin d'études.*

*À tous, nous adressons nos plus sincères remerciement*

**Résumé :**

Cette étude s'inscrit dans le domaine application plus que fondamental, il a été réalisé dans le service la carrosserie industrielle de Rouïba (CIR/SNVI) et nous a permis de découvrir la réalité de l'activité d'un complexe industriel. Notre mémoire est relatif à une étude de fiabilité qui montre que notre système est fiable et toujours disponible de 82% et l'application dès l'analyses AMDEC et Pareto sur la cabine de peinture humide, qui nous a permis d'identifier les éléments les plus défaillants de notre machine, Ce qui nous a permis de constater que le démarreur moteur soufflage était le plus défaillant, nous avons constaté aussi que le ventilateur d'extraction était défaillant. Pour cette raison nous avons proposé d'éviter ces pannes en changeant le démarreur et en proposant un plan d'entretien pour le ventilateur d'extraction.

**Mots clés :** cabine de peinture ; fiabilité ; disponibilité ; analyse AMDEC ; Pareto ; ventilateur d'extraction ; démarreur de moteur.

**ملخص:**

تقع هذه الدراسة في مجال التطبيق أكثر من كونها أساسية، وقد تم تنفيذها في قسم الهياكل الصناعية في الرويبة (CIR/SNVI) وسمحت لنا باكتشاف واقع نشاط مجمع صناعي. يتعلق بحثنا بدراسة موثوقية تظهر أن نظامنا موثوق ومتاح بنسبة 82% وتطبيق التحليلات AMDEC وباريتو على غرفة الطلاء الرطبة، مما سمح لنا بتحديد العناصر الأكثر فشلاً في التنا. لقد لاحظنا أن مبدل بدء التشغيل للمحرك هو الأكثر فشلاً، ولاحظنا أيضاً أن مروحة الشفط كانت تعاني من الفشل. لهذا السبب، اقترحنا تجنب هذه الأعطال عن طريق تغيير مبدل البدء واقترح خطة صيانة لمروحة الشفط.

**الكلمات الرئيسية:** غرفة الطلاء؛ موثوقية؛ توفر؛ تحليل AMDEC؛ باريتو؛ مروحة شفط؛ مبدل بدء المحرك.

**Abstract**

This study falls within the field of practical application rather than fundamental, it was conducted in the industrial bodywork department of Rouïba (CIR/SNVI) and allowed us to discover the reality of the activity of an industrial complex. Our report relates to a reliability study that shows that our system is reliable and always available at 82%, and the application of AMDEC and Pareto analyses on the wet paint booth, which allowed us to identify the most failing elements of our machine. This enabled us to observe that the motor starter for the blower was the most failing, and we also found that the extraction fan was failing. For this reason, we proposed to prevent these breakdowns by replacing the starter and proposing a maintenance plan for the extraction fan.

**Keywords:** paint booth; reliability; availability; AMDEC analysis; Pareto; extraction fan; motor starter.

---

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise.	
Introduction.....	2
I.1. Historique de l'entreprise.....	2
I.2. Mission.....	4
I.3. Présentation de la Carrosserie Industrielle de Rouïba (CIR).....	6
I.3.1. Création de la filiale EPE-CIR-SPA ROUIBA.....	6
I.3.2. Rôle de la Carrosserie Industrielle de Rouïba (CIR).....	6
I.3.2.1. Nature de l'activité.....	6
I.3.2.2. Les objectifs de la filiale.....	6
I.3.2.3. Les Ateliers.....	7
I.3.2.4. Surface totale de la Carrosserie.....	7
I.4. Organisation de la filiale Carrosserie Industrielle de Rouïba « CIR ».....	8
I.4.1. Direction Contrôle de Gestion Audit.....	7
I.4.2. Direction Ressources Humaines.....	7
I.4.3. Direction Finance et Comptabilité.....	7
I.4.4. Direction Achat / Approvisionnement et Vente.....	7
I.4.5. Direction Production.....	8
I.4.6. Direction Gestion Industrielle et Planification.....	8
I.4.7. Direction Technique.....	8
I.4.8. Direction Maintenance industriel.....	9
I.5. La Direction de Maintenance Industrielle.....	9
I.5.1. Un Département de Réalisation.....	9
a. Service Méthode.....	9
b. Service Moyen de Production (M.D.P).....	9
I.5.2. Un Département Energie et Fluides.....	9
a. Service de maintenance Annexe.....	9
b. Service intervention maintenance et nettoyage technique.....	9

---

I.6.	Organigramme de l'entreprise.....	9
	Conclusion .....	13
<b>CHAPITRE II : Généralité sur les cabines de peinture.</b>		
	Introduction.....	14
II.1.	Définition d'une cabine de peinture .....	14
II.2.	Les composants principaux d'une cabine peinture.....	14
II.2.1.	Ventilateur d'extraction .....	14
II.2.2.	Ventilateur de remplacement d'air .....	14
II.2.3.	Fosse.....	15
II.2.4.	Les filtres.....	15
II.2.5.	Éclairage.....	16
II.2.6.	Système de Chauffage.....	16
II.2.7.	Équipement de Protection Individuelle (EPI).....	17
II.3.	Fonctionnement d'une cabine de peinture.....	18
II.4.	Types de cabines de peinture .....	19
II.4.1.	Cabines à ventilation horizontale .....	19
a)	Cabines ouvertes à ventilation horizontale.....	19
b)	Cabines fermées à ventilation horizontale.....	20
II.4.2.	Cabines à ventilation verticale .....	20
a.	Cabines fermées à ventilation verticale.....	20
b.	Cabine ouverte à ventilation verticale .....	21
II.4.3.	Autres cas .....	21
A.	Cabines à ventilation oblique .....	21
B.	Cabines de grande longueur à ventilation fractionnée et aires de peinture .....	22
C.	Cabines de pistolage sans opérateur à l'intérieur .....	22
II.5.	Exemples d'utilisation des cabines de peinture.....	22
II.6.	Les avantages d'une cabine de peinture .....	23
II.6.1.	Améliorez les résultats .....	23

II.6.2. Respectez la réglementation.....	23
II.6.3. Réduisez les coûts .....	23
II.7. Les inconvénients.....	24
Conclusion .....	24

### CHAPITRE III : Description de la cabine peinture humide.

Introduction .....	25
III.1 Description du bâtiment peinture .....	25
III.2 Description de la cabine de peinture humide(danto-rogeat) .....	26
III.3 Les composants de la cabine peinture .....	28
III.4 Principe de fonctionnement de la cabine peinture humide(danto-rogeat).....	28
III.5 Caractéristiques techniques de la cabine .....	30
III.6 Structuration de la CPH (danto-rogeat).....	30
III.6.1. PARTIE MECANIQUE .....	30
a. Le soufflage .....	30
b. Les rideaux d'eau .....	31
c. Éclairage .....	31
d. Portes .....	32
e. Filtrage .....	32
f. Extraction.....	33
g. La fosse .....	34
h. Le bruleur de gaz .....	36
i. Ossature .....	37
III.6.2. PARTIE ELECTRIQUE .....	37
Conclusion .....	40

### CHAPITRE IV : Fiabilité de la cabine de peinture humide.

Introduction .....	41
Problématique .....	41
IV.A Analyse de la cabine de peinture humide par la méthode Pareto .....	42

---

1. Généralité sur la méthode Pareto .....	42
2. Principe .....	42
3. La courbe ABC .....	43
4. Analyse statistique de différentes pannes de la cabine peinture .....	43
4.1. Classification ABC .....	44
4.2. La Courbe ABC .....	45
5. Résultat d'analyse par la méthode Pareto .....	46
IV.B Etude fiabilité sur le démarreur de moteur soufflage la CPH .....	46
1. Définition de fiabilité .....	46
2. But de fiabilité .....	46
3. Type de fiabilité .....	46
4. Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité .....	47
4.1. Densité de probabilité .....	47
4.2. Fonction de répartition .....	47
4.3. La fonction de fiabilité .....	47
4.4. Taux de défaillance .....	47
4.5. Courbe caractéristique du taux de défaillance .....	48
4.6. Temps de moyenne de bon fonctionnement .....	49
4.7. Approximation de la fréquence cumulée $F(i)$ .....	49
5. Loi de Weibull .....	50
5.1. Modèle de Weibull .....	50
5.2. Fonction de distribution ( $\gamma=0, \eta=1$ ) .....	51
5.3. Courbes représentatives de $R(t), \lambda(t)$ ( $\gamma=0, \eta=1$ ) .....	52
5.4. Courbes représentation de ( $\gamma=0, \eta=1$ ) .....	52
5.5. Signification des paramètres de fiabilité de "Weibull" .....	52
5.6. Expressions mathématiques .....	53
6. Maintenabilité .....	54
6.1. Définition .....	54

6.2. Commentaires .....	55
6.3. Calcule de maintenabilité .....	55
7. Disponibilité .....	56
7.1. Définition .....	56
7.2. Quantification de la disponibilité .....	56
8. Application de la loi de WEIBULL sur le démarreur de moteur soufflage .....	57
8.1. Papier WEIBULL .....	58
8.2. Détermination des paramètres de WEIBULL .....	60
8.3. Recherche des MTBF .....	60
8.4. Recherche de la probabilité de bon fonctionnement .....	60
8.5. Recherche de la probabilité de défaillance .....	60
8.6. Calcul de maintenabilité .....	61
8.7. Calcul de disponibilité .....	61
•Interprétation des résultats .....	61
Conclusion .....	62

## CHAPITRE V : Analyse AMDEC de la cabine de peinture humide.

Introduction .....	64
1) Généralité sur la méthode AMDEC .....	64
a) Historique .....	64
b) Définition d'AMDEC .....	64
c) Les objectifs d'AMDEC .....	65
d) Types d'AMDEC .....	65
e) Les démarches pratique de l'AMDEC .....	65
f) Fiche AMDEC.....	66
g) Les mots relatifs à l'AMDEC .....	67
h) Application la méthode AMDEC sur le démarreur de moteur soufflage et sur le ventilateur d'extraction .....	69
•Décomposition du système .....	69

2) Tableau AMDEC .....	74
3) Synthèse .....	78
4) Proposition du plan de maintenance sur le ventilateur d'extraction et ces éléments .....	79
Conclusion .....	80
Conclusion générale .....	81
Annexe .....	83
Références Bibliographiques .....	84

## *Sommaire*

---

## CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise.

Figure I.1 : Le logo de l'entreprise .....	3
Figure I.2 : Camion SNVI B400. ....	4
Figure I.3 : Camion SNVI B 260.....	4
Figure I.4 : SNVI Numidia Lux .....	4
Figure I.5 : SNVI Fennec .....	4
Figure I.6 : Autobus SNVI 100 L6.....	5
Figure I.7 : Camion militaire SNVI M230. ....	5
Figure I.8 : SNVI Tanker.....	5
Figure I.9 : Organigramme de la société nationale des véhicules industriels (SNVI).....	10
Figure I.10 : Organigrammes de la carrosserie industrielle de Rouïba (CIR).....	11
Figure I.11 : Organigrammes de la direction maintenance.....	12

## CHAPITRE II : Généralité sur les cabines de peinture.

Figure II.1 : Système de ventilation d'une cabine peinture .....	15
Figure II.2 : Un filtre d'une cabine peinture.....	16
Figure II.3 : éclairage d'une cabine peinture. ....	16
Figure II.4 : Système de chauffage d'une cabine peinture. ....	17
Figure II.5 : Equipements de protection d'une cabine de peinture.....	17
Figure II.6 : Fonctionnement d'une cabine de peinture.....	19
Figure II.7 : Cabine de peinture ouverte à ventilation horizontale .....	19
Figure II.8 : Schéma de cabine de peinture fermée humide à ventilation verticale .....	20
Figure II.9 : Schéma de cabine de peinture fermée à ventilation verticale sèche. ....	21
Figure II.10 : Schéma de cabine de peinture à ventilation oblique.....	22

## CHAPITRE III : Description de la cabine peinture humide.

Figure III.1 : Chambre de peinture pendant le service .....	26
Figure III.2 : Coupe de la cabine de peinture.....	27

Figure III.3 : schéma de principe de fonctionnement.....	29
Figure III.4 : La cabine de peinture humide hors de service .....	30
Figure III.5 : Les filtres déposés au plafond de la cabine de peinture humide .....	33
Figure III.6 : Les Canales d'extraction de la cabine de peinture humide .....	34
Figure III.7 : La fosse de la cabine de peinture humide .....	35
Figure III.8 : Le brûleur la cabine de peinture humide.....	37
Figure III.9 : Circuit de puissance de cabine de peinture humide SNVI CIR .....	38
Figure III.10: Circuit de commande de la cabine peinture humide SNVI CIR.....	39

#### CHAPITRE IV : Fiabilité de la cabine de peinture humide.

Figure IV.1 : Sureté de fonctionnement .....	41
Figure IV.2 : Pourcentage des temps d'arrêt cumulés et le temps d'arrêt en fonction des organes.....	45
Figure IV. 3 : Courbe en baignoire représente l'évolution du taux de défaillance .....	48
Figure IV.4 : Diagramme d'ALLEN PLAIT .....	50
Figure IV.5 : Influence du facteur de forme $b$ sur la courbe de la densité probabilité.....	51
Figure IV.6 : Influence du facteur de forme $b$ sur la courbe de La fiabilité .....	52
Figure IV.7 : Influence du facteur de forme $b$ sur la courbe du taux de défaillance.....	52
Figure IV.8 : Courbe de la densité en fonction du paramètre de position ( $\gamma$ ). .....	53
Figure IV.9 : Histogramme de %Fi(t) et %Ri(i).....	58
Figure IV.10 : Nuage des points de TBF en fonction de Fi(t).....	59

#### CHAPITRE V : Analyse AMDEC de la cabine de peinture humide.

Figure V.1 : Tableau fiche AMDEC .....	67
Figure V.2 : décomposition de notre système étudié.....	70
Figure V.3 : Schéma électrique de démarrage d'un moteur à synchrone .....	72
Figure V.4 : Démarreur électrolytique d'un moteur de soufflage dans la cabine de peinture .....	72
Figure V.5 : Schéma cinématique de ventilateur d'extraction.....	73
Figure V.6 : la zone de lavage d'air (la fosse) de la cabine peinture humide .....	73

### CHAPITRE III : Description de la cabine peinture humide.

Tableau III.1 : Nomenclature du schéma de fonctionnement de la cabine de peinture. .... 29

### CHAPITRE IV : Fiabilité de la cabine de peinture humide.

Tableau IV.1 : Fiche historique des organes de la cabine de peinture. .... 43

Tableau IV.2 : Critère de Temps d'arrêt et le nombre de pannes des organes de la cabine de peinture. .... 44

Tableau IV. 3 : calcul de fiabilité de démarreur de moteur soufflage..... 57

### CHAPITRE V : Analyse AMDEC de la cabine de peinture humide.

Tableaux V.1. Désignations des fréquences. .... 67

Tableaux V.2. Désignation des détections. .... 68

Tableaux V.3. Désignation des gravités..... 68

Tableaux V.4. Désignations des criticités. .... 69

Tableaux V.5. Tableaux d'AMDEC de démarreur de soufflage et ventilateur d'extraction. .... 74

Tableau V. 6 : Plan de maintenance proposé. ....79

**S.N.V.I** : Société Nationale de Véhicules Industriels.

**SONACOM** : Société Nationale de Construction Mécanique.

**E.P.E** : Entreprise Publique et Etatique.

**C.N.P.E** : Conseil National des Participations de l'Etat.

**FOR** : Fonderie de Rouïba

**S.P.A** : Société Par Action.

**HOMELEC** : Holding Mécanique et Electronique.

**VIR** : Véhicules Industriels de Rouïba.

**CIR** : Carrosserie Industrielle de Rouïba.

**FIR** : Fonderie Industrielle de Rouïba.

**CPH** : Cabine de Peinture Humide.

**MTBF** : Moyenne de Temp de Bonne Fonctionnement

**TTR** : Temp de Réparation

**MTTR** : Temps Moyen de Réparation.

**D** : Disponibilité

**FMD** : étude de fiabilité, maintenabilité, disponibilité.

**AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et leurs Criticité.

**TBF** : Temps de Bon Fonctionnement

---

***INTRODUCTION***  
***GENERALE***

---

## **Introduction générale**

Dans le paysage industriel contemporain, la maintenance et la gestion efficace des équipements revêtent une importance cruciale pour la compétitivité des entreprises. Pour ceci nous allons réaliser une étude qui se focalise sur une analyse approfondie d'un de la cabine de peinture humide de l'entreprise SNVI Rouiba et s'articule sur cinq chapitres.

Le premier chapitre sera consacré à faire une présentation détaillée de l'entreprise SNVI Rouïba dans son ensemble. En mettant en lumière son historique, sa structure organisationnelle, ses produits phares et sa position sur le marché, cette section établit le cadre dans lequel s'inscrit notre étude spécifique de la cabine de peinture humide.

Des notions générales entourant les cabines de peinture, abordant les diverses technologies, les normes de sécurité et les impératifs environnementaux associés à ces installations seront décrits dans Le deuxième chapitre. Cette exploration préliminaire jette les bases essentielles pour une bonne compréhension approfondie du fonctionnement et des enjeux liés à la cabine de peinture humide qui fait objet de notre mémoire et sera traiter dans le prochain chapitre.

Focalisant ensuite sur la cabine de peinture humide de l'entreprise SNVI Rouïba, le troisième chapitre se penche sur une description détaillée de ses spécifications techniques de son processus opérationnel ainsi que ses avantages et ses défis. Cette section est nécessaire ainsi elle offre un aperçu approfondi du sujet central de ce mémoire.

Une étude de la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité à cet équipement industriel crucial qui est la cabine de peinture humide sera élaborée dans le quatrième chapitre dont l'objectif ultime est de fournir des recommandations pertinentes pour améliorer la fiabilité et l'efficacité de cette composante essentielle du processus de production de l'entreprise.

Enfin, dans le dernier chapitre on propose d'effectuer une analyse AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) pour identifier les risques potentiels et proposer des mesures préventives et correctives. De plus, un plan de maintenance sera élaboré afin d'optimiser les performances de la cabine de peinture et garantir sa disponibilité opérationnelle maximale. Nous terminons en fin par une conclusion générale.

---

# *Chapitre I*

## *Présentation de l'entreprise*

---

## **Introduction :**

Depuis mai 1995, l'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) a été créée en tant que société par actions. Son objectif est de concevoir, fabriquer, commercialiser et fournir un service après-vente pour une large gamme de produits tels que les camions, les tracteurs, les autobus, les autocars et les équipements de carrosserie industrielle. Dans ce présent chapitre nous allons présenter l'entreprise d'accueil ainsi qu'une brève description historique, de même nous avons cités ses différents services et ateliers, leurs rôles. Nous décrivons en suite plus précisément l'Organisation de la filiale Carrosserie Industrielle de Rouïba, dans laquelle nous avons effectué notre séjour scientifique de fin d'études Master.

### **I.1. Historique de l'entreprise [2] :**

Le cycle d'évolution de l'industrie mécanique en Algérie est marqué par trois grandes phases essentielles :

#### **➤ 1957 à 1967 :**

Implantation de société française BERLIET (02 juin) sur le territoire algérien par la construction, en juin 1957 d'une usine de montage de véhicule (poids lourd) à 30 km à l'est d'Alger.

#### **➤ 1967 à 1981 :**

Après 1962 l'industrie mécanique en Algérie était au stade embryonnaire, se limitant aux besoins de l'époque. En 1967, fut créé la SONACOME regroupant en son sein 11 entreprises qui deviendront autonomes à partir de 1980.

Ce choix organisationnel a été confirmé par le conseil des ministres, le 06 juillet 1981, donnât ainsi naissance à la Société Nationale de Véhicule Industriels (S.N.V.I.) par décret n°81-342 du 12 décembre 1981.

#### **➤ 1981 à 1995 :**

La société (S.N.V.I) est une entreprise publique sociale : de 1981 à 1995. Lors d'une réunion tenue par le comité national de restructuration de la **SONACOME**, et le décret de sa création lui consacra un statut d'entreprise socialiste des entreprises (GSE) en vigueur au plan institutionnel.

➤ **1995 à 2011 :**

Le mois de Mai 1995, la S.N.V.I a changé de statut juridique pour devenir une Entreprise Publique économique régie par le droit commun : la S.N.V.I est alors érigée en Société Par Actions (SPA), au capital social de 2,2 milliards de Dinars. La S.N.V.I devenue groupe industriel.

➤ **2011 à 2015 :**

De 2011 à Janvier 2015 Le mois d'Octobre 2011, la S.N.V.I a changé de statut juridique pour devenir un Groupe Industriel composé d'une Société Mère et de quatre filiales.

➤ **2015 à 2018 :**

Suite à la réorganisation du Secteur Public Marchand de l'Etat en date du 23 Février 2015, l'EPE FERROVIAL et toutes ses participations a été rattachée au Groupe SNVI comme 5ème Filiale.



**Figure I.1 :** Le logo de l'entreprise.

➤ **2018 à ce jour :**

Le Groupe SNVI est constitué de :

- EPE Fonderies de Rouïba (F.O.R)
- EPE Véhicules Industriels de Rouïba (V.I.R).
- EPE Carrosseries Industrielles de Rouïba (C.I.R).
- EPE Carrosseries Industrielles de Tiaret (C.I.T).

- EPE Entreprise Rénovation Véhicules Industriels (E.R.V.I).

## I.2. Mission :

La (S.N.V.I.), entreprise nationale de véhicules industriels est chargé dans le cadre du plan national de développement économique et social, de la recherche, du développement, de la production, de l'exportation, de la distribution et de la maintenance des véhicules industriels.

Parmi les véhicules industriels, il faut citer :

- Les Camions :



**Figure I.2 :** Camion SNVI B400.



**Figure I.3 :** Camion SNVI B 260

- Les Autocars :



**Figure I.4 :** SNVI Numidia Lux.



**Figure I.5 :** SNVI Fennec.

- Les Autobus :



**Figure I.6 :** Autobus SNVI 100 L6.

- Les Camions Spéciaux :



**Figure I.7 :** Camion militaire SNVI M230.

- Les Remorques et Semi-Remorques :



**Figure I.8 :** SNVI Tanker.

Et d'une manière générale, tous les véhicules destinés au transport routier, des personnes, des biens et des matières d'une charge utile supérieure à 1,5 tonne. [2]

### **I.3. Présentation de la Carrosserie Industrielle de Rouïba (CIR) [1] :**

La Carrosserie Industrielle de Rouïba, est une unité à caractère économique et commercial, ayant pour vocation, la participation au développement de l'industrie mécanique ; aux côtés des autres Filiales de la (S.N.V.I.) ; mise en production en septembre 1979, elle est autonome depuis 1987.

#### **I.3.1. Création de la filiale EPE-CIR-SPA ROUIBA :**

Cette filiale CIR SPA a été créée en 2011 par l'EPE (S.N.V.I.) SPA, selon le dispositif suivant :

- La résolution n°03-105 du 27 septembre 2010 du conseil de participation de l'état.
- Le procès-verbal du 28 septembre 2010 de l'AGEX de la (S.N.V.I.).
- Les statuts du 17 Mars 2011.
- Le registre de commerce n° 11 B 983447. 16-du 12 juin 2011.
- Siège social : zone industrielle de Rouïba, voie C, boîte postale n° 143, wilaya d'Alger, elle occupe une superficie 621000m<sup>2</sup> sur 10 hectares.
- Transfer comptable des actifs et passifs 01 janvier 2011.
- Capital social : 1.000.000 DA (100 actions à 10.000 DA chacune à 100% par la S.N.V.I.).

Cette filiale de la (S.N.V.I) participe comme les autres filiales à la réalisation d'une partie de la production des véhicules industriels avec un effectif de 900 personnes.

#### **I.3.2. Rôle de la Carrosserie Industrielle de Rouïba (CIR) :**

##### **I.3.2.1.Nature de l'activité :** Son rôle consiste à :

- La réalisation d'équipement des châssis de 5 à 26 tonnes.
- La fabrication de matérielles tractés de 6 à 76 tonnes.
- La fabrication de véhicules de transport en commun de 25 places.

##### **I.3.2.2.Les objectifs de la filiale :**

- Réaliser les objectifs exprimés par l'entreprise et l'intégration de la réalisation des mini cars dans les meilleures conditions prix, délais et qualités.
- Renforcer l'industrialisation du type en substituant la production nationale à l'importation.

- Réaliser les opérations d'exportations dans les bonnes conditions économiques. La définition des plans à moyen et long terme en cohérence avec les objectifs de l'entreprise ainsi que l'établissement de budgets provisionnels.
- Elaboration des plans d'investissements et de la politique de production.
- Lancement des produits nouveaux.
- Coordination des moyens de production à moyen et court terme pour atteindre les objectifs de volume défini.
- Sous contraintes de coûts, de délai et qualité.

**I.3.2.3. Les Ateliers :** Elle contient plusieurs ateliers dont entre autres :

- Atelier débitage.
- Atelier mécanique.
- Atelier d'assemblage gamme I.
- Atelier d'assemblage gamme II.
- Atelier montage minicar.
- Atelier de peinture.
- Atelier de menuiserie.
- Atelier d'adaptation.

**I.3.2.4. Surface totale de la Carrosserie :**

- Bâtiment de production : 66712 m<sup>2</sup>.
- Bâtiment de peinture : 9966 m<sup>2</sup>.
- Bâtiment de menuiserie : 3200 m<sup>2</sup>.
- Bâtiment adaptation : 3200 m<sup>2</sup>.
- Bâtiment administratif : 604 m<sup>2</sup>.
- Magasin : 740 m<sup>2</sup>.
- Bloc administratif et eaux : 1359 m<sup>2</sup>.
- Voutes : 1670 m<sup>2</sup>.
- Station traitement des eaux : 1275 m<sup>2</sup>.
- Droguerie : 1210 m<sup>2</sup>.

Les ateliers de la CIR emploient 900 personnes.

## **I.4. Organisation de la filiale Carrosserie Industrielle de Rouïba « CIR »**

**[1] :**

La filiale Carrosserie Industrielle de Rouïba « C.I.R. » est organisée d'une présidence direction générale avec son secrétariat de direction générale de son assistant sécurité et de huit directions avec chacune en son sein ses départements :

**I.4.1. Direction Contrôle de Gestion Audit :** Cette direction regroupe trois départements et un cabinet :

- Département Contrôle de Gestion.
- Chef de Mission Audit.
- Département Juridique.
- Département Management de la Qualité et Informatique.

**I.4.2. Direction Ressources Humaines :** Elle regroupe deux Départements :

- Département Gestion du Personnel.
- Département Développement du Personnel et Formation.

**I.4.3. Direction Finance et Comptabilité :** Elle regroupe deux Départements :

- Département Comptabilité Analytique.
- Département Comptabilité Générale.

**I.4.4. Direction Achat / Approvisionnement et Vente :** Elle regroupe deux Départements :

- Département Commercial.
- Département Achat et Approvisionnement.

**I.4.5. Direction Production :** Elle regroupe trois Départements :

- Département Gamme I.
- Département Gamme II.
- Département Gamme III.

**I.4.6. Direction Gestion Industrielle et Planification :** Elle regroupe deux Départements :

- Département Gestion Produit et Programmation.
- Département Ordonnancement et suivi Production.

**I.4.7. Direction Technique :** Elle regroupe deux Départements :

- Département Etudes et Qualités.
- Département Méthodes et Contrôles.

**I.4.8. Direction Maintenance industriel :** Elle regroupe deux Départements :

- Département Réalisation Maintenance.
- Département Energie et Fluides.

### **I.5. La Direction de Maintenance Industrielle [2] :**

Cette Direction à la responsabilité de maintenir en bon état de marche, l'ensemble des équipements et services annexes, grâce à un ensemble d'opération d'entretien, de réparation et de dépannage, elle est composée de deux Départements :

#### **I.5.1. Un Département de Réalisation :**

Il est composé de deux services :

- a. **Service Méthode :** Chargé de la planification et suivi des opérations de maintenance préventive et corrective, ainsi que la gestion du magasin de pièces de rechange maintenance.
- b. **Service Moyen de Production (M.D.P) :** chargé de l'exécution des opérations de maintenance préventive et corrective, ce service est divisé en deux secteurs : le secteur d'entretien mécanique et le secteur d'entretien électrique.

#### **I.5.2. Un Département Energie et Fluides :**

Il est composé de deux services

- a. **Service de maintenance Annexe :** plomberie, soudure, ...etc.
- b. **Service intervention maintenance et nettoyage technique :** chargé d'intervenir sur les installations dans leurs énergie (alimentation électrique, air comprime, gaz, ...etc.) plus nettoyage technique des installations.

### **I.6. Organigramme de l'entreprise :**

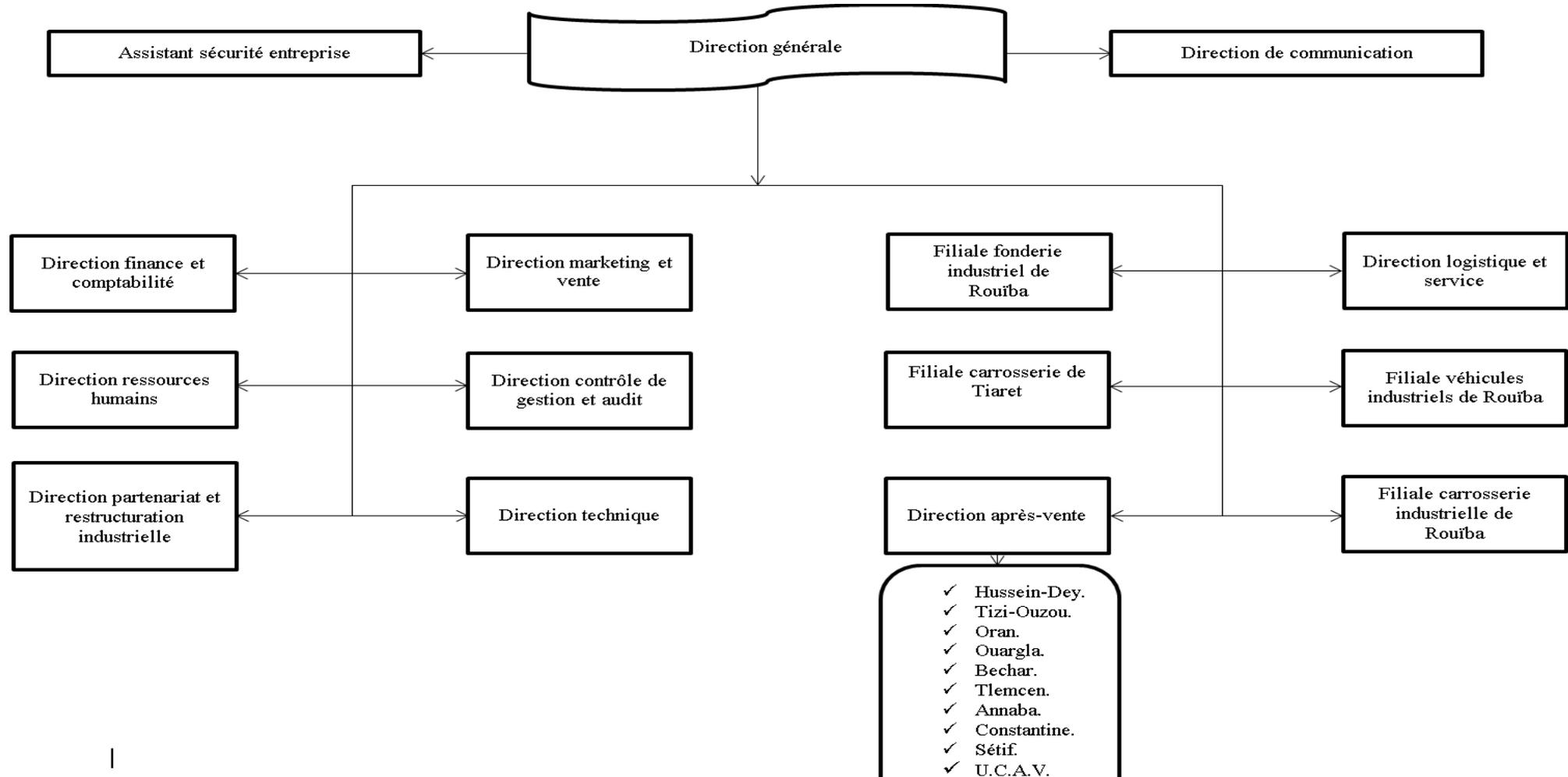


Figure I.9 : Organigramme de la société nationale des véhicules industriels (SNVI). [2]

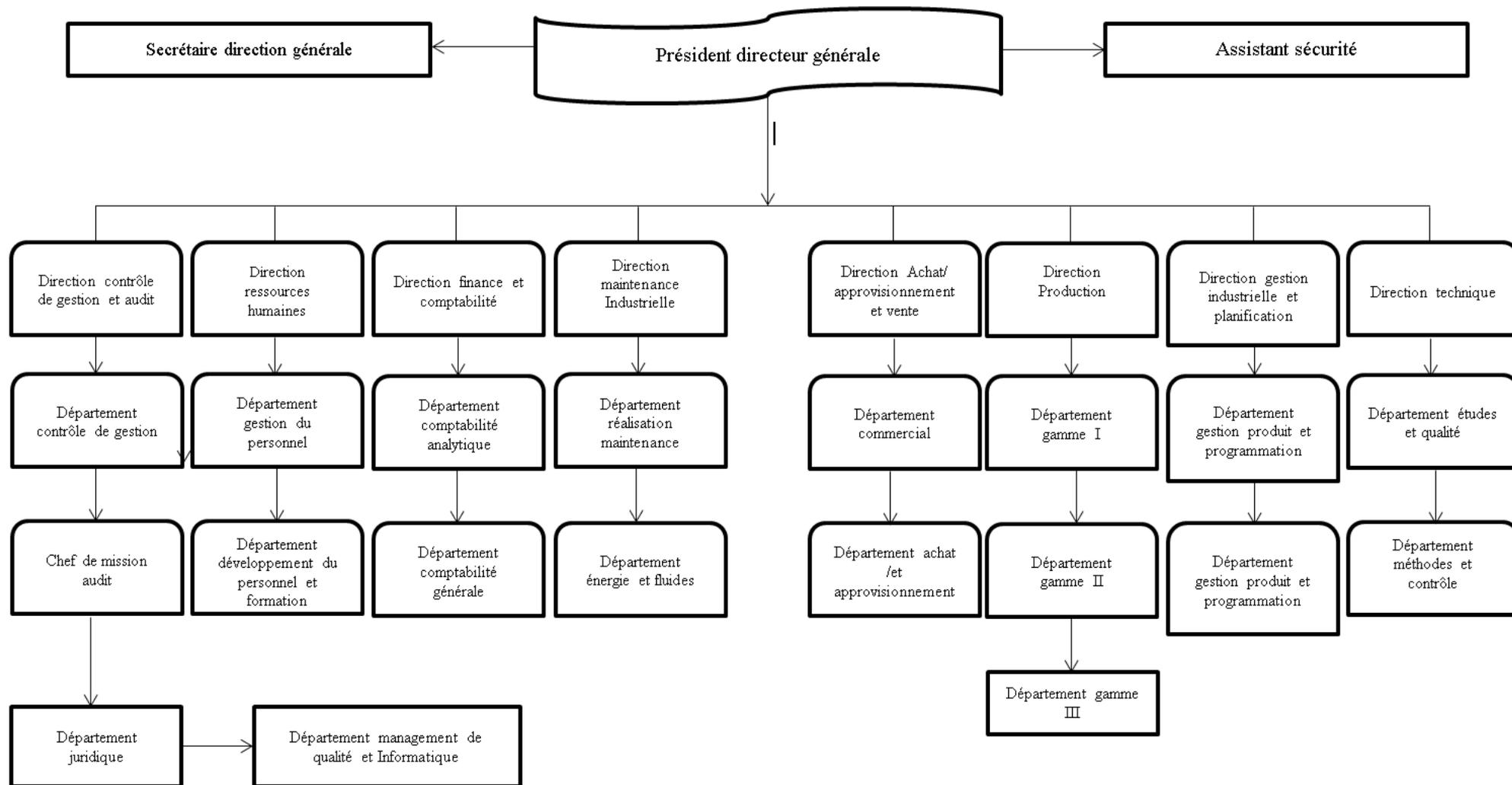
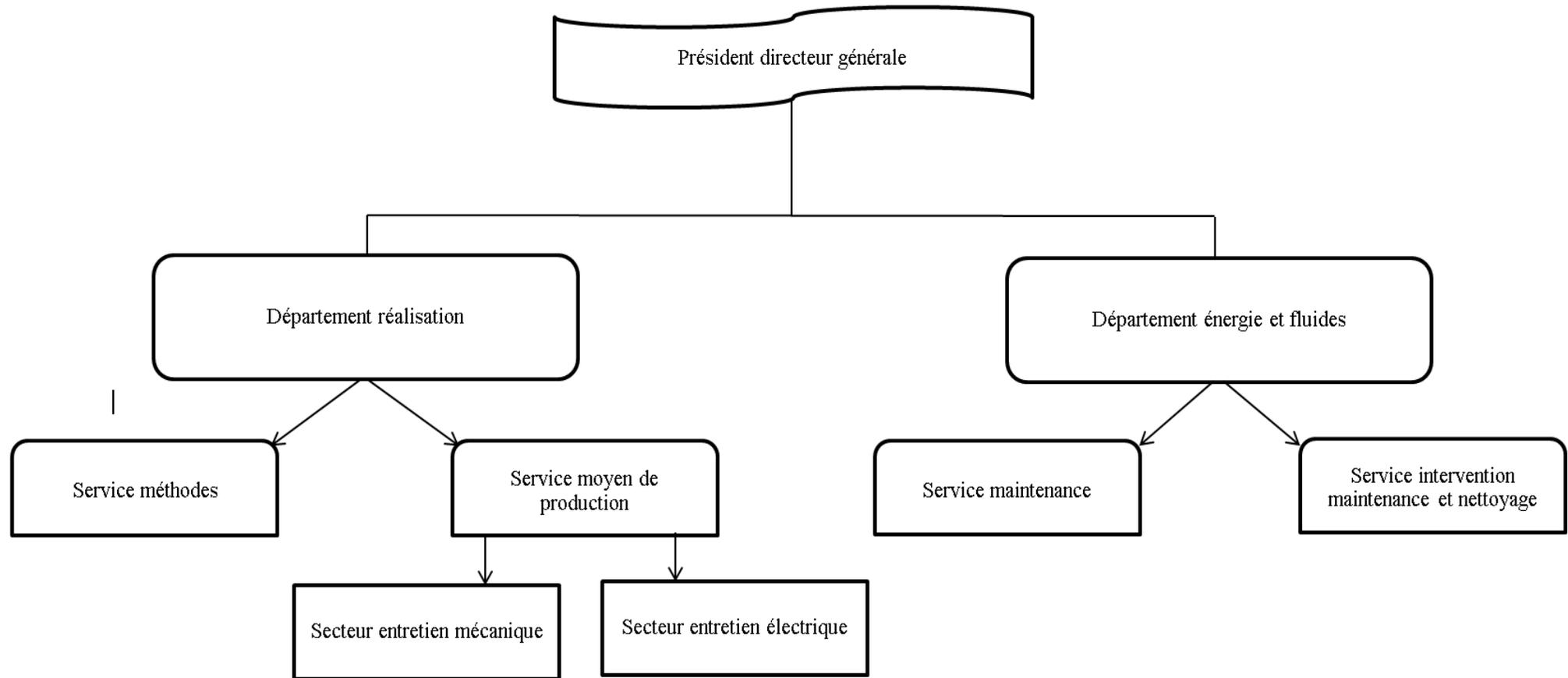


Figure I.10 : Organigrammes de la carrosserie industrielle de Rouïba (CIR).



**Figure I.11 :** Organigrammes de la direction maintenance.

**Conclusion :**

En premier lieu nous avons réussi à effectuer une présentation globale de la société SNVI, celle-ci comporte une description de tous les services, mais plus précisément le service dans lequel nous avons réalisé nos travaux qui rentrent dans le cadre de la préparation de notre mémoire fin d'étude Master, qui est le service méthode et maintenance pour la filiale carrosserie. Parmi les bâtiments de la carrosserie, celui de peinture dans lequel nous avons mené notre étude. Toutes les informations et détails sur celui-ci seront décrits dans le chapitre III.

---

## ***Chapitre II***

### *Généralité sur les cabines de peinture*

---

## **Introduction :**

Les cabines de peintures ont connu des développements technologiques assez conséquents ces dernières années, elles jouent un rôle primordial dans plusieurs domaines d'application industriels, qui s'inscrit dans l'une des techniques de la maintenance préventive. Pour tous ceci nous nous sommes intéressés à donner des généralités sur ces cabines de peintures, leurs éléments constitutives, ces différents types, les différents domaines d'application ainsi que ses avantages et inconvénients.

### **II.1. Définition d'une cabine de peinture :**

Les cabines de peinture sont des bâtiments modulaires équipées d'un système de ventilation évitant la contamination de l'environnement avec des produits chimiques nocifs. La ventilation peut se faire grâce à un système de flux d'air horizontal ou vertical et fonctionne grâce à un moteur électrique ou à essence. [7]

### **II.2. Les composants principaux d'une cabine peinture :**

#### **II.2.1. Ventilateur d'extraction :**

Le ventilateur d'extraction est ce qui aspire l'air hors de la cabine. Il éliminera l'air contaminé par les pulvérisations excessives et les particules. Lorsque cet air pénètre dans l'échappement, un filtre attrape ces particules en excès et retient les contaminants. Les ventilateurs d'extraction et les filtres aident les organisations à respecter les réglementations environnementales qui les obligent à réduire les polluants atmosphériques provenant de leurs processus de peinture. [3]

#### **II.2.2. Ventilateur de remplacement d'air :**

Lorsque tout cet air contaminé s'échappe, il doit être remplacé. Grâce aux méthodes mécaniques de remplacement de l'air, de l'air neuf et frais est poussé dans la cabine pour maintenir la pression à un niveau constant.



**Figure II.1 :** Système de ventilation d'une cabine peinture.

### **II.2.3. Fosse :**

Certains modèles de cabines de peinture auront une fosse. Dans un modèle à évacuation descendante, l'air s'écoule autour de l'objet et dans une fosse, qui est un espace ouvert sous l'objet recouvert d'une grille, afin que l'air puisse toujours circuler. Généralement, la fosse est creusée hors de l'infrastructure du bâtiment ou le stand entier est surélevé sur une plateforme. Les modèles sans piqûres varient considérablement dans la manière dont l'air circule, mais nous en reparlerons plus tard.

### **II.2.4. Les filtres :**

Les filtres à air peuvent être fabriqués à partir de papiers filtrants qui sont ensuite fixés sur un support. Le papier doit d'abord être assez rigide pour être autoportant pour la fabrication des cartouches. L'utilisation d'un papier pour filtres à air nécessite une grande porosité et un grammage compris entre 100 et 200 g/m<sup>2</sup>. Il s'agit généralement d'une pâte à fibres très longue pour obtenir ces propriétés. On imprègne généralement le papier afin d'améliorer sa résistance à l'humidité.

Ils sont utilisés pour purifier l'air entrant dans la cabine et pour piéger les particules de peinture et les contaminants présents dans l'air sortant.



**Figure II.2 :** Un filtre d'une cabine peinture.

### II.2.5. Éclairage :

Des lampes spéciales sont nécessaires pour fournir un éclairage adéquat pendant le processus de peinture, permettant aux peintres de voir clairement la surface à peindre



**Figure II.3 :** éclairage d'une cabine peinture.

### II.2.6. Système de Chauffage :

Dans certaines cabines, un système de chauffage est intégré pour maintenir une température optimale pour le processus de peinture et le séchage de la peinture.



Figure II.4 : Système de chauffage d'une cabine peinture.

### II.2.7. Équipement de Protection Individuelle (EPI) :

Les travailleurs doivent porter des équipements de protection tels que des masques respiratoires, des combinaisons de protection, des lunettes de sécurité, etc., pour se protéger des produits chimiques et des particules de peinture.



Figure II.5 : Equipements de protection d'une cabine peinture.

### II.3. Fonctionnement d'une cabine de peinture :

Une cabine de peinture fonctionne en manipulant les pressions atmosphériques négatives et positives. La ventilation des cabines de peinture au pistolet repose sur l'équilibre entre le ventilateur d'extraction et le ventilateur de remplacement d'air :

- ✓ Si seul le ventilateur d'extraction est en marche, la cabine prend une pression négative, car plus d'air est évacué que poussé. Si la porte s'ouvre, elle essaiera d'aspirer autant d'air que possible de l'extérieur, attirant la saleté et des débris avec lui.
- ✓ Si seul le ventilateur de réapprovisionnement est allumé, nous obtiendrons une pression d'air positive dans la cabine et il tentera de pousser cet air vers l'extérieur lorsque la porte est ouverte.

Pour créer un environnement de travail efficace, ces deux ventilateurs travaillent ensemble pour éliminer et remplacer l'air à des rythmes comparables. Avec une cabine légèrement positive, ce qui empêchera la saleté et les débris d'entrer même lorsque la porte est ouverte. Cette méthode ; permettant d'empêcher les particules négatives d'entrer ; est efficace pour garder les pièces propres – si efficace ; en fait ; qu'elle peut être utilisée dans les espaces de soins de santé .

Deux facteurs peuvent affecter considérablement le succès d'une cabine de peinture : vos filtres et les changements de volume.

- ✓ Si un filtre est complètement rempli de pulvérisation, le ventilateur d'extraction aura du mal à aspirer l'air à travers celui-ci. Sans point de sortie, la cabine peut devenir surpressurisée. Quant au volume, il faut simplement garder à l'esprit que l'ajout d'un article dans la cabine réduira l'espace à pressuriser.
- ✓ Si vous pompez la même quantité d'air dans une cabine remplie que lorsqu'elle était vide, vous la surpressurisez. [3]

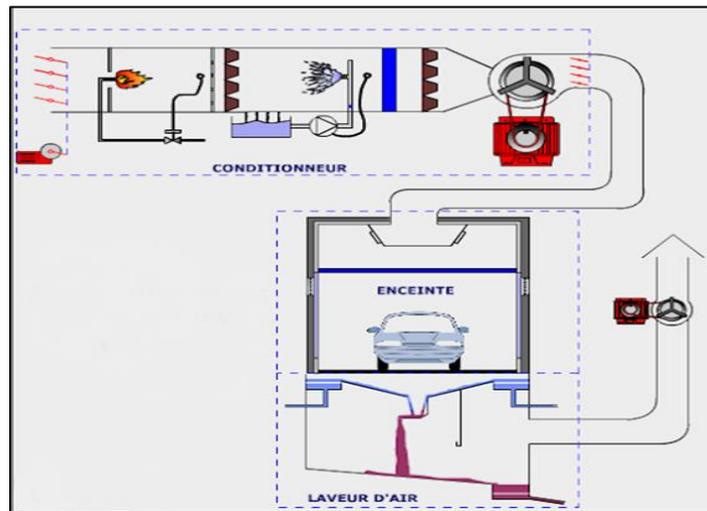


Figure II.6 : Fonctionnement d'une cabine de peinture [6]

## II.4. Types de cabines de peinture [5] :

### II.4.1. Cabines à ventilation horizontale :

#### a) Cabines ouvertes à ventilation horizontale :

Les cabines ouvertes à ventilation horizontale ont été généralement utilisées pour des pièces de petites ou moyennes dimensions. Le plafond de la cabine doit être au moins à 0,30m au-dessus de l'objet à peindre. En largeur, la cabine doit avoir au minimum 1,20m de plus que l'objet. La profondeur  $p$  et la distance  $d$  doivent être suffisantes pour que l'aérosol de peinture ne ressorte pas de l'enceinte ventilée. On s'efforcera d'assurer une ventilation la plus homogène possible en répartissant les fentes d'extraction d'air sur toute la section de la cabine.

La vitesse moyenne de l'air doit être supérieure ou égale à 0,5 m/s avec aucun point de mesure de vitesse inférieure à 0,4 m/s.

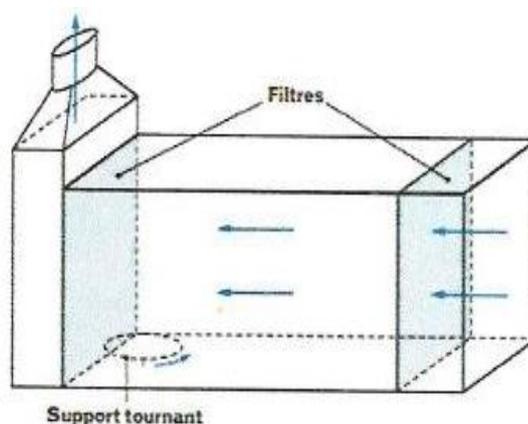


Figure II.7 : Cabine de peinture ouverte à ventilation horizontale. [10]

**b) Cabines fermées à ventilation horizontale :**

Dans le cas où l'on ne peut recourir techniquement à la ventilation verticale, une cabine fermée à ventilation horizontale peut être envisagée après consultation du service de prévention de la caisse régionale d'assurance maladie.

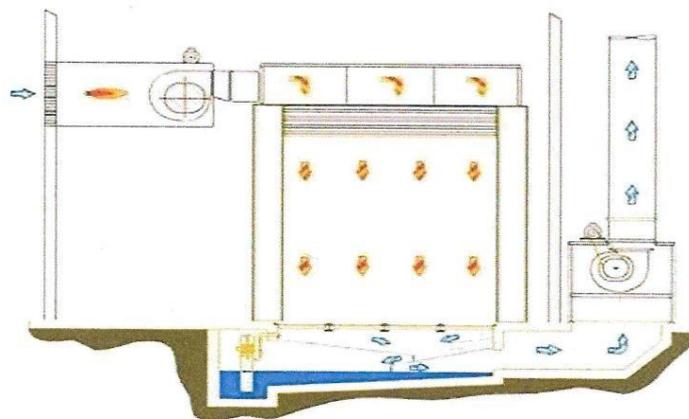
L'air est introduit à travers des filtres secs disposés sur la totalité de la surface d'une paroi et ressort à l'opposé, à travers d'autres filtres secs ou à travers un système de lavage à l'eau analogue à celui des cabines ouvertes.

**II.4.2. Cabines à ventilation verticale :****a. Cabines fermées à ventilation verticale :**

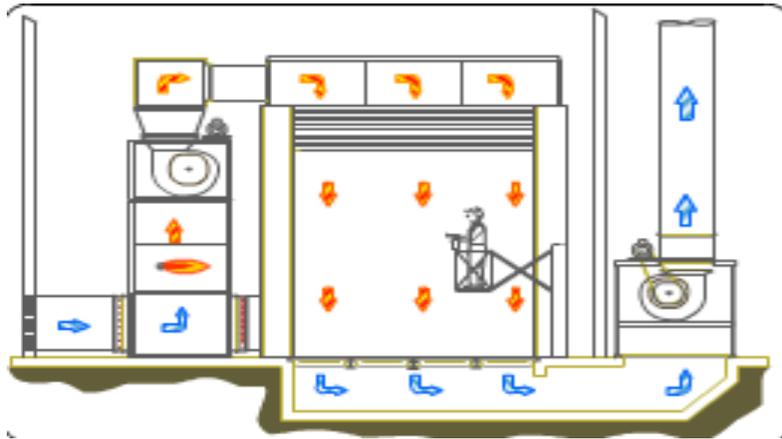
Une cabine de peinture fermée à ventilation verticale est une enceinte ventilée fermée sur toutes ses faces pendant son utilisation. L'opérateur et le sujet à peindre sont placés à l'intérieur. On l'utilise pour la peinture de véhicules, mobiliers, gros appareils, machines, etc.

Ce type de cabine est bien adapté pour effectuer la peinture des objets qu'on ne peut suspendre ou placer sur un support tournant à cause de leurs poids ou de leurs dimensions importantes et qui imposent à l'opérateur de tourner autour (exemple : véhicules, machines). Le peintre peut ainsi rester constamment dans une atmosphère d'air neuf.

L'air parvient dans la cabine par l'intermédiaire d'un caisson (plenum) constituant le plafond de la cabine. L'air pollué est extrait au niveau du sol pour que la ventilation protège efficacement la peinture, la vitesse de l'air dans la zone de travail (cabine vide), doit être supérieure à 0,3 m/s.



**Figure II.8 :** Schéma de cabine de peinture fermée humide à ventilation verticale. [10]



**Figure II.9 :** Schéma de cabine de peinture fermée à ventilation verticale sèche. [10]

b. Cabine ouverte à ventilation verticale :

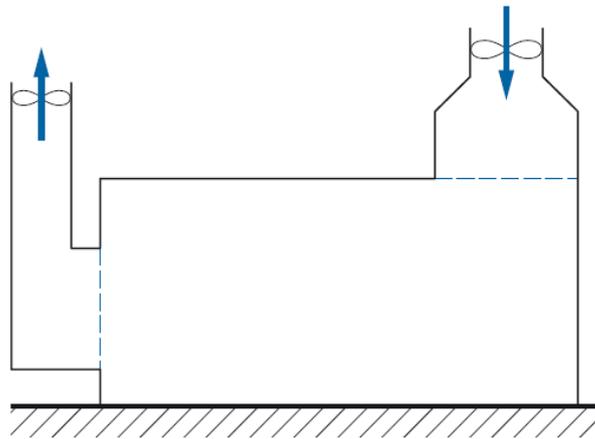
Par rapport aux cabines fermées, l'absence de toit permet de laisser passer des subjectifs particulièrement importants manutentionnés par pont roulant (exemple : machines- outils). Il ne faut les choisir que dans le cas où une cabine fermée n'est pas utilisable, par exemple pour les matériels volumineux et lourds ou très encombrants nécessairement transportés par un dispositif mécanique. Elles sont équipées d'un dispositif d'aspiration par le sol. Leurs portes doivent impérativement rester fermées durant la phase d'application.

### II.4.3. Autres cas :

Il existe d'autres cas de type de cabines de peinture, on va citer les deux types suivants :

A. Cabines à ventilation oblique :

Dans une telle installation, l'air est introduit par le plafond à proximité de l'entrée de la cabine et est aspiré à l'autre extrémité, soit par le sol, soit par la paroi verticale à travers un filtre sec ou un système de lavage à l'eau.



**Figure II.10 :** Schéma de cabine de peinture à ventilation oblique. [5]

Des études aérauliques confirment que ces systèmes de ventilation conduisent à des écoulements d'air turbulents qui ne permettent pas toujours d'assurer une protection convenable du peintre. Ces cabines ne peuvent donc être tolérées que dans des cas très particuliers après avis du service prévention.

#### B. Cabines de grande longueur à ventilation fractionnée et aires de peinture :

Ces dispositifs, employés lorsque l'utilisation d'une cabine classique n'est pas techniquement possible (chantiers du bâtiment et des travaux publics, construction ou réparation de navires, peinture à l'intérieur de réservoirs, de caissons ou de carrosseries, etc.) ne sont pas traités dans ce guide et font l'objet du guide pratique de ventilation.

#### C. Cabines de pistolage sans opérateur à l'intérieur :

Ce sont des enceintes destinées à la pulvérisation avec robots, délimitées par des parois pour constituer un volume d'où les aérosols de peinture et les solvants ne doivent pas sortir. Pour cela, le débit d'extraction doit être capable de créer dans toutes les ouvertures un flux d'air à 0,5 m/s, dirigé de l'extérieur vers l'intérieur de la cabine et d'assurer une concentration en solvants dans l'enceinte inférieure au quart de la LIE. Comme dans les autres cabines, le pistolage sera asservi à la ventilation.

## II.5. Exemples d'utilisation des cabines de peinture :

Dans de nombreux domaines industriels, les cabines de peinture sont employées afin d'appliquer des revêtements de peinture sur différents produits finis ou semi-finis :

- L'industrie automobile pour peindre les carrosseries de voitures, camions et autres véhicules.
- L'industrie aéronautique pour peindre les avions et hélicoptères.
- L'industrie du meuble pour peindre les meubles en bois.
- L'industrie des machines et équipements pour peindre les machines, équipements et pièces métalliques.
- L'industrie des produits en métal pour peindre les radiateurs, tuyaux, profilés, etc.
- L'industrie des produits en plastique pour peindre les pièces en plastique.
- L'industrie des produits en verre pour peindre le verre.

## **II.6. Les avantages d'une cabine de peinture [3] :**

Une cabine de peinture joue un rôle crucial dans de nombreux établissements de production industrielle. Cela peut être :

### **II.6.1. Améliorez les résultats :**

Une cabine de peinture élimine les contaminants, vous aidant ainsi à obtenir un revêtement plus lisse et plus propre. Certains modèles peuvent même souffler de la peinture sur des zones non recouvertes pour créer une finition plus uniforme.

### **II.6.2. Respectez la réglementation :**

On doit respecter les précautions et normes de l'Agence de protection de l'environnement et respecter ou dépasser ses exigences concernant les produits chimiques dangereux impliqués dans la pulvérisation de peinture. De plus, cela peut assurer la sécurité des employés en limitant leur exposition.

### **II.6.3. Réduisez les coûts :**

Avec la bonne cabine de pulvérisation de peinture, vous pouvez réduire les coûts nécessaires à son fonctionnement. Une qualité de revêtement améliorée peut également minimiser les coûts de matériaux et de main d'œuvre. On devra peut-être utiliser moins de couches et de retouches.

Une cabine de peinture peut offrir les travaux de peinture les plus professionnels possibles. Si vous ne pouvez pas risquer une couverture inférieure à la moyenne, une cabine de peinture est la solution.

## **II.7. Les inconvénients :**

De nombreuses industries, dans le cadre de leurs activités, utilisent des produits composés de solvants (peintures, adhésifs, vernis...) dans les cabines de peinture. Ces produits présentent cependant des risques, plus ou moins importants, à différents niveaux.

- 1. Risques pour la santé :** l'exposition aux produits solvants constituent un danger direct pour l'opérateur qui peut être amené à respirer les vapeurs de solvants et les particules de peinture en suspension dans l'air. Le risque d'intoxication chronique ou aiguë causé par les solvants, les durcisseurs, les pigments ou des adjuvants contenus dans les produits est donc très élevé et peut même, dans les cas les plus graves, donner lieu à des pathologies respiratoires et cutanées.
- 2. Risques pour l'atelier :** par leur aspect volatils et inflammables, les solvants et diluants présentent également un risque d'incendie, voire un risque d'explosion pour votre atelier. Il est donc essentiel de maintenir en dessous du quart de la limite inférieure d'explosivité (LIE) leur concentration dans l'air.
- 3. Risques pour l'environnement :** les vapeurs de solvants rejettent des composés organiques volatils (appelés COV) dans l'air. Ces COV sont hautement polluants et leur rejet dans la nature doit être strictement encadré. [9]

## **Conclusion :**

Des généralités sur les cabines de peintures ont été bien définies dans ce chapitre ainsi que les ses éléments constitutifs, leur fonctionnement, ses différents types, ses domaines d'application et enfin les avantages et inconvénients. Cette partie est indispensable pour les chapitres qui suit car elle nous permet de bien cerner et discrétiser la machine qui fait l'objet de notre étude.

---

## *Chapitre III*

### *Description de la cabine peinture humide*

---

## **Introduction :**

L'innovation dans les cabines de peinture répond aux exigences de rentabilité et de productivité industrielle. Aperçu des dernières innovations des cabines de peinture pour l'industrie aéronautique, automobile et la formation. Les cabines de peinture sont des bâtiments modulaires équipées d'un système de ventilation évitant la contamination de l'environnement avec des produits chimiques nocifs. La ventilation peut se faire grâce à un système de flux d'air horizontal ou vertical et fonctionne grâce à un moteur électrique ou à essence. L'air insufflé dans la cabine peut être chauffé si l'équipement le permet. Les cabines de peinture sont également dotées d'un filtre sec ou humide permettant de retenir les poussières pour éviter les projections.

Les cabines de peintures doivent répondre aux normes de sécurités édictées par la Communauté Européenne et sont généralement prévues pour une possible utilisation en atmosphère explosible. Ce sont des dispositifs anti-pollution qui évitent la contamination de l'environnement par les solvants nocifs contenus dans les peintures.

Pour ceci nous nous sommes intéressés et effectués un séjour scientifique au sein de service carrosserie de la société SNVI, ceci pour élargir et pratiquer nos connaissances déjà acquises durant le cursus universitaire. Une étude technologique aussi détaillée sera présentée dans ce chapitre, elle comporte trois parties essentielles : étude mécanique, électrique et hydraulique pneumatique.

### **III.1 Description du bâtiment peinture :**

La surface couverte du bâtiment peinture est de 9966 m<sup>2</sup>, qui est utilisée pour le traitement de surface des divers produits (peinture humide, peinture anti-vibration, émaillage, antirouille).

La peinture est appliquée à l'aide de pistolets à haute pression et réalisée à l'aide de peintures (non robotisées). C'est un bâtiment classé à risques, il se compose de :

- ✓ 11 cabines de peinture humides : équipé d'un plénum de soufflage à ventilation verticale d'un débit de 45000 m<sup>3</sup>/h pour chaque cabine.
- ✓ 4 fours de cuisson peinture
- ✓ Une station d'épreuves et de jaugeage citernes : composé de pompe d'abreuvement, et différents d'appareil de détection.
- ✓ Une station de lavage H.P
- ✓ Un magasin de stockage peinture et produits

- ✓ Une salle de préparation peinture : équipé d'un système d'aération et n système protections contre incendie telle que les détecteurs du fumé matériels électriques antidéflagrants.
- ✓ Un banc d'essai de freinage - les installations électriques sont anti déflagrant et à la sécurité augmentée.
- ✓ Le bâtiment est alimenté par deux postes de transformations MT/BT (10kv-220v) éclairage, (10Kv-380v) force motrice.
- ✓ Le réseau est à neutre isolé (schéma IT) dont l'entretien est sous-traité à la filiale VIR (véhicule Industriel de ROUIBA) et SONELGAZ. [4]



Figure III.1 : Chambre de peinture pendant le service.

### III.2 Description de la cabine de peinture humide(danto-rogeat) :

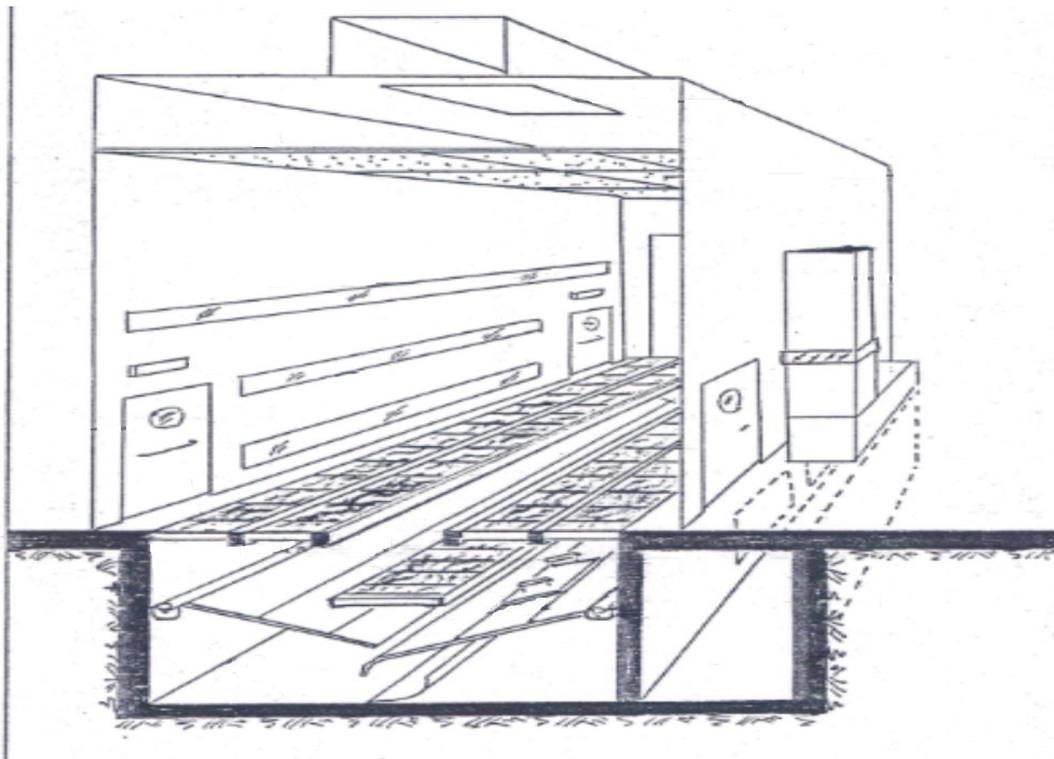
Il s'agit d'une cabine avec un rideau d'eau ventilé et éventuellement chauffé, offrant aux peintres la possibilité de travailler dans des conditions d'hygiène et de sécurité conformes aux normes nationales.

Des cabines de peinture sont disponibles, qu'elles soient ouvertes ou fermées, en fonction des dimensions des pièces à peindre. Il y a des cabines de peinture pour l'automobile,

l'industrie, les poids lourds, etc.

Les conditions requises pour réaliser cette opération sont les suivantes :

- Propreté de l'environnement : Ces cabines sont fermées à clef, ne permettant aucun élément extérieur de pénétrer à l'intérieur (portes avec joints d'étanchéité, zone de lavage d'air, etc....).
- Aération : Lorsque l'opérateur réalise cette tâche (peinture), il est exposé aux émanations provenant des produits qu'il utilise (peintures, diluants, etc....). C'est pourquoi notre cabine est équipée d'un système de ventilation d'air.
- Une bonne température de l'air : Pour une bonne peinture, il est essentiel d'avoir une température appropriée (environ 35°C), c'est pourquoi cette cabine est équipée d'un système de réchauffement de l'air ambiant. Pour garantir les conditions requises pour effectuer la tâche de peinture, notre atelier a été équipé d'une cabine spécialement conçue pour cette opération. [4]



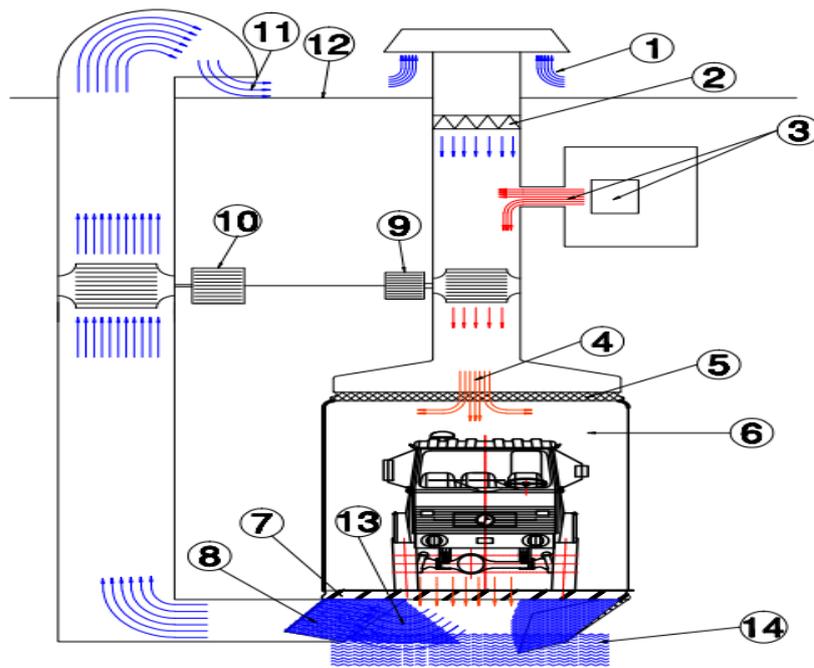
**Figure III.2 :** Coupe de la cabine de peinture. [10]

### III.3 Les composants de la cabine peinture :

- ✓ Sur le toit de la cabine, on trouve deux ventilateurs centrifuges pour l'aération, un ventilateur de soufflage et un ventilateur d'extraction.
- ✓ Deux cheminées sont présentes. La toiture comprend une cheminée d'aspiration en amont et une autre cheminée d'extraction en aval.
- ✓ Des tuyaux destinés au soufflage et à l'extraction.
- ✓ Des caissons de soufflage et l'extraction
- ✓ Un bruleur de gaz pour chauffer l'air aspiré d'extérieur dans les périodes froides
- ✓ Des filtres
- ✓ Un caillebotis
- ✓ Des rideaux d'eau
- ✓ Un séparateur
- ✓ Une fosse qui contient une pompe immergée équipée d'un flotteur
- ✓ Des portes. [8]

### III.4 Principe de fonctionnement de la cabine peinture humide(dantorangeat) :

Le ventilateur de soufflage aspire l'air de l'extérieur, puis il passe par des préfiltres. Pendant la saison froide, le bruleur chauffe l'air, puis le dirige vers le plafond de la cabine par le biais d'une gaine et d'un caisson. En atteignant le plafond, l'air passera par un autre filtre avant d'atteindre la cabine afin de la balayer verticalement. Les particules de peinture seront transportées par l'air soufflé du haut vers le bas vers les rideaux d'eau en traversant les caillebotis. L'air sera extrait grâce au ventilateur d'extraction qui aspirera l'air des caillebotis. Lorsque l'air traverse les caillebotis, les rideaux d'eau purifient l'air des pigments de peinture avant de le rejeter vers l'extérieur. Les passants de peinture retenus par les rideaux d'eau retombent dans la fosse d'eau. Une fois que cette eau sera contaminée, elle sera renvoyée vers une station de traitement pour une séparation 'eau-peinture'. [4]



**Figure III.3 :** schéma de principe de fonctionnement [10]

**Tableau III.1 :** Nomenclature du schéma de fonctionnement de la cabine de peinture. [10]

REPERE	DESIGNATIONS
1	Entrée d'aire
2	Pré-filtre
3	Le bruleur à gaz et sa flamme
4	Air chaud
5	Filtre
6	Cabine de peinture
7	Caillebotis
8	Rideaux d'eau
9	Moteur de soufflage
10	Moteur d'extraction
11	Aire extrait
12	Toiture
13	Particules de peintures
14	Fosse d'eau

### III.5 Caractéristiques techniques de la cabine :

Il s'agit d'une cabine équipée de :

- Un débit d'air ventilé filtré : environ 45000 m<sup>3</sup>/h
- Une station de lavage d'air : 23 m<sup>3</sup> /h
- Un bruleur à gaz de 500TH/h\*
- Une longueur : 15 m
- Une largeur : 5 m
- Une hauteur : 5 m
- Deux moteurs électriques de ventilation : 90KW et 110KW [8]



Figure III.4 : La cabine de peinture humide hors de service.

### III.6 Structuration de la CPH (danto-rogeat) :

#### III.6.1. PARTIE MECANIQUE :

##### a. Le soufflage :

Sa ventilation est assurée par un ventilateur centrifuge à pales inclinées. Une transmission « poulie courroie » alimente un moteur asynchrone à cage, avec une poulie à « 6 » gorges entraînée par 6 courroies et une autre poulie réceptrice.

La poulie réceptrice de l'arbre, montée entre deux paliers, fait tourner une roue double ouïe callée au centre de l'arbre.

- Débit théorique du ventilateur de soufflage 45000 m<sup>3</sup>/h/cabine
- Vitesse d'air 0.35m/s

-Principe de soufflage :

Pendant le fonctionnement du ventilateur de soufflage, l'air neuf sera aspiré de l'extérieur en passant d'abord par des pré-filtres métalliques. Le ventilateur de soufflage propulsera ensuite l'air vers les plafonds de la cabine grâce à une gaine et un caisson de soufflage. Lorsqu'il traversera les plafonds, l'air passera par un autre filtre. Grâce à ces deux passages sur les filtres, nous pouvons obtenir de l'air frais avec une faible quantité de poussière. En fin de compte, la zone de travail sera balayée verticalement par l'air bien filtré à tous les points. [8]

**b.** Les rideaux d'eau :

Il s'agit d'une zone d'aération située sous le sol de la cabine. La composition de celle-ci est composée de plans inclinés sur lesquels coule de l'eau mélangée à un produit, afin d'améliorer la rétention des composants solides de peinture.

-L'importance des rideaux d'eau:

- ✓ La rétention efficace des composants solides de peinture.
- ✓ La diminution des risques de feu.
- ✓ La préservation des propriétés du matériel d'extraction.

**c.** Éclairage :

Chaque paroi latérale sera équipée de caissons d'éclairage qui seront démontables de l'intérieur de la cabine. Les deux types de cabines ont des tubes inférieurs situés à 500 mm du sol et des tubes supérieurs situés à 3500 mm du sol. Les hublots seront imperméables et ne créeront pas d'épaisseur supplémentaire avec les tôles de parois (conformément aux règles en vigueur). [8]

**d. Portes :**

Les véhicules appelés "rideaux métalliques" auront des portes d'entrée et de sortie électriques avec un arrêt de fin de course. En cas de panne de secteur ou d'incident quelconque, il sera tout de même possible de commander manuellement. Ces portes seront de 4,50 m de haut et de 4 m de large.

Les cabines de 8 mètres seront protégées par un système de sécurité qui empêchera les véhicules hors gabarit de sortir (bonne levée).

Le maximum de hauteur d'une benne levée est de 7 mètres 800. Il y aura deux portes de service dans chaque cabine, avec un hublot et une serrure anti-panique qui s'ouvrent de l'intérieur vers l'extérieur. **[8]**

**e. Filtrage :**

Le processus de filtrage se déroule en deux étapes distinctes :

-Le pré-filtrage : Le pré filtrage est constitué de filtres métalliques à mailles qui sont disposés en chicane au niveau de la gaine.

-Le filtrage :

Élaboré à partir de filtres synthétiques avec des mailles plus fines que celles utilisées pour le pré-filtrage, formant un panneau. **[8]**



**Figure III.5 :** Les filtres déposés au plafond de la cabine de peinture humide.

**f.** Extraction :

L'air sera extrait par le bas en utilisant 39 mètres de caillebotis. Par la suite, cet air sera dirigé vers la zone de lavage afin de retenir au maximum les particules de peinture. La zone de lavage d'air sera composée de plans inclinés sur lesquels l'eau se déversera en nappes homogènes grâce à la pompe de recyclage qui alimente les goulottes. Il sera nécessaire que ce système purifie l'air jusqu'à 98 % avant de le rejeter dans l'atmosphère. Ce rejet est réalisé en utilisant un ventilateur centrifuge installé sur le toit de la cabine.

Débit théorique du ventilateur d'extraction :  $45000\text{m}^3/\text{h}/\text{cabine}$ .



**Figure III.6 :** Les Canales d'extraction de la cabine de peinture humide.

-Principe de fonctionnement :

Quand le ventilateur fonctionne, la turbine d'extraction extrait l'air. Par le bas, l'extraction sera effectuée en passant par un caillebotis, puis l'air sera filtré dans une zone de purification d'air située sous le sol de la cabine, connue sous le nom de « rideaux d'eau ». Une fois ces étapes terminées, l'air sera filtré à travers un caisson et une gaine d'extraction avant d'être finalement rejeté à l'extérieur. [8]

**g.** La fosse :

Chaque cabine sera installée sur une fosse en maçonnerie qui sera équipée d'un système de lavage d'air, afin de répartir l'air d'extraction de manière optimale en termes de débit et de vitesse.

Le travail sous le véhicule à peindre sera facilité grâce à une fosse dont le fond sera composé d'un caillebotis à 900mm du niveau du sol de la cabine. La fosse de décantation de chaque cabine sera également équipée d'un trop-plein de sécurité et d'une zone de filtrage pour le pompage et l'alimentation du lavage d'air en eau claire par recyclage.

Il sera automatiquement rempli dans cette fosse par le circuit d'arrivée d'eau. Ce dispositif sera agrémenté d'une vanne d'arrêt. Une pompe sera utilisée pour vider complètement la fosse décantation et l'eau sera dirigée vers la station de traitement des eaux, qui se trouve à environ 40 m<sup>3</sup>. Cette fosse de décantation devra être conçue de manière à faciliter son nettoyage périodique et à éliminer les mousses qui se forment en surface.

-Caractéristiques de la pompe :

Marque : GUINARD

Type : ETS 8/23 immergée

Puissance : 7.5 KW

Débit : 150m<sup>3</sup>/h

Un flotteur est installé sur cette pompe pour mesurer le niveau d'eau. La détection de ce flotteur dépend du niveau d'eau, qu'il soit trop élevé ou trop bas, en fonction de sa connexion. [8]



**Figure III.7** : La fosse de la cabine de peinture humide.

**h.** Le bruleur de gaz :

Il est obligé de réchauffer l'air introduit dans une cabine de peinture pendant la période froide.

Cette obligation se justifie par :

- ✓ Un séchage plus rapide du matériel peint.
- ✓ Le confort des ouvriers peintres.

Pour atteindre ces critères, la cabine est dotée d'un bruleur de gaz de :

- Type : NP1.
- Marque : MAXON

-Principe de fonctionnement :

Le bruleur est activé en utilisant un commutateur. Après que le détecteur de présence d'air et les pressostats min et max ont détecté une quantité adéquate de gaz, le programmeur déclenche le transfo d'allumage et la vanne de veille. L'allumage du transfo avec une bougie électrique provoque une étincelle d'un côté. En revanche, la vanne est déjà ouverte par le programmeur, ce qui entraînera une rotation du feu. Il chauffera une sonde, ce qui entraînera à son tour une faible consommation d'énergie électrique. La détection de ce courant électrique par le programmeur donnera l'ordre d'ouverture simultanée de trois électrovannes en série. La modulante, l'une de ces trois électrovannes, ne sera déverrouillée qu'une fois. Un thermostat modulant sera utilisé pour réguler le degré d'ouverture de l'électrovanne modulante en fonction de la température souhaitée. [8]



**Figure III.8 :** Le brûleur la cabine de peinture humide.

**i. Ossature :**

L'ossature de la cabine sera composée de profilés commerciaux et de panneaux en acier galvanisé.

Les cellules filtrantes seront soutenues par une charpente de raidissage au plafond, qui sera démontable à l'intérieur de la cabine.

Les murs internes seront lisses et imperméables. Après avoir été montée, la cabine devra être assez solide pour ne pas vibrer et supporter, à la fois au démarrage et en fonctionnement, le groupe d'air installé sur le toit de la cabine. Il ne sera pas nécessaire de remarquer de déformation en cours d'exploitation. [8]

### **III.6.2. PARTIE ELECTRIQUE :**

✓ Les circuits de commande et puissance de cabine de peinture humide :

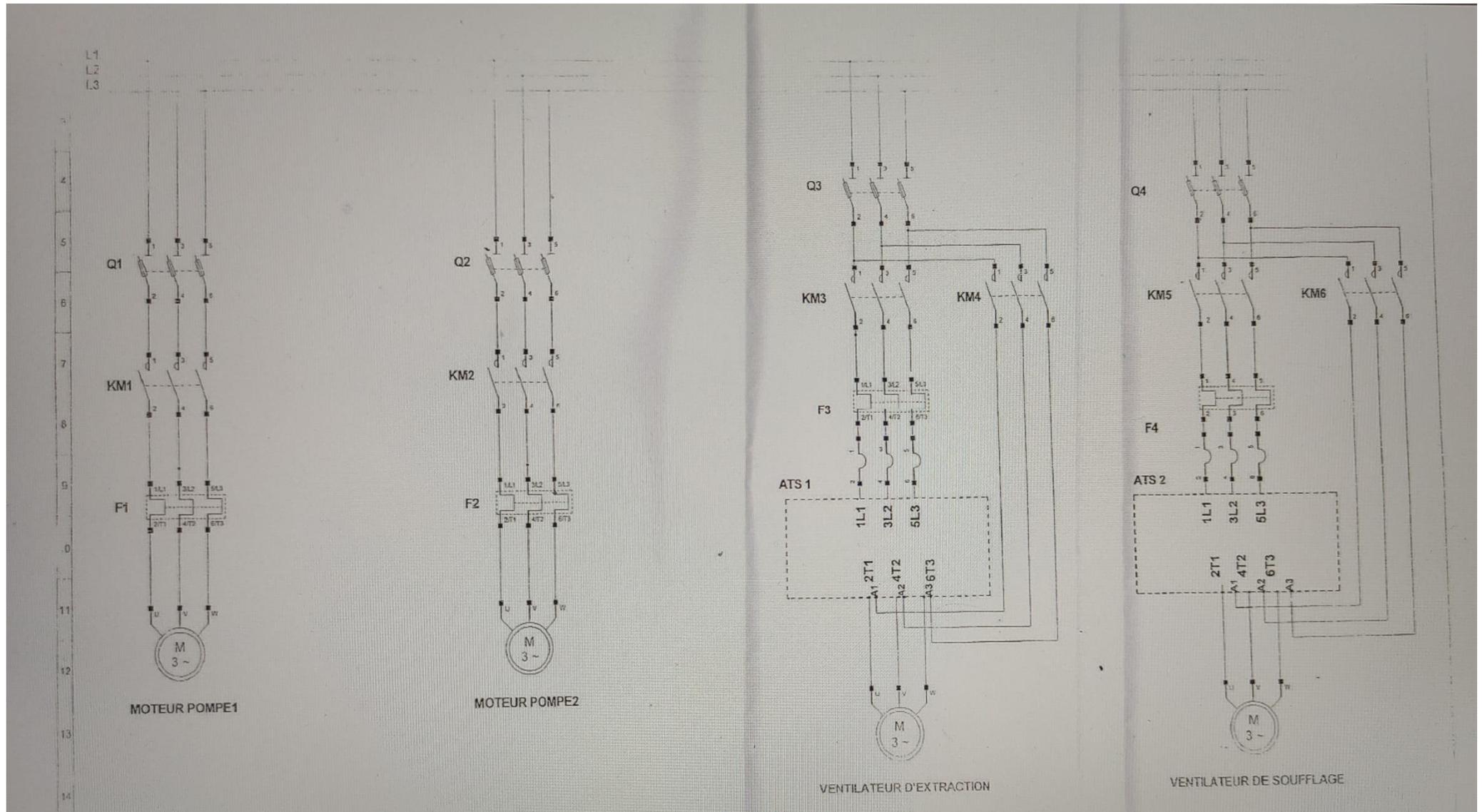


Figure III.9 : Circuit de puissance de cabine de peinture humide SNVI CIR. [8]

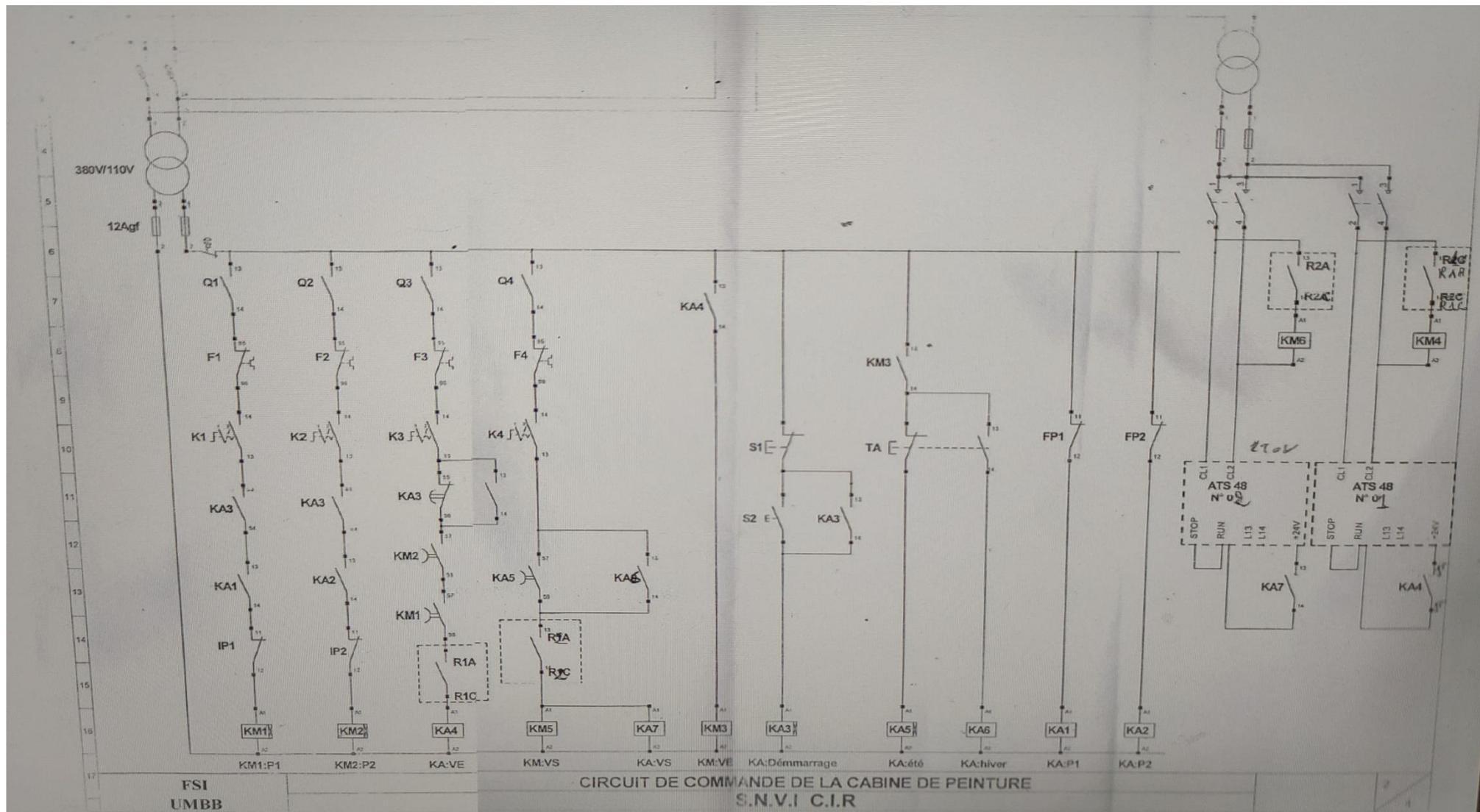


Figure III.10: Circuit de commande de la cabine peinture humide SNVI CIR. [8]

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons décrit le dispositif en question dans notre étude, à savoir la cabine de peinture humide. Cette étude nous a permis de comprendre le principe de fonctionnement de celle-ci et de donner les éléments essentiels, ses composants et ses caractéristiques.

La cabine de peinture humide est considérée comme un élément important, et son arrêt à un impact significatif sur la chaîne de production de la filiale Carrosserie. C'est pourquoi, dans les prochains chapitres, nous aborderons les causes de ses problèmes et tenterons de trouver des solutions.

---

## *Chapitre IV*

### *Fiabilité de la cabine de peinture humide*

---

### Introduction :

La durée de vie d'un matériel est caractérisée par trois concepts importants qui sont la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité, qui sont considérés comme étape essentielle à franchir pour mener à bien toute étude de sûreté de fonctionnement qui sera décrite dans le schéma ci-dessous (figure IV.1).

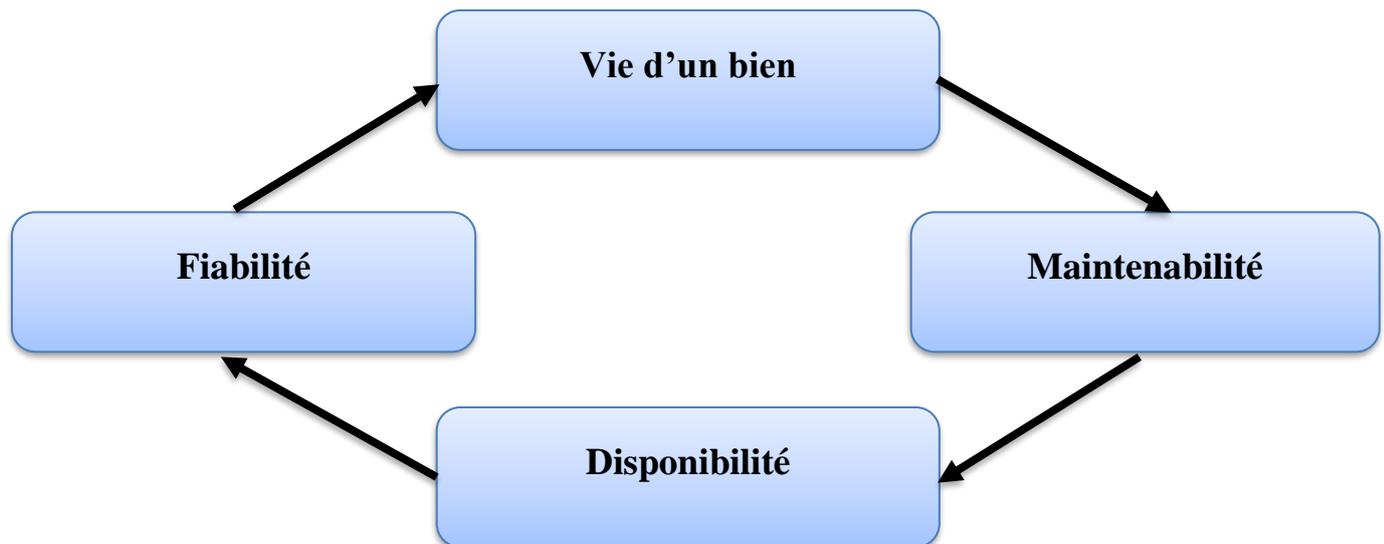


Figure IV.1 : Sûreté de fonctionnement.

### Problématique :

Durant nos activités au sein du département réalisation maintenance et étant chargés du suivi des travaux de maintenance pour le bâtiment peinture, nous avons reçu des signalements de problèmes récurrents concernant les cabines de peinture, plus précisément dans la partie extraction. Ces soucis se présentaient de la manière suivante :

- Vibration au niveau du démarreur électrolytique et l'indisponibilité des pièces de rechanges.
- Défaillances dans les contacteurs.
- Problèmes au niveau de brûleur.
- Défaillances au niveau des moteurs électriques.
- Problèmes au niveau de la pompe de recyclage.

Compte tenu du coût de réparation de ces défaillances, outre les temps d'arrêt importants qu'ils entraînent ; pouvant nuire à la production ; nous avons été mandatés pour réaliser une étude théorique sur la cabine de peinture humide dans le but d'améliorer ses performances et sa maintenance.

## **IV.A Analyse de la cabine de peinture humide par la méthode Pareto:**

### **1. Généralité sur la méthode Pareto :**

La loi de Pareto, aussi appelée principe 80/20, est fréquemment utilisée dans le domaine de la maintenance. Dans la maintenance, elle affirme que dans de nombreux cas, environ 80 % des conséquences découlent de 20 % des causes. En d'autres termes, la majorité des incidents de maintenance sont provoqués par un petit nombre de défauts ou de problèmes.

On utilise cette loi afin de mettre en avant les efforts de maintenance en mettant l'accent sur les 20 % de problèmes qui causent 80 % des pannes ou des problèmes. En repérant ces problèmes prioritaires et en les résolvant, les équipes de maintenance peuvent optimiser l'efficacité de leurs interventions et diminuer considérablement les temps d'arrêt. Cela favorise une répartition des ressources plus efficace en se focalisant sur les aspects les plus essentiels de la maintenance.[11]

### **2. Principe :**

Le diagramme de Pareto est un diagramme en colonnes, exposant et classant par ordre décroissant d'importance, les causes d'un problème (par ex).

La hauteur des colonnes est alors proportionnelle à l'importance de chaque cause, ce diagramme est élaboré en plusieurs étapes :

- Liste des problèmes.
- Quantification de l'importance de chacun.
- Total de la somme et détermination du pourcentage de chacun par rapport à ce total.
- Classement des pourcentages par valeurs décroissantes, la rubrique diverse étant toujours en derrière rang. [11]

### 3. La courbe ABC :

Quand a elle découpe la coupe de Pareto en trois segments A, B et C.

- A représente 80% de l'ensemble (zone A représente 80% du critère).
- B représente (90 à 95%) de l'ensemble (zone B représente 15% du critère).
- C Représente (95à 100%) de l'ensemble (zone C représente 5% du critère). [11]

### 4. Analyse statistique de différentes pannes de la cabine peinture :

Le tableau ci-dessous résume l'historique de notre installation et présente différents temps d'arrêt ainsi que le nombre d'interventions effectuées sur les différents sous-systèmes pendant la moyenne d'une année :

**Tableau IV.1 : Fiche historique des organes de la cabine de peinture. [1]**

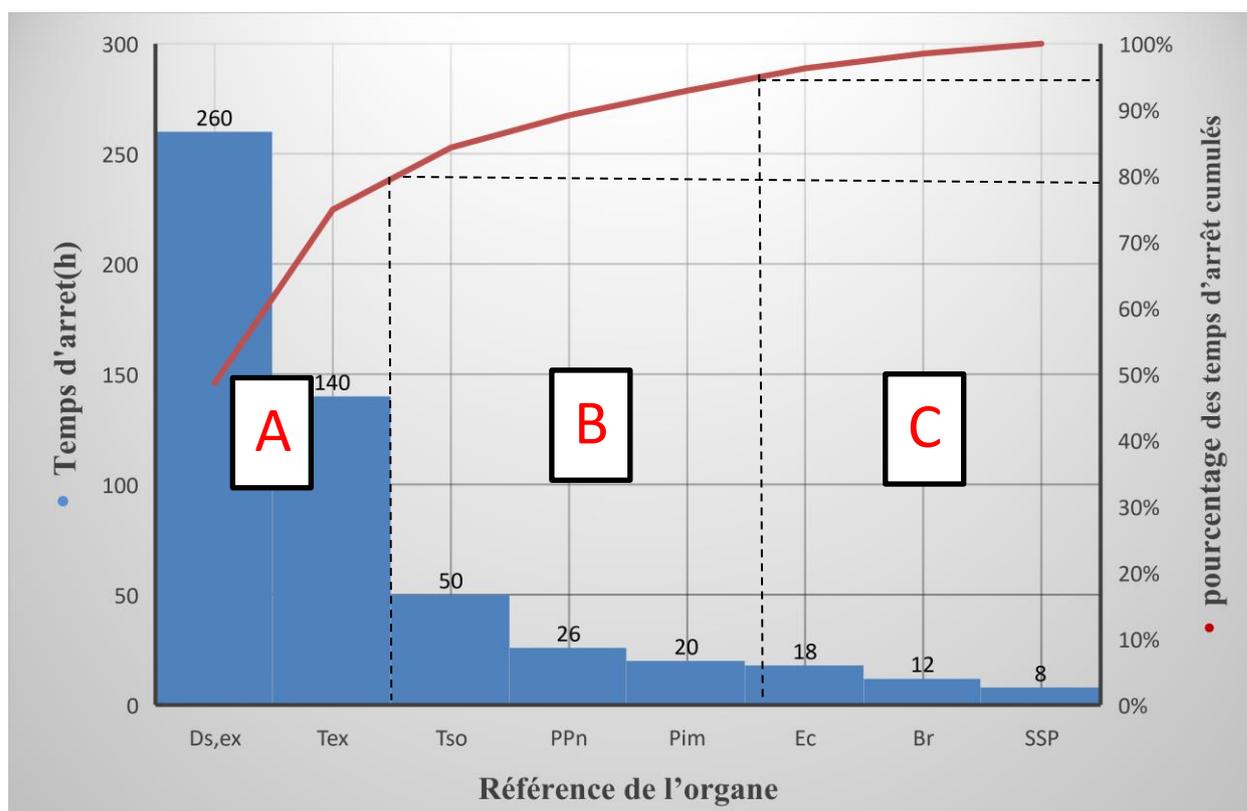
<b>Organe</b>	<b>Nombre d'heure d'arrêt (h)</b>	<b>Nombre d'intervention</b>
<b>Démarrateur de moteur soufflage</b>	260	25
<b>Ventilation d'extraction</b>	140	3
<b>Ventilation soufflage</b>	50	1
<b>Système de sécurité des portes</b>	8	3
<b>Bruleur à gaz</b>	12	2
<b>Pompe de recyclage</b>	20	4
<b>Pompe pneumatique</b>	26	10
<b>Eclairages</b>	18	5

#### 4.1. Classification ABC :

**Tableau IV.2 :** Critère de Temps d'arrêt et le nombre de pannes des organes de la cabine de peinture.

Référence de l'organe	Organes	Critère			Élément		
		Temps d'arrêt (h)	Temps d'arrêt Cumulés (h)	Pourcentage des temps d'arrêt cumulés	Nombre de pannes	Cumul des nombres de pannes	Pourcentage des nombres pannes cumulées
<b>Ds, ex</b>	Démarrateur de moteur soufflage	260	260	48,6	25	25	46
<b>Tex</b>	Ventilateur d'extraction	140	400	74,9	3	28	51
<b>Tso</b>	Ventilateur de soufflage	50	450	84,2	1	29	54,7
<b>PPn</b>	Pompes pneumatiques	26	476	89	10	39	73,6
<b>Pim</b>	Pompe de recyclage	20	496	92,8	4	43	81
<b>Ec</b>	Eclairage	18	514	96,2	5	48	90,6
<b>Br</b>	Bruleur a gaz	12	526	98,5	2	50	94
<b>SSP</b>	Système de sécurité des portes	8	534	100	3	53	100

## 4.2. La Courbe ABC :



**Figure IV.2 :** Pourcentage des temps d'arrêt cumulés et le temps d'arrêt en fonction des organes.

La courbe ABC illustrée sur la figure de dessus est répartie en 3 zones :

### - ZONE A

Selon le schéma, les organes les plus importants (démarreur de soufflage, ventilateur d'extraction) sont responsables de 74,9 % du temps total d'arrêts, ce qui implique une intervention urgente du service de maintenance.

### - ZONE B

Le temps total d'arrêt de 92,8-74,9 (17,9%), qui comprend trois organes (turbine soufflage, pompes pneumatiques, pompes de recyclage), est moins élevé que dans la zone A (moins exigeante), celle-ci est classée en deuxième priorité à l'intervention.

## - ZONE C

Dans cette zone,  $(100-92.8=7.2\%)$  deux types d'organes (brûleur et système de sécurité des portes) présentent des défauts moins importants que les zones A et B, ce qui entraînera une maintenance minimale ou très faible.

### 5. Résultat d'analyse par la méthode Pareto :

Les éléments repérés dans la zone A sont les plus importants et demandent davantage d'attention et d'analyse. Il est possible d'utiliser différentes méthodes, comme la fiabilité, l'AMDEC, l'arbre de défaillance, etc. Tout d'abord, nous devons commencer par étudier la fiabilité de ces organes afin de déterminer leur durée de vie et d'avoir une idée de leur état de santé.

## IV.B Etude fiabilité sur le démarreur de moteur soufflage de la CPH:

### 1. Définition de fiabilité :

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisations et pour une période temps déterminés (norme AFNOR X 0650&). [11]

### 2. But de fiabilité :

- Caractériser le comportement du produit dans les différentes phases de vie.
- La détermination des stratégies de maintenance.
- Amélioration de la durée de vie de l'équipement.
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement.
- Evaluer rigoureusement un degré de confiance.

### 3. Type de fiabilité :

On distingue quatre types de fiabilité :

- **Fiabilité intrinsèque** : Elle est spécifique à un équipement et à un environnement spécifique et ne dépend que de la qualité de ce même équipement. Pour une qualité initiale spécifique, elle dépend uniquement de l'âge et des signes d'agression naturels non humains.

- **Fiabilité extrinsèque** : Elle est le résultat des conditions d'exploitation, de la qualité de la maintenance et, de manière générale, des événements liés à l'apport humain.
- **Fiabilité opérationnelle** : Il s'agit de la fiabilité constatée sur des produits en usage normal. Elle varie en fonction des conditions d'utilisation réelles, de l'atmosphère entourant les produits, de l'influence du personnel de maintenance et de l'utilisation.
- **Fiabilité prévisionnelle** : La fiabilité future d'un système est déterminée par son analyse en tenant compte des fiabilités de ses composants.

#### 4. Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité [12] :

##### 4.1. Densité de probabilité :

La densité de probabilité de l'instant de la défaillance  $T$  s'obtient en dérivant la fonction de répartition  $F(t)$  :

$$f(t) = \frac{dF(t)}{d(t)} = -\frac{dR(t)}{d(t)} \quad \text{IV.1}$$

##### 4.2. Fonction de répartition :

C'est la probabilité pour que le dispositif soit en panne à l'instant  $t_i$  :

$$F(t_i) = P(T < t_i) \quad \text{IV.2}$$

Notons que ces deux fonctions sont complémentaires :

$$F(t) + R(t) = 1 \quad \text{IV.3}$$

##### 4.3. La fonction de fiabilité :

Nous appelons  $R(t)$  la fonction de fiabilité, qui représente la probabilité de fonctionnement sans défaillances pendant un temps  $t$ , ou la probabilité de survie jusqu'à un temps  $t$ . La probabilité d'avoir au moins une défaillance avant ce temps  $t$ , qui représente la probabilité cumulative des défaillances, est appelé : « probabilité de défaillance ».

##### 4.4. Taux de défaillance :

Prenons maintenant une pièce ayant servi pendant une durée  $t$  et encore survivante. La probabilité qu'elle tombe en panne entre l'âge  $t$  qu'elle a déjà et l'âge  $t + \Delta t$  est représentée par la probabilité conditionnelle qu'elle tombe en panne entre  $T$  et  $t + \Delta t$  sachant qu'elle a

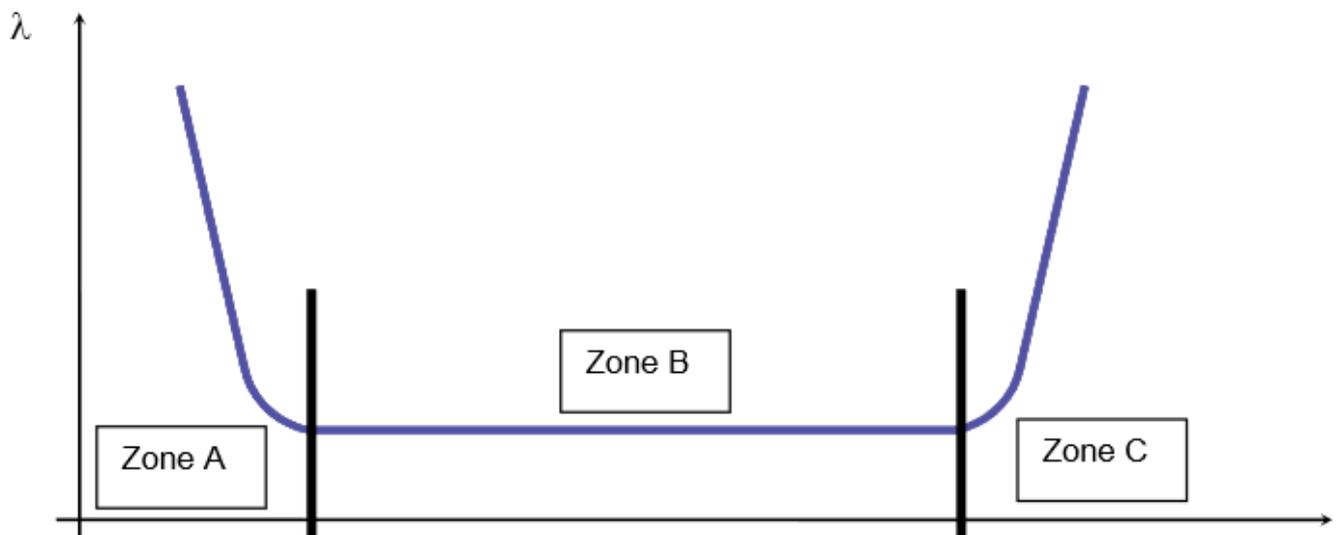
survécu jusqu'à  $T$ . D'après le théorème des probabilités conditionnelles cette probabilité est égale à :

$$\lambda(t) = -\frac{dR(t)}{d(t)} * \frac{1}{R(t)} \quad \text{IV.4}$$

$$\lambda(t) = \frac{dF(t)}{d(t)} * \frac{1}{R(t)} \quad \text{IV.5}$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{IV.6}$$

#### 4.5. Courbe caractéristique du taux de défaillance :



**Figure IV. 3** : Courbe en baignoire représente l'évolution du taux de défaillance.

On distingue trois périodes de vie :

- Zone A (la période de jeunesse) :

Pendant cette la période, il peut y avoir des pannes précoces ou des défauts de fabrication ou de conception. Elles doivent être éliminées dès que possible. Le taux d'usure diminue au fil du temps.

- Zone B :

Période de maturité ou vie utile, les pannes paraissent dues au hasard. Le taux d'avarie reste sensiblement constant et faible. Les défaillances apparaissent sans dégradation préalable visible, par des causes diverses suivant un processus de (Poisson défaillances aléatoires)

- Zone C (la période de vieillissement) :

Dans cette période, le taux de pannes augmente rapidement en fonction de temps (le nombre de pannes croissante)

#### 4.6. Temps de moyenne de bon fonctionnement :

Le **MTBF** (« **M**ean **T**ime **B**etween **F**ailure » on anglais) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances.

En d'autres termes, Il correspond à l'espérance de la durée de vie  $t$ .

$$MTBF = \int_0^{+\infty} R(t) \quad IV.7$$

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{ temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}} \quad IV.8$$

Si  $\lambda$  est constante :

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad IV.9$$

#### 4.7. Approximation de la fréquence cumulée $F(i)$ :

$N$  : nombre de défaillances

- Si  $N > 50$  : on utilise la loi des rangs bruts

$$F(i) = \frac{i}{N} \quad IV.10$$

- Si  $20 < N < 50$  : on utilise la loi des rangs moyens

$$F(i) = \frac{i}{N+1} \quad \text{IV.11}$$

- Si  $N < 20$  : on utilise la loi des rangs médianes

$$F(i) = \frac{i-0,3}{N+0,4} \quad \text{IV.12}$$

## 5. Loi de Weibull :

### 5.1. Modèle de Weibull :

Le modèle Weibull est fréquemment employé dans le domaine de l'étude de la durée de vie. Les paramètres de Weibull sont  $(\alpha, \beta, \gamma)$ , et leur détermination nous permettra d'évaluer l'état du matériel, d'évaluer la **MTBF** et l'écart type. Les résultats nous donnent la possibilité d'évaluer la fonction de répartition  $F(t)$  correspondante à chaque instant  $t$ .

Pour déterminer ces paramètres on utilise le diagramme d'ALLEN PLAIT :

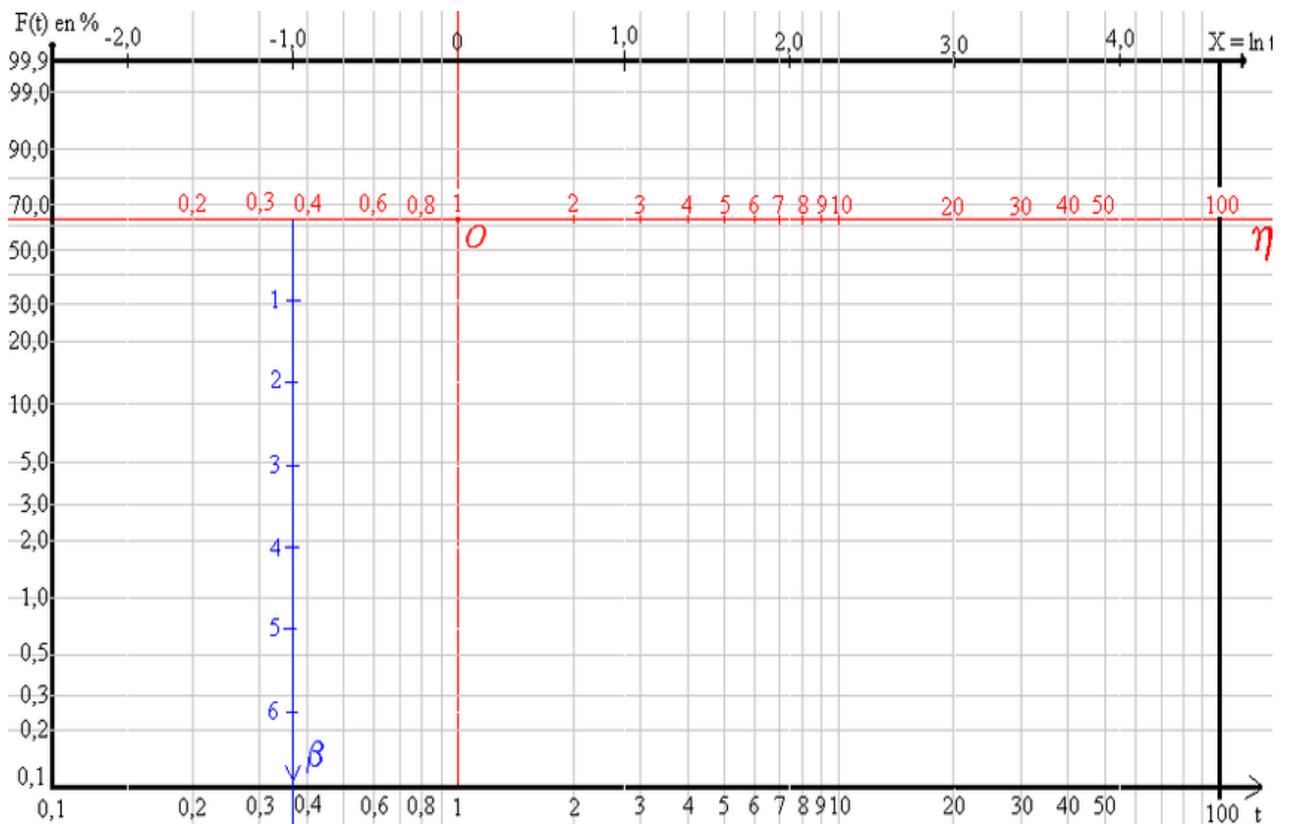


Figure IV.4 : Diagramme d'ALLEN PLAIT.

Il est constitué de quatre axes :

- Axe **A** : axe des temps.
- Axe **a** : axe des temps en logarithme  $\ln(t)$ .
- Axe **B** : axe des  $F(t)$  en %.
- Axe **b** : axe qui permet l'évaluation de  $\beta$ .

#### Procédure de réalisation :

- Préparation des données.
- Tracé des nuages des points  $(F(i), t)$ .
- Tracé la courbe de régression du nuage  $(D_i)$ .
- Translation de la droite  $(D_i)$  à la droite de passage par l'axe de plan  $(X, Y)$ .

**Calcul de  $\beta$**  : On trace la droite  $(D_2)$  parallèle à la droite  $(D_1)$  et coupe l'axe A au point 1 et on lit la valeur de  $\beta$  sur l'axe (b).

**Calcul de  $\eta$**  : on lit à intersection de la droite  $(D_1)$  avec l'axe (A).

#### 5.2. Fonction de distribution ( $\gamma=0, \eta=1$ ) :

Ces graphes montrent le polymorphisme de la loi de Weibull sous l'influence du paramètre de forme ( $b$ ) [13].

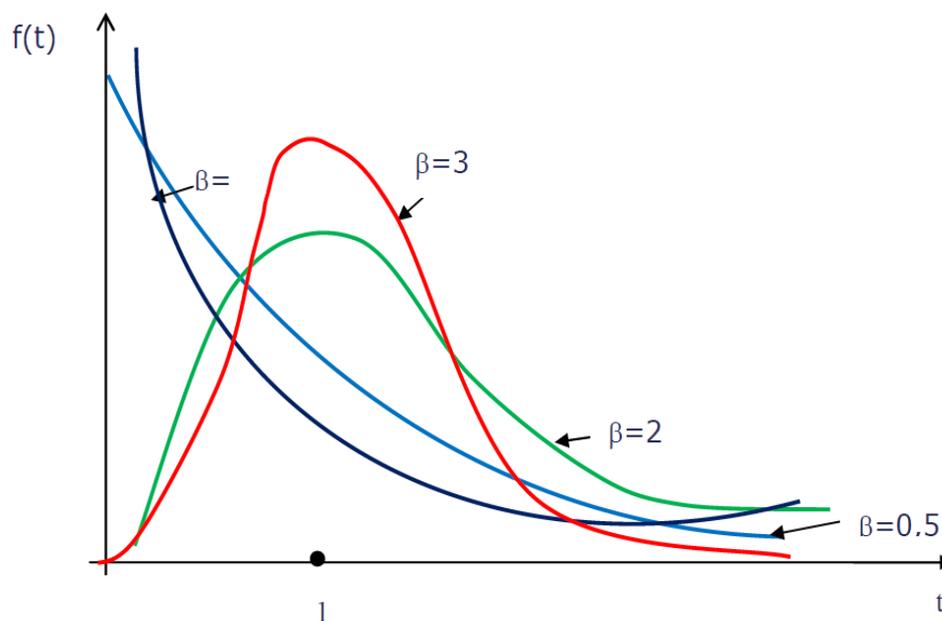


Figure IV.5 : Influence du facteur de forme  $b$  sur la courbe de la densité probabilité.

### 5.3. Courbes représentatives de $R(t)$ , $\lambda(t)$ ( $\gamma=0$ , $\eta=1$ ) :

La fiabilité  $R(t)$  pour une loi de Weibull est représentée par différentes courbes selon la valeur de facteur de forme  $b$ , Voir la figure suivante [13] :

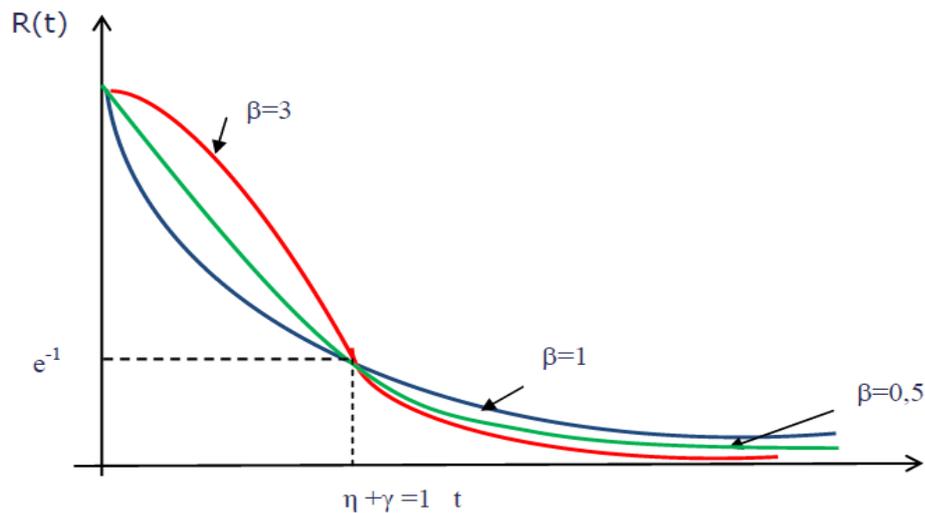


Figure IV.6 : Influence du facteur de forme  $b$  sur la courbe de la fiabilité.

### 5.4. Courbes représentation de ( $\gamma=0$ , $\eta=1$ ) :

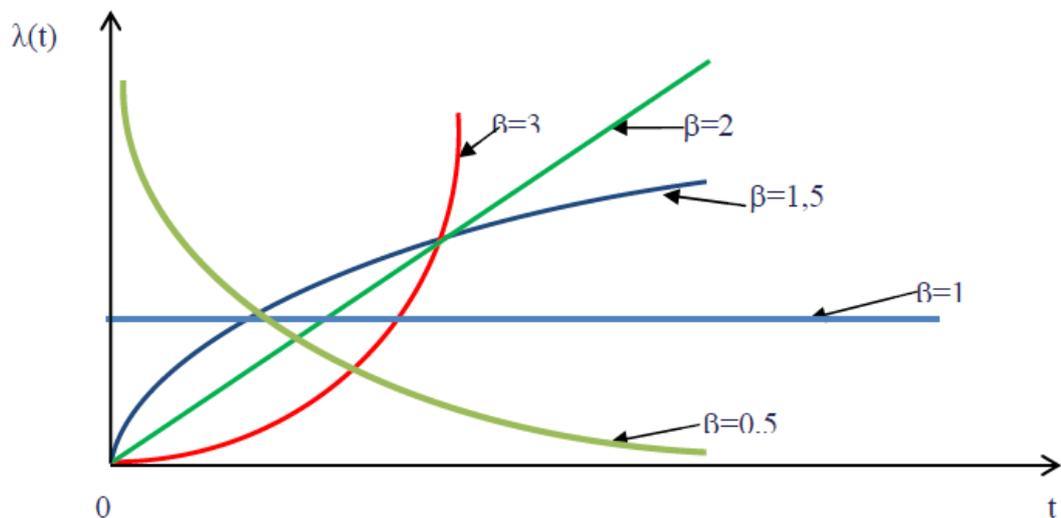


Figure IV.7 : Influence du facteur de forme  $b$  sur la courbe du taux de défaillance [13].

### 5.5. Signification des paramètres de fiabilité de "Weibull" :

$\beta$  : appelé paramètre de forme ( $\beta > 0$ ), souvent il est égal, inférieur ou supérieur à 1. La loi de

"Weibull" correspond à un taux de défaillance instantané, constant, décroissant ou croissant.

$\eta$  : est appelé paramètre d'échelle ( $\eta > 0$ ) parfois nommé « caractéristique de vie » c'est un simple paramètre de temps.

$\gamma$  : est appelé paramètre de position ( $-\infty < \gamma < +\infty$ ) il définit un changement d'origine dans l'échelle de temps.

Par exemple ( $\gamma > 0$ ) ; il y a une survie totale (pas de défaillance entre  $0$  et  $\gamma$ ). [14]

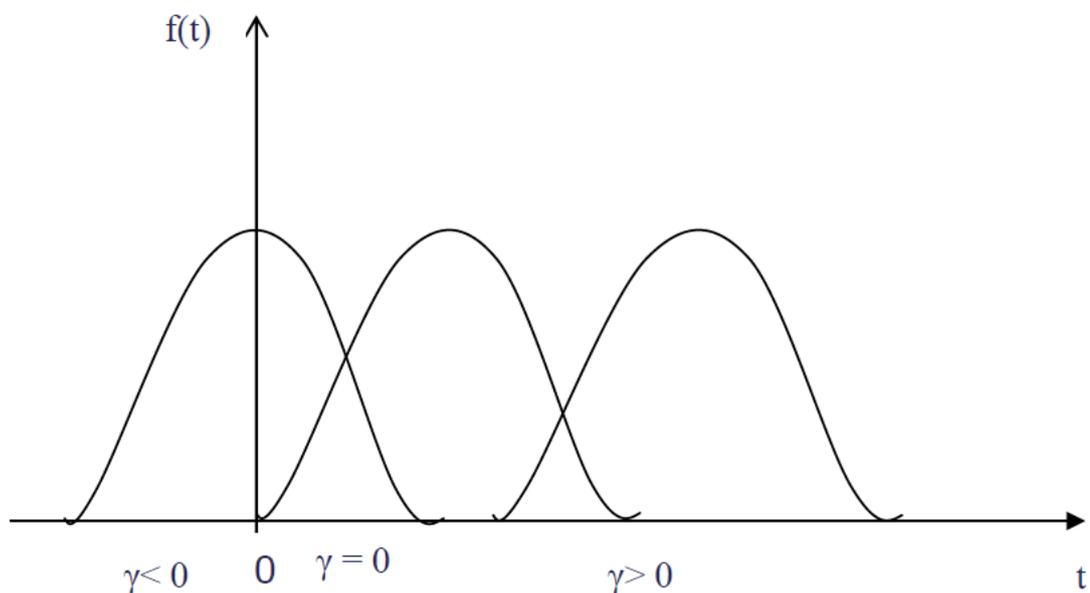


Figure IV.8 : Courbe de la densité en fonction du paramètre de position ( $\gamma$ ).

### 5.6. Expressions mathématiques :

a) Densité de probabilité  $f(t)$  :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad \text{Avec } t \geq \gamma \quad \text{IV.13}$$

$$f(t) = 0 \quad \text{Avec } t < \gamma$$

b) Fonctions de fiabilité  $R(t)$  :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad \text{Avec } t \geq \gamma \quad \text{IV.14}$$

$$R(t) = 1 \quad \text{Avec } t < \gamma$$

c) La "MTBF" espérance mathématique :

$$E(t) = \gamma + \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) = \text{MTBF} \quad \text{IV.15}$$

$$\text{MTBF} = A\eta + \gamma \quad \text{IV.16}$$

C'est la loi gamma qui est une fonction eulérienne de second espèce  $\lambda$ .

d) La variance mathématique :

$$\text{Var}(t) = \eta^2 \left[ \Gamma \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right] \quad \text{IV.17}$$

e) Taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \beta / \eta \left( \frac{\tau - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} \quad \text{IV.18}$$

f) Taux cumulé de défaillance :

$$\lambda_c(t) = \left( \frac{\tau - \gamma}{\eta} \right)^\beta \quad \text{IV.19}$$

## 6. Maintenabilité :

### 6.1. Définition :

Dans des conditions données, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.

Maintenabilité = être rapidement dépanné

C'est aussi la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.

A partir de ces définitions, on distingue :

- **La maintenabilité intrinsèque** : elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc.).

- **La maintenabilité prévisionnelle** : elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.
- **La maintenabilité opérationnelle** : elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.

L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité).

## 6.2. Commentaires :

La maintenabilité caractérise la facilité à remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Cette notion ne peut s'appliquer qu'à du matériel maintenable, donc réparable. « Les moyens prescrits » englobent des notions très diverses : moyens en personnel, appareillages, outillages, etc.

Remarque : On peut améliorer la maintenabilité en :

- Développant les documents d'aide à l'intervention.
- Améliorant l'aptitude de la machine au démontage (modifications risquant de coûter cher).
- Améliorant l'interchangeabilité des pièces et sous ensemble.

## 6.3. Calcul de maintenabilité :

La Maintenabilité peut se caractériser par sa **MTTR (Mean Time To Repair)** ou encore moyenne des Temps Techniques de Réparation.

$$MTTR = \frac{\sum \text{temps d'intervention pour } N \text{ pannes}}{\text{nombre de pannes } (N)} = \frac{\sum TTR}{N} \quad \text{IV.20}$$

Taux de défaillance  $\mu$  :

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \text{IV.21}$$

## 7. Disponibilité :

### 7.1. Définition :

La disponibilité est l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs est assurée.

Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la Maintenabilité et de la logistique de maintenance. Les moyens extérieurs nécessaires autres que la logistique de maintenance n'affecte pas disponibilité du bien (NF EN 13306). La disponibilité allie donc la notions de fiabilité et de Maintenabilité.

Augmenter la disponibilité par :

- L'allongement de la MTBF (action sur la fiabilité).
- La notion de le MTTR (action sur la maintenance)

### 7.2. Quantification de la disponibilité :

La disponibilité peut se mesurer :

- Sur un intervalle de temps donné (disponibilité moyenne),
- À un instant donné (disponibilité instantanée),
- À la limite, si elle existe, de la disponibilité instantanée lorsque  $t \rightarrow \infty$  (disponibilité asymptotique)

#### 7.2.1. Disponibilité moyenne :

La disponibilité moyenne sur intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport suivant :

$$D = \frac{\text{temps de disponibilité}}{\text{temps de disponibilité} + \text{temps d'indisponibilité}} = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad \text{IV.22}$$

Où :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{IV.23}$$

Remarque : Le temps cumulé d'immobilisation comprend les temps d'intervention et les temps logistique.

### 8. Application de la loi de WEIBULL sur le démarreur de moteur soufflage :

A partir de l'analyse de Pareto, nous avons trouvé que le démarreur soufflage ainsi que le ventilateur présentent 75% des problèmes de l'installation, pour dans cette partie nous effectuons l'étude de fiabilité sur le démarreur, on a les résultats suivant sur moyenne d'une année :

Commençant par le calcul des temps de bon fonctionnement :

**TBF** = nombre de jours ouvrables entre 2 jours  $\times$  8 heures – TA

On a  $N=11$  donc  $N < 20$  ; nous utilisons la formule :

$$F(i) = \frac{\sum ni - 0.3}{N + 0.4} \quad (\text{IV.12})$$

Et la formule :

$$R(i) = 1 - F(i) \quad (\text{IV.3})$$

$i$  : le rang.

$N$  : nombre de pannes.

$TA$  : temps d'arrêt.

**Tableau IV. 3** : calcul de fiabilité de démarreur de moteur soufflage.

TBF (h)	$N_i$	$i$	$F_i(t)$	% $F_i(t)$	$R_i(t)$	% $R_i(t)$
48	1	1	0.061	6.14	0.939	93.86
72	1	2	0.149	14.91	0.851	85.09
80	1	3	0.237	23.68	0.763	76.32
88	1	4	0.325	32.46	0.675	67.54
100	1	5	0.412	41.23	0.588	58.77

<b>104</b>	1	6	0.500	50.00	0.500	50.00
<b>120</b>	1	7	0.588	58.77	0.412	41.23
<b>124</b>	1	8	0.675	67.54	0.325	32.46
<b>132</b>	1	9	0.763	76.32	0.237	23.68
<b>136</b>	1	10	0.851	85.09	0.149	14.91
<b>144</b>	1	11	0.939	93.86	0.061	6.14

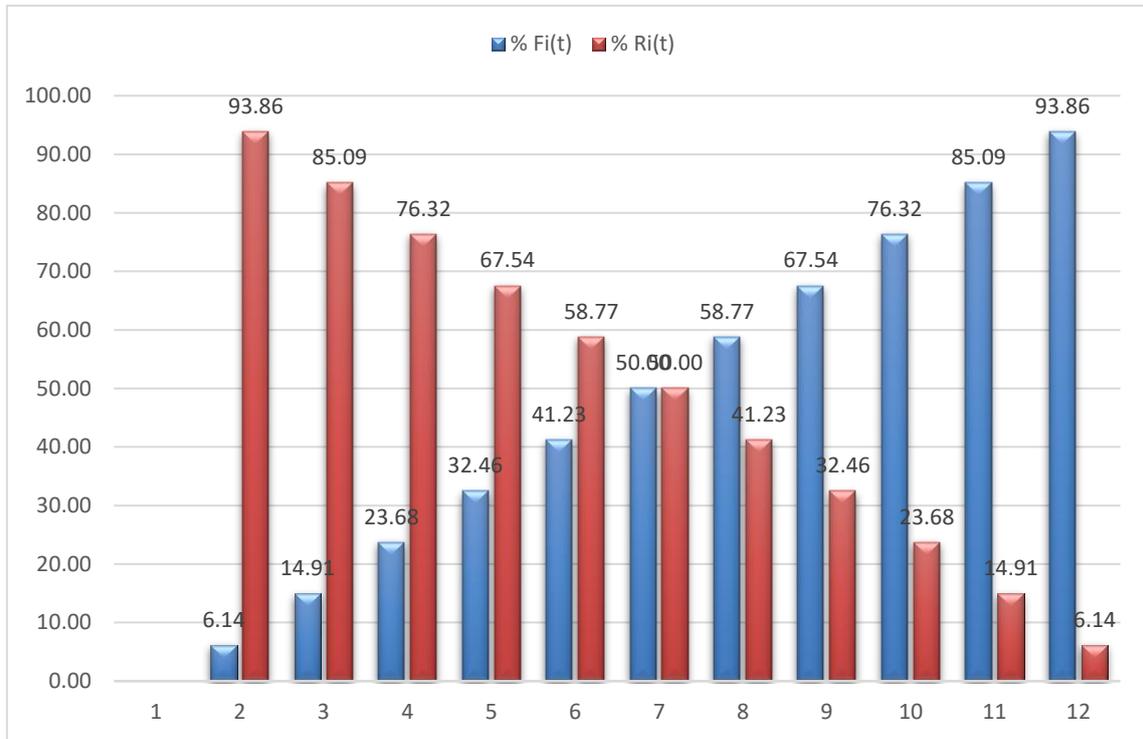


Figure IV.9 : Histogramme de %Fi(t) et %Ri(i)

**8.1. Papier WEIBULL :**

Nous portons sur le papier de Weibull les couples (TBF, Fi(t))

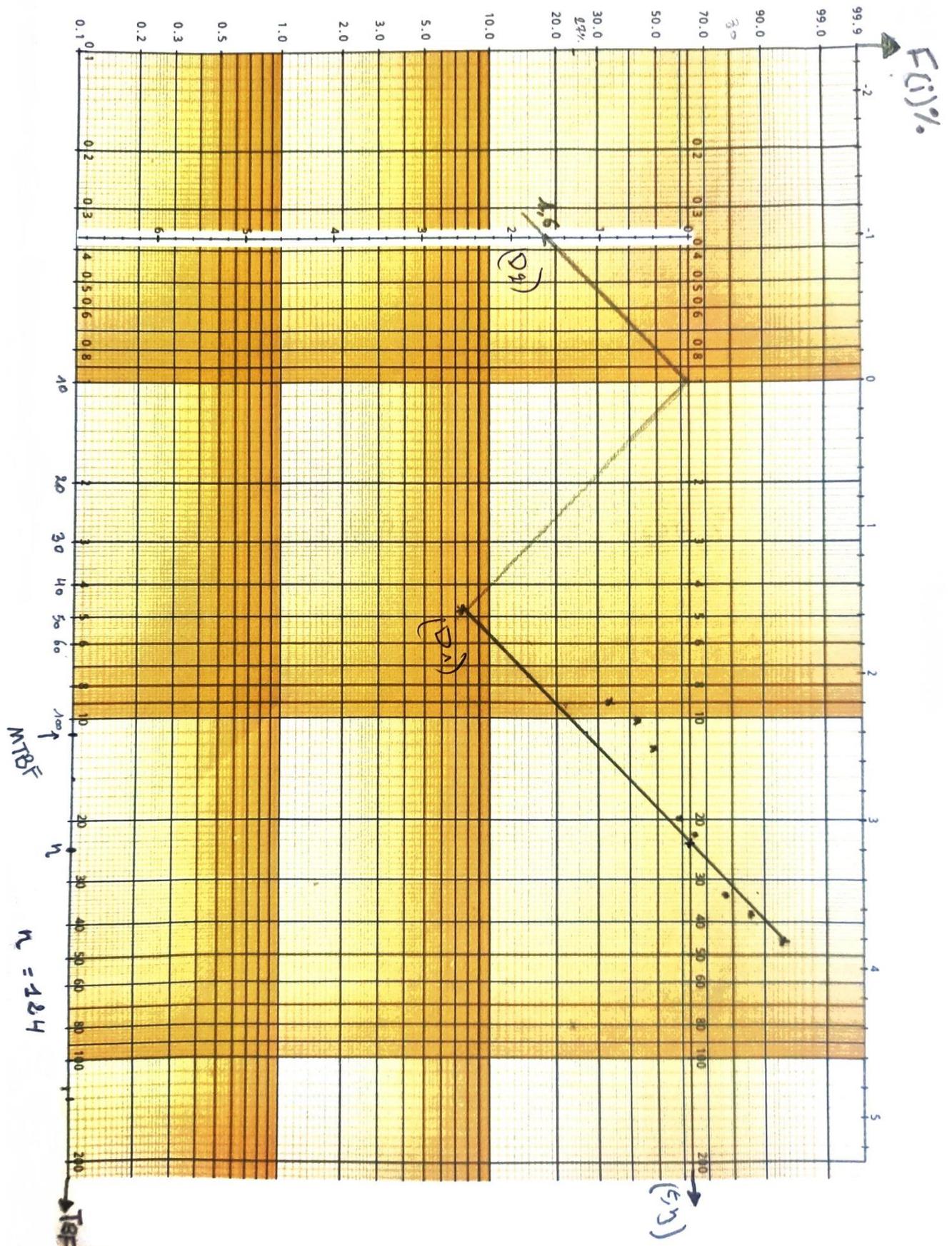


Figure IV.10 : Nuage des points de TBF en fonction de  $F_i(t)$ .

### 8.2. Détermination des paramètres de WEIBULL :

D'après le graphe de WEIBULL : La courbe est une droite donc  $\gamma=0$

$$\eta = 124 \text{ heures}$$

La droite D, coupe l'axe  $(t, \eta)$  à l'abscisse :

$$\beta = 1,6$$

La droite  $D_2$  parallèle à  $D_1$  qui passe par l'origine d'axe

D'après la table numérique dans l'annexe, on a déterminé les constantes **A** et **B** :

$$\mathbf{A} = 0,8966 \text{ et } \mathbf{B} = 0,574$$

### 8.3. Recherche des MTBF :

On a :  $\beta = 1,6$  et  $\mathbf{A} = 0,8966$  et  $\mathbf{B} = 0,574$

$$\text{MTBF} = A\eta + \gamma \quad (\text{IV.16})$$

$$\mathbf{MTBF} = 0.8966 \times 124 = 111,18 \text{ heures}$$

### 8.4. Recherche de la probabilité de bon fonctionnement :

Graphiquement nous avons le point (111.18h, 27%) d'où  $F(t) = 27\%$  et  $R(t) = 100 - F(t)$

$$\mathbf{R}(\text{MTBF}) = 100 - 27 = \mathbf{73\%}$$

Ce qui signifie que seuls 73% des équipements atteindront le MTBF sans défaillance.

### 8.5. Recherche de la probabilité de défaillance :

$$\mathbf{F}(\text{MTBF}) = 1 - \mathbf{R}(\text{MTBF}) \quad (\text{IV.3})$$

$$\mathbf{F}(\text{MTBF}) = 1 - 0.73 = 0.27 = \mathbf{27\%}$$

**8.6. Calcul de maintenabilité :**

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} \quad (IV.20)$$

$$MTTR = \frac{260}{11} = \mathbf{23,63h}$$

**8.7. Calcul de disponibilité :**

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (IV.22)$$

$$D = \frac{111,18}{111,18 + 23,63} = 0,82 = \mathbf{82 \%}$$

- **Interprétation des résultats :**

- ✓ **Démarrateurs (soufflage et extraction) :**

1. MTBF (111,18 heures) :

- Cela signifie que, en moyenne, le système fonctionne pendant 111,18 heures avant de subir une panne. C'est une mesure de la fiabilité du système. Un MTBF élevé indique une meilleure fiabilité.

2.  $R(MTBF) = 73\%$  :

-  $R(MTBF)$  représente la probabilité que le système fonctionne sans panne pendant un intervalle de temps égal au MTBF (111,18 heures). Avec une valeur de 73%, il y a donc 73% de chances que le système fonctionne sans interruption pendant 111,18 heures.

3.  $F(MTBF) = 27\%$  :

-  $F(MTBF)$  est le complément de  $R(MTBF)$  et représente la probabilité qu'une panne survienne pendant l'intervalle de temps du MTBF. Ici, il y a 27% de chances que le système tombe en panne au cours de cette période de 111,18 heures.

#### 4. MTTR (23,63 heures) :

- MTTR indique le temps moyen nécessaire pour réparer le système après une panne. En moyenne, il faut 23,63 heures pour que le système soit réparé et de nouveau opérationnel.

#### 5. Disponibilité (82%) :

- La disponibilité est la proportion de temps pendant laquelle le système est opérationnel et peut remplir sa fonction. Avec une disponibilité de 82%, cela signifie que le système est opérationnel et prêt à l'emploi 82% du temps.

Ces résultats indiquent que le système a une bonne fiabilité avec un MTBF relativement élevé, ce qui signifie des intervalles de fonctionnement longs entre les pannes. Cependant, le temps nécessaire pour réparer une panne (MTTR) est également assez significatif, ce qui réduit quelque peu la disponibilité du système. Malgré cela, une disponibilité de 82% est assez bonne, montrant que le système est opérationnel et en état de fonctionner la majeure partie du temps.

#### ✓ **Ventilateur d'extraction :**

Pour cette partie, les défauts de ventilateur n'arrêtent pas l'exploitation de la cabine. Les plus importants défauts sont les vibrations.

L'application de l'étude de fiabilité sur la turbine ne peut être appliquée vu l'absence de données sur la fiche historique.

On conclut alors que l'installation fonctionne avec défaut, pour cela, nous nous limiterons à une étude AMDEC sur cette partie, afin de faire ressortir les actions de maintenance à entreprendre pour chaque sous système.

### **Conclusion :**

L'analyse des deux méthodes (méthode ABC et loi de WEIBULL) ainsi que l'utilisation de l'application numérique sur la cabine de peinture humide nous ont donné une idée précise de la modification à effectuer sur cette dernière. En réalité, la loi de fiabilité de WEIBULL permet d'évaluer de manière statistique l'état global de la machine, tandis que la méthode ABC permet de repérer les éléments ou les organes minoritaires qui entraînent la

majorité du critère en question. Ainsi, il est évident que les deux méthodes mentionnées précédemment se complètent mutuellement dans le cadre d'un plan de maintenance

---

## *Chapitre V*

### *Analyse AMDEC de la cabine de peinture humide*

---

**Introduction :**

La rigueur dans la fabrication des équipements critiques est essentielle. Il est préférable de maîtriser les défaillances imprévues plutôt que d'en subir les conséquences. Ces défaillances peuvent entraîner une augmentation des coûts de production ou de maintenance, mettre les travailleurs en danger, voire stopper la production. Par conséquent, une connaissance approfondie de nos équipements et de leurs différents modes de défaillance est cruciale. Grâce à la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, des Effets et de la Criticité), il est possible d'identifier les causes potentielles de défaillances. De plus en plus utilisée dans tous les secteurs industriels, l'AMDEC optimise la fiabilité des équipements de production, prend en compte leur maintenabilité et contrôle leur disponibilité opérationnelle. Cette méthode représente une avancée majeure dans l'analyse prédictive pour la fiabilité des produits, notamment dans l'industrie des machines.

**1) Généralité sur la méthode AMDEC :****a) Historique :**

L'AMDEC ou (FMECA (failure mode effect critically analysis)) a été créée aux États-Unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement pour évaluer l'efficacité d'un système. Dans un contexte spécifique, cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. À la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles. La méthode d'abord été utilisée pour évaluer la fiabilité des produits, puis les processus de production, et sert maintenant à analyser le risque et la criticité de processus divers. C'est un outil courant des programmes de gestion de la qualité. Elle est utilisée systématiquement dans les industries à risque et est un outil obligatoire de l'accréditation à certaines normes, par exemple, celles de l'industrie automobile [15].

**b) Définition d'AMDEC :**

L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les

technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser. (Norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986.) [16].

**c) Les objectifs d'AMDEC :**

L'étude AMDEC permet principalement d'optimiser les coûts, en effet elle constitue une méthode de diagnostic intelligente dans la mesure où elle permet de prévoir un certain nombre de faiblesses, de défauts, d'anomalies et de pannes au niveau de l'ensemble des éléments qui concourent à la fabrication d'un produit. Donc, le principal objectif lors d'une utilisation de la méthode AMDEC est de réduire les coûts de maintenance.

Et la méthode AMDEC a pour objectif aussi à :

- Identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production,
- Identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel [17].

**d) Types d'AMDEC :**

- **AMDEC produit** : analyse de la conception d'un produit pour améliorer sa qualité et sa fiabilité
- **AMDEC processus** : Analyse des opérations de production pour améliorer la qualité de fabrication.
- **AMDEC sécurité** : Analyse des défaillances et des risques prévisionnels sur un équipement pour améliorer la sécurité et la fiabilité.
- **AMDEC moyen (machine)** : S'applique à des machines, des outils, des équipements et appareils pour améliorer la disponibilité, ce dernier type d'AMDEC qui est appliqué dans notre étude. [15]

**e) Les démarches pratique de l'AMDEC :**

L'emploi des AMDEC crée une ossature qu'il convient de compléter et d'outillée. Pour cela une analyse plus fine de la pertinence des informations est nécessaire. Le groupe AMDEC est tenu de maîtriser la machine et de mettre à jour et s'assurer de la validité de toutes les informations utiles à l'étude. Il appartient à ce groupe de s'appuyer sur le retour d'expérience de tous les opérateurs de tous les services de cycle de fabrication de produit, qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse.

**La démarche pratique de l'AMDEC se décompose en 4 étapes suivantes :****Etape 1 :** initialisation de l'étude qui consiste :

- La définition de la machine à analyser,
- La définition de la phase de fonctionnement,
- La définition des objectifs à atteindre,
- Constitution de groupe de travail,
- La définition de planning des réunions,
- La mise au point des supports de travail.

**Etape 2 :** description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- Découpage de la machine,
- Inventaire des fonctions de service,
- Inventaire des fonctions techniques

**Etape 3 :** analyse AMDEC qui consiste :

- Analyse des mécanismes de défaillances,
- Evaluation de la criticité à travers : la probabilité d'occurrence F, la gravité des conséquences G, la probabilité de non détection D.
- La criticité est définie par le produit :  $C=F.G. D$
- Propositions d'actions correctives.

**Etape 4 :** synthèse de l'étude/décisions qui consiste :

- Bilan des travaux,
- Décision des actions à engager. **[18]**

**f) La fiche AMDEC :**

La fiche AMDEC regroupe tous les éléments concernant la défaillance comme le montre le tableau :

AMDEC <input type="checkbox"/> PROCESS <input type="checkbox"/> MOYEN <input type="checkbox"/> PRODUIT		Indice :														
Références de l'étude :		Date :														
Site :		Projet :														
		Pilote :														
		Animateur :														
Équipe :																
AMDE					Prévu / existant					Actions correctives		Résultats				Commentaires
Opération / fonction / pièce	Mode de défaillance	Cause	Effet	CL 140	Plan de surveillance	D	F	G	C	Mesure préconisée	État action	D'	F'	G'	C'	
#				(1)							(2)					
				(1) : Classe: Sécurité (S) ou Réglementation (R)	(2) état :		<input type="radio"/> Action non planifiée	<input type="radio"/> Action planifiée	<input type="radio"/> Action en cours de réalisation	<input type="radio"/> Action réalisée	<input type="radio"/> Efficacité validée					

Figure V.1 : Tableau fiche AMDEC.

g) Les mots relatifs à l'AMDEC :

- **Fréquence (F)** : elle doit représenter la probabilité d'apparition du mode de défaillance résultant d'une cause donnée.

Tableaux V.1. Désignations des fréquences.

Cotation	Désignation
1 : fréquence très faible	Défaillance pratiquement inexistante au plus un défaut sur la durée de vie d'une installation
2 : fréquence faible	Défaillance moins de une fois par 1 ans
3 : fréquence moyenne	Défaillance d'une fois par trois mois
4 : fréquence fort	Défaillance d'une fois par un mois

- **Détection (D)** : elle doit représenter la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survienne.

**Tableaux V.2.** Désignation des détections.

Cotation	Désignation
1 : évidente	Signe évident de défaillance
2 : possible	Nécessite une action, risque que le signe de défaillance ne soit pas perçu par l'opérateur
3 : improbable	Défaillance difficile à détecter
4 : impossible	Défaillance impossible à détecter

- **Gravité (G)** : la gravité représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance.

**Tableaux V.3.** Désignation des gravités.

Cotation	Désignation
1 : gravité mineur	Aucune dégradation notable du matériel arrêt moins de 2 heures
2 : gravité moyenne	Nécessite une intervention de courte durée : arrêt de 2 heures → 6 heures
3 : gravité major	Très critique nécessitant une intervention de longue durée : arrêt de 6 heures → 24 heures
4 : catastrophique	Très critique nécessitant une grande intervention : arrêt de plus d'un jour
5 : sécurité	Accident provoquer des probe émues de sécurité des personnes lors du fonctionnement ou lors d'intervention

- **Criticité (C)** : La notation de criticité s'applique un mode de défaillance d'une composante ou d'un système c'est le produit pas nécessaire mathématique de la gravité (G) par la probabilité d'occurrence (F) de la défaillance par l'indice de non détection (D).  
[19]

La criticité peut être un nombre ou une estimation qualitative, dans un autre cas, nous allons utiliser la formule de cotation suivante :

$$C = F.G.D$$

**Tableaux V.4.** Désignations des criticités.

<b>Niveau de criticité</b>	<b>Action à apporter</b>
$1 \leq C < 10$ Criticité négligeable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune modification de conception.</li> <li>- Maintenance corrective.</li> </ul>
$10 \leq C < 16$ Criticité moyenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration des performances des éléments.</li> <li>- Maintenance préventive systématique</li> </ul>
$16 \leq C < 25$ Criticité élevée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Révision de la conception du sous ensemble et du choix des éléments.</li> <li>- Surveillance particulière, maintenance préventive, conditionnelle, prévisionnelle.</li> </ul>
$25 \leq C < 80$ Criticité interdite	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remise en cause complète de la conception.</li> </ul>

**h) Application la méthode AMDEC sur le démarreur de moteur soufflage et sur le ventilateur d'extraction :**

- **Décomposition du système :**

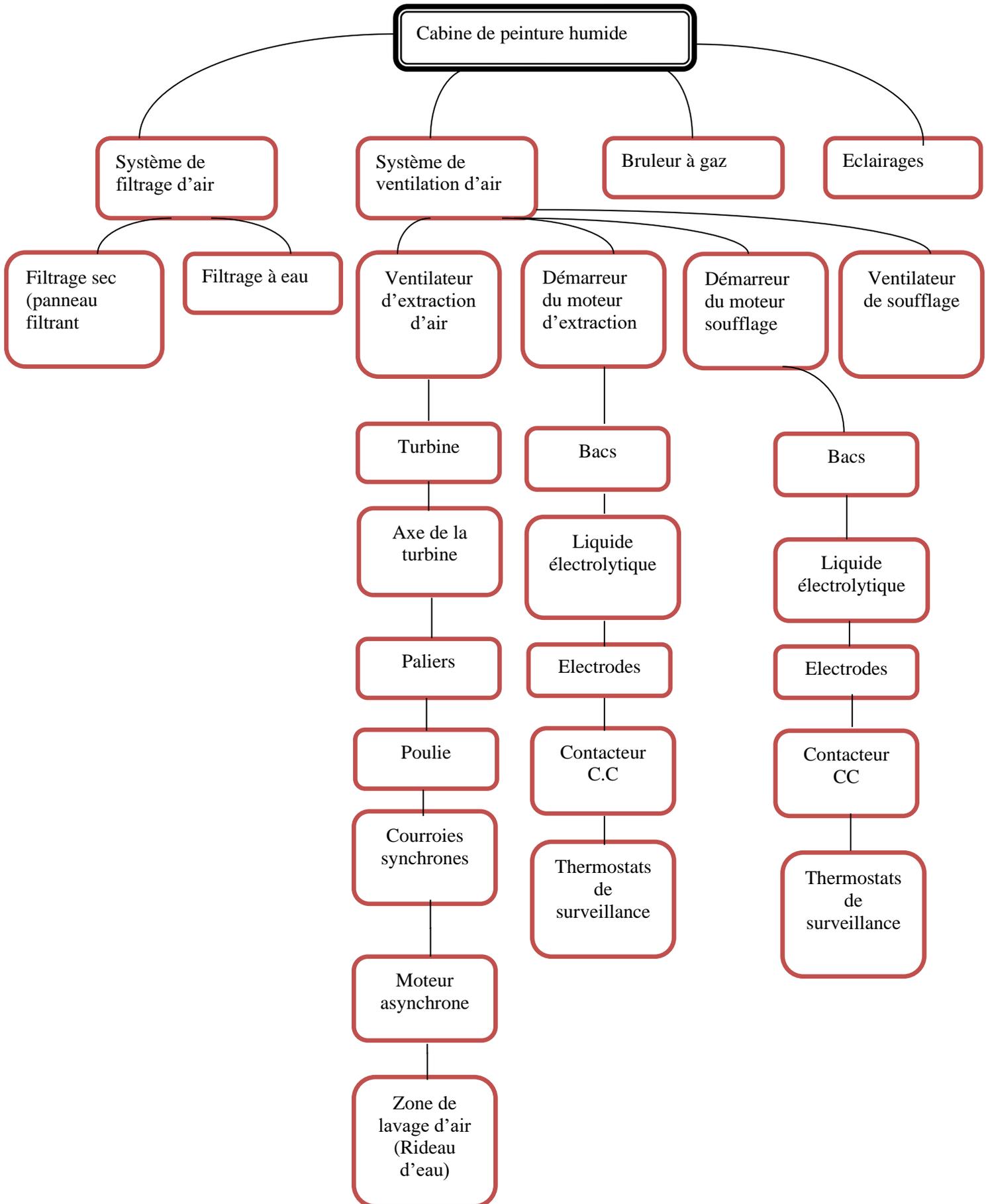


Figure V.2 : décomposition de système d'étude.

Les éléments à étudier se présentent comme suit :

- Démarreurs des moteurs soufflage et extraction.
- Ventilateur d'extraction

**a) Démarreurs des moteurs soufflage et extraction :**

- Fonctionnement :

Les démarreurs électrolytiques sont des démarreurs liquides à « variation continue » ils sont destinés au démarrage de moteurs à bagues de forte puissance.

On utilise dans une chambre électrolytique la décroissance de la résistance d'un électrolyte lorsque sa température augmente. La résistance insérée à la mise sous tension réduit la tension aux bornes du moteur en même temps que le couple de décollage ; la décroissance de cette résistance sous l'effet de son échauffement entraîne l'augmentation de la tension aux bornes du moteur, donc celle du couple ; la vitesse augmente progressivement sans à-coups jusqu'à sa valeur nominale.

A la fin du démarrage, cette résistance est éliminée.

La température de l'électrolyte est contrôlée par un thermostat de surveillance qui coupe le circuit électrique de commande en cas de surchauffe, son réglage est fait en usine et ne doit pas être modifié.

Le liquide électrolytique sont protégés par un film d'huile pour but d'empêcher l'évaporation de l'eau.

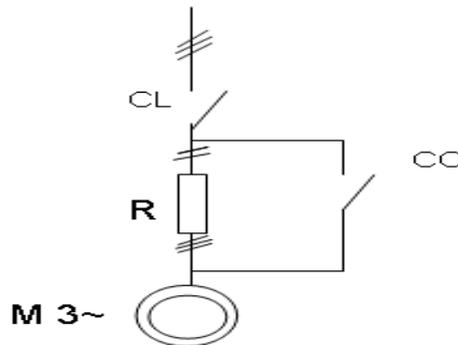
- Caractéristiques de démarreurs :
  - Puissance limite = **735 KW** (1000ch).
  - Tension limite  $U_n=550$  V entre phases.
  - Résistance décroissante automatiquement, sans discontinuité, donc supprimant les à-coups de couple et les pointes de courant.

La résistance initiale est déterminée pour donner au couple et à l'intensité la valeur exacte désirée.

- Rôle de ces démarreurs :

Cet appareil mis en service depuis 1978, depuis son installation il subit des passages du courant élevés qui surchauffent et détériorent les bacs à électrolytes qui sont réparés sommairement avec de la résine polyester.

Les procédés de démarrage des moteurs à synchrones triphasés permettent de réduire l'intensité de démarrage qui est égale 3 à 7 fois l'intensité nominale et ce pour protéger les moteurs.



**Figure V.3 :** Schéma électrique de démarrage d'un moteur à synchrone.

CL : contacteur de ligne.

CC : contacteur de court-circuit.

E : Résistance de démarrage.

M : moteur asynchrone.



**Figure V.4 :** Démarreur électrolytique d'un moteur de soufflage dans la cabine de peinture.

**b) Ventilateur d'extraction :**

## • Définition :

C'est une turbine de 180 000 m<sup>3</sup>/l, installée sur le toit de la cabine est raccordée à la cheminée pour l'évacuation d'air hors bâtiment de peinture.

Cette turbine est entraînée par un moteur électrique à synchrone triphasés de 110KW, dont leur démarrage s'effectue par un démarreur électrolytique par élimination des résistances statorique.

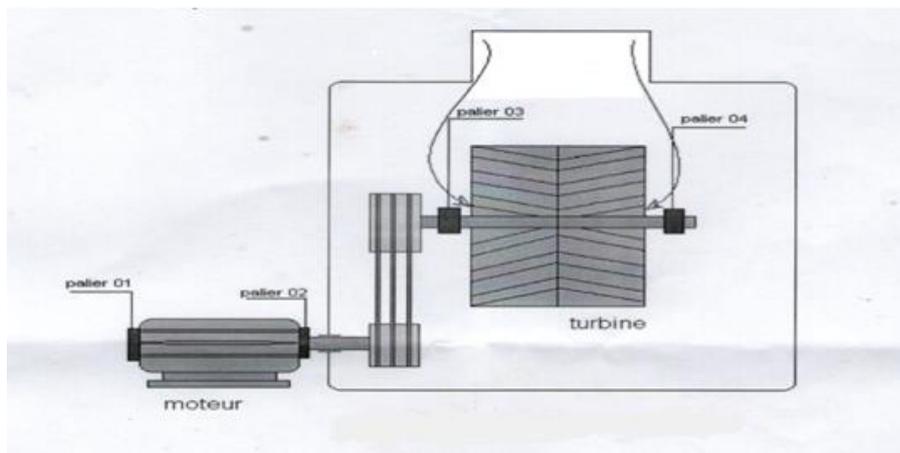


Figure V.5 : Schéma cinématique de ventilateur d'extraction.

## ❖ Etat actuel de la zone de lavage d'air :



Figure V.6 : la zone de lavage d'air (la fosse) de la cabine peinture humide.

Composé de 02 rampes en tubes d'acier sans soudure de Ø110 percés de trous de Ø16 et de 02 pentes en tôle E24, avec séparateur qui permettent l'écoulement de l'eau pour entrainer les dépôts de peinture vers la fosse, ces tubes sont complètement rouillés, fissurés et bouchés, la dégradation des goulottes par les l'effet de la rouille (percés), cela est dû à l'agressivité de l'eau et a son TH élevé, par conséquence, en aspirant la turbine tire l'air chargé et des particules de peinture qui se déposent sur les aubes de la turbine causant ainsi son déséquilibre.

## 2) Tableau AMDEC :

**Tableaux V.5.** Tableaux d'AMDEC de démarreur de soufflage et ventilateur d'extraction.

ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE						AMDEC moyen				
Système : Cabine de peinture humide						Criticité				Actions correctives
Sous-système : Démarreur de moteur soufflage										
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Mode de détection	F	G	D	C	
Bacs	Réservoir d'électrolyte	Brouillement de liquide électrolytique	Surchauffe des électrodes	-Débordement de liquide -Evaporation de liquide - Court-circuit - Eclatement des bacs	Visuel	2	3	2	12	Changement des bacs
Liquide électrolytique	Résistances	Brouillement anormale	Thermostats défectueux	Arrêt des démarreurs risque à griller	Disjonction	3	4	2	24	Changement des thermostats de surveillance
Électrodes	Conducteurs de courant	Usure corrosion coupure	Intensité élevée affaiblissement la structure de métal	Arrêt du moteur	Disjonction	2	3	2	12	Changement des électrodes
Contacteur	Établir et coupure de courant	Usure des contacts	Surintensités vibrations	Arc électriques	Disjonction	3	3	2	19	Changement des contacts mobiles et fixes
Thermostats de surveillance	Surveillance de la température du liquide	Détérioration	PDR Adaptable	Détérioration des éléments du démarreur	Visuel (affichage de température)	3	2	4	24	Changement de thermostat

ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE						AMDEC moyen				Actions correctives
Système : Cabine de peinture humide						Criticité				
Sous-système : Ventilateur d'extraction						F	G	D	C	
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Mode de détection					
Turbine d'extraction	Extraction d'air de la cabine vers l'extérieur	Vibration	Accumulation de peinture sur la turbine	Desserrage de la visserie	Visite	4	5	1	20	Grattage des aubes Changement des aubes ou réparation avec équilibrage
		Usure	Humidité de l'air extrait	Détérioration des aubes	Visite					
Paliers	Assure la rotation de la turbine	Usure	Mauvais graissage	Forte vibration	Contrôle	1	2	2	4	Changement des paliers
Poulies	Transmettre le mouvement des courroies aux arbres	Sautillement	Excentrique mauvais serrage sur l'arbre	Vibration	Visuel	1	3	2	6	Vérification de Ø arbres et l'alésage de la poulie
Courroies de transmission	Transmettre le mouvement de rotation en mouvement de	Glissement des courroies sur les poulies	Mauvais alignement usure des gorges des poulies	Perte de performance	Contrôle visuel	2	2	1	4	Vérifier alignement, changement des courroies
Roulements	Supporte la charge axiale Réduire la friction	Vibrations importantes et prolongées	Mauvais graissage	Usure des composantes	Visite	2	2	2	8	Graissage régulier

Moteur d'extraction d'air	Entrainement turbine	Bobinage grillé usure roulement	Surchauffe mauvais graissage mauvais démarrage du moteur	Mauvais rotation	Contrôle voltmètre, Ampère mètre (V, I) et mégohmm ètre	2	2	1	4	Changement moteur(ou rembobinage) changement roulement
Silentbloc	Fixation du moteur électrique	Usure	Vibration	Désalignement	Contrôle	2	3	2	12	Changement
Zone de lavage d'air (rideau d'eau)	Déversement les particules de peinture au fosse	Mauvaise séparation d'air peinture	Dégradation du système rideau d'eau	Surcharge de la peinture sur la turbine et cheminé, corrosion	Contrôle	2	4	3	24	Rénovation

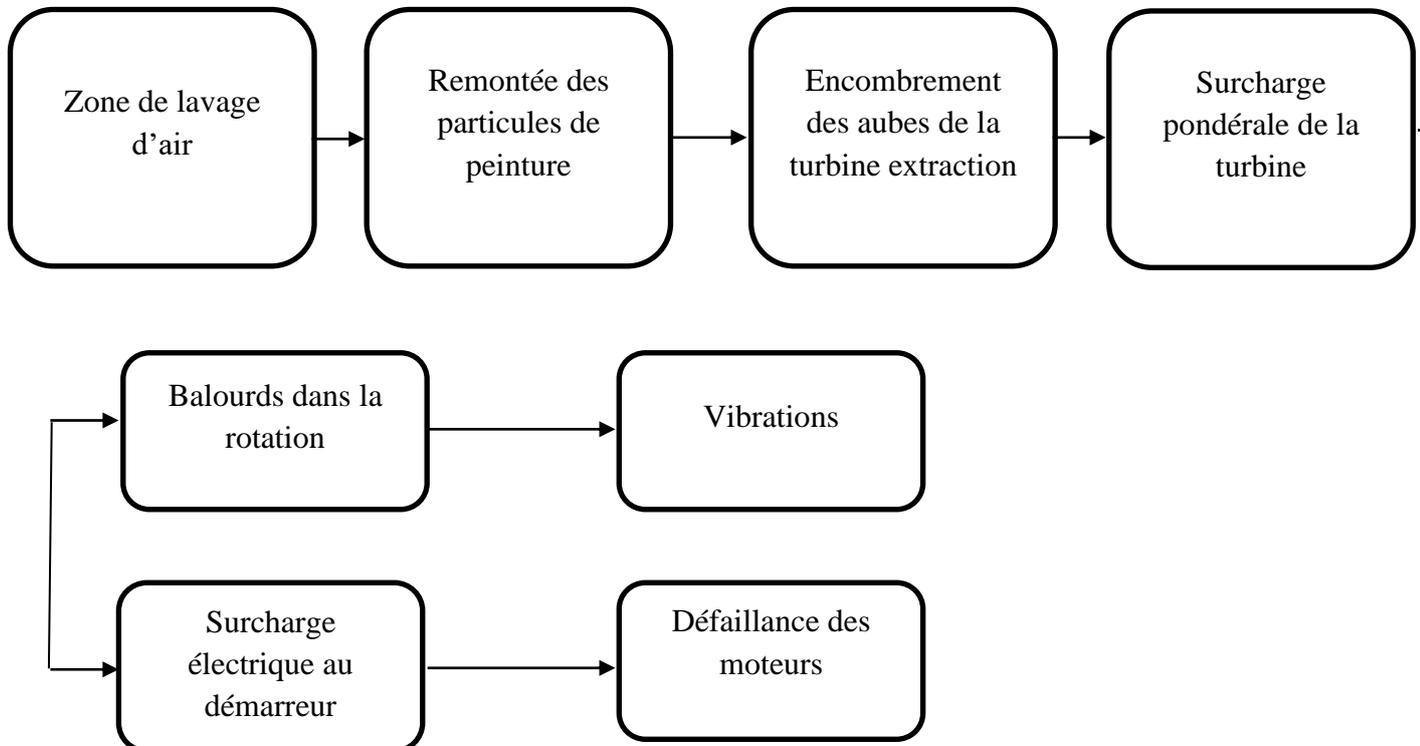
### 3) Synthèse :

- L'étude AMDEC a révélé que les points critiques sont : la turbine, la zone de lavage d'air.

Le mauvais état de la zone de lavage d'air qui impose sa rénovation totale par l'adaptation des tubes, tôles galvanisés et changement des vannes pour améliorer son efficacité et sa durée de vie.

Après nettoyage de la turbine d'extraction, réglage des paliers, serrage des fixations et contrôle des silentbloks caissons et moteur nous avons constatés une réduction importante des vibrations.

Si on établit une étude de la causalité des défaillances, ou ce qui concerne de turbine extraction on aboutit à la cause fondamentale qui est lié à la mauvaise maintenance de la zone de lavage d'air de la cabine de peinture humide.



- Malgré les résultats obtenus dans le chapitre précédent qui montre que la disponibilité de démarreur de soufflage est valable, et d'après l'étude des modes de défaillances de

leurs effets et leurs criticités montre qu'il y'avait des pièces critiques à changer tel que le thermostat de surveillance, le liquide électrolytique, les bacs ...etc. Le changement de ces pièces n'est pas possible car elles sont très coûteuses et indisponible dans le marché algérien.

Donc, nous a donné la préférence au choix de changement du démarreur électrolytique par un démarreur progressive de la nouvelle génération. On optera pour un appareil électronique du type **ALTISTAR 48** doté de capacités de contrôle du cycle de démarrage avec affichage de tous les paramètres.

Pour le nouveau démarreur nous proposons une gamme de maintenance préventive annuelle adaptée :

- Dépoussiérage de refroidisseur si nécessaire.
- Vérifier état le serrage des connexions.
- S'assurer que la température au voisinage de l'appareil reste un niveau acceptable et que la ventilation reste efficace.

#### 4) Proposition du plan de maintenance sur le ventilateur d'extraction et ces éléments :

**Tableau V. 6 : Plan de maintenance proposé.**

Elément	Tâches	Intervenant	J	M	3M	6M	A
Turbine	Vérifier état des aubes Nettoyage	04 ouvriers nettoyage technique			X		
Paliers	Vérifier état paliers Vérifier les roulements Graissage	02 Mécaniciens 01 graisseur				X	
Poulies	Vérifier état des gorges Changement poulies en cas d'usure	02 mécaniciens				X	
Courroies	Vérifier alignement des courroies Vérifier état et tension des courroies Changement des courroies si nécessaire	02 mécaniciens				X	2A



---

# ***CONCLUSION GENERALE***

---

## Conclusion générale

Les cabines de peinture industrielle ont connu un développement technologique assez conséquent de nos jours, elles sont des équipements cruciaux qui rentrent dans plusieurs domaines d'application, parmi celles-ci le service carrosserie de la société SNVI qui constitue notre organisme dans lequel nous avons effectué un séjour scientifique où nous avons bénéficié des connaissances déjà acquises dans le cursus universitaire.

Les résultats de l'étude montrent que la cabine de peinture humide est un système complexe qui nécessite une maintenance régulière et efficace pour assurer sa disponibilité et sa fiabilité. L'analyse de fiabilité a révélé des faiblesses dans les systèmes de peinture, tandis que l'analyse AMDEC a identifié des opportunités d'amélioration dans les processus de maintenance.

Cette étude contribue à l'amélioration continue des processus de production et des systèmes de maintenance de SNVI Rouiba. Les résultats de l'étude peuvent également servir de référence pour d'autres entreprises qui utilisent des systèmes de peinture similaires. En outre, cette étude vise à fournir des recommandations pratiques pour améliorer la maintenance préventive et corrective des systèmes de peinture, ce qui peut aider à réduire les coûts et les temps d'arrêt.

Cette étude nous a apporté des résultats précieux. Ces résultats sont spécifiques à la cabine de peinture humide de SNVI Rouiba et ne peuvent pas être directement appliqués à d'autres systèmes de peinture. Ses résultats se résument en trois choses importantes :

- $R(MTBF) = 73\%$  : Avec une valeur de 73%, il y a donc 73% de chances que le système fonctionne sans interruption pendant 111,18 heures (MTBF).
- Une disponibilité de 82%, cela signifie que le système est opérationnel et prêt à l'emploi 82% du temps.
- L'analyse AMDEC nous a permis de faire un changement total de démarreur de soufflage électrolytique par un démarreur progressif ALTISTAR 48. Et pour le ventilateur d'extraction, on a proposé un plan de maintenance préventive.

En fin, des recommandations d'utiliser une approche systématique et intégrée pour la maintenance des systèmes de peinture sont conseillées, qui suggère également que cette entreprise devrait investir dans des formations et des outils pour améliorer les compétences des techniciens en maintenance.

En résumé, cette étude contribue à la théorie et à la pratique en fournissant des connaissances précieuses sur la maintenance des systèmes de peinture. Elle montre que la maintenance préventive et corrective est essentielle pour assurer la disponibilité et la fiabilité des systèmes de peinture, et qu'une approche systématique et intégrée est nécessaire pour améliorer les performances de ces systèmes.

En perspective, nous proposons au futur étudiants la contribution à la résolution de problème de démarrage des moteurs d'extraction et de soufflage ; qui est dû à la présence des vibrations au niveau de l'arbre qui entraîne une diminution du liquide électrolytique ; par changement du démarreur électrolytique par un démarreur progressive de la nouvelle génération.

---

# ***ANNEXE***

---

• **Table numérique** : La distribution de **WEIBULL** se faite comme suit

$\beta$	A	B	$\beta$	A	B	$\beta$	A	B
			1.50	0.9027	0.613	4	0.9064	0.254
			1.55	0.8994	0.593	4.1	0.9077	0.249
			1.60	0.8966	0.574	4.2	0.9089	0.244
			1.65	0.8942	0.556	4.3	0.9102	0.239
0,20	120	1901	1.70	0.8922	0.540	4.4	0.9114	0.235
0.25	24	199	1.75	0.8906	0.525	4.5	0.9126	0.230
0.30	9.2605	50.08	1.80	0.8893	0.511	4.6	0.9137	0.226
0.35	5.0291	19.98	1.85	0.8882	0.498	4.7	0.9149	0.222
0.40	3.3234	10.44	1.90	0.8874	0.486	4.8	0.9160	0.218
0.45	2.4786	6.46	1.95	0.8867	0.474	4.9	0.9171	0.214
0.50	2	4.47	2	0.8862	0.463	5	0.9182	0.210
0.55	1.7024	3.35	2.1	0.8857	0.443	5.1	0.9192	0.207
0.60	1.5046	2.65	2.2	0.8856	0.425	5.2	0.9202	0.203
0.65	1.3663	2.18	2.3	0.8859	0.409	5.3	0.9213	0.200
0.70	1.2638	1.85	2.4	0.8865	0.393	5.4	0.9222	0.197
0.75	1.1906	1.61	2.5	0.8873	0.380	5.5	0.9232	0.194
0.80	1.1330	1.43	2.6	0.8882	0.367	5.6	0.9241	0.191
0.85	1.0880	1.29	2.7	0.8893	0.355	5.7	0.9251	0.188
0.90	1.0522	1.17	2.8	0.8905	0.344	5.8	0.9260	0.185
0.95	1.0234	1.08	2.9	0.8917	0.334	5.9	0.9269	0.183
1	1	1	3	0.8930	0.325	6	0.9277	0.180
1.05	0.9603	0.934	3.1	0.8943	0.316	6.1	0.9286	0.177
1.10	0.9649	0.878	3.2	0.8957	0.307	6.2	0.9294	0.175
1.15	0.9517	0.830	3.3	0.8970	0.299	6.3	0.9302	0.172
1.20	0.9407	0.787	3.4	0.8984	0.292	6.4	0.9310	0.170
1.25	0.9314	0.750	3.5	0.8997	0.285	6.5	0.9318	0.168
1.30	0.9236	0.716	3.6	0.9011	0.278	6.6	0.9325	0.166
1.35	0.9170	0.687	3.7	0.9025	0.272	6.7	0.9333	0.163

---

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

---

**Références Bibliographiques :**

- [1] Rapport de stage 2<sup>em</sup> année master : Société nationale des véhicules industriels SNVI.
- [2] Carrosserie Industrielle de Rouïba (CIR) rapport de la tournée d'information.
- [3] Finishing systems, wet painting booth, 22 décembre 2023, <https://www.finishingsystems.com/blog/how-does-a-wet-painting-booth-work> (consulté le 11/04/2024).
- [4] Documentation de bâtiment du peinture CIR.
- [5] Cabine d'application par pulvérisation de produits liquides, INRS, Paris, 2008.
- [6] Educauto, Centre national de ressources pour la formation automobile, <http://www.educauto.org/ressources-mediatheque/cabine-peinture> (consulté le 11/04/2024).
- [7] Plateforme communautaire de l'environnement, <https://www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/cabine-de-peinture> (consulté le 26/04/2024).
- [8] Documentation de société SNVI.
- [9] Tricolor industries, concepteur et fabricant français de cabines, <https://tricolor-industries.fr/legislation-des-cabines-de-peinture-a-ventilation-horizontale/> (consulté le 27/04/2024).
- [10] M. Boumia FARID, M. rosli ABOUBAKEUR, étude technologique de la cabine de peinture. Génie Mécanique, I.N.S.F.P de BEAULIEU, 2015.
- [11] Livre « La fiabilité industrielle » de Patrick Lyonnet, 176 pages, disponible sur : <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/fiabilite-industrielle-9782124655335/>
- [12] Chapitre I : Fiabilité, Maintenabilité et la Disponibilité, [dSPACE.univ-tiaret.dz](http://dSPACE.univ-tiaret.dz)
- [13] François Monchy « Maintenance, méthodes et Organisation » édition "Usine Nouvelle", Paris, 2004
- [14] Jean Bufferne « Revue Techno-méca » Avril 2009.
- [15] La méthode AMDEC. Ecole des Haute Etude Commercial. Joseph Kélada. 1998

[16] Livre Cours de Maintenance Industrielle/TEC 336/ Smail BENISSAAD /UNIV.MENTOURI-CONSTANTINE/FACULTÉ DES SCIENCES DEL'INGÉNIEUR/2007-2008.

[17] Mémoire : AMDEC – Etude de cas : Extracteur de fumée de l'Entreprise Nationale de la Pétrochimie ENIP/ AYAD Mohammed, KEBBAB Toufik. 2008/2009.

[18] L'AMDEC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à un moto compresseur. Brahim HERROU, Mohamed ELGHORBA. 2005.

[19] Mehimdat Mohammed Salah et Touati Saif, Analyse qualitative et quantitative des risques de défaillances d'un système de compresseur de gaz à l'entreprise SONATRACH-DP-TFT, Mémoire de fin d'étude Master, Université Guelma, 2018-2019.