

## Introduction

La maintenance nous fait comprendre les types de défaillances et les méthodes d'analyses de ces défaillances, Parmi les méthodes d'analyse, on a L'AMDEC : l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité est l'une des méthodes perforantes permettant la maîtrise de la défaillance en faisant l'identification et la recherche de toutes les circonstances qui l'ont causé.

### III.1 Définition de la défaillance

Altération ou cessation d'un bien à accomplir une fonction requise. Après défaillance d'une entité, celle-ci est en état de panne. [AFNOR]

### III.2 Comment Manifeste La Défaillance

A l'initiation de la défaillance, elle peut se trouver sur un défaut de matière, un défaut de conception, un défaut de fabrication, puis la défaillance se propage et s'opère souvent par des modes de défaillances en fonctionnement comme l'usure, fatigue..., etc. Cela amène à la perte de bon fonctionnement qui intervient généralement d'une façon accélérée, consécutive à la propagation dans le temps, ou d'une façon soudaine [13].

### III.3 Classification Des Défaillances [13]

#### III.3.1 En fonction de la vitesse d'apparition

- **Défaillance progressive** : elle est due à une évolution progressive des caractéristiques d'un bien. En général, elle peut être repérée par une inspection ou un **contrôle** antérieur. Elle peut aussi être évitée par la mise en place d'une maintenance spécifique. Ces défaillances concernant principalement les organes mécaniques.

- **Défaillance soudaine** : brutale, elle est due à une évolution quasi instantanée des caractéristiques d'un bien. Une anticipation de ce type de défaillance est impossible pour effectuer une intervention avant la manifestation de cette défaillance.

#### III.3.2 En fonction de l'instant d'apparition

- **Défaillance en fonctionnement** : Elle se produit sur l'entité alors que la fonction requise est utilisée.
- **Défaillance à l'arrêt** : Elle se produit sur l'entité alors que la fonction requise n'est pas utilisée.

### III.3.3 En degré d'importance

- **Défaillance partielle** : elle résulte d'une ou des caractéristiques d'un bien au-delà des limites spécifiées, mais elle n'entraîne pas une disparition complète de la fonction requise. On parle alors de fonctionnement dégradé. Un tel état peut être toléré sur une période longue. Mais dans ce cas, la fonction du système est limitée.
- **Défaillance totale** : elle résulte d'une déviation d'une ou des caractéristiques d'un bien au-delà des limites spécifiées en entraînant une disparition complète de la fonction requise.

### III.3.4 En fonction de la vitesse d'apparition et de degré d'importance

- **Défaillance par dégradation** : elle est à la fois progressive et partielle. Ce sont les défaillances les plus faciles à prévoir et à anticiper. S'il n'y a pas de suivi, elles conduisent généralement à une défaillance complète, ex : corrosion, usure par frottement.
- **Défaillance catalectique** : qui est à la fois soudaine et complète.

### III.3.5 En fonction des causes

- **Défaillance due à une faiblesse inhérente (intrinsèque)** : elle est propre au système lors des conditions normales d'utilisation. La défaillance survient alors que le système n'est pas soumis à des contraintes dépassant ses possibilités. Bien souvent, c'est la conception et/ou la réalisation qui peuvent être mises en cause.
- **Défaillance par fausse manœuvre** : opération incorrecte dans l'utilisation de l'entité

### III.3.6 En fonction de son origine

- **Défaillance intrinsèque** : c'est le système lui-même qui est à l'origine de la défaillance.
- **Défaillance extrinsèque** : les défaillances sont dues à des causes extérieures (maintenance, exploitation). Le système n'est pas responsable de la défaillance.

### III.3.7 En fonction des conséquences

- **Défaillance critique**: susceptible de causer des dommages (aux personnes, bien, environnement).
- **Défaillance majeure** : affecte une fonction majeure de l'entité.
- **Défaillance mineure**: n'affecte pas une fonction majeure de l'entité.

### III.3.8 En fonction de leur caractère

- **Défaillance reproductible** : la cause peut reproduire la défaillance.
- **Défaillance non reproductible** : la cause ne reproduit jamais la défaillance.

### III.4 Le mode de défaillance

#### III.4.1 Définition

Un mode de défaillance est la manière selon laquelle cette défaillance est observée. Généralement, il décrit la façon dont la défaillance survient et son impact sur l'opération de l'équipement.

#### III.4.2 Les modes de défaillance généraux (NF X60-510)

- Fonctionnement prématuré.
- Ne fonctionne pas au moment prévu.
- Ne s'arrête pas au moment prévu.
- Défaillance en fonctionnement [9]

#### III.4.3 Les modes de défaillance génériques (NF X60-510)

Les modes de défaillance génériques sont classés dans le tableau III.1

Défaillance	Cause	Conséquence
Défaillance structurelle (rupture)	Est en dessous de la limite tolérée	Fonctionnement après le délai prévu (retard)
Blocage physique ou coincement	Fonctionnement intempestif	Entrée erronée (augmentation)
Vibration	Fonctionnement intermittent	Entrée erronée (diminution)
Ne reste pas en position	Fonctionnement irrégulier	Sortie erronée (augmentation)
Ne s'ouvre pas	Indication erronée	Sortie erronée (diminution)

Tableau III- 1: Modes (la défaillance générique) [9]

### III.5 Analyse des défaillances par la méthode AMDEC

La méthode a fait ses preuves dans les industries suivantes : spatiale, armement, mécanique, électronique, électrotechnique, automobile, nucléaire, aéronautique, chimie, informatique. Et plus récemment, on commence à s'y intéresser dans les services dans le domaine de l'informatique, la méthode d'analyse des effets des erreurs logicielles (AFEL) a été développée.

Cette approche consiste à une transcription de l'AMDEC dans un environnement de logiciels.

Aujourd'hui, dans un contexte plus large comme celui de la qualité totale, la prévention n'est pas limitée à la fabrication. Il est maintenant possible d'anticiper les problèmes dans tous les systèmes du processus d'affaires et de rechercher a priori des solutions préventives. C'est pourquoi l'application de l'AMDEC dans les différents systèmes du processus d'affaires est très utile. Souvent même indispensable. Cette méthode est donc considérée comme un outil de la qualité totale.

Il est important de souligner que l'utilisation de la méthode se fait avec d'autres outils de la qualité et cette combinaison augmente considérablement la capacité et l'efficacité de la méthode [12]

### III.5.1 Définition de l'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 du système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser (norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986)

Les mots relatifs à l'AMDEC sont :

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

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

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

**Criticité (C)** elle est exprimée par l'indice de priorité risque [12].

### III.5.2 But de PAMDEC

On ne réalise pas une étude AMDEC pour le plaisir de «faire de l'AMDEC» ou seulement pour faire travailler ensemble un groupe de personnes. Il faut être conscient que l'AMDEC requiert des compétences et du temps.

Dans le cas de système complexe, comportant de nombreux composants, elle peut même constituer un énorme travail.

Il convient donc de l'utiliser à bon escient, lorsque l'investissement (objectif, résultats attendus, mobilisation des personnes, coût) le justifie.

Parmi ce que l'on peut en attendre, citons de manière non exhaustive :

- Procéder à un examen critique de la conception.
- Identifier les défaillances simples qui pourraient avoir des effets ou des conséquences graves ou inacceptables.

- Préciser, pour chaque mode de défaillance, les moyens de détection et les actions correctives à mettre en œuvre.
- Valider une conception ou identifier les points de conception devant faire l'objet de modifications ou d'améliorations.
- Dans ce dernier cas, déterminer s'il est préférable de chercher à diminuer la probabilité d'apparition des modes de défaillance ou de chercher à diminuer la gravité des effets des défaillances.
- Vérifier si la conception est conforme aux exigences de sûreté de fonctionnement du client (interne ou externe).
- Identifier les éléments qui devront faire l'objet d'un programme de maintenance préventive.
- Organiser la maintenance (niveaux de maintenance, pièces de rechange, documentation...).
- Pour les produits, faire apparaître la nécessité de procéder à des essais.
- Pour les procédés, faire apparaître la nécessité de mettre en place des contrôles.
- Pour les machines, concevoir de telle sorte que la tâche des opérateurs soit facilitée en cas de défaillance, et prévoir des possibilités de fonctionnement en mode dégradé, fournir aux responsables des choix techniques, des éléments d'aide à la décision sur le plan de la sûreté de fonctionnement
- Mieux connaître et comprendre le fonctionnement du matériel [10].

### **III.5.3 Les types de l'AMDEC**

#### **III.5.3.1 L'AMDEC Produit**

Utilisée pour fiabiliser les systèmes par l'analyse des défaillances dues aux erreurs de conception. Ce type d'AMDEC est donc initialisé en phase de développement produit au moment de sa conception.

L'AMDEC peut être réalisée à différents stades de la conception du produit, en ne perdant pas de vue qu'elle sera d'autant plus efficace qu'elle interviendra plutôt dans le processus de conception.

- Au stade de l'analyse fonctionnelle
- Au stade de la définition du produit [10].

#### **III.5.3.2 L'AMDEC processus**

L'AMDEC Processus est utilisée pour analyser les défaillances générées par le processus de fabrication. Ce type d'AMDEC est idéalement initialisé en phase d'industrialisation au moment de la définition du processus de fabrication et de la conception des moyens [10].

### III.5.3.3 L'AMDEC montage

On emploie aussi l'expression **AMDEC assemblage**. Pour certains produits ou pour certaines étapes de la fabrication d'un produit, le procédé (ou une partie du procédé seulement) sera constitué par une succession d'opérations totalement (ou partiellement) manuelles [10].

### III.5.3.4 L'AMDEC contrôle

Ici encore, on est très proche de l'**AMDEC procédé**. Pour ces opérations de contrôle, les modes de défaillances pourraient être qualifiés de modes de défaillance génériques, puisqu'ils seront toujours du type :

Absence ou oubli du contrôle, déclarer un produit bon ou un produit mauvais [10].

### III.5.3.5 L'AMDEC sécurité

Pour assuré la sécurité des opérations dans les procédés ou il existe des risques pour l'homme [11].

### III.5.3.6 L'AMDEC machine

Analyse de la conception et/ou de l'exploitation d'un moyen ou équipement de production pour améliorer la disponibilité et la sécurité de celui-ci [11].

## III.5.4 Déroulement de l'AMDEC

L'AMDEC se déroule suivant les quatre étapes suivantes :

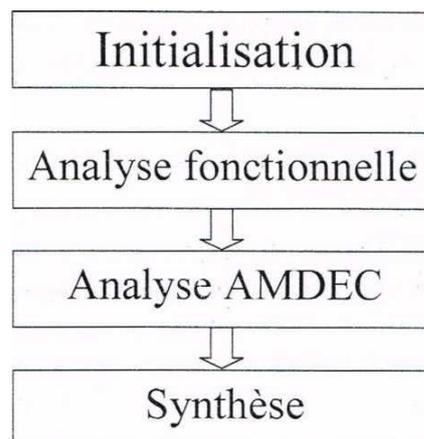


Figure III.1 Déroulement de l'AMDEC [11]

### III.5.4.1 Initialisation

C'est la première étape qu'on peut ne pas négliger, car il s'agit de poser clairement le problème et de définir le système et les limites de l'étude, cette étape comprend :

➤ **Définition du système à étudier**

Il s'agit de définir le système qui peut être l'appareil complet ou un sous-ensemble présentant un risque particulier. La documentation technique disponible sur le système doit être réunie, à

savoir les plans d'ensemble, les plans détaillés des sous-ensembles et la nomenclature des composants [11].

➤ **Définition de la phase de fonctionnement**

L'analyse AMDEC se limite à l'analyse des défaillances dans la phase de fonctionnement la plus pénalisante de système à étudier et si d'autres phases peuvent avoir de l'importance, elles ne doivent pas être négligeables [11].

➤ **Définition des objectifs à atteindre**

L'étude AMDEC doit être concentrée sur des objectifs bien précis, ils peuvent être exprimés en termes d'amélioration de fiabilité, de maintenabilité, de disponibilité, de sécurité [1].

➤ **Construction d'un groupe de travail**

Il est important de fonder un groupe de travail, les outils de ce groupe seront :

- L'expérience dans le domaine.
- La décomposition du produit.
- Les critères de décision pour prescrire des recommandations [11]

➤ **Etablissement du planning**

Avant le début des travaux, le groupe doit se fixer un planning et un délai d'étude [11].

➤ **Mise au point des supports de l'étude**

Les supports peuvent être spécifiques à l'entreprise ou imposés par les donneurs d'ordre. Les grilles et méthodes de cotation sont à mettre au point, en fonction des objectifs recherchés, ils sont utilisés pour l'évaluation de la criticité [11].

### III.5.4.2 Analyse fonctionnelle

Cette étude est indispensable, car c'est à partir de l'identification des différentes fonctions que nous pouvons localiser les risques de dysfonctionnement de système. Elle comprend deux étapes :

➤ **Décomposition de système**

Dans cette étape, on décompose le système en sous-systèmes, puis en ensembles, et on décompose l'ensemble en sous-ensembles, puis en éléments jusqu'à la limite de notre étude [11].

➤ **Identification des fonctions**

Dans cette étape on identifie la fonction principale et les fonctions contraintes pour chaque système (sous système, ensemble, sous ensemble, élément) [10].

### III.5.4.3 Analyse AMDEC

Cette phase consiste à examiner comment et pourquoi le système peut perdre une ou plusieurs de l'appareil (de système) et mettre en évidence les points critiques et proposer des actions correctives pour y-remédier.

L'Analyse se réalise en trois phases : l'analyse des mécanismes de défaillance, l'évaluation de la criticité et la proposition des actions correctives [ 1 1 ]

#### **A) Analyse des mécanismes de défaillance**

Cette phase de l'analyse des mécanismes de défaillance contient les tâches suivantes :

- Identifier les modes de défaillance de l'élément en relation avec les fonctions à assurer dans la phase de fonctionnement.

On s'intéresse essentiellement aux modes de défaillance potentielles ou déjà constatés sur l'équipement ou sur des équipements équivalents.

- Rechercher les causes possibles de défaillance pour chaque mode de défaillance identifié dans les tableaux **AMDEC**, on note seulement les causes primaires de défaillance, le plus en amont possible du mécanisme de défaillance.
- Rechercher des effets sur le système et sur l'utilisateur pour chaque combinaison cause-mode de défaillance. Dans les tableaux **AMDEC**, on note seulement les effets les plus graves contenant des objectifs de l'étude.
- Rechercher des détections possibles pour chaque combinaison cause-mode de défaillance.

[11]

Ces étapes sont regroupées sur le tableau III.2

		System : Phase de fonctionnement				Date d'analyse		Page
		Sous-système :						
Organe	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effets	Moyen de détection	T1	criticité	Action corrective
Indique le premier organe	→ Lister toutes les fonctions devant être assuré par l'élément	→ Pour la premier des fonctions Liste tous les modes défaisances	→ Pour le 1 <sup>er</sup> Des modes de défaillance liste toutes les cause primaire possible	→ Pour la premier des causes → liste successivement les effets le plus graves les détections les plus possibles Evaluer les niveaux de fréquence, de gravité, de probabilité de non-détection et la criticité de la combinaison cause-mode-effet. → Liste les proposition d'action corrective				
			→ Pour chaque mode suivant : effectuer la même opération					
		→ Pour chaque mode suivant : effectuer la même opération						
→ Pour chaque mode suivant : effectuer la même opération								

Tableau III- 2: tableau AMEDC

### B) Evaluation de la criticité

Cette phase d'analyse consiste à évaluer la criticité des défaillances de chaque élément à partir de plusieurs critères de cotation, pour effectuer cette évaluation, on utilise des grilles de cotation définies selon 3,4 ou 5 niveaux en s'appuyant sur :

- Les connaissances des membres du groupe sur les dysfonctionnements.
- Les banques de données de fiabilités.

Il est possible de doser le poids relatif de chaque critère par des coefficients de pondération. Dans le cas où on utilise des grilles de cotations à 4 niveaux pour F et D et une grille à 5 niveaux pour G. ( $C=F * D * G$ , varie donc de 1 à 80).

Les défaillances peuvent alors être classées en deux catégories par comparaison avec un seuil de criticité admissible prédéfini  $C_{lim}= 16$  dans ce cas.

- Défaillances critiques pour lesquelles  $c > C_{lim}$
- Défaillances non critiques pour lesquelles  $c < C_{lim}$  [ 1 1 ]

#### Les grilles de cotation

Ces grilles proposent des choix possibles de critères selon le type du système à étudier.

Les tableaux III.3 , III.4, III.5 donnent des exemples de ces grilles.

Niveau de Fréquence : F		Définition des niveaux
Fréquence très faible	1	Défaillance rare : Moins d'une défaillance par an
Fréquence faible	2	Défaillance possible : Moins d'une défaillance par trimestre
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente : Moins d'une défaillance par semaine
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente: plusieurs défaillances par semaine

Tableau III-3:Grille de cotation de la fréquence sur 4 niveaux [9]

Niveau de gravité : G		Définition des niveaux
Gravité mineure	1	Défaillance mineure : -arrêt de production inférieur à 2 mn. -aucune dégradation notable du matériel.
Gravité significative	2	Défaillance significative : -arrêt de production de 2 à 20 mn. -remise d'état de courte durée ou une petite réparation sur place nécessaire.
Gravité moyenne	3	Défaillance moyenne : -arrêt de fonction de 20 mn à 1 heure, -changement du matériel défectueux nécessaire.
Gravité majeure	4	Défaillance majeure : -arrêt de fonction de 1 à 2 heures, -intervention importante sur sous-ensemble.
Gravité Catastrophique	5	Défaillance catastrophique : • arrêt de fonction supérieur à 2 heures. -intervention lourde nécessitant des moyens coûteux, -problème de sécurité du personnel ou d'environnement.

Tableau III-4: Grille de cotation de la gravité sur 5 niveaux [11]

Niveau de la probabilité de non détection : D		Définition des niveaux
Détection évidente	1	Défaillance détectable a 100%. -détection à coup sûr de la cause de défaillance, -signe avant-coureur évident d'une dégradation, -dispositif de détection automatique d'incendie.
Détection possible	2	Défaillance détectable : -signe avant coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessitant une action particulière de l'opération (visite, contrôle visuel).
Détection Improbable	3	Défaillance difficilement détectable : -signe avant coureur de la défaillance facilement détectable, nécessitant une action ou des moyens complexes (démontage ou appareillage).
Détection Impossible	4	Défaillance indétectable. -aucun signe avant coureur de la défaillance.

Tableau III-5: Grille de cotation de la probabilité de non détection sur 4 niveaux [9]

### C) Proposition des actions correctives

La proposition des actions correctives consiste à proposer des actions amélioratives ayant pour but de faire chuter la criticité, et cela en agissant sur les critères de cotation F, G et D. On peut alors recalculer le niveau de la criticité et s'assurer que celui-ci est conforme au niveau souhaité

Pour chaque combinaison cause-mode-effet les actions correctives sont des moyens dispositifs, procédures ou documents permettant la diminution de la valeur d'un ou plusieurs niveaux.

Elles sont en trois types :

- Action de prévention de défaillance.

- Action de détection préventive de défaillance.
- Action de réduction des effets [11].

Les actions à engager selon le niveau de la criticité sont représentées sur le tableau, ci-dessous :

Niveau de criticité		Action corrective
Criticité entre $1 < C < 12$	Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
Criticité entre $12 < C < 16$	Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
Criticité entre $16 < C < 20$	Criticité élevée	Révision de la conception des sous-ensembles et choix des éléments pour surveillance particulière Maintenance préventive conditionnelle
Criticité entre $20 < C < 80$	Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception

Tableau III-6: Les actions à engager [9]

### III.5.5 Synthèse

Cette étape consiste à effectuer un bilan de l'étude et permet de lancer de différentes actions en toute connaissance de cause. Les défaillances retenues peuvent être hiérarchisées entre elles selon la criticité choisie (fréquence, non-détection, gravité) ou selon leurs niveaux de criticité. Cette liste permet de recenser les points faibles du système et les éléments les plus critiques, elle permet également de classer par ordre de priorité les actions à réaliser. Pour cela, on utilise des matrices de criticité à double entrée (fréquence d'apparition de la défaillance, Gravité de la défaillance) [11],

Ce tableau représente la matrice de criticité.

Fréquence Gravité		Fréquence			
		Fréquence très faible 1	Fréquence faible 2	Fréquence moyenne 3	Fréquence forte 4
Gravité mineur	1				
Gravité significative	2				
Gravité moyenne	3				
Gravité majeur	4				
Gravité catastrophique	5				

Tableau III- 7 : Matrice de criticité [11]

## III.6. Présentation de l'équipement étudié

### III.6.1. Définition d'un compresseur

Du latin *compressor* un compresseur est ce qui comprime (presse, opprime, réduit à un plus faible volume). Le terme est utilisé pour désigner toute machine qui grâce à une augmentation de pression, est en mesure de déplacer des fluides compressibles tels les gaz. Le compresseur non seulement parvient à déplacer les fluides, mais aussi à modifier la densité et la température du fluide compressible. Les compresseurs sont utilisés dans différents domaines, tels que dans les conditionneurs (appareils d'air climatisé), les réfrigérateurs, les turboréacteurs et certains systèmes de production d'électricité [13].

### III.6.2. Les types de compresseur

Il existe deux grandes familles de compresseurs : les compresseurs volumétriques (alternatif et rotatif) et les turbocompresseurs (centrifuge et axial). Dans les premiers, de beaucoup les plus importants en quantité, l'élévation de pression est obtenue en réduisant un certain volume de gaz par action mécanique. Dans les seconds, on élève la pression en convertissant, de façon continue, l'énergie cinétique communiquée au gaz en énergie de pression.

### III.6.3. Compresseur étudié

Il s'agit d'un compresseur **ATLAS COPCO CREPELLE** (figure III.1), de type volumétrique horizontal alternatif avec crosse et cylindre à (DE) double effet ou à (SE) simple effet, la compression se fait progressivement en trois étages jusqu'à la pression maximal 40 bar, dans le premier étage il comprime de 0 à 3.1 bar puis dans le 2<sup>ème</sup> étage il comprime de 3,1 à 11.8 bar, dans le 3<sup>ème</sup> étage il comprime de 11.9 à 40 bar.



Figure III- 2 : Le compresseur ATLAS COPCO CREPELLE

### III.6.3.1. Caractéristiques du compresseur étudié

Les caractéristiques du compresseur de notre objet sont présentées dans le tableau ci- dessous

Type de compresseur	<b>40P36</b>		/	
Type de gaz	<b>AIR</b>		/	
Nombre de cylindres	<b>4</b>		/	
Pression d'aspiration	<b>1,013</b>		<b>Bars absolus</b>	
Pression de refoulement maxi	<b>40</b>		<b>Bars effectifs</b>	
Course	<b>150</b>		<b>Mm</b>	
Débit (à 0° sec)	<b>1328</b>		<b>Nm<sup>3</sup>/h</b>	
Vitesse de rotation	<b>758</b>		<b>tr/mn</b>	
Puissance absorbée	<b>254</b>		<b>KW</b>	
Puissance moteur	<b>280</b>		<b>KW</b>	
Puissance totale installée	<b>355</b>		<b>KW</b>	
Humidité relative	<b>70</b>		<b>%</b>	
Température maximal d'eau en entrée	<b>35</b>		<b>°C</b>	
Masse de l'ensemble	<b>13250</b>		<b>Kg</b>	
Nombre d'étages	<b>3</b>			
numéro d'étage	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	/

<b>Calcul aux cylindres compresseur</b>				
Diamètre alésage cylindre	<b>320</b>	<b>220</b>	<b>140</b>	<b>Mm</b>
type cylindre (DE-SE)	<b>DE</b>	<b>DE</b>	<b>DE</b>	
Température maximale d'aspiration	40	45	45	°C
Température de refoulement	200	176	174	°C
Pression d'aspiration	0	3,1	11.9	<b>Bars Effectifs</b>
Pression de refoulement	3,1	11,8	41	<b>Bars Effectifs</b>
<b>Réglages (facultatif)</b>				
Soupape gaz	4	16	45	<b>Bars Effectifs</b>
Capteur température gaz	200/210	200/210	190/200	°C
Capteur pression gaz	37-39			<b>Bars Effectifs</b>
Pression de détente pour mise à vide	7			<b>Bars Effectifs</b>
Capteur pression huile	1			<b>Bars Effectifs</b>
Capteur température eau	30/35			°C

Tableau III.8 Caractéristiques du compresseur ATLAS COPCO CREPELLE

### III.6.3.2.Principe de fonctionnement

Lorsque le compresseur aspire le gaz d'une ambiance normale, l'entrée est protégée contre filtre, puis l'air va subir une compression au premier étage suivant un cycle de compression qui se fait en deux temps :

- **Premier temps**

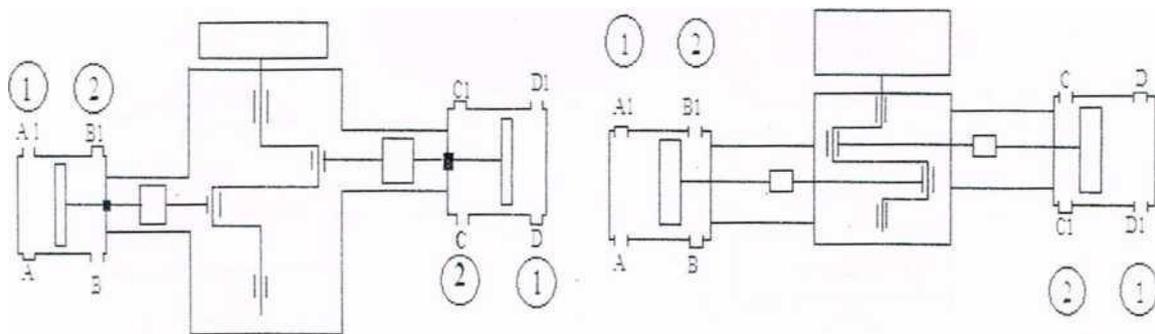
L'effet avant aspire le gaz par les clapets d'aspiration B et C, les clapets de refoulement B1 et C1 restant fermés.

Il y a compression dans l'effet arrière et évacuation du gaz par les clapets de refoulement A1 et D1, les clapets d'aspiration A et D restant fermés (figure III.3).

- **deuxième temps**

L'effet arrière aspire le gaz par les clapets d'aspiration A et D. les clapets de refoulement A1 et D1 restant fermés

Il y a compression dans l'effet arrière et évacuation du gaz par les clapets de refoulement B1 et C1. les clapets d'aspiration B et C restant fermés (figure III.3).



**Premier temps**

**Deuxième temps**

Figure III-3 : cycle de compression du compresseur ATLAS COPCO CREPELLE

La compression provoque un échauffement de gaz comprimé, l'air comprimé va être refoulé vers le deuxième étage passant par un ensemble collecteur échangeur qui va réduire sa température, le refroidissement de l'air après compression entraîne une condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air, ces condensats sont recueillis dans les séparateurs et évacués par des systèmes de purge, puis l'air va subir une deuxième compression ou niveau du deuxième étage, puis va être refoulé vers le troisième étage en passant par un échangeur, à la sortie du troisième étage il va subir un dernier refroidissement et séparation pour le stocker dans le réservoir haute pression et qui sert comme séparateur aussi, puis il va être refoulé vers un collecteur central qui distribue une quantité à chaque souffleuse en passant par un sécheur(figure III.4).

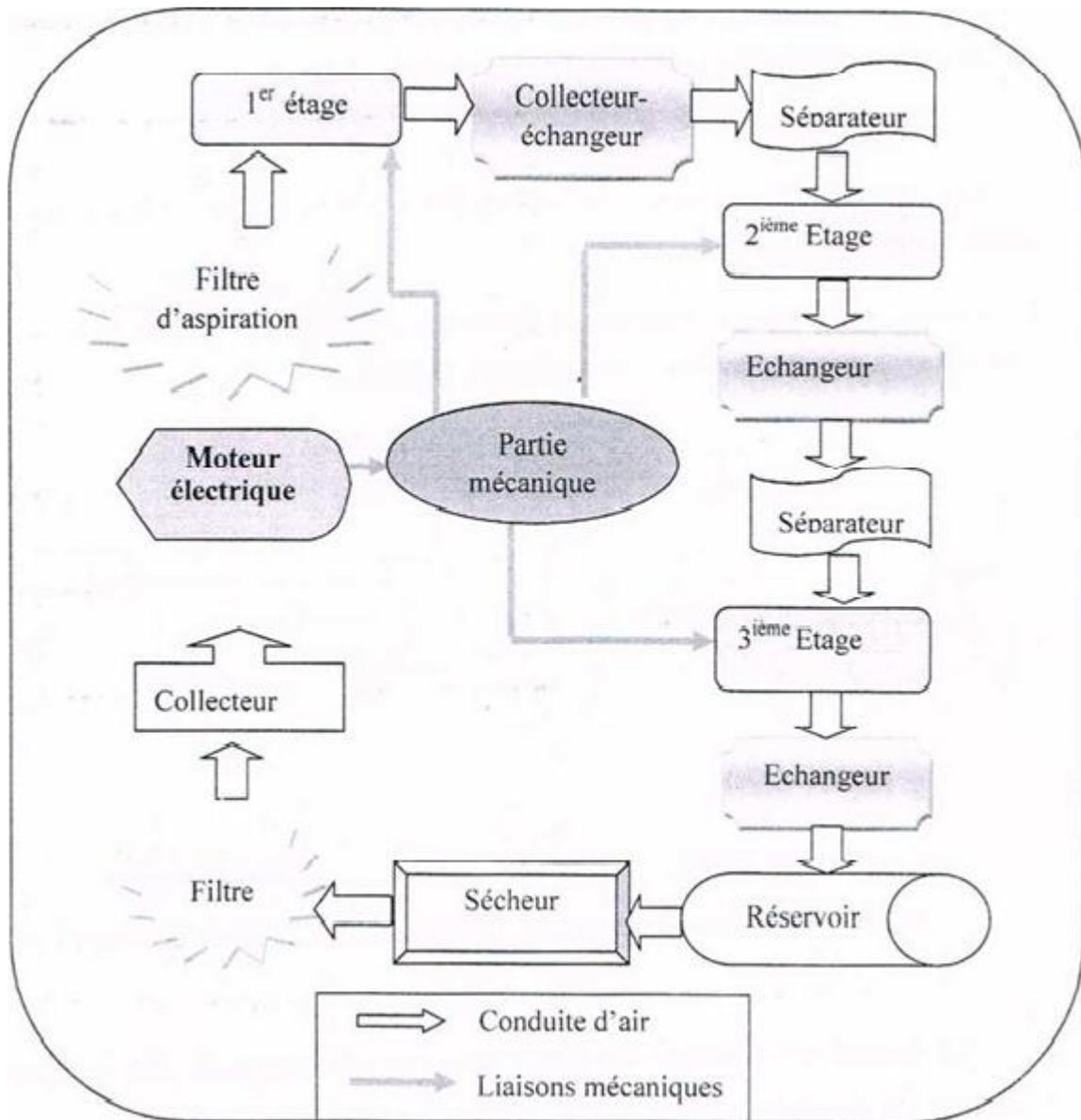


Figure III-4. Fonctionnement du compresseur ATLAS

### III.6.3.3. Les parties essentielles du compresseur

#### III.6.3.3.1. La partie mécanique: dans cette partie on trouve

**1-Le bâti** : en fonte, de type fermé, il possède les caractéristiques complémentaires suivant :

- Réseau de nervures important
- Portes de visite largement dimensionnées facilitant la maintenance
- Réserve d'huile réalisée par la forme de bâti
- Paliers dont 2 côté volant



Figure III-5 : Bâti

**2-Le volant d'inertie** : le volant est destiné à optimiser le coefficient de régularité cyclique de compresseur, il est généralement solidarisé au vilebrequin par un élément de serrage à manchon conique ou par clavette. L'accouplement entre moteur et compresseur se fait par une courroie tendue.

**3. Arbre vilebrequin** : réalisé en fonte GS ou en acier forgé avec ou sans contre poids intégrés dans la masse du vilebrequin, il transmet la puissance mécanique au piston de compresseur. La sortie d'arbre est munie d'un dispositif d'arrêt d'huile coté volant.

**4. Coussinets de ligne d'arbre** : il est de type mince, en une ou deux parties, en acier et métal antifricction, lubrifié sous pression. Le vilebrequin repose sur deux coussinets côté volant.

**5. Bielles** : elles sont en acier, avec chapeau rapporté boulonné sur le corps, et équipées de coussinets de tête de bielle du type mince revêtu de métal antifriction et de coussinets de pied de bielle en bronze.

**6. Entretoise** : une entretoise fait la liaison entre le bâti et le cylindre. Elle est équipée de bagues racleuses d'huile, évitant le passage d'huile de la partie mécanique vers les cylindres. Des portes de visite largement dimensionnées permettent un accès aisé.

**7. Crosse** : les crosses sont de type monobloc en fonte GS. Elles assurent la transformation de mouvement relatif de vilebrequin en mouvement alternatif nécessaire aux pistons

**-Axe de crosse**: L'axe de crosse assure la liaison entre la bielle et la crosse. Il est en acier traité en surface. Un arrêt en translation est réalisé.

**-Glissière de crosse** : la glissière assure le guidage de la crosse. Elle boulonné sur le bâti.

**8. Pompe à huile** : attelée en bout du vilebrequin, la pompe à huile permet la distribution d'huile sous pression à l'intérieur du réseau de graissage.

**9. Circuit de graissage** : le circuit de graissage de la partie mécanique permet la lubrification sous pression à partir de la pompe à huile.

**10. Tiges de piston** : en acier spécial traité, elles sont munies de déflecteur interdisant tout passage de lubrifiant dans le cylindre. Elles assurent la liaison entre crosses et pistons. La liaison avec la crosse se fait par vissage

**11. Piston** : réalisés en alliage d'aluminium en fonte ou en inox, suivant nécessité, ils assurent la compression du gaz. Ils sont équipés de segments porteurs et d'étanchéité. Le serrage du piston sur la tige est effectué par un écrou tendeur ou un écrou de grande dimension.

**12. Bagues racleuses d'huile** : elles assurent la récupération de l'huile de graissage de la partie mécanique et éventuellement une première étanchéité entre le bâti et le sas.

**13. Garnitures** : elles assurent la meilleure étanchéité possible entre la cellule de compression et l'extérieur à la sortie de la tige de piston du cylindre. Elles sont autolubrifiant, mini-lubrifiées ou lubrifiées, éventuellement refroidies.

**14. Soupapes à clapets** : elles sont automatiques, à disques avec ressorts et amortisseur à grande section de passage. Elles assurent la lubrification du fluide entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule de compression, tant à l'aspiration qu'au refoulement.

### III.6.3.3.2. La partie électrique

**1. L'armoire électrique** : elle regroupe l'ensemble des systèmes électriques nécessaires au démarrage du moteur triphasé d'entraînement, l'automate et les dispositifs de visualisation et de commandes divers (marche/arrêt, choix du fonctionnement manuel ou automatique). Et l'ensemble des systèmes nécessaires au bon fonctionnement du compresseur tels que :

- L'isolation.
- Les protections.
- La puissance.
- La commande.
- Le dialogue homme/machine.
- Et les dialogues d'interfaces extérieurs.

**2. Les transmetteurs** : ils regroupent l'ensemble des systèmes de contrôle nécessaire au bon fonctionnement du compresseur. Ils sont installés en local sur les différents points de mesure :

- Le capteur de température air de chaque étage : il contrôle la température de l'air de refoulement de chaque étage de compression. Il provoque une alarme ou l'arrêt de compresseur en cas de température haute anormale.
- Le capteur de température eau : il contrôle la température d'eau en sortie du circuit compresseur. Il provoque la régulation du groupe de refroidissement ou l'arrêt de compresseur en cas de température haute anormale.
- Le capteur de pression air : il contrôle la pression d'air sur le réservoir. Il provoque la régulation du compresseur ou l'arrêt en cas de pression haute anormale.
- Le capteur de pression huile : il contrôle la pression de l'huile en bout d'arbre du circuit de graissage de la partie mécanique (sur le palier côté volant). Il provoque l'arrêt du compresseur en cas de pression basse anormale.
- Le contrôleur de circulation d'eau : il contrôle la circulation d'eau en sortie de circuit compresseur. Il provoque l'arrêt de compresseur en cas de manque d'eau pendant plus de 25 seconds lors du démarrage et de fonctionnement.

-Les électrovannes de purges.

**3. Les indicateurs** : ils sont possibles par la présence des éléments suivants :

-Les manomètres de pression d'air comprimé et pression d'huile de graissage. Ces manomètres sont du type à bain de glycérine et munis de robinets d'isolement.

-Le thermomètre à la sortie des réfrigérants d'air comprimé.

-Le contrôleur visuel de circulation d'eau et le thermomètre sur le circuit d'eau.

**4. Les moteurs électriques** : le démarrage des moteurs électriques se fait par l'intermédiaire de l'armoire électrique (le schéma électrique spécifique est placé à l'intérieur de l'armoire).

-Moteur de compresseur : ce moteur entraîne le vilebrequin du compresseur. Il est alimenté au travers d'un dispositif de démarrage étoile/triangle avec ses protections.

-Moteur de pompe à eau : ce moteur entraîne la pompe à eau de réfrigération du groupe de refroidissement. Il est alimenté au travers d'un discontacteur magnétothermique.

**III.6.3.3. La partie pneumatique** : Dans cette partie on trouve :

**1. Le réservoir haut pression** : il permet le stockage du gaz comprimé en vue de son utilisation. La capacité de ce réservoir est déterminée de manière à disposer d'un volume tampon de gaz comprimé suffisant pour éviter un fonctionnement trop saccadé du compresseur.

**2. Les séparateurs de condensats** : le refroidissement de l'air après compression entraîne une condensation de vapeur d'eau contenue dans l'air. Ces condensats sont recueillis dans le séparateur des réfrigérants et dans les réservoirs d'air comprimé et évacués par des systèmes de purge.

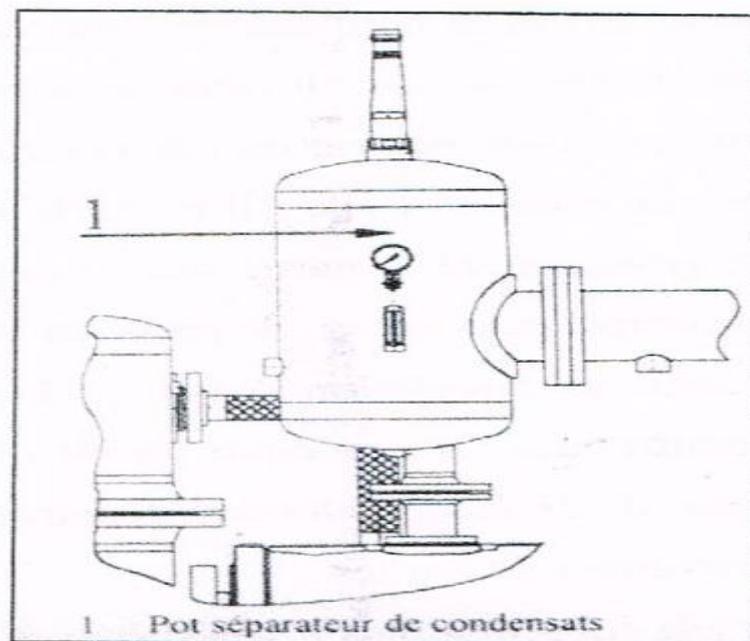


Figure III-7: Le séparateur

**3. Les purges de condensats** : les différents points de collecte de condensats sont

équipés d'un système manuel et automatique :

-En fonctionnement manuel, il appartient à l'utilisateur de contrôler périodiquement le niveau des condensats et de purger aussi souvent que nécessaire.

-En fonctionnement automatique, l'évacuation des condensats est effectuée par cycle automatique.

**III.6.3.3.4. La partie thermique:** dans cette partie on trouve :

**1. Les réfrigérants :** ils sont du type à faisceau tubulaire. L'air circule généralement dans les tubes et l'eau dans la calandre à contre-courant. Ce type de réfrigérant peut comprendre un antipulsatoire à la sortie, équipé d'un système de purge.

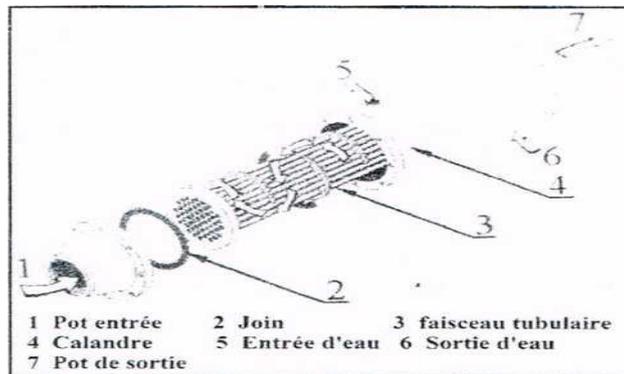


Figure III.8 Le réfrigérant

**2. La tour de refroidissement :** elle permet de refroidir l'eau de refroidissement de l'air à la sortie de chaque compression, cette eau est refroidie par un arrosage et un ventilateur.

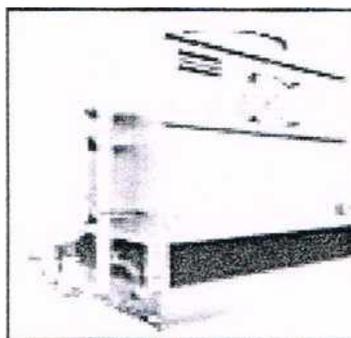


Figure III.9 Tour de refroidissement

**3. Sécheur :** il permet d'enlever l'humidité de l'air pour devenir sec

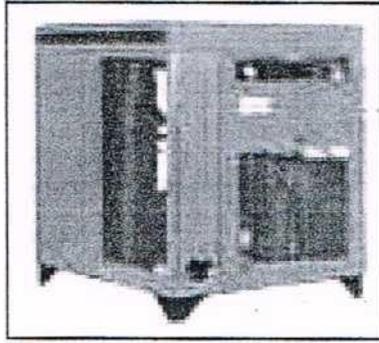


Figure III.10 Sécheur d'humidité

## Conclusion

D'après l'étude bibliographique réalisée, on a constaté qu'avec toutes les méthodes d'analyse des défaillances, on peut maîtriser parfaitement la défaillance d'un équipement. Toutes les méthodes ont le même objectif, c'est-à-dire définir la panne, ses causes et ses effets.

Parmi ces méthodes, L'AMDEC est la plus utilisée, car elle peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit, dans le but d'éliminer le plus en amont possible les causes des défauts potentiels. Donc c'est un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences.

Le but de notre projet est l'application de cette méthode (AMDEC) sur un compresseur ATLAS COPCO CRE