

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire d'Ain Témouchent
Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Mécanique



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Mécanique et Energétique

Thème :

Etude d'une station de production d'air comprimé (étude du cas de la SKT)

Présenté en juin 2015 par :

- 1) BENABI Hichem.**
- 2) BENGHORZI Hosayn.**

Devant le Jury composé de :

Président : D^r. M. BELHAMIANI.

Examineur : D^r. Z. SARI HASSOUN.

Encadreur : D^r. B. BENZAAD.

Année universitaire 2014/2015

Remerciement

*Nous remercions le bon DIEU qui nous a aidé dans
nos pas, qui nous a donné le courage et la volonte
pour continuer nos études*

*Nous tenons expressément et chaleureusement à
remercier nos parents pour leur soutien et leurs
encouragements tout au long de nos études*

*Nous tenons particulièrement à remercier le
professeur BENSAD BOURASSIA, pour
l'attention qu'elle a apporté à
notre travail. Elle a encadré ce mémoire avec une
grande rigueur scientifique et a répondu à nos
demandes faisant preuve d'une grande disponibilité.*

*Il est également très agréable de remercier monsieur
FERSI LAHOVARI pour son aide ainsi que toutes
personnes ayant participées de près ou de loin à la
réalisation de ce travail.*

*Nous exprimons notre profonde reconnaissance, aux
membres de jury.*

*Nous exprimons aussi nos remerciements à l'ensemble
des enseignants de génie Mécanique.*

Qui ont contribué à notre formation de master

Dédicaces



Je dédicace cette mémoire à tous ceux qui

M'ont soutenu de près et de loin,

A ma mère, et mon père,

A mes sœurs

A mes proches

A tous mes ami(e)s

Hichem

Dédicaces



Je dédicace cette mémoire à tous ceux qui

M'ont soutenu de près et de loin,

À ma mère, et mon père,

À mes sœurs et mes frères

À mes proches

À tous mes ami(e)s

TABLE DES MATIERES

Chapitre I : Les utilisations de l'air comprimé dans une centrale à cycle combiné (SKT)	1
I.1. Introduction:.....	1
I.2. Description générale de la centrale de production d'électricité SKT:	2
I.2.1. Vue générale des composants et systèmes majeurs:	3
I.2.2. Turbine à gaz.....	3
I.2.3. Alternateur:.....	4
I.2.4. Embrayage auto-commutable synchrone entre la TV et l'Alternateur :	4
I.2.5. Turbine à Vapeur:.....	4
I.2.6. Chaudière de récupération (HRSG) et réfrigérant d'air TG:.....	5
I.2.6.1. Chaudière de récupération (HRSG):.....	5
I.2.6.2. Réfrigérant d'air TG:	5
I.2.7. Le cycle Eau/ Vapeur:	5
I.2.7.1. Condenseur :	5
I.2.7.2. Pompes d'extraction des condensats:	5
I.2.7.3. Système d'évacuation du Condenseur (Côté Vapeur):	5
I.2.7.4. Bâche alimentaire/Dégazeur:.....	6
I.2.7.5. Pompes alimentaires:	6
I.2.7.6. Pompes de préchauffage eau alimentaire:	6
I.2.7.7. Systèmes de contournement vapeur TV:	6
I.2.7.8. Système d'étanchéité de la Turbine à vapeur:	7
I.2.7.9. Ballon de récupération des purges à l'atmosphère:	7
I.2.7.10. Système de refroidissement principal à eau:	7
I.2.7.11. Unité d'électrochloration:.....	7
I.2.7.12. Système de refroidissement en circuit fermé:.....	7
I.2.7.13. Système d'alimentation en eau	7
I.2.8. Système de surveillance des émissions de fumée:	8
I.2.9. Système des eaux usées:.....	8
I.2.10. Station d'air comprimé:.....	8
I.2.11. Système d'alimentation en combustible:.....	8
I.2.11.1. Système d'alimentation en gaz:	8
I.2.11.2. Système d'alimentation en gasoil :	8
I.2.11. Equipements de protection contre les incendies:	9
I.2.12. Le cycle combiné de la centrale:	9

TABLE DES MATIERES

I.2.13. Fonctionnement de la centrale:.....	10
I.3. Les besoins en air comprimé:.....	15
I.4. Description générale de la station de production d'air comprimé:	15
II.5. Conclusion:	16
Chapitre II: Technologie des stations de compression d'air	17
II.1. Introduction:	17
II.2. Schéma général de la station de production d'air comprimé.....	18
II.3. Description des composantes d'une station de production d'air comprimé:.....	18
II.3.1. Définition de l'air comprimé:	18
II.3.2. But de la compression:.....	18
II.3.3. Les Compresseurs:	18
II.3.3.1. Compresseurs dynamiques:.....	19
II.3.3.2. Compresseurs volumétriques:	20
II.3.4. Critère de choix du compresseur:.....	26
II.3.4.1. Compresseurs à vis:.....	26
II.3.4.2. Compresseurs à pistons:	26
II.3.5. Les sècheurs:	26
II.3.5.1. Définition d'un sécheur:.....	26
II.3.5.2. Pourquoi traité de l'air comprimé?.....	26
II.3.5.3. Les avantages de l'air comprimé traité:	27
II.3.5.4. Conséquence d'un mauvais traitement d'air comprimé:.....	27
II.3.6. Méthodes de séchages:.....	27
II.3.6.1. Condensation	28
II.3.6.2. Diffusion:	28
II.3.6.3. Sorption:	29
II.3.7. Les Filtres:	33
II.3.7.1. Séparateur centrifuge:.....	33
II.3.7.2. Préfiltre:.....	34
II.3.7.3. Filtre microporeux:.....	34
II.3.7.4. Filtre à charbon actif:	35
II.3.7.5. Adsorbeur à charbon actif:	35
II.3.7.6. Filtre stérile:	35
II.3.8. Evacuateur du condensat:.....	36

TABLE DES MATIERES

II.3.8.1. Condensat:.....	36
II.3.8.2. Types d'évacuateur du condensat:	36
II.3.9. Les réservoirs de stockage:	37
II.3.10. Matériaux utilisés pour réaliser les conduites:.....	38
II.3.10.1. Tuyaux filetés:.....	38
II.3.10.2. Tuyaux en acier sans soudure:.....	38
II.3.10.3. Tuyaux en acier inoxydable:	39
II.3.10.4. Tuyaux en cuivre:.....	39
II.3.10.5. Tuyaux en matière synthétique:	39
II.4. Les composants de la station de compression d'air de SKT:	39
II.4.1. Le compresseur ZT 110:	39
II.4.1.1. Description général:	39
II.4.1.2. Description du schéma d'écoulement d'air:.....	40
II.4.1.3. Système de refroidissement (compresseurs ZT):	41
II.4.1.4. Description du circuit d'huile:	41
II.4.1.5. Système de régulation:	42
II.4.1.6. Démarrage:	44
II.4.1.7. Système de contrôle Elektronikon:	45
II.4.1.8. Equipement optionnel:	45
II.4.2. Les Filtres:	45
II.4.2.1. Fonctionnement de la cartouche coalescente:	46
II.4.3. Les sécheurs:.....	47
II.4.3.1. Contrôle automatique du sécheur:.....	48
II.4.3.2. Description:	48
II.4.3.3. Démarrage initial:.....	49
II.4.3.4. Démarrage:	50
II.4.4. Purges électroniques des condensats EWD (Electronic water drain):	50
II.4.4.1. Description:	50
II.4.5. Fonctionnement de la station de production d'air comprimé:	52
II.4.5.1. Présentation de la fourniture:	52
II.4.5.2. Fonctionnement des compresseurs:.....	52
II.4.5.3. Les sécheurs:	53
II.4.5.4. Mise en marche et arrêt de l'installation:	53

TABLE DES MATIERES

II.4.5.5. Entretien de l'installation:	53
II.5. Conclusion:	54
Chapitre III: Dimensionnement d'une station de compression d'air	55
III.1. Introduction:	55
III.2. Problématique:	56
III.3. Principe de dimensionnement:	56
III.4. Définition des besoins:	56
III.4.1. Air instrument:.....	58
III.4.1.1. La consommation transitoire:.....	58
III.4.1.2. La consommation stable:	58
III.4.2. Air de service:.....	58
III.4.2.1. La consommation transitoire:.....	58
III.4.2.2. La consommation stable:	59
III.5. Choix des composantes:	59
III.5.1. Choix du Compresseur:	59
III.5.1.1. Calcul du débit:	59
III.5.1.2. Calcul de pression:	59
III.5.1.3. La fréquence:.....	60
III.5.2. Sécheur:	61
III.5.3. Choix d'épaisseur des conduites:.....	64
II.6. Conclusion:	67

Résumé :

Ce travail a pour objectif l'étude d'une station de production d'air comprimé pour la centrale de production d'électricité à cycle combiné SKT. Cette centrale est constituée de plusieurs unités essentielles présentées comme un corps unifié, dont la station de production d'air comprimé qui joue un rôle primordial pour la coordination et le bon fonctionnement de toutes les unités.

La production de l'air comprimé est assurée par plusieurs composants tels que : les compresseurs, le sécheur, les filtres qui sont raccordés entre eux à l'aide des canalisations. La technologie des composants se différencie d'une station à l'autre selon le principe de fonctionnement et l'usage de leur produit : l'air comprimé.

Dans cette étude on a dimensionné un compresseur, un sécheur, et les canalisations pour couvrir les besoins de la centrale en air, on est basé dans ce dimensionnement sur la définition du débit d'air souhaitons le produire, pression de service, et la fréquence d'électricité.

A la fin de notre étude on a constaté que le compresseur convenable à cette station est le compresseur ZT110 d'Atlas Copco avec un débit de $940 \text{ Nm}^3/\text{h}$, et un sécheur d'une capacité de $500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ et finalement des conduits de $3,91 \text{ mm}$ d'épaisseur.

Abstract :

The aim of this work is the study of the compressed air in a production station of electricity of cycled SKT. This central is constituted of many unities, they are very important and presented as a unified body where the productive of compressed air in the station has an essential role to coordinate other unities.

The production of the compressed air assures with many elements such as : the compressor, the drier, the filter which are coherent between them through "canalisation". The technology of these constituents differ from a station to another according to the principle of functions and the use of the product : compressed air.

In this study, we have dimensioned the compressor, the drier and "canalisation" to cover the need of the central in air. We have focused on the dimensioned on the definition of the air wireless having to produce service pressure and electricity frequency.

The end of our study we have noticed that the adequate compressor to this station is ZT110 Atlas copco, compressor with the debit of $940 \text{ Nm}^3/\text{h}$ and the drier with the capacity of $500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ and finally conduits of $3,91 \text{ mm}$ of thick.

ملخص

يهدف هذا العمل الى دراسة محطة انتاج الهواء المضغوط لمصنع انتاج الطاقة الكهربائية لدورة مشتركة SKT ، يتكون هذا المصنع من عدة وحدات رئيسية قدمت كجسد واحد التي تلعب فيها محطة انتاج الهواء المضغوط دورا هاما للتنسيق وتشغيل جميع الوحدات .

يتم توفير انتاج الهواء المضغوط من قبل عدد وافر من المكونات مثل الضاغط و المجفف و المصفات التي هي مترابطة باستخدام الانابيب.

تكنولوجية المكونات مختلفة من محطة الى اخرى وفقا لمبدأ التشغيل و استخدام منتجاتها الهواء المضغوط . في هذه الدراسة حددنا الضاغط و المجفف و الانابيب لتلبية احتياجات الهواء في المصنع ، نستند في هذا التصميم على تعريف تدفق الهواء المتمني انتاجه: ضغط التشغيل و تردد الكهرباء.

في نهاية دراستنا لاحظنا ان الضاغط الملائم لهذه المحطة هو الضاغط للاطلس كويكو ZT110 بتدفق 940 م³/سا ومجفف لحجم يقدر ب 500 م³/سا و في النهاية انابيب ذو سمك 3.91 مم.

LIST DES FIGURES

Chapitre I : Les utilisations de l'air comprimé dans une centrale à cycle combiné (SKT)

Figure I 1: Vue général de la centrale SKT.....	2
Figure I 2: Schémas de la ligne d'arbre.....	3
Figure I 3: la turbine à gaz GT 26.	3
Figure I 4: Alternateur d' Alstom.....	4
Figure I 5: Cycle combiné (T, S).	10
Figure I 6: Augmentation de température des torches d'allumage et allumage du combustible principal.....	11
Figure I 7: Fonctionnement en mode contourné.	13
Figure I 8: Fonctionnement en mode normal.	14
Figure I 9 : la station de production d'air comprime.....	16

Chapitre II: Technologie des stations de compression d'air

Figure II.1: Schéma général d'une installation d'air comprimé.....	18
Figure II.2: Diagramme de classification de compresseur.	19
Figure II.3: Le compresseur axial.	20
Figure II.4: Le compresseur centrifuge (radial).	20
Figure II.5 : Fonctionnement d'un compresseur à piston durant la phase d'aspiration.....	21
Figure II.6 : Fonctionnement d'un compresseur à piston durant la phase de refoulement.	22
Figure II.7 : Le compresseur à membrane.....	22
Figure II.8 : Compresseur à palettes.....	23
Figure II.9 : le compresseur à lobes.	24
Figure II.10 : Compresseur spirale.....	24
Figure II.11 : le compresseur à double vis.	25
Figure II.12: diagramme de méthode de séchage.....	28
Figure II.13: schéma de principe d'un sécheur à diaphragme.....	29
Figure II.14 : Classification des déshydratants	30
Figure II.15 : schéma fonctionnel d'un sécheur à adsorption à régénération sans chaleur.....	30
Figure II.16: schéma fonctionnel d'un sécheur par adsorption à régénérations à chaud interne.	31
Figure II.17: schéma fonctionnel d'un sécheur par adsorption à régénérations à chaleur externe.	32
Figure II.18 : schéma fonctionnel d'un sécheur par adsorption à régénération par le vide.	33
Figure II.19 : le processus de séparation centrifuge.....	34
Figure II.20 : Filtre microporeux.....	35
Figure II.21 : Le compresseur ZT110.	39
Figure II.22 : schéma d'écoulement d'air.	40
Figure II.23 : Le circuit d'huile.....	41
Figure II.24 : Schéma fonctionnel du compresseur pendant la décharge.....	43
Figure II.25: Schéma fonctionnel du compresseur pendant la décharge.....	44
Figure II.26 : Le filtre à cartouche coalescente	46

LIST DES FIGURES

Figure II.27 : La cartouche coalescente.....	47
Figure II.28 : Sécheur d'air CD185.....	47
Figure II.29 : Schéma pneumatique.	49
Figure II.30 : Purge électronique des condensats	51
Figure II.31 : Fréquence de purge	51

Chapitre III: Dimensionnement d'une station de compression d'air

Figure III.1 : Catalogue des compresseurs Atlas Copco.	62
Figure III.2 : Catalogue des sécheurs Atlas Copco	63
Figure III.3 : Catalogue des tubes acier et inox SOLYRO.....	66

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre III: Dimensionnement d'une station de compression d'air

Tableau III.1 : Consommation transitoire et stable de différentes zones de la centrale SKT.	57
Tableau III.2 : Les différents pressions des compresseurs Atlas Copco en fonction de la fréquence.	60
Tableau III.3 : Les caractéristiques de compresseur ZT110	60
Tableau III.4 : La capacité nominale des sécheurs Atlas Copco.....	64
Tableau III.5 : Les caractéristiques de sécheur Atlas Copco CD185.....	64
Tableau III.6 : Norme utilisé pour la fabrication des tubes.....	64

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Liste des abréviations

<i>MW</i>	Méga watt.
<i>TG</i>	Turbine à gaz.
<i>NO_x</i>	Oxyde d'azote
<i>TV</i>	Turbine à vapeur.
<i>°C</i>	Degré Celsius
<i>HP</i>	Haut pression
<i>BP</i>	Basse pression
<i>MP</i>	Moyenne pression.
<i>HRS</i>	Chaudière de récupération
<i>SO₂</i>	. Dioxyde de soufre
<i>CO₂</i>	Dioxyde de carbone
<i>O₂</i>	Dioxygène
<i>GRTG</i>	Gestionnaire du réseau de transport du gaz.
<i>MT</i>	Moyen tension.
<i>DIN</i>	Institut allemand de normalisation.
<i>mm</i>	Millimètre.
<i>AF</i>	Filtre à air.
<i>AO</i>	Sortie d'air.
<i>AS</i>	Silencieux.
<i>BV</i>	Vanne de dérivation.
<i>Ca1</i>	Pré refroidisseur final.
<i>Ca</i>	Refroidisseur final.
<i>Ci1</i>	Pré refroidisseur intermédiaire.
<i>Ci</i>	Refroidisseur intermédiaire.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Co	Refroidisseur d'huile.
CV	Clapet anti retour.
Eh	Élément compresseur haut pression
El	Élément compresseur basse pression.
FN	Ventilateur.
MTa	Séparateur d'eau final.
MTi	Séparateur d'eau intermédiaire.
OF	Filtre à huile.
OP	Pompe à l'huile.
EWDa	Evacuateur du condensat final.
EWDi	Evacuateur du condensat intermédiaire.
Y1	Electrovalve.
UA	Déchargeur.
EI	Élément de compresseur
CI	Refroidisseur intermédiaire.
°F	Degré fahrenheit.
PT	Capteur de température.
A	Tour A
B	Tour B
CA	Vanne d'air de control
IV	Vanne à trois voies
N	Gicleur
P1	Transmetteur de pression 1.
P2	Transmetteur de pression 2.
PA	Actionneur pneumatique.
PR	Régulateur de pression.
PV	Vanne pneumatique.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

S	Silencieux.
SV	Electrovanne.
TV	Vanne pneumatique.
EWD	Electronic water drain.
MSF	Multi stage flaching
Q_{it}	Débit d'air pour les instruments dans la phase transitoire.
Q_{itt}	Débit d'air pour les instruments total dans la phase transitoire.
Q_{is}	Débit d'air pour les instruments dans la phase stable.
Q_{ist}	Débit d'air pour les instruments total dans la phase stable des trois unités.
Q_{cis}	Débit d'air commun des instruments dans la phase stable.
Q_{tis}	Débit d'air total pour les instruments dans la phase stable de la centrale.
Q_{st}	Débit d'air de service dans la phase transitoire.
Q_{stt}	Débit d'air de service total dans la phase transitoire.
Q_{cst}	Débit d'air de service commun dans la phase transitoire.
Q_{tst}	Débit total d'air de service dans la phase transitoire.
Q_c	Débit produit par le compresseur.
Q_s	Débit produit par le sécheur.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'air comprimé est l'une des principales sources d'énergie industrielle. Il possède de nombreux avantages ; en particulier, il offre une grande souplesse d'application et se transporte aisément. Une installation d'air comprimé comprend: un ou plusieurs compresseurs pourvus chacun d'un moteur d'entraînement; des réservoirs de stockage; des filtres; des sécheurs; des purgeurs et des canalisations d'interconnexion.

Le but de ce projet de fin d'étude est le dimensionnement d'une station d'air comprimé permettant d'assurer une pression convenable et en quantité suffisante, pour assurer un fonctionnement correct des différentes composantes d'une centrale à cycle combiné.

Nous avons choisis pour cette étude la centrale électrique SKT. C'est une centrale autonome ne demandant que peu de ressource extérieure. Pour bien se familiariser avec les différentes composantes de cette centrale, nous avons effectué un stage pratique de un mois. Ce stage nous a permis de récupérer toutes les données nécessaires à notre étude.

Le mémoire de ce projet de fin d'étude s'articule sur trois chapitres, à savoir :

Le premier Chapitre présentant la description et le fonctionnement général de la centrale à Cycle Combiné de TERGA ainsi que les liaisons fonctionnelles inter-systèmes de la Centrale.

Le deuxième chapitre présentant les différents types des composants d'une station de production d'air comprimé, ainsi les équipements constituant la station de la SKT.

Le dernier chapitre définit la méthode et les étapes de dimensionnement des différentes composantes de la station de l'air comprimé SKT : le compresseur, le sécheur et la tuyauterie.

Chapitre I : Les utilisations de l'air comprimé dans une centrale à cycle combiné (SKT)

Chapitre I : Les utilisations de l'air comprimé dans une centrale à cycle combiné (SKT)

I.1. Introduction.

I.2. Description générale du central de production d'électricité SKT.

I.3. Les besoins en air comprimé.

I.4. Description générale de la station de production d'air comprimé.

I.5. Conclusion.

I.1. Introduction:

La centrale électrique SKT produit de l'énergie électrique nécessaire au réseau de 400KV, la centrale est autonome ne demande que peu de ressource extérieure. Ce Chapitre présente la description et le fonctionnement général de la centrale à Cycle Combiné de TERGA ainsi que les liaisons fonctionnelles inter-systèmes de la Centrale.

I.2. Description générale de la centrale de production d'électricité SKT:

Le projet Shariket Kahraba Terga est une centrale électrique à cycle combiné implantée à Terga sur le site de la commune d'Ouled Boujemaa Wilaya de Ain Témouchent, en Algérie, au nord d'Afrique. La centrale est d'une puissance nominale de 1200 MW.



Figure I.1: Vue général de la centrale SKT.

La centrale se compose de trois unités mono-arbre ou ou single shaft KA26-1, Chaque unité se compose de :

- Une turbine à gaz (TG) type GT26 équipée d'un système de combustion séquentielle à pré-mélange pauvre et à faibles émissions de NOx.
- Un cycle eau/vapeur à trois niveaux de pression et resurchauffe avec chaudière de récupération.
- Une turbine à vapeur (TV) composée de deux corps à trois niveaux de pression et resurchauffe.
- Un alternateur, refroidi à l'Hydrogène, relié aux deux turbines

La conduite est réalisée par l'opérateur en fonction des demandes du gestionnaire du réseau électrique. La centrale est conçue pour fonctionner en continu à la charge nominale ou à charge partielle pour une température ambiante comprise entre -1°C et 45°C . Le fonctionnement en pointe de la turbine à gaz n'est pas possible [1].

I.2.1. Vue générale des composants et systèmes majeurs:

La centrale de Terga est composée de trois Blocs à une seule ligne d'arbre (ou single Shaft). La ligne d'arbre (Figure I.2) comprend la turbine à gaz entraînant le turboalternateur via un accouplement rigide. La turbine à vapeur est accouplée via un embrayage autocommutable synchrone sur l'autre côté de l'alternateur. Cette disposition permet de démarrer et d'arrêter la turbine à vapeur indépendamment de la turbine à gaz, alors que la turbine à gaz est déjà en fonctionnement [1].

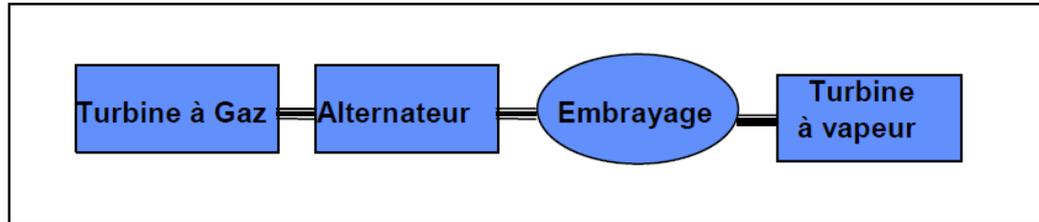


Figure I.2: Schéma de la ligne d'arbre.

I.2.2. Turbine à gaz

La turbine à gaz de type GT 26 d'Alstom (Figure I.3) est constituée d'un rotor équipé de trois parties principales :

- Compresseur (22 étages)
- Brûleurs (EV et SEV)
- Turbines (1 étage HP et 4 étages BP)

Pour assurer le refroidissement et l'étanchéité de la TG, de l'air est soutiré du compresseur à différents étages. Cet air HP et BP est en suite refroidi dans des échangeurs thermiques (OTC) à l'extérieurs de la turbine, par l'eau alimentaire qui est vaporisée puis réinjectée dans les circuits de vapeur [1].

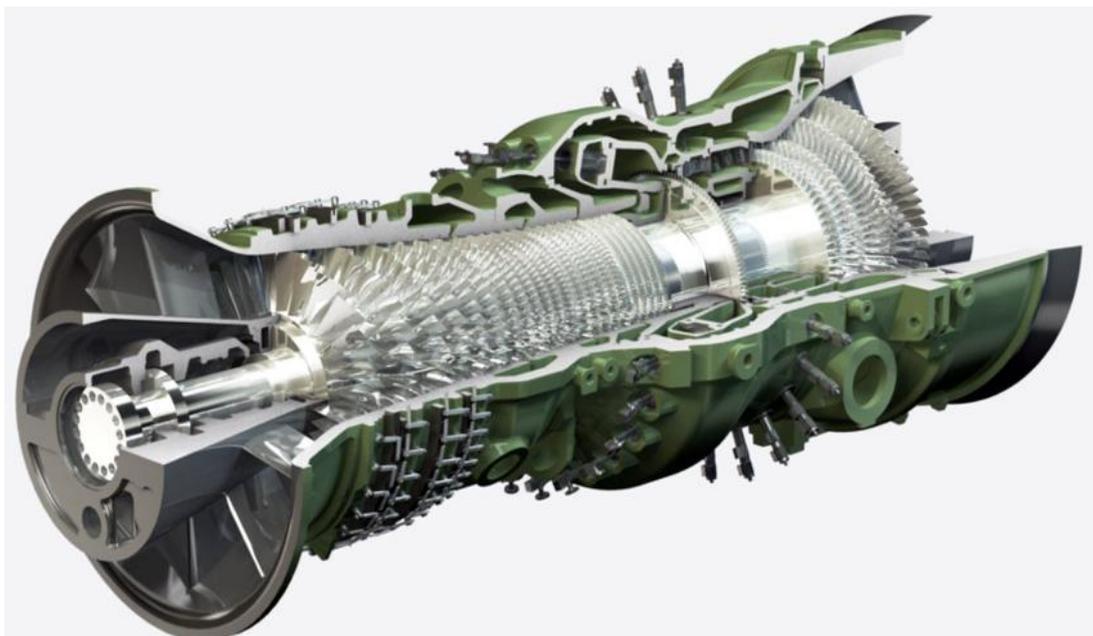


Figure I.3: La turbine à gaz GT 26.

I.2.3. Alternateur:

L'alternateur est un alternateur Alstom type 50WT21H-120 (Figure I.4) à trois phases et deux pôles synchrones. Il est entraîné à la fois par la turbine à gaz et la turbine à vapeur via un accouplement rigide à embrayage. Son refroidissement est assuré par l'hydrogène qui est à son tour refroidi dans les échangeurs à eau à circuit fermé se trouvant dans l'enceinte de l'alternateur [1].

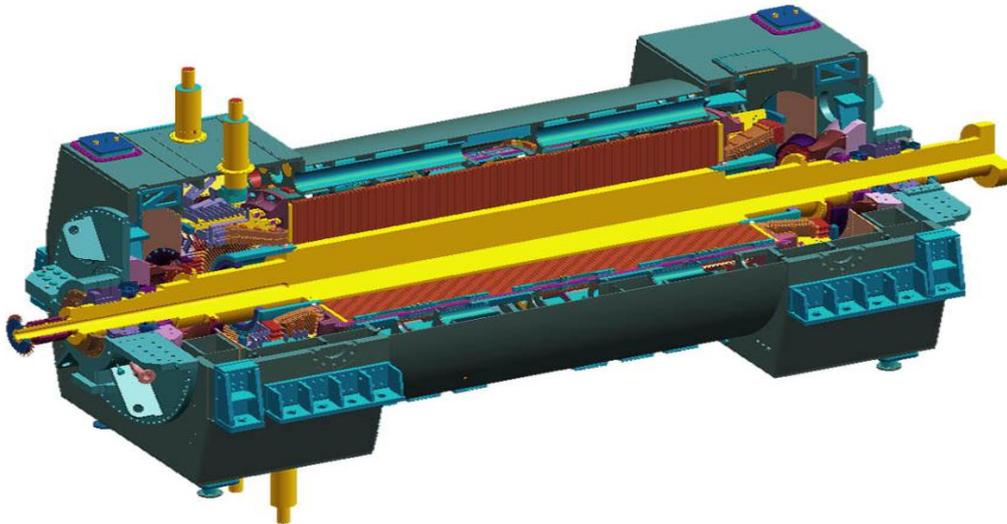


Figure I.4: Alternateur d'Alstom.

I.2.4. Embrayage auto-commutable synchrone entre la TV et l'Alternateur :

L'embrayage permet de connecter la TV à l'alternateur, alors que celui-ci est déjà entraîné par la TG :

- L'embrayage s'engage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient positif; c'est-à-dire aussitôt que la vitesse de la TV a tendance à dépasser celle de l'alternateur.
- L'embrayage se désengage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient négatif; c'est-à-dire aussitôt que la vitesse de la TV a tendance à passer en dessous de celle de l'alternateur.

Aucun système de régulation n'est nécessaire pour l'embrayage [1].

I.2.5. Turbine à Vapeur:

La Turbine à vapeur possède deux corps, trois niveaux de pressions, et une resurchauffe. Le premier corps est l'étage haut pression (HP) et le deuxième est à double flux, se compose des étages moyenne pression (MP) et basse pression (BP).

Les rotors des corps HP, MP et BP sont liés entre eux par un accouplement rigide. Le rotor HP est également lié à l'embrayage par un accouplement rigide.

La vapeur est admise dans les corps HP et MP au travers des organes d'admission incluant les vannes d'arrêt et de contrôle. L'admission HP est réalisée par un bâti dans lequel les vannes sont montées en série, et l'admission MP utilise deux bâtis où les vannes d'arrêt et les vannes de contrôle sont entièrement intégrées dans le même corps sphérique bridé au corps externe MP.

La vapeur vive HP, régulée par une vanne d'arrêt et une vanne de contrôle, entre dans le corps HP et se détend jusqu'à la pression de la vapeur à resurchauffer. La vapeur à resurchauffer est mélangée avec la vapeur MP produite par la chaudière de récupération avant d'être resurchauffée dans la chaudière de récupération.

La vapeur BP entre dans la turbine à travers une vanne d'arrêt et une vanne de contrôle. La vapeur issue du corps échappement BP de la turbine est envoyée au condenseur [1].

I.2.6. Chaudière de récupération (HRSG) et réfrigérant d'air TG:

I.2.6.1. Chaudière de récupération (HRSG):

La Chaudière de Récupération (HRSG) est, au fond un échangeur de chaleur composé de sections de surchauffeurs, d'évaporateurs et d'économiseurs. Ces sections sont situées entre l'entrée et la sortie du gaz d'échappement de la turbine pour récupérer le maximum de chaleur des fumées. La chaleur récupérée dans la (HRSG) porte la vapeur de la turbine à vapeur, à la bonne température et à la bonne pression et permet d'augmenter la production et le rendement de la centrale.

La Chaudière de Récupération (HRSG), dans une centrale à cycle combiné, est le lien critique entre la turbine à gaz et le cycle de Rankine. C'est le composant essentiel du rendement du cycle combiné [1].

I.2.6.2. Réfrigérant d'air TG:

Un réfrigérant HP et un réfrigérant BP sont requis pour le refroidissement de l'air de la TG. Les réfrigérants sont des échangeurs de type hélicon à une seule passe (sans recirculation). Ils sont alimentés en eau HP et la vapeur produite est envoyée dans le système de vapeur HP de la chaudière de récupération [1].

I.2.7. Le cycle Eau/ Vapeur:

I.2.7.1. Condenseur :

Le condenseur multi-tubulaire à double passe refroidi à l'eau de mer. Le condenseur est constitué de deux faisceaux double passe. Afin d'opérer le condenseur avec un seul demi condenseur, les boîtes à eau sont divisées.

Les gaz incondensables côté vapeur sont extraits de chaque faisceau de tube à l'endroit le plus froid, la pression partielle de vapeur y est plus basse. La vapeur condensée est envoyée dans le puits du condenseur, qui sert ainsi de capacité de stockage.

Le ballon d'éclatement des purges est raccordé au condenseur et recueille les purges internes de la turbine à vapeur. La phase vapeur est renvoyée au condenseur et les condensats sont renvoyés au puits du condenseur [1].

I.2.7.2. Pompes d'extraction des condensats:

Les pompes principales d'extraction de condensat sont de type vertical. En fonctionnement normal, l'une est en service et l'autre reste en secours. La pompe de secours est mise en marche automatiquement si la pompe en fonctionnement est défaillante ou si le contournement de la turbine vapeur est en marche à charge élevée [1].

I.2.7.3. Système d'évacuation du Condenseur (Côté Vapeur):

Le système d'évacuation se compose d'un éjecteur de démarrage et de deux éjecteurs de maintien. Les éjecteurs évacuent la vapeur côté condenseur pendant le démarrage et extraient les gaz non-condensables.

La vapeur vive pour les éjecteurs est prise de la ligne de vapeur à resurchauffer et les incondensables extraits sont envoyés à l'atmosphère. La vapeur condensée de l'éjecteur de service est envoyée au ballon d'éclatement. Une vanne de détente régule la pression de la vapeur à l'entrée de l'éjecteur de démarrage et une deuxième vanne de contrôle réduit la pression de vapeur à l'entrée des éjecteurs de service [1].

I.2.7.4. Bâche alimentaire/Dégazeur:

Une Bâche alimentaire munie d'un dégazeur stocke l'eau alimentaire pour la chaudière de récupération, préchauffe et dégaze aussi les condensats principaux. En fonctionnement normal au gaz, le préchauffage de l'eau alimentaire est effectué par la vapeur extraite du corps BP de la turbine à vapeur.

En fonctionnement à basse charge ou au gasoil, le préchauffage est fait avec la vapeur extraite de la ligne de vapeur à resurchauffer [1].

I.2.7.5. Pompes alimentaires:

Deux pompes HP de type horizontal alimentent la chaudière de récupération en eau. Elles sont multi-étagées et possèdent des filtres à l'aspiration et des vannes de débit minimum. En fonctionnement normal, une pompe est en service et l'autre reste en secours. La pompe de secours est mise en marche automatiquement en cas de défaillance de la pompe en service [1].

I.2.7.6. Pompes de préchauffage eau alimentaire:

L'eau alimentaire est pompée par deux pompes de recirculation et passe dans l'échangeur de préchauffage de la chaudière de récupération puis retourne dans la bâche alimentaire pour chauffer cette dernière à la température demandée. Chaque pompe de recirculation est pourvue d'un dispositif de débit minimum vers la bâche. La vanne de régulation de pression de cette alimentation permet de réguler la pression du dégazeur et en conséquence la température de l'eau alimentaire. Cette méthode de régulation de la température de la bâche alimentaire est répandue, fiable, et efficace dans une large gamme de température [1].

I.2.7.7. Systèmes de contournement vapeur TV:

Afin de faciliter le démarrage et les régimes, la turbine à vapeur est équipée de trois by-pass HP, MP et BP. Quand la turbine n'est pas prête à recevoir la vapeur, le by-pass HP dirige la vapeur surchauffée vers le circuit MP (vapeur à resurchauffer) via une vanne de détente et de désurchauffe alimentée par un soutirage en aval des pompes d'eau alimentaire. Ceci permet un refroidissement des resurchauffeurs HP de la chaudière de récupération.

Les by-pass MP et BP dirigent la vapeur directement au condenseur à travers des diffuseurs, après avoir été désurchauffée par le condensat. Ces by-pass permettent un fonctionnement indépendant de la chaudière lorsque la turbine déclenche ou n'est pas disponible. Ils permettent également le conditionnement de la vapeur pour le démarrage TV.

La centrale peut démarrer sans vapeur auxiliaire disponible pour l'alimentation du système d'étanchéité, le circuit de vapeur resurchauffée est également équipé de vannes de régulation, d'évent réglantes déchargeant la vapeur directement à l'atmosphère au moment du démarrage.

Chaque contournement vapeur est capable de traiter 100% du débit nominal de la vapeur vive à 100% de la pression nominale de la vapeur vive [1].

I.2.7.8. Système d'étanchéité de la Turbine à vapeur:

Le système d'étanchéité de vapeur de la TV empêche l'air d'être aspiré dans les parties sous vide de la turbine, et la vapeur de s'échapper. La turbine est équipée d'un système d'aspiration des buées produites lors de la détente de la vapeur [1].

I.2.7.9. Ballon de récupération des purges à l'atmosphère:

Le ballon de récupération des purges à l'atmosphère recueille les purges externes à la turbine à vapeur. Après séparation la vapeur est envoyée à l'atmosphère et les condensats sont renvoyés au système de traitement des effluents [1].

I.2.7.10. Système de refroidissement principal à eau:

Ce système comporte :

- Les tuyaux d'amenée d'eau de mer commune aux trois tranches pour assurer le refroidissement sans dilution
- Un bassin de filtration et de pompage de l'eau de mer
- Un système d'électrochloration, trois conduites de transfert d'eau de mer vers le bassin de tranquillisation +50.00 m
- Un bassin de tranquillisation et de pompage au niveau +50.00 m
- Un système d'électrochloration

La chaleur rejetée par le cycle eau-vapeur et par le circuit fermé d'eau de refroidissement est transférée directement à l'eau de mer [1].

I.2.7.11. Unité d'électrochloration:

Cette installation est prévue pour la production et l'injection d'hypochlorite de sodium dans l'eau de mer afin d'éviter la prolifération de la faune marine dans les tuyauteries et les équipements contenant de l'eau de mer. Le procédé est basé sur l'électrolyse partielle de l'eau de mer dans les unités d'électrochloration [1].

I.2.7.12. Système de refroidissement en circuit fermé:

Un système d'eau de refroidissement en circuit fermé garantit le refroidissement de l'alternateur, du système d'huile de lubrification, et d'autres consommateurs. Deux pompes de circulation sont fournies avec le système. La chaleur issue du circuit fermé est transférée au système de refroidissement principal dans deux échangeurs eau/eau.

La pression est maintenue constante grâce à un réservoir d'expansion et le niveau est régulé par un appoint à ce réservoir. Ce système est équipé d'un filtre à débris installé sur la ligne d'arrivée d'eau de mer à l'échangeur du circuit fermé d'eau de refroidissement [1].

I.2.7.13. Système d'alimentation en eau

a) Eau brute:

L'eau brute est puisée dans des forages sur le site. Elle est stockée dans les réservoirs communs avec l'installation de dessalement. De plus l'eau conservée alimente le réseau d'eau de service d'équipement et le système d'eau potable. L'eau potable provient du réseau d'eau potable [1].

b) Eau déminéralisée:

L'eau déminéralisée est produite par une centrale de production d'eau déminéralisée dimensionnée pour la purge en continue. La centrale de déminéralisation comprend :

- Deux pompes de transfert d'eau dessalée,
- Deux échangeurs à résines à lits mélangés,
- Deux réservoirs de stockage d'eau déminéralisée (capacité 2 x 500 m³),
- Quatre pompes d'eau déminéralisée pour l'appoint aux cycles.

c) Eau potable:

L'eau est extraite d'après l'unité de MSF et potabilisée. La tuyauterie de distribution interne fournit ensuite l'eau potable aux consommateurs de la centrale électrique.

I.2.8. Système de surveillance des émissions de fumée:

Des échantillons de gaz d'échappement sont extraits au niveau de la cheminée de la chaudière de récupération. Ils sont ensuite conditionnés et analysés dans une armoire de mesure. Les émissions de NO_x, SO₂, CO₂, O₂ et les poussières sont surveillées et enregistrées [1].

I.2.9. Système des eaux usées:

En raison de l'exigence de la réglementation environnementale, les eaux usées issues de l'entretien du site ne seront rejetées qu'après un traitement préalable. Ceci est l'objet de minimiser l'impact écologique de la centrale sur son environnement. Le système de traitement des eaux usées joue un rôle d'adaptation de la norme exigée par cette réglementation [1].

I.2.10. Station d'air comprimé:

L'air comprimé requis par la centrale est produit dans une station d'air comprimé centralisée, composée de 2 compresseurs 2 x100% (1 en fonctionnement normal et 1 en de secours), à partir de laquelle l'air est distribué aux différents utilisateurs. La station d'air comprimé fournit [1]:

- l'air instrument (filtré, séché, et déshuilé).
- l'air de service (filtré).

Toutes les zones principales sont alimentées en air de service pour les opérations de maintenance. Le réseau d'air instrument est prioritaire. La station d'air comprimé est fournie en skid.

I.2.11. Système d'alimentation en combustible:

I.2.11.1. Système d'alimentation en gaz:

Le gaz est amené en limite de site par la tuyauterie de gaz du réseau SONALGAZ (GRTG), commune aux trois unités de la centrale. Il est ensuite purifié de toute humidité et poussière dans le poste de traitement. Puis en fonction de sa pression, il est soit détendu dans la station de réduction de pression soit comprimé par les compresseurs. Sa pression est ajustée à la pression requise par le système de combustion de la turbine à gaz. Un filtre fin, un système de préchauffage de combustible, un analyseur de gaz naturel et un débitmètre sont installés en amont de chaque turbine [1].

I.2.11.2. Système d'alimentation en gasoil :

Le poste de dépotage du gasoil permet le remplissage des réservoirs de stockage à partir des camions citernes. Ce poste de dépotage est équipé d'un système de comptage du débit transféré depuis les camions vers le réservoir. Depuis les réservoirs de stockage, les

pompes de transfert assurent l'alimentation de la turbine à gaz. Un circuit secondaire permet également le remplissage du réservoir journalier du groupe électrogène et des chaudières du système de dessalement [1].

I.2.11. Equipements de protection contre les incendies:

Les mesures de protection passives contre les incendies, les systèmes anti-incendie (les mesures actives telles que les extincteurs), et les protections contre les explosions sont fournies suivant la législation locale en vigueur et les obligations contractuelles pour fournir une protection adéquate de la centrale. Les éléments principaux de la protection contre les incendies sont la détection incendie et les systèmes d'alarmes (générant des alarmes), le système de détection du gaz (générant des alarmes), les systèmes d'extinction automatiques à gaz (CO₂), le système manuel de lutte anti-incendie (lance à eau) et le système d'approvisionnement en eau pour la lutte anti-incendie indépendant pour l'usine [1].

I.2.12. Le cycle combiné de la centrale:

Le cycle combiné s'applique à une centrale dans laquelle une turbine à gaz est jointe à l'équipement d'un cycle de Hirn (cycle de Rankine avec surchauffe). Ce dernier utilise la plus grande part de la chaleur des gaz d'échappement de la turbine à gaz (Figure I.5).

Sur le plan thermodynamique, le cycle combiné peut être représenté en joignant le cycle de Brayton à haute température au cycle de Hirn à température modérée. Le schéma (T, s) (Figure 5), donne un exemple de cycle combiné, cycle de Brayton représente la (turbine à gaz) et cycle de Hirn représente (turbine à vapeur). La zone pour le cycle de Hirn se situe dans celle représentant la chaleur rejetée par le cycle de Brayton. Donc la zone du cycle de Rankine représente l'énergie calorifique convertie en énergie mécanique utile qui serait sinon rejetée dans l'atmosphère.

Une grande partie de la chaleur perdue dans le cycle de Brayton est utilisée par le cycle de Hirn. Par rapport au cycle de Brayton ou celui de Hirn pris séparément une partie plus importante de la chaleur apportée dans le cycle combiné est convertie en énergie mécanique. Les paramètres du cycle de Hirn (pression et température) sont choisis pour s'adapter à la température des gaz d'échappement de la turbine à gaz. Habituellement, les valeurs de pression et de température dans le cycle de Hirn de centrale à cycle combiné sont bien inférieures à celles utilisées dans les centrales classiques à cycle de Hirn. Ces valeurs plus basses de pression et de température sont justifiées car le gaz d'échappement de la turbines à gaz, bien que très chaud, n'est pas aussi chaud que les fumées dans le foyer d'une chaudière classique.

La difficulté pour relier les cycles de Brayton et de Hirn, dans une centrale à cycle combiné, réside dans le niveau d'intégration indispensable pour un rendement maximal à un prix économique. Le cycle combiné peut se composer d'une turbine à gaz unique, d'une chaudière de récupération (HRSG), d'une turbine à vapeur, d'un condenseur et des systèmes auxiliaires [1].

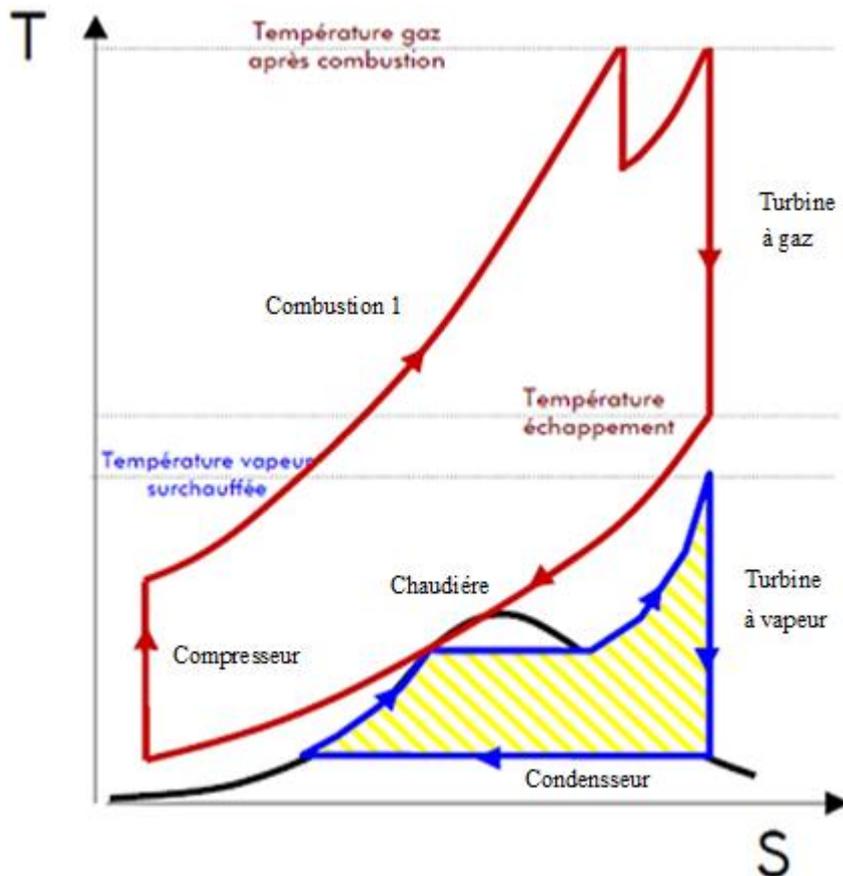


Figure I.5: Cycle combiné (T, S).

I.2.13. Fonctionnement de la centrale:

En démarrage, la puissance utilisée pour démarrer la turbine à gaz (Figure I.2) est fournie par l'alternateur (Figure 4) alimenté par des groupes électrogènes de «Black Start » ou par le réseau électrique via le transformateur auxiliaire de démarrage TG connecté au tableau MT de distribution Black Start. Les groupes seront connectés sur un tableau MT « distribution secours et Black Start » situé à proximité des groupes.

Lors du démarrage de la turbine à gaz (Figure I.2), le rotor de celle-ci est entraîné par l'alternateur (Figure I.4). Le compresseur comprime l'air ambiant après son passage du filtre à air. Les vannes de détente de gaz combustible pilote et pré-mélange s'ouvrent et les vannes de régulation de gaz combustible pilote (étage 1) et pré-mélange (étage 2) sont mises en position d'allumage. La séquence d'allumage du combustible principal est initiée dès qu'une augmentation de la température a été détectée au moins au niveau de l'une des torches d'allumage dans un temps imparti. Les vannes réglantes s'ouvrent, laissant passer le gaz combustible dans son système de distribution, dans les brûleurs EV, puis dans la chambre de combustion. En arrivant dans la chambre de combustion, le gaz est allumé par les torches d'allumage alimentées par le propane.

L'allumage du combustible principal est détecté par les contrôleurs de flamme. Après l'allumage et une fois que les flammes sont stables, l'alimentation en combustible des torches d'allumage est interrompue.

Les gaz brûlés se détendent dans l'étage haute pression de la turbine puis dans l'étage basse pression après avoir été réchauffés dans la deuxième chambre à combustion SEV. Celle-ci ne fonctionne qu'après un certain seuil de température.

Les combustibles (gaz naturel; fioul) sont préchauffés en amont de la turbine dans des échangeurs. La Figure 6, illustre un démarrage réussi avec les deux torches d'allumage fonctionnant correctement [1]:

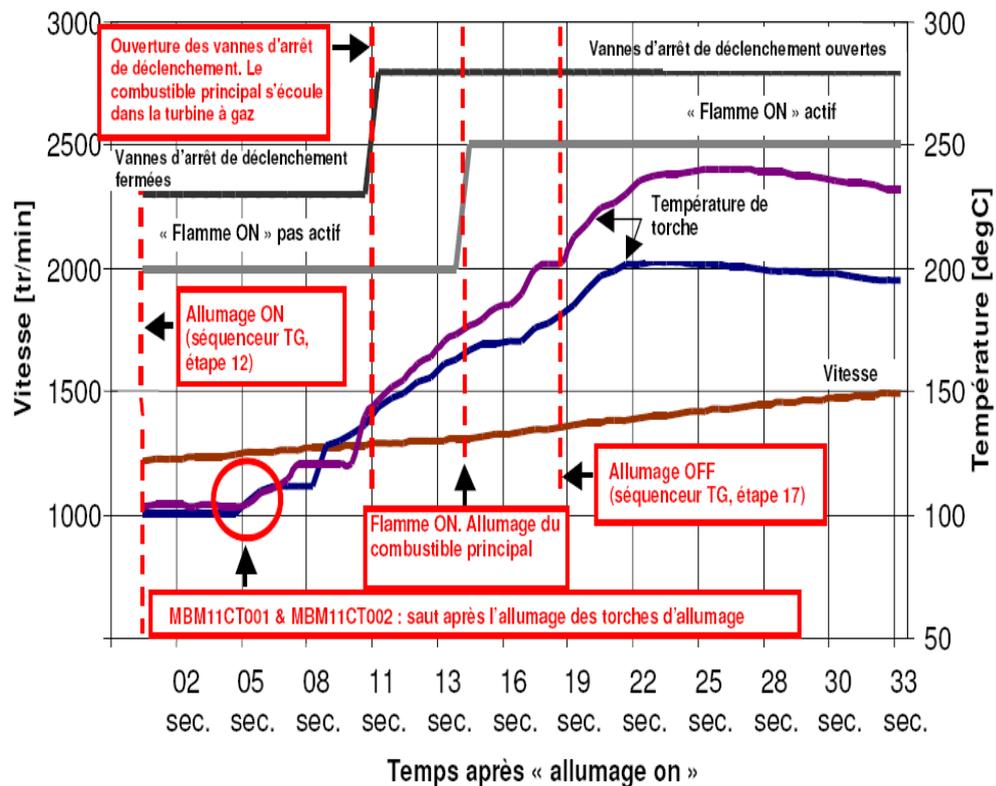


Figure I.6: Augmentation de température des torches d'allumage et allumage du combustible principal.

A l'échappement de la turbine à gaz, on trouve que la chaudière de récupération est de design horizontal fonctionnant en mode de circulation naturelle pour les trois niveaux de pression BP, MP, et HP. L'énergie calorifique des gaz d'échappement de la turbine à gaz (Figure 1), sert de source de chaleur pour produire la vapeur (vapeur réchauffée, vapeur surchauffée HP, MP, et BP).

Chaque niveau de pression est composé de:

- Niveau haute pression HP: 6 Economiseurs ; 1 Evaporateur; 3 Surchauffeurs
- Niveau moyenne pression MP: 2 Economiseurs; 1 Evaporateur; 1 Surchauffeurs; 2 Resurchauffeurs
- Niveau basse pression BP: 1 Economiseurs; 1 Evaporateur; 1 Surchauffeurs

Du moment que la turbine à gaz (Figure 2) accélère, les gaz d'échappement à sa sortie entre dans la chaudière de récupération en cédant une grande partie de l'énergie calorifique au circuit eau-vapeur. Tant que la vapeur n'atteint pas les conditions de fonctionnement de la turbine à vapeur, elle est contournée vers le condenseur.

Quand la vapeur atteint ces conditions, les vannes d'admission s'ouvrent en même temps que les vannes de contournement se ferment et la vapeur se détend dans la turbine à vapeur et par la suite envoyée au condenseur, se condense puis refoulée vers bache alimentaire.

A la sortie de la chaudière de récupération est placé un préchauffeur de l'eau de la bache alimentaire alimenté par une pompe. Ce préchauffeur assure le maintien de la masse d'eau en

une certaine température avant son transfert par les pompes d'alimentation HP/MP à la chaudière de récupération. Les pompes alimentaires HP/MP alimentent la chaudière de récupération. L'eau alimentaire BP est extraite en aval du deuxième rang économiseur MP/BP. L'eau alimentaire HP, MP et BP est réchauffée dans les économiseurs et stockée dans les ballons respectifs (HP, MP et BP) où elle est vaporisée. Chaque niveau de ballon est régulé par une vanne de contrôle. La vapeur HP provient des surchauffeurs HP, la vapeur MP des resurchauffeurs via le surchauffeur MP, la vapeur BP est également surchauffée. La vapeur HP se détend dans l'étage haute pression (HP). Après sa détente, elle se dirige vers la resurchauffe pour se mélanger avec la vapeur MP, puis elle se détend dans la turbine moyenne pression (MP). Après sa détente, cette vapeur se mélange avec la vapeur BP provenant de la surchauffeur BP pour se détendre en même temps dans la turbine basse pression (BP).

A la sortie de la turbine à vapeur, une partie de la vapeur est envoyée vers le condenseur refroidi par un circuit ouvert d'eau de mer, et l'autre partie est soutirée pour créer le vide dans le condenseur.

De l'eau extraite de l'économiseur HP alimente les réfrigérants d'air TG. Il est possible de réguler la température de l'eau alimentaire en amont des réfrigérants, dans une certaine plage, grâce à une extraction en amont du premier économiseur HP si nécessaire; une vanne manuelle de contrôle ajustée durant la mise en service est prévue à cet effet.

Une extraction en aval de l'économiseur MP alimente en eau un préchauffeur de gaz combustible afin d'augmenter sa température à l'entrée de la TG d'environ 15°C à 150°C, ceci afin d'améliorer le rendement global du cycle combiné [1].

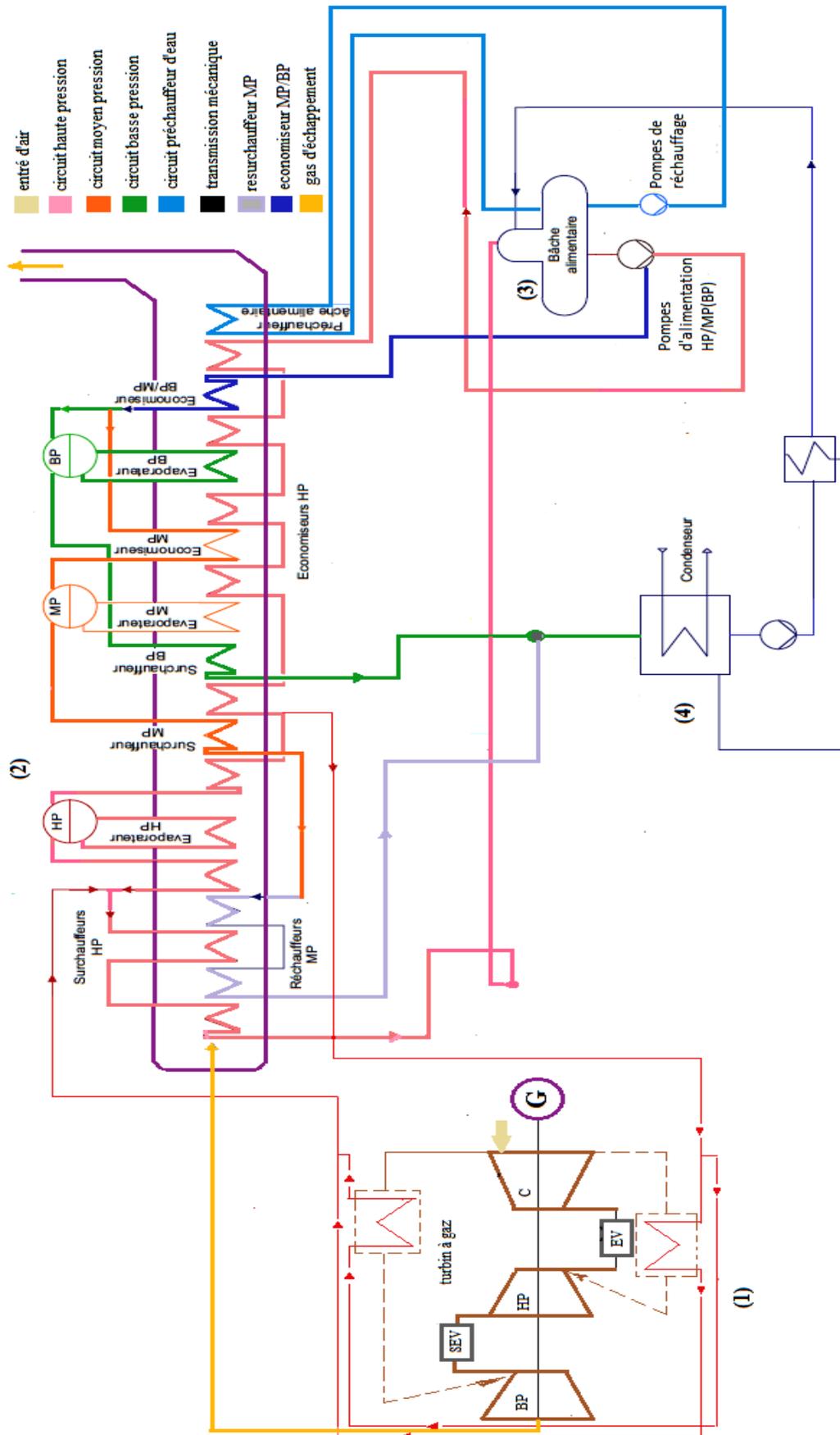


Figure I.7: Fonctionnement en mode contourné.

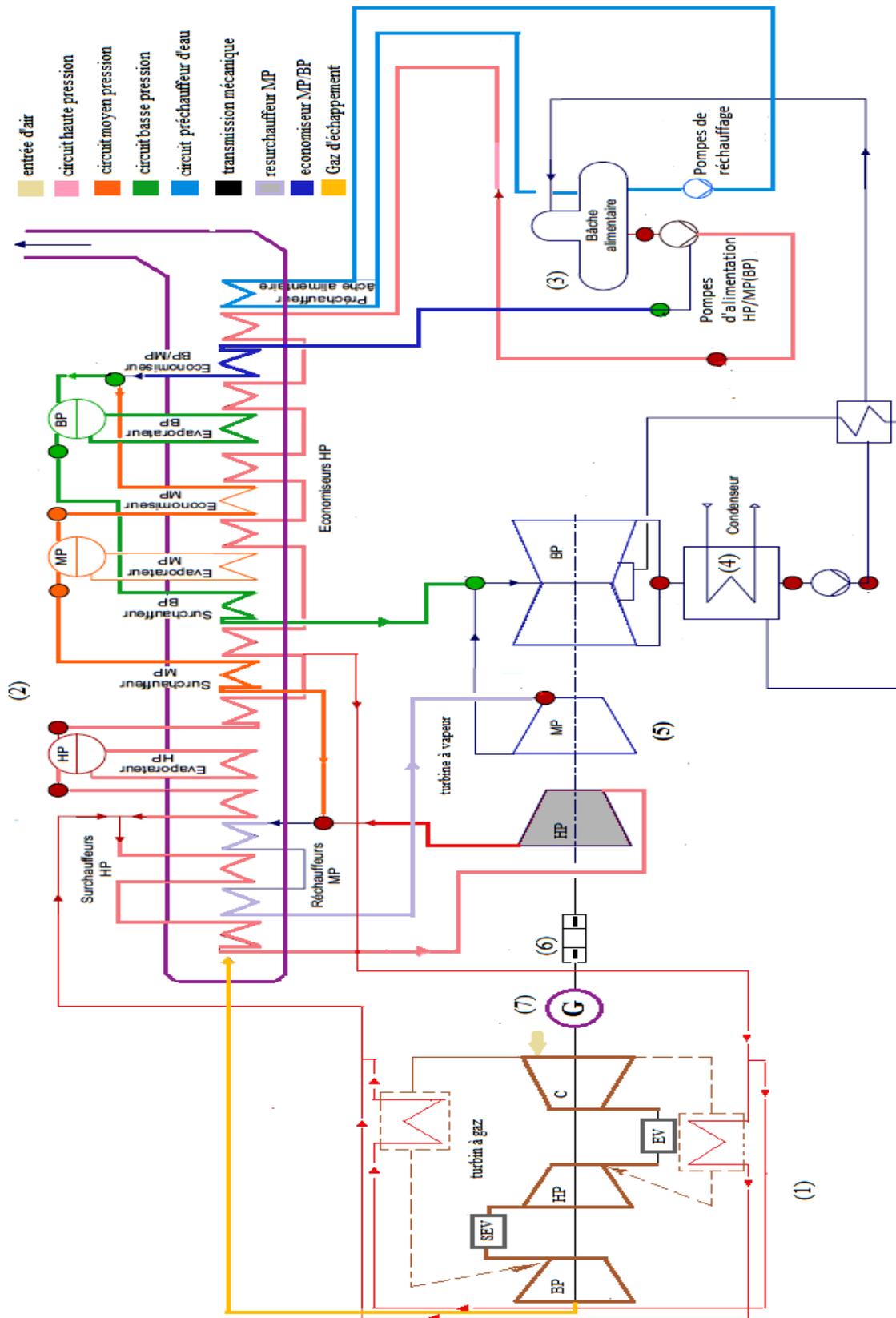


Figure I.8: Fonctionnement en mode normal.

I.3. Les besoins en air comprimé:

Dans beaucoup de domaines industriels et artisanaux, on utilise l'air comprimé comme moyen indispensable pour effectuer un très grand nombre de tâche en vue d'optimiser des procédés, à savoir qu'avec l'air on peut : tendre et serrer, transporter, entraîner, souffler, vérifier et contrôler et finalement commander.

Au sein de la centrale à cycle combiné SKT, l'air comprimé est utilisé essentiellement comme air de commande dans la majorité des unités constituant la centrale et cela pour commander les vannes, électrovannes, cerveau moteur, les pompes et même démarreur dans les zones suivants:

- Chaudière de récupération
- Purges TV et bypass BP et MP
- Cycle eau/vapeur
- Eleetctrochloration
- Poste production hydrogène
- Dessalement
- Poste de production d'eau déminée
- Système de surveillance des émissions
- Zone de transformateur
- Station de pompage
- Bassin de tranquillisation
- Group diesel Black-Start
- Zone stockage d'eau incendie
- Zone de traitement de gaz
- Zone de dépotage fioul
- Ateliers

I.4. Description générale de la station de production d'air comprimé:

Le réseau d'air comprimé de la centrale de production d'électricité SKT est équipé de deux unités jumelles de compresseur à vis lubrifié monté en parallèle dont le but d'une production de $750\text{Nm}^3/\text{h}$ fonctionnant en alternance, réalisant $2 \times 100\%$ du besoin de la centrale, ainsi de deux unités de séchages qui comprend à son tour des filtres.

Les compresseurs reçoivent l'air atmosphérique à 1,013bar et à température ambiante et le refoulant à 9,5bar et à 62°C vers 2 réservoirs de stockage, de capacité de 17m^3 chacun. Ces ballons sont conçus en acier galvanisé dont chaque ballon permet d'assurer 100% des besoins de la centrale.

L'air de chaque cuve se divise en deux parties. La première partie est utilisée pour « air de service » ; Tandis que la deuxième partie de l'air passe par différents filtres dont le premier consiste à le dépoussiérer et le second à le déshuiler en suit, cet air passe par un sécheur de type duplex à point de rosé – 40°C à 9bar, la méthode de séchage utilisée « adsorption » ; c à d régénération sans chaleur.

Enfin arrivant au dernier filtre fin à poussière l'air obtenu est utilisé pour commander différents instruments, il est appelé « air instrument ».

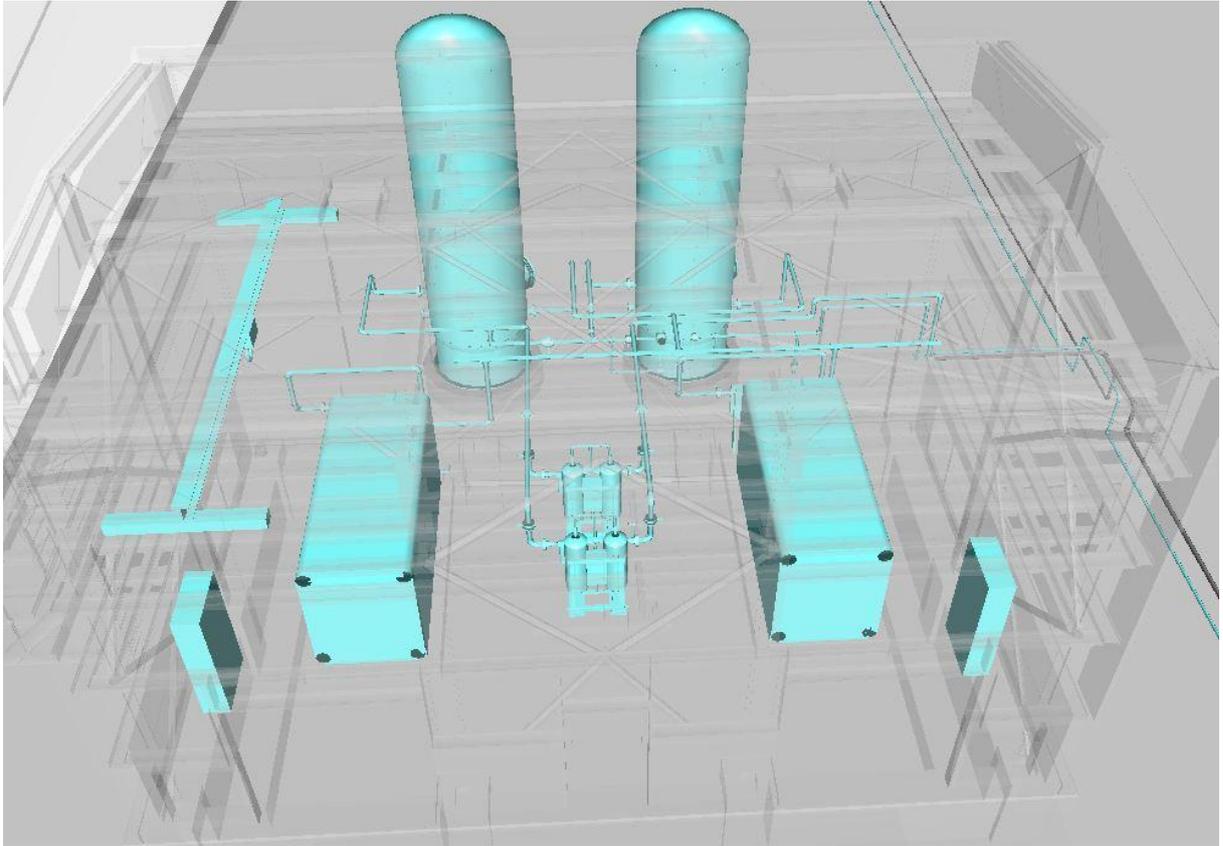


Figure I.9: La station de production d'air comprimé.

I.5. Conclusion:

Dans ce premier chapitre nous avons présenté la centrale de production d'électricité SKT et leurs composantes majeures (turbine à gaz, turbine à vapeur, alternateur et le condenseur...). On a rappelé aussi le principe de fonctionnement de la central. Enfin, description général de la station de production d'air comprimé et les besoins en air comprimé a été présentés.

Chapitre II: Technologie des stations de compression d'air

Chapitre II: Technologie des stations de compression d'air**II.1. Introduction:****II.2. le schéma général de la station de production d'air comprimé****II.3. Description des composantes d'une station de production d'air comprimé:****II.4. Les composants de la station de compression d'air de SKT :****II.5. Conclusion:****II.1. Introduction:**

L'air comprimé est l'une des principales sources d'énergie industrielle. Il possède de nombreux avantages, offre une grande souplesse d'application et se transporte aisément. Une installation d'air comprimé comprend: un ou plusieurs compresseurs pourvus chacun d'un moteur

d'entraînement; des réservoirs de stockages; des filtres; des sécheurs; des purgeurs et des canalisations d'interconnexion.

Ce chapitre présente les différents types des composants d'une station de production d'air comprimé, ainsi les équipements constituant la station de la SKT.

II.2. Schéma général de la station de production d'air comprimé

La (figure II.1) présente le schéma général d'une ligne de production d'air comprimé au niveau de la centrale de production d'électricité.

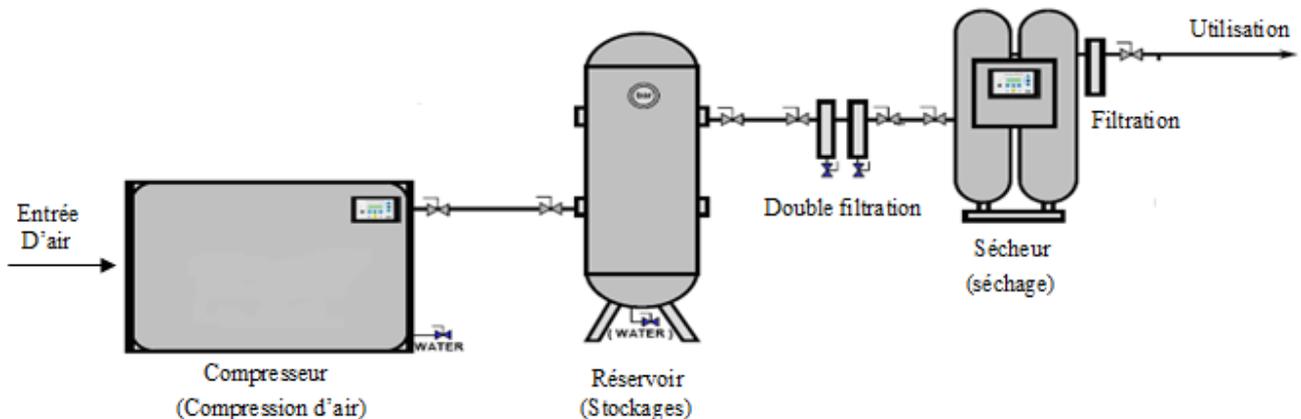


Figure II.1: Schéma général d'une installation d'air comprimé.

II.3. Description des composantes d'une station de production d'air comprimé:

II.3.1. Définition de l'air comprimé:

L'air comprimé est de l'air prélevé dans l'atmosphère porté par des moyens mécaniques de la pression atmosphérique à une pression supérieure à l'aide d'un système pneumatique. L'air comprimé est considéré comme le quatrième fluide utilisé dans l'industrie, après l'électricité, le gaz naturel et l'eau. Il constitue une source d'énergie relativement intéressante, utilisée dans de nombreux domaines.

II.3.2. But de la compression:

La compression en générale, peut être imposée par la nécessité technique de déplacer une certaine quantité de gaz d'un système à une certaine pression, vers un autre système à une autre pression plus élevée.

Cette opération a pour but de:

- Faire circuler un gaz dans un circuit fermé.
- Produire des conditions favorables (de pression) pour des réactions chimiques.
- Envoyer un gaz dans un pipe-line de la zone de production vers l'utilisateur.
- Obtenir de l'air comprimé pour la combustion.

II.3.3. Les Compresseurs:

Un compresseur est une machine qui a pour fonction d'élever la pression du fluide compressible par des moyens mécaniques qui le travers, son nom traduit le fait que le fluide comprimé (son volume diminue) au fur et à mesure de l'augmentation de pression.

En général il existe deux grandes familles de compresseur, les compresseurs volumétriques et les compresseurs dynamiques. Dans les premiers, l'élévation de pression est obtenue en réduisant un certain volume de gaz par action mécanique. Dans les seconds, on augmente la pression en convertissant de façon continue l'énergie cinétique communiquée au gaz en énergie de pression due à l'écoulement autour des aubages dans la roue. La classification des compresseurs est présentée par le diagramme ci-dessous:

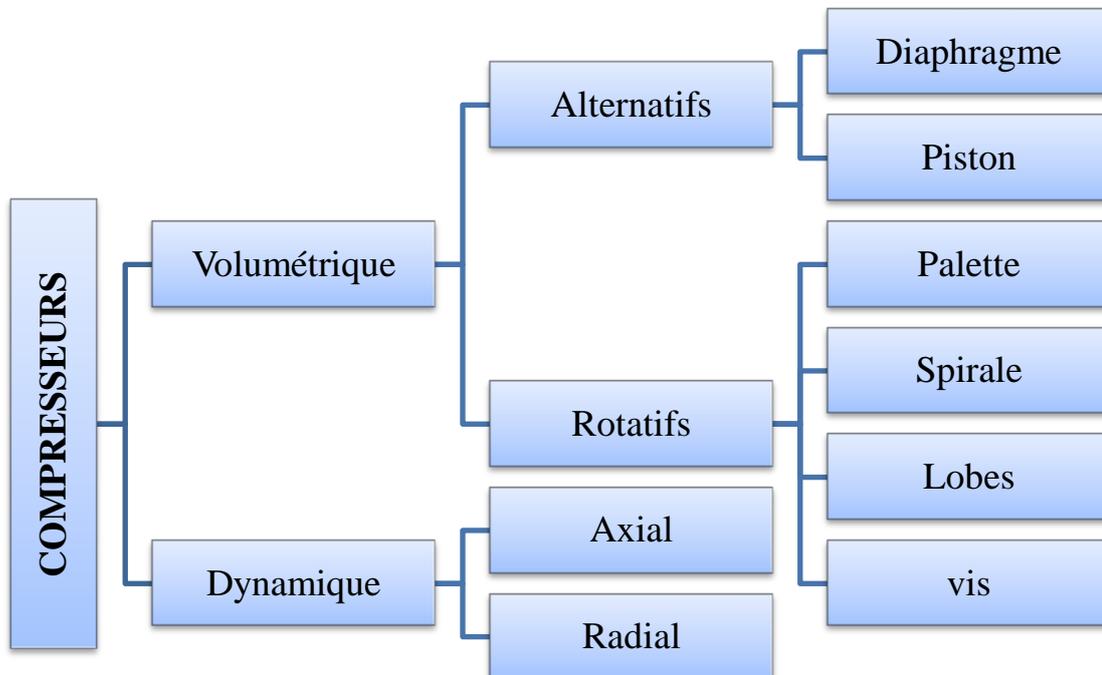


Figure II.2: Diagramme de classification de compresseur [2].

II.3.3.1. Compresseurs dynamiques:

Les compresseurs dynamiques sont généralement des machines de forte puissance soumises à des vitesses de rotation élevées dont le fonctionnement est absolument vital pour l'unité dans laquelle ils sont installés.

Ce sont des machines dont l'échange d'énergie a lieu entre un rotor muni d'aubages tournant autour d'un axe et un fluide en écoulement continu, ce écoulement peut être axial ou radial et pour cela il comprends deux types de compresseurs[15] :

- Compresseur axial.
- Compresseur radial.

II.3.3.1.1. Compresseur axial:

Les compresseurs axiaux (figure II.3) sont des turbomachines où l'air s'écoule sur le plan axial en passant alternativement au travers d'un certain nombre d'étage en rotation.

La compression est réalisée dans un certain nombre d'étages, placés en série. Chaque étage est constitué d'une couronne d'aubes rotoriques (le rotor) et d'une couronne d'aubes statoriques (le stator), les aubes rotoriques sont fixées sur le tambour, les aubes statoriques sont solidaires au carter.

Le travail fourni par la turbine sous forme d'énergie mécanique transmise à l'aube du compresseur est transformé en énergie cinétique du gaz à comprimer grâce à la rotation des aubes; celle-ci est à son tour transformée en énergie de pression dans le diffuseur[15].

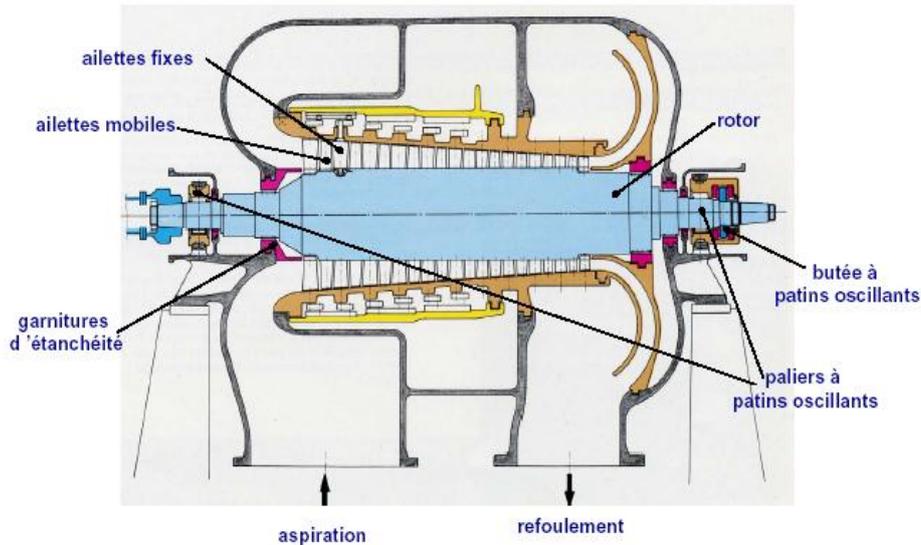


Figure II.3: Le compresseur axial.

II.3.3.1.2. Compresseur centrifuge (radial):

Les compresseurs radiaux (figure II.4) sont des turbomachines sur lesquelles l'air s'écoule principalement dans le sens radial. L'air aspiré est projeté sur la périphérie sous l'action des forces centrifuges. La montée en pression est obtenue en faisant passer l'air accéléré au travers d'un diffuseur (stator) avant qu'il atteigne la pale suivante. L'énergie cinétique (énergie produite par la vitesse) se transforme en pression statique [15].

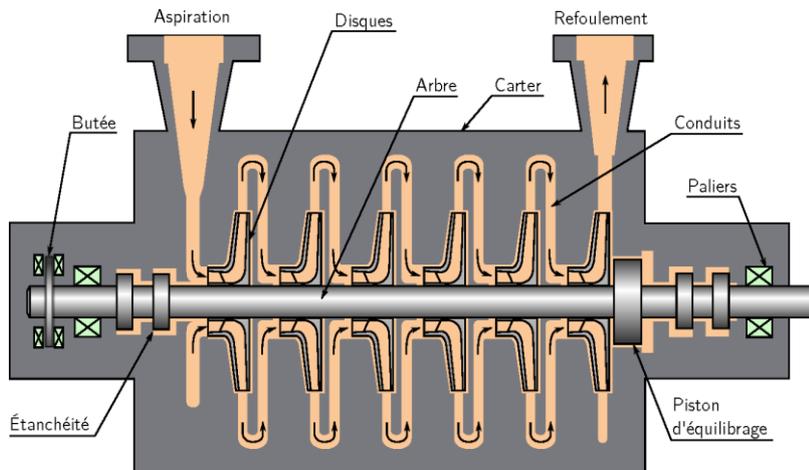


Figure II.4: Le compresseur centrifuge (radial) [14].

II.3.3.2. Compresseurs volumétriques:

Les compresseurs volumétriques ont pour principe général la variation de volume d'une cavité entre l'entrée et la sortie de la machine. Dans cette machine l'augmentation de la pression est obtenue en admettant des volumes successifs de gaz dans une chambre fermée et en refoulant à moyen d'un élément mobile.

Ces appareils, entraînés par le moteur, permettent l'obtention d'une pression dès le début de l'accélération du moteur, couple important à bas régime, mais la puissance absorbée à régime élevé est importante, par rapport à un débit d'air limité.

On distingue dans cette classe les compresseurs suivants [15]:

- les compresseurs alternatifs: Diaphragme, piston.
- les compresseurs rotatifs : Vis, lobe(Root), spirale, palette.

II.3.3.2.1. Compresseurs à piston:

Dans un compresseur à pistons (figure. II 5), le piston a un mouvement alternatif dans un cylindre. Ce mouvement étant créé par un système bielle manivelle. Pendant la course aller la détente et l'aspiration, le piston aspire le fluide à une certaine pression puis le comprime à la course retour le refoulement et la compression. Pour cela, le piston est muni d'une entrée et d'une sortie à clapet anti-retour. Le clapet d'admission ne peut laisser passer le fluide que vers la chambre du piston. À l'inverse, le clapet d'échappement ne peut laisser passer le fluide que vers le circuit extérieur. De plus, le clapet d'échappement a une certaine résistance de façon à ce qu'il ne s'ouvre que quand la pression à l'intérieur de la chambre du cylindre a une valeur suffisante. On peut voir de plus près ce fonctionnement dans les quatre étapes suivantes:

- **La première étape:**

Le piston est au point mort bas, Point le plus bas dans le cycle de compression. Pendant la descente du piston, le clapet d'aspiration s'ouvre lorsque la pression régnant dans la chambre de compression devient plus petite que la pression du circuit extérieur, du côté aspiration. Cela permet ainsi le remplissage de la chambre de compression (figure.II.5) :

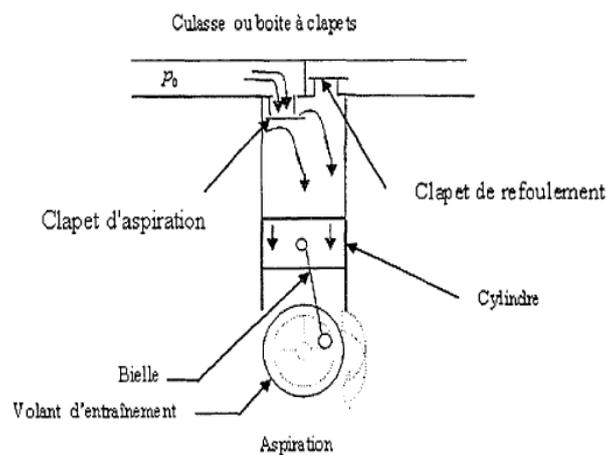


Figure II.5 : Fonctionnement d'un compresseur à piston durant la phase d'aspiration.

- **La deuxième étape:**

Dès que le piston a atteint son point mort bas, il repart en sens inverse et la compression va commencer, entraînant la fermeture du clapet d'aspiration. Pendant ce temps, le clapet de refoulement reste fermé, car la pression dans la chambre de compression est encore inférieure à celle qui règne dans le circuit extérieur de refoulement et en outre elle n'est pas suffisante pour vaincre l'inertie du clapet de refoulement (figure II 6).

- **La troisième étape:**

La pression dans la chambre de compression a non seulement atteint la pression dans le circuit extérieur de refoulement mais l'a dépassée légèrement de façon à vaincre l'inertie du clapet de refoulement rendant ainsi possible son ouverture. Le fluide comprimé va alors pouvoir s'échapper et cela jusqu'à ce que le piston atteigne son point mort haut.

- **La quatrième étape:**

Lorsque le piston recommence sa course descendante, le clapet de refoulement se ferme. Et dès que la pression régnant dans la chambre de compression devient inférieure à celle régnant dans le circuit extérieur d'aspiration, le clapet d'aspiration s'ouvre autorisant ainsi un nouveau cycle. Un compresseur peut avoir plusieurs cylindres et cependant être mono étagé, si chacun des cylindres aspire l'air et le refoule aux mêmes pressions.

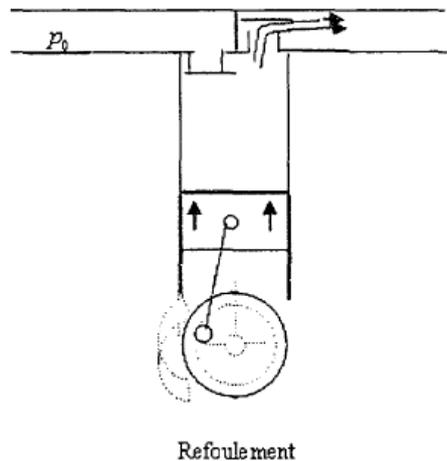


Figure II.6 : Fonctionnement d'un compresseur à piston durant la phase de refoulement.

II.3.3.2.2. Compresseurs à diaphragme (membrane):

Le compresseur à diaphragme (figure.II.7) se range dans la catégorie des compresseurs volumétriques. La compression est générée par une membrane élastique qui assure l'aspiration et la compression du gaz. Un système hydraulique permet d'assurer la flexion de la membrane : un piston se déplace dans le cylindre et agit sur le fluide hydraulique qui transmettra son mouvement oscillatoire à la membrane.

Le rôle du plateau à trous est d'assurer une bonne répartition du fluide sous la membrane. Celle-ci est souvent constituée de trois disques métalliques : ce système a l'avantage de permettre la détection de la rupture de la membrane par une mesure de pression.

La membrane assure une étanchéité statique côté gaz procédé. De ce fait, les compresseurs à membrane sont utilisés pour des gaz dangereux, nocifs et corrosifs. La membrane permet également de réaliser l'étanchéité vis à vis de la partie mécanique.

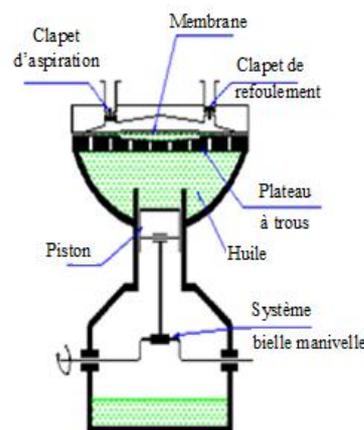


Figure II.7: Le compresseur à membrane.

II.3.3.2.3. Compresseurs multicellulaire (à palettes) :

Dans un cylindre et autour d'un axe excentré tourne un rotor tangent au cylindre et pourvu de palettes radial qui coulissent librement dans leur logement et sont constamment appliquées sur la paroi par la force centrifuge. Le volume compris entre deux palettes consécutives est variable. On distingue trois phases:

- **L'aspiration:** le volume de la cellule de compression, compris Entre deux palettes consécutives immédiatement après la génératrice de contact, se remplit de gaz et augmente progressivement Pendant la rotation, d'une valeur nulle jusqu'à un maximum.
- **La compression:** le volume de la cellule de compression compris entre les deux palettes décroît régulièrement et provoque la compression de gaz.
- **Le refoulement:** la cellule de compression se présente devant les lumières de refoulement ; le gaz comprimé s'échappe dans le collecteur de sortie. La figure ci-dessous présente le compresseur à palette.

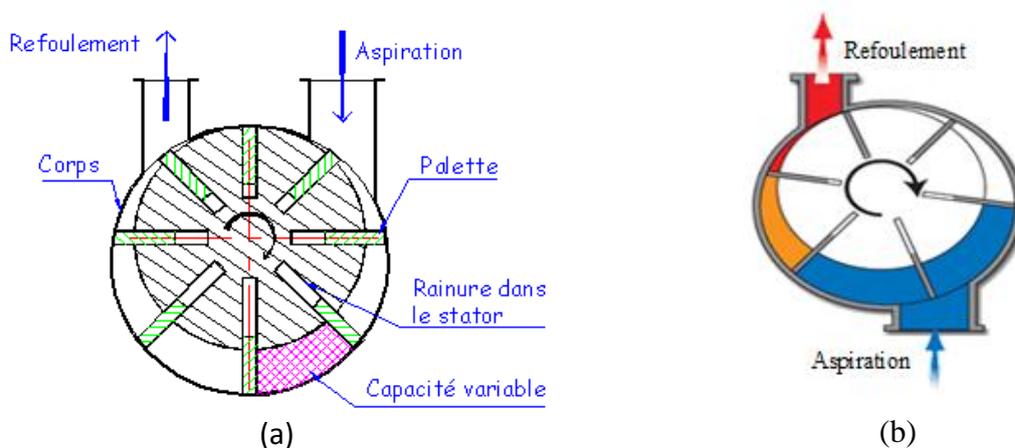


Figure II.8: Compresseur à palettes. [11].

II.3.3.2.4. Compresseur à lobes type roots:

Le compresseur à Laube (figure II.9) le plus largement connu est le compresseur Roots. Il est composé de deux lobes à deux dents à profils conjugué tournant dans un carter dont la section est formée par deux portions de cercle. Les deux lobes sont entraînés en rotation par un engrenage placé à l'extérieur de la chambre du compresseur qui assure en même temps la synchronisation.

Le graissage des pignons est réalisé soit par un niveau d'huile. Soit par une circulation à partir du graissage moteur. L'entraînement de la synchronisation des lobes par un engrenage permettent de supprimer tout contact entre les lobes et entre ceux-ci et le carter, et donc toute lubrification interne.

L'air à comprimer est introduit dans le carter du compresseur par le côté aspiration. Il est emprisonné dans la chambre située entre les pales et le carter. Le gaz pénètre dans les conduites de pression et remplit la chambre de pression, lorsque la pale poursuit sa rotation, le volume de la chambre de transport est exposé à une contre-pression et éjecté. La compression n'est pas constante. Le compresseur doit donc toujours lutter contre l'entière pression dynamique.

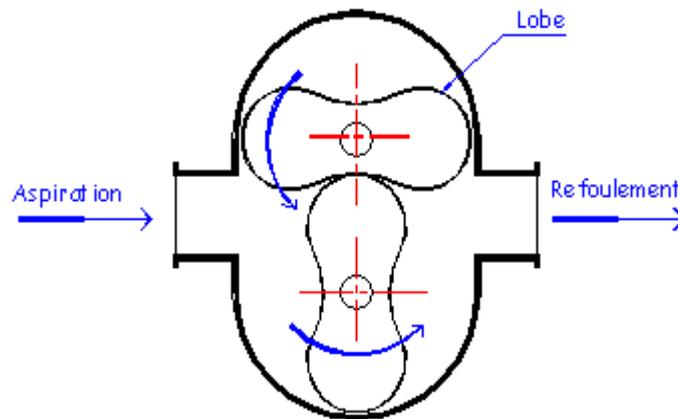


Figure II.9: le compresseur à lobes.

II.3.3.2.4. Compresseur spirale:

Ce nouveau type de compresseur est composé d'un carter fixe dans lequel est usiné une ou plusieurs spirales et d'un rotor lui-même en forme de spirale et animé d'un mouvement d'oscillation par rapport au carter. Le déplacement du point de contact de la spirale mobile sur la spirale fixe assure le transfert de l'air de l'aspiration, à l'extérieur, vers le refoulement à l'intérieur. Le rapport de compression interne dépend de la forme de la spirale (figure II.10).



Figure II.10 : Compresseur spirale [12].

Les formes conjuguées des deux spirales et le contrôle du mouvement oscillant du rotor permettent à la fois de réduire les frottements (il y a roulement des deux surfaces l'une sur l'autre) et de limiter les fuites internes (variation très lente du jeu de part et d'autre du joint de contact). Le compresseur à spirale présente des performances intermédiaires entre le compresseur à lobes et le compresseur à palettes. La figure ci-dessous présente le compresseur spiral

II.3.3.2.5. Compresseur à vis:

Le compresseur à vis est une machine volumétrique à taux de compression. On distingue deux types de ce dernier: mono vis et double vis dont ses étages de compressions sont lubrifiés ou non lubrifiés.

II.3.3.2.5.1. Compresseur mono vis:

L'aspiration se fait par la partie inférieure, le gaz occupe alors les volumes compris entre les filets. Ceux-ci sont ensuite balayés par les dents des pignons pendant la rotation de la vis. Le

volume du gaz diminue et la pression augmente jusqu'au moment où la rotation de la vis dévoile l'orifice de refoulement.

II.3.3.2.5.2. Compresseur double vis:

Les compresseurs à double vis (figure II.11) (ou hélico-compresseur) comportent deux rotor à plusieurs filets à profils conjugués, un profil mal et un autre femelle tournant dans un carter fixe. La compression s'effectue en trois phases:

- Phase d'aspiration: L'air entre par l'orifice d'aspiration dans les spires des rotors ouvertes du côté de l'aspiration.
- Phase de compression: la rotation progressive des rotors provoque la fermeture de l'orifice d'admission d'air, le volume est réduit et la pression monte. L'huile est injectée lors de ce processus.
- Phase d'évacuation: la compression est terminée, la pression finale est atteinte, le refoulement commence.

Les étapes de compression de ses machines peuvent être lubrifiées ou non lubrifiées:

II.3.3.2.5.2.1. Compresseur à double vis non lubrifié:

Les compresseurs à vis non lubrifiées ont des rotors male et femelle qui tournent en sens inverse et sont synchronisés par des pignons montés en dehors de l'espace de compression. Comme les rotors ne se touchent pas et ne touchent pas le carter aucune lubrification n'est pas nécessaire dans la chambre de compression; l'air refoulé est dès lors totalement exempt d'huile.

II.3.3.2.5.2.2. Compresseur à deux vis lubrifiées:

A l'inverse du premier le liquide lubrifiant l'huile va entrer avec le gaz séparé dans une chambre de séparation. L'huile injectée à trois fonctions:

- La lubrification: pour lubrifier les pièces d'usure dans la chambre de compression, c'est-à-dire lubrifier les roulements de rotor et les engrenages de synchronisation et d'entraînement.
- Produire d'étanchéité: l'étanchéité est réalisée grâce à une lubrification entre les surfaces en contact, pour cela on injecte de l'huile dans la cellule de compression.
- Le refroidissement: pour désurchauffer le gaz pendant la compression et ainsi pour se rapprocher de l'évolution isotherme de façon artificielle.



Figure II.11 : le compresseur à double vis [10].

II.3.4. Critère de choix du compresseur:

Lorsque l'on installe une station de compression, la première décision à prendre consiste à choisir le type de compresseur. Les compresseurs à vis ou à pistons représentent le bon choix dans la majorité des domaines d'applications.

II.3.4.1. Compresseurs à vis:

Les compresseurs à vis sont particulièrement conseillés dans certains domaines d'applications, tels que:

- Longue durée de fonctionnement: Les compresseurs à vis sont particulièrement indiqués lorsque l'on est en présence d'une consommation d'air continue
- Débits élevés: Le compresseur à vis est la variante la plus économique lorsque des débits importants sont demandés.
- Débit exempt de pulsations: La compression régulière des compresseurs à vis permet de les utiliser pour alimenter des consommateurs sensibles.
- Les compresseurs à vis fonctionnent économiquement à des pressions de compression finale de 5 à 14bar.
- Les étages de pressions maximales pour les compresseurs à vis sont généralement de 8, 10 et 13bar

II.3.4.2. Compresseurs à pistons:

Les compresseurs à pistons ont également leurs domaines d'applications spéciaux. Ils complètent parfaitement ceux des compresseurs à vis. Ces domaines se résument dans les points suivants:

- Besoins intermittents: Les compresseurs à pistons sont appropriés pour une consommation d'air comprimé fluctuante et présentant des pics de charge. Ils peuvent être utilisés en tant qu'équipement de charge de pointe dans un système de compresseurs. Les compresseurs à pistons représentent le bon choix lorsque les charges varient fréquemment.
- Faibles débits: Les compresseurs à pistons fonctionnent plus économiquement que les compresseurs à vis lorsque de faibles débits sont nécessités.
- Les compresseurs à pistons peuvent compresser à des pressions finales élevées. Les étages de pressions maximales des compresseurs à pistons sont généralement de 8, 10, 15, 30 et 35bar.

II.3.5. Les sècheurs:

II.3.5.1. Définition d'un sécheur:

Un sécheur d'air (ou sécheur d'air comprimé) est un équipement technique qui est utilisé pour réduire le taux d'humidité relative de l'air comprimé et éviter les problèmes liés à l'eau condensée ou à la corrosion dans un réseau d'air comprimé. Les sècheurs d'air ambiant sont généralement appelés déshumidificateurs.

II.3.5.2. Pourquoi traité de l'air comprime?

L'air comprimé est utilisé dans un large éventail d'applications industrielles. Quelle que soit son utilisation, il doit être propre et déshydraté. En effet, parce qu'il est chargé en contaminants solides, liquide, ou gazeux, l'air comprimé non traité risque d'endommager fortement le réseau pneumatique. L'humidité risque d'entraîner la corrosion des tuyauteries, une défaillance prématurée des équipements pneumatiques ou la détérioration des produits. L'utilisation d'un sécheur d'air est donc indispensable pour protéger les équipements.

Les impuretés présentes dans l'atmosphère sont généralement invisibles à l'œil nu, par contre dans la réalité 1m³ d'air atmosphérique renferme une multitude d'impuretés, comme par

exemple [02]:

- jusqu'à 180 millions de particules d'impuretés dont la taille varie de 0,01 à 100µm
- 5 à 40g/m³ d'eau sous forme d'humidité.
- 0,01 à 0,03mg/m³ d'huile sous forme d'aérosols minéraux et d'huile sous forme d'hydrocarbures imbrûlés.
- traces de métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, le mercure, le fer.
- De l'huile de lubrification et des particules d'usure provenant du compresseur pénètrent en outre dans l'air comprimé.

II.3.5.3. Les avantages de l'air comprimé traité:

L'avantage de l'air comprimé est qu'il permet l'alimentation d'appareillages au fonctionnement simple, donc particulièrement robustes et ne nécessitant que peu d'entretien. Par ailleurs, l'air comprimé ne présente guère de danger c'est pour cela qu'on l'utilise fréquemment, l'utilisation de l'air comprimé permet [02]:

- Prolongement de la durée de vie des outillages raccordés
- Qualité améliorée et constante des produits
- Conduites d'air comprimé exemptes de condensat et de rouille
- Dérangements moins fréquents conduites exemptes de collecteurs de condensat
- Frais de maintenance moindres
- Baisse des pertes de pression dues aux fuites et aux pertes de charge
- Baisse de la consommation d'énergie grâce aux pertes de pression moins importantes

II.3.5.4. Conséquence d'un mauvais traitement d'air comprimé:

Les impuretés et l'eau contenues dans l'air atmosphérique qui restent dans l'air comprimé peuvent avoir des conséquences néfastes. Ceci concerne aussi bien le réseau de conduites que les outillages. Les produits peuvent également souffrir de la mauvaise qualité de l'air. Dans de nombreux domaines d'applications, l'emploi d'air comprimé mal traité peut s'avérer dangereux, tels que [02]:

- Les particules solides comme la poussière et autres particules provoquent de l'usure comme elle peut se renforcer lorsque les particules forment une pâte abrasive en combinaison avec l'huile ou la graisse.
- Huiles usagées, les huiles goudroneuses contenues dans les systèmes pneumatiques, peuvent provoquer une réduction des diamètres et obstruer les conduites, ce qui provoque la formation des bouchons et une perte de charge plus élevée.
- L'eau contenue dans l'air comprimé provoque la formation de la corrosion et la rouille ceci provoque l'endommagement des appareils noble et même la formation de glace dans les réseaux d'air a basse température. .

II.3.6. Méthodes de séchages:

Afin d'éliminer l'humidité contenue dans l'air et dans le but d'avoir un air comprimé bien sec le diagramme ci-dessous présente les méthodes de séchage de l'air comprimé en fonction de leurs principes de fonctionnement. Une différence est toujours faite entre la condensation, la sorption et la diffusion [02]:

- **La condensation:** est la séparation de l'eau lors du passage en dessous du point de rosée.
- **La sorption:** est le séchage par extraction de l'humidité.
- **La diffusion:** est le séchage par transfert de molécules.

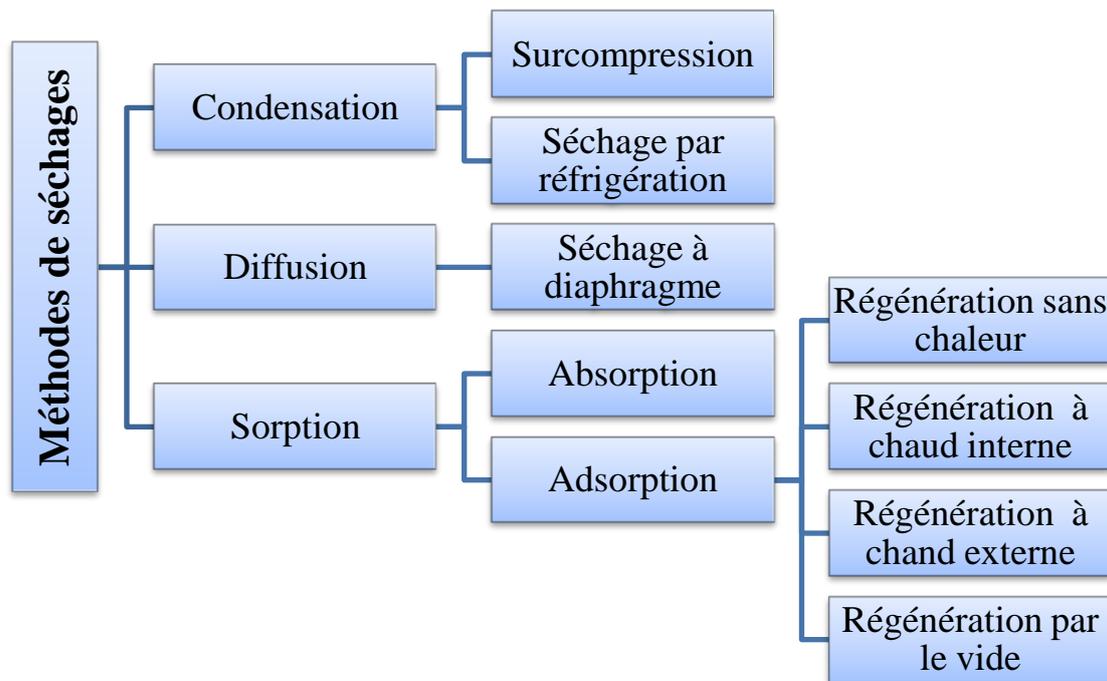


Figure II.12: diagramme de méthode de séchage [02]:

II.3.6.1. Condensation

II.3.6.1.1. Surcompression:

Le séchage par surpression s'effectue par l'augmentation de pression de l'air à celle de la pression de service suivi par une détente. La formation du condensat a lieu lors de cette surpression par contre, la détente cause la diminution de l'humidité absolue et le point de rosé sous pression.

II.3.6.1.2. Séchage par réfrigération:

Le séchage par réfrigération s'effectue par le refroidissement de l'air à l'aide d'un échangeur de chaleur au moyen d'un réfrigérant. Cette opération se déroule en deux temps :

- Le premier temps consiste au refroidissement d'un nouveau flux d'air par l'air comprimé déjà refroidi au moyen d'un échangeur de chaleur, ce qui bénéficie la formation de 70% de l'humidité contenu dans l'air.
- Le deuxième temps est : le refroidissement d'air comprimé à une température qui rapproche le point de congélation par un échangeur de chaleur réfrigérant/air

II.3.6.2. Diffusion:

II.3.6.2.1. Séchage à diaphragme:

Le sécheur à diaphragme (figure II.13) se compose de plusieurs milliers de fibres creuses, constituées d'un matériau en plastique solide résistant à la température et à la pression. Leur surface interne est recouverte d'une deuxième couche plastique ultra fine (inférieure à une longueur d'onde lumineuse). Les fibres creu (membranes) sont disposées dans un tube, l'extrémité du canal intérieur des fibres est ouverte.

L'air comprimé humide passe à l'intérieur des fibres creuses (courant interne), ce passage permet le séchage d'air par extraction d'humidité vers l'extérieur des fibres. On procède un soutirage d'une quantité d'air sec détendu à la sorti du sécheur (air de rinçage), cette air devient très sec qui permet à enrobé les fibres creuses (courant externe) afin d'éliminer les gouttelettes d'eau.

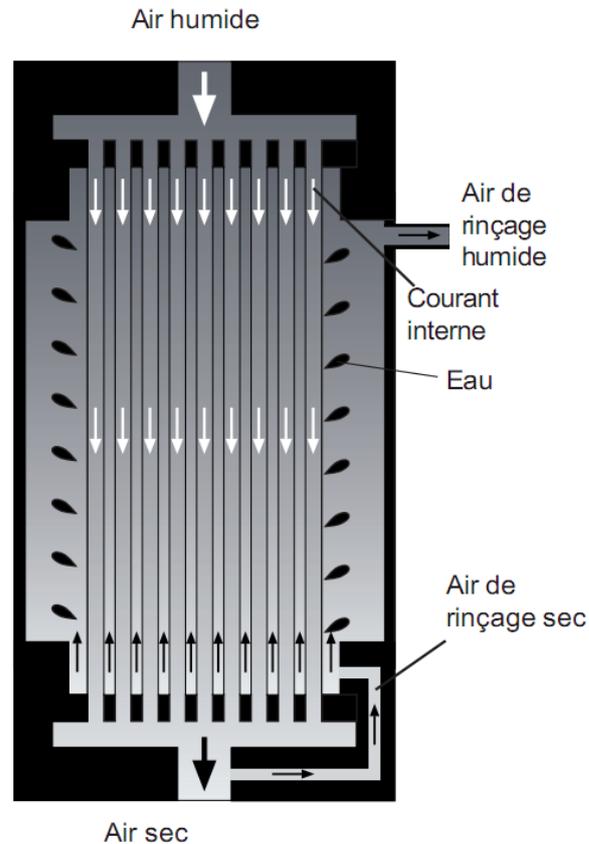


Figure II.13: schéma de principe d'un sécheur à diaphragme [02]:.

II.3.6.3. Sorption:

II.3.6.3.1. Absorption:

L'opération de séchage de l'air humide par absorption s'effectue par une réaction chimique à l'aide d'un agent hygroscopique solide, soluble ou liquide. Le passage de l'air par le déshydratant permet à ce dernier d'absorbé l'humidité contenue dans l'air. La vapeur d'eau se dépose sur la surface interne du déshydratant.

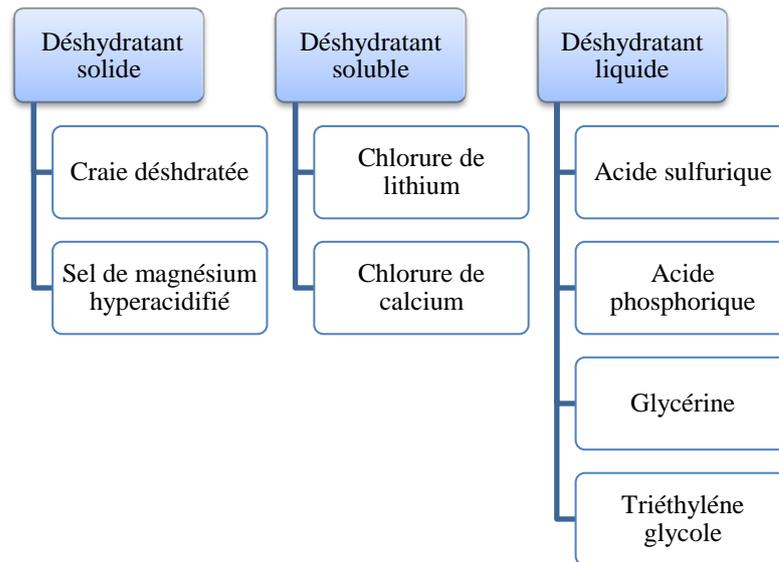


Figure II.14: Classification des déshydratants [02]:

II.3.6.3.2. Adsorption:

Le principe du séchage par adsorption est basé sur l'adsorption de l'humidité par un déshydratant tels que: l'oxyde d'aluminium, le gel de silicate, le charbon actif. Ce processus du séchage exige deux cuve A et B fonctionnant en alternance pour le séchage et la régénération.

II.3.6.3.2.1. Régénération sans chaleur:

Ce processus de régénération sans chaleur (figure II.15) fonctionne sans apport de chaleur supplémentaire. Après le séchage dans la cuve A, le produit d'adsorption doit être régénéré, et pour cela il faut sécher de l'air dans la cuve B. Une quantité d'air sec de la cuve B et détendu et dirigé vers la cuve A ce qui permet la récupération de l'humidité adsorbé par le déshydratant et inversement pour la cuve B. Le temps de séchage et de régénération ne dépasse pas les cinq minutes

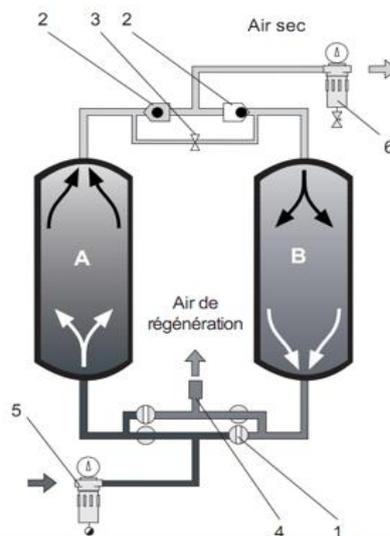


Figure II.15 : schéma fonctionnel d'un sécheur à adsorption à régénération sans chaleur [02]:

- 1: Soupapes de régulation et de distribution
- 2: Soupape anti-retour
- 3: Cache perforé
- 4: Soupape d'échappement
- 5: Préfiltre
- 6: Filtre auxiliaire

II.3.6.3.2.2. Régénération à chaud interne :

La régénération à chaud interne consiste à apporter une source de chaleur de l'extérieur depuis un chauffage dans les deux cuve A et B. Cette chaleur permet l'évaporation de l'humidité de l'adsorbant, cette opération se déroule en deux temps :

- Le premier temps : quand la cuve de séchage B est chauffé jusqu'à une température de régénération, automatiquement l'humidité se détache de l'adsorbant. Cette humidité est séchée grâce à l'air sec venant de la cuve A via une conduite de dérivation qui sera évacuée par une soupape d'échappement.
- Le deuxième temps : après un refroidissement jusqu'à la température de séchage par l'air venant de la première conduite de dérivation, 5% du débit d'air sec traversent la cuve B via une deuxième conduit de dérivation, à ce moment le chauffage n'est plus opérationnel. Dans cette méthode de séchage qui dure 6 à 8 heures l'humidité se dépose sur les parois internes et externe de l'adsorbant. La figure ci-dessous présente le processus de ce type de séchage.

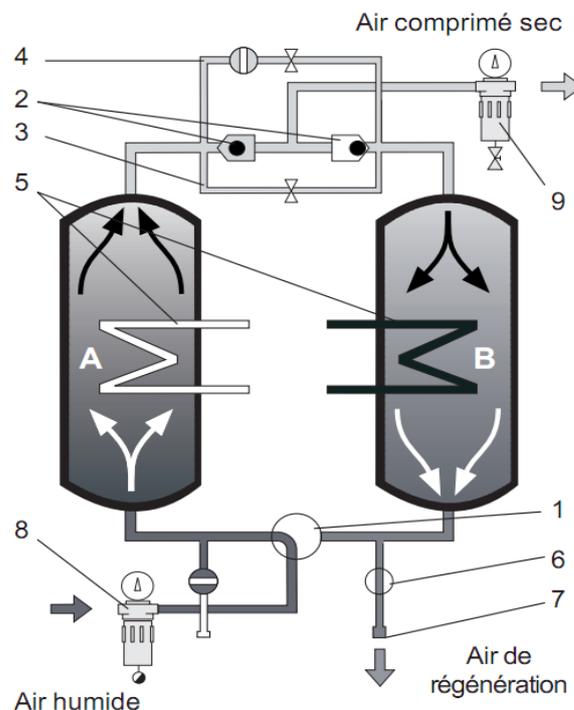


Figure II.16: schéma fonctionnel d'un sécheur par adsorption à régénérations à chaud interne [02]:

- | | |
|--|--|
| 1 : Soupape de régulation et de distribution | 2 : Soupape anti-retour |
| 3 : Dérivation avec cache perforé 1er temps | 4 : Dérivation avec cache perforé 2ème temps |
| 5 : Chauffage | 6 : Soupape d'arrêt |
| 7 : Soupape d'échappement | 8 : Préfiltre |
| 9 : Filtre auxiliaire | |

II.3.6.3.2.3. Régénération à chaleur externe:

Le séchage à chaleur externe (figure II.17) se déroule en trois étapes :

- La première étape : après le chauffage de la cuve B grâce au courant d'air chauffé par le registre du tirage du ventilateur, ce courant d'air adsorbe la vapeur d'eau qui sera évacué par la soupape d'échappement.
- La deuxième étape : dans cette étape le registre de tirage est désactivé et l'air ambiant

froid est amené ce qui provoque le refroidissement du réservoir.

- La troisième étape : après le refroidissement, un soutirage d'air sec venant de la cuve A via une conduite de dérivation pénètre dans le réservoir B afin que l'air ambiant ne provoque pas d'humidité dans le sécheur et inversement pour le réservoir A.

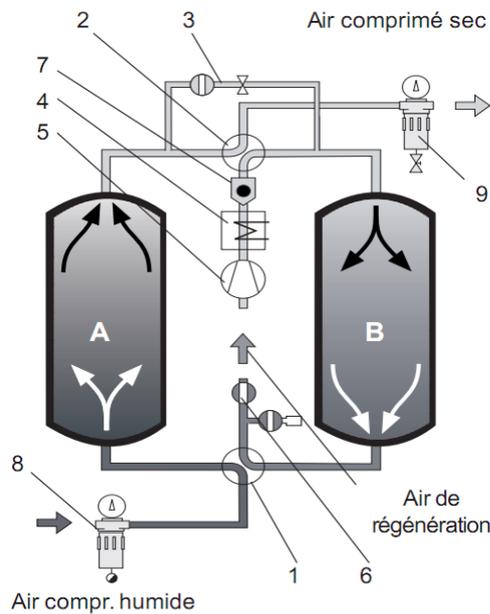


Figure II.17: schéma fonctionnel d'un sécheur par adsorption à régénérations à chaleur externe [02]:

- | | |
|--|--|
| 1 : Soupape de régulation et distribution inf. | 2 : Soupape de régulation et distribution sup. |
| 3 : Dérivation avec cache perforé, 3è temps | 3 : Registre de tirage |
| 4 : Ventilateur | 5 : Soupape d'arrêt |
| 6 : Soupape antiretour | 7 : Préfiltre |
| 8 : Filtre auxiliaire | |

II.3.6.3.2.4. Régénération par le vide:

Dans cette méthode l'air ambiant est aspiré par surpression dans le réservoir de séchage, ce courant d'air est chauffé extérieurement. La régénération par le vide se déroule en deux temps:

- Le premier temps : Une pompe à vide aspire l'air ambiant. Ce courant d'air est chauffé dans un registre de tirage et aspiré dans le réservoir de séchage. Lorsque la température de régénération est atteinte, l'eau se détache de l'adsorbant. Le courant d'air de régénération absorbe la vapeur d'eau et l'évacue à l'air libre via une soupape d'échappement.
- Le deuxième temps : c'est l'étape de refroidissement ou le registre de tirage est désactivé et la température de service diminue jusqu'à la température du séchage et l'air froid est aspiré dans le réservoir de séchage. La figure suivant illustre ce processus de séchage.

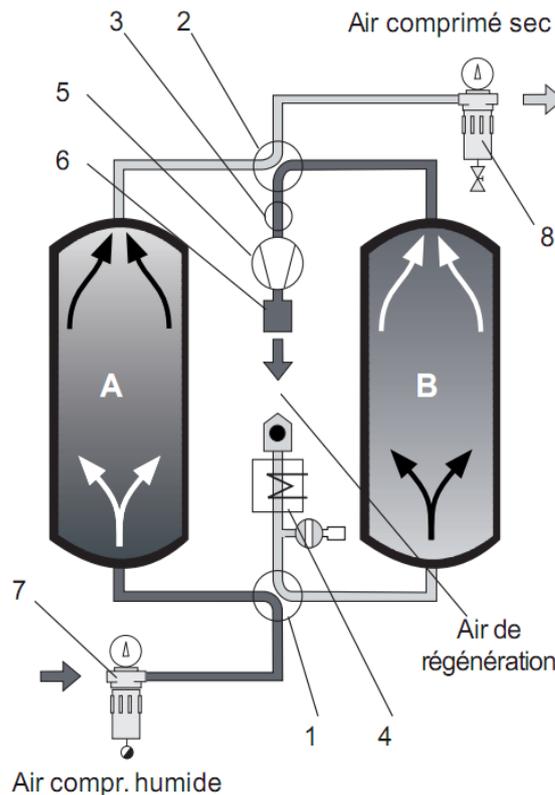


Figure II.18 : schéma fonctionnel d'un sécheur par adsorption à régénération par le vide[02]:.

- | | |
|--|--|
| 1 : Soupape de régulation et distribution inf. | 2 : Soupape de régulation et distribution sup. |
| 3 : Soupape d'arrêt | 4 : Registre de tirage |
| 5 : Ventilateur | 6=Silencieux |
| 7=Préfiltre | 8=Filtre auxiliaire |

II.3.7. Les Filtres:

Un filtre à air est un système servant à retirer les particules indésirables d'un flux d'air. En général ces éléments peuvent être de la poussière, des insectes ou des particules des particules de sable, mais dans certains cas cela peut être aussi des huiles qui pourraient endommager gravement le circuit pneumatique.

II.3.7.1. Séparateur centrifuge:

Le séparateur centrifuge fonctionne selon le principe de l'inertie de masse. Il se compose d'une cartouche tourbillonnaire et d'un réservoir de récupération. La cartouche est conçue de manière à ce que l'air comprimé soit soumis à un mouvement giratoire. Les éléments solides et liquides contenus dans l'air sont projetés sur les parois intérieures du réservoir, sous l'effet de leur propre masse. Les particules d'impureté lourdes et les gouttelettes d'eau sont ainsi éliminées. Les impuretés séparées s'écoulent le long d'une surface de rebondissement et parviennent dans le collecteur. La surface de rebondissement permet également d'éviter que le courant d'air ne remporte le liquide séparé [02]:

Le condensat est retiré du collecteur automatiquement ou manuellement afin d'être éliminé ou traité.

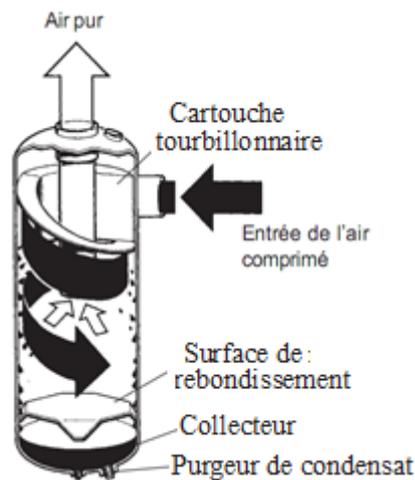


Figure II.19 : le processus de séparation centrifuge [02]:

II.3.7.2. Préfiltre:

Les préfiltres permettent de séparer les impuretés solides présentant une taille de $3\mu\text{m}$ environ, mais filtrent mal l'huile et l'humidité. Les préfiltres assistent les filtres hautes performances et les sècheurs lorsque l'air est très poussiéreux. Il est possible de renoncer à l'utilisation d'un filtre plus fin si la qualité de l'air comprimé exigée n'est pas très élevée.

Les préfiltres fonctionnent selon le principe de la filtration de surface. En fait, ce ne sont que des passoirs. La taille des pores correspond à celle des particules qui peuvent être filtrées. Les impuretés restent à l'extérieur des éléments du filtre. Les matériaux les plus couramment utilisés pour les éléments filtrants sont les suivants [02]:

- bronze fritté.
- polyéthylène à haute densité moléculaire.
- céramique frittée.
- bronze ou fil de cuivre (filtrage grossier).
- Inserts de papier en cellulose pliés.

L'air passe dans les éléments filtrants de l'extérieur vers l'intérieur. Un sens de courant inverse provoquerait une agglomération des particules séparées à l'intérieur des éléments filtrants. L'amoncellement des matières solides annihilerait l'efficacité du filtre.

II.3.7.3. Filtre microporeux:

Les filtres microporeux (figure II.20), également appelés filtres à coalescence ou hautes performances, sont des filtres à lit profond. Ils filtrent le condensat huileux contenu dans l'eau sous forme de gouttelettes fines et ultra fines de l'air comprimé.

Le filtre à lit profond est un filtre constitué d'une multitude de fibres extrêmement fines. Ces fibres forment un maillage aléatoire et, par conséquent, une structure poreuse. Les fibres sont parcourues par un système de canaux présentant la forme d'un labyrinthe. Les canaux sont en partie plus larges que la taille des particules à séparer. La séparation des particules intervient tout le long du chemin parcouru par l'air comprimé dans l'élément filtrant.

Les filtres microporeux sont équipés d'un élément filtrant plissé. La surface effective du filtre est ainsi accrue de près d'un tiers par rapport aux filtres enroulés. La chute de pression est de par ce fait largement réduite. Certains avantages en résultent :

- débit plus important.
- pertes d'énergie moindres.
- durée de vie plus longue.

L'air passe dans le filtre à lit profond de l'intérieur vers l'extérieur. La phase liquide d'huile et d'eau se dépose sur le feutre du filtre lors du passage de l'air. Le courant d'air transporte alors le condensat et les gouttes de plus en plus grosses vers l'extérieur du filtre. Une partie du condensat sort ainsi du filtre. Le condensat s'amoncelle dans le collecteur du filtre sous l'effet de la force centrifuge. La durée de vie des filtres augmente, car le condensat filtré ne surcharge plus l'élément dans ce sens de courant [02]:

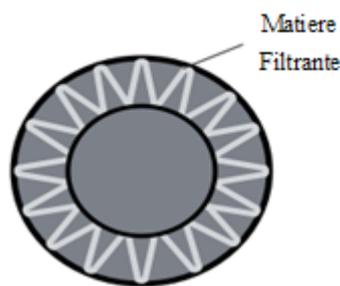


Figure II.20 : Filtre microporeux [02]:

II.3.7.4. Filtre à charbon actif:

L'air comprimé et préfiltré passe dans un filtre à charbon actif plissé. Cet élément filtrant ressemble à un filtre microporeux. L'air comprimé le traverse également de l'intérieur vers l'extérieur.

Le principe du traitement par filtration sur charbon actif est l'adsorption qui est un phénomène physique par lequel un solide attire les molécules sur sa surface. Les molécules polluantes viennent ainsi se fixer à la surface du charbon actif [08].

II.3.7.5. Adsorbent à charbon actif:

Le principe de fonctionnement de l'adsorbent à charbon actif est le passage de l'air comprimé et filtré via un diffuseur vers un lit de charbon actif pilé. Le diffuseur répartit l'air comprimé régulièrement au-dessus du lit de charbon actif. On obtient ainsi de longues périodes de contact et une utilisation optimale de l'adsorbant. Après être passé dans le lit d'adsorbant, l'air comprimé parvient dans un collecteur de sortie et quitte l'adsorbent à charbon actif [02].

II.3.7.6. Filtre stérile:

Le courant d'air préfiltré passe de l'extérieur vers l'intérieur à travers un élément filtrant composé de deux étages de filtrage. Les micro-organismes atteignant une taille de 1 μm sont retenus dans le préfiltre. Le deuxième étage se compose d'un feutre en microfibrilles de borosilicate tridimensionnel, neutre sur le plan chimique et biologique. Les organismes résiduels y sont filtrés. Les éléments filtrants sont fixés dans une cage en acier.

Les filtres peuvent être nettoyés et stérilisés 100 fois en les exposant à un jet de vapeur portée à une température de +200°C. La vapeur peut être appliquée des deux côtés du filtre. Il

est également possible de stériliser le filtre par différentes méthodes [02]:

- Eau chaude
- Air chaud
- Gaz (oxyde d'éthylène, formaldéhyde)
- H₂O₂

II.3.8. Evacuateur du condensat:

II.3.8.1. Condensat:

Le condensat se compose principalement d'eau, véhiculée par l'air aspiré par le compresseur et qui se forme lors de la compression. Le condensat contient également un grand nombre d'impuretés:

- Aérosols minéraux et hydrocarbures imbrûlés contenus dans l'air aspiré.
- Poussière et particules d'impuretés présentes dans l'air comprimé sous les formes les plus diverses.
- Huile utilisée pour le refroidissement et la lubrification du compresseur.
- Rouille, produits d'usure, restes de produits isolants et perles de soudure émaillant le réseau de conduites.

Le condensat est, de par sa haute teneur en produits nocifs, particulièrement dangereux pour l'environnement et doit donc être éliminé conformément aux règlements en vigueur. Les huiles minérales contenues dans le condensat sont difficilement biodégradables, leur influence a une action néfaste sur l'alimentation en oxygène et la putréfaction des boues dans les stations de traitement des eaux. L'efficacité du processus de traitement est réduite et favorise la croissance des risques sur le plan écologique et sanitaire.

II.3.8.2. Types d'évacuateur du condensat:

Les évacuateurs de condensat sont des appareils onéreux, car les réservoirs de récupération du condensat sont sous pression. Il faut donc que l'évacuation du condensat soit contrôlée si l'on tient à éviter toute perte de pression inutile.

Il faut en outre tenir compte du fait que la formation du condensat est irrégulière. Le volume de condensat change en fonction de la température et de l'humidité de l'air aspiré par le compresseur.

Lorsque l'on choisit un évacuateur de condensat, quel qu'il soit, il faut toujours tenir compte du condensat en présence et d'autres conditions marginales. Certains domaines d'applications exigent que les évacuateurs de condensat présentent des formes particulières[02]:

- condensat très agressif
- condensat sous forme de pâte
- réseau basse pression et sous-pression
- réseau haute pression et très haute pression

II.3.8.2.1. Soupape manuelle:

Le condensat est collecté dans un réservoir prévu à cet effet. Le personnel chargé de la maintenance et de l'exploitation doit vérifier régulièrement le niveau de remplissage du réservoir. Le condensat sera éventuellement vidangé par l'orifice situé au fond du réservoir [02].

II.3.8.2.2. Evacuateur à commande à flotteur:

Un flotteur se trouve dans le réservoir de condensat. Il commande une soupape d'échappement située au fond du réservoir. Lorsque le niveau du réservoir dépasse un repère défini, la soupape d'échappement s'ouvre. La surpression qui règne dans le système permet d'évacuer le condensat à l'extérieur. Dès que le niveau repasse en dessous du repère de niveau minima, la soupape se referme automatiquement avant que de l'air ne s'échappe. Le condensat est maintenant séparé de l'air comprimé et peut être introduit dans le système de traitement [02].

II.3.8.2.3. Evacuateur électrovanne à ouverture synchronisée:

Le condensat est collecté dans un réservoir prévu à cet effet. Une électrovanne équipée d'une minuterie ouvre à des intervalles définis et réguliers (1,5 à 30 min.) l'orifice de purge situé au fond du réservoir. Elle le referme au bout de 0,4 à 10 secondes d'ouverture. Le condensat est évacué sous l'effet de la pression du système. La soupape de purge est raccordée au système d'évacuation du condensat par une conduite [02]:

II.3.8.2.4. Evacuateur à mesure de niveau électronique:

Le condensat est collecté dans un réservoir prévu à cet effet. Dès que le détecteur de niveau capacitif Ni2 annonce que le niveau de remplissage maximum est atteint, une électrovanne ouvre une conduite pilote. La pression est relâchée sur le diaphragme de la soupape et la conduite d'évacuation est ouverte. La surpression qui règne dans le boîtier comprime le condensat dans la conduite d'évacuation pour l'expédier au système de traitement. Dès que le niveau atteint le détecteur de niveau Ni1, le système électronique ferme l'électrovanne. Le diaphragme de la soupape est fermé avant que l'air ne s'échappe [02].

II.3.8.2.5. Evacuateur à flotteur à niveau par mesure du niveau de remplissage:

Le condensat est récupéré dans le collecteur de l'évacuateur de condensat. Un flotteur repose sur le condensat et se déplace le long du guide qui équipe le collecteur. Sur ce guide, trois contacts saisissent le niveau de remplissage dans le collecteur de manière électronique. Dès que le flotteur atteint le contact 2, la commande électrique ouvre une électrovanne. La pression est relâchée sur le diaphragme de la soupape via une conduite. Pilote et la conduite d'évacuation est ouverte. La pression qui règne dans le système éjecte le condensat hors de l'évacuateur de condensat via une conduite verticale.

Le niveau de condensat dans le collecteur baisse et la commande ferme la sortie avant que de l'air comprimé ne s'échappe au bout d'une période prééglée t . Si le niveau de condensat n'atteint pas le contact 1 au bout de la période t , l'ouverture de purge est ouverte à intervalles réguliers, puis refermée à l'issue de périodes d'ouverture définies. Il est ainsi garanti que le réservoir de condensat est entièrement vidé. Lorsque le niveau de condensat atteint le contact 3, la commande déclenche l'alarme. Les intervalles de commutation et les périodes d'ouverture restent inchangés [02].

II.3.9. Les réservoirs de stockage:

Le réservoir d'air comprimé est destiné à son stockage. Généralement installé après le compresseur, il permet de stocker une quantité suffisante d'air à la pression de travail du compresseur. Cette capacité d'air évite un fonctionnement permanent du compresseur, assure une sécurité d'approvisionnement du réseau et une pression constante en cas de forte variation de la demande en air.

Le réservoir d'air sur pieds en acier galvanisé. Cette galvanisation intérieur / extérieur offre une excellente résistance à la corrosion garantissant à l'utilisateur longévité d'utilisation et sécurité.

Ce réservoir comporte plusieurs orifices disponibles pour brancher les tuyauteries d'arrivée et départ en position horizontale ou verticale. Le réservoir doit être obligatoirement équipé d'une soupape de sûreté. Afin de garantir un bon fonctionnement, il doit aussi être équipé d'une purge en point bas et d'un manomètre. Tous les accessoires nécessaires à l'équipement du réservoir d'air sont inclus dans un kit livrable avec le réservoir.

Le choix du réservoir s'effectue par la pression qui doit être supérieur à la pression du travail de compresseur au minimum d'un bar.

II.3.10. Matériaux utilisés pour réaliser les conduites:

Les conduites qui constituent un réseau sont généralement en acier, en métal non ferreux ou en plastique. Il faut qu'elles remplissent différents critères, qui limitent le choix des matériaux pour certaines applications telles que [02]:

- Protection contre la corrosion: la question de la résistance à la corrosion est de premier ordre si l'air comprimé n'est pas séché dans un dispositif de traitement. Il ne faut pas que les tuyaux rouillent avec le temps.
- Température de service maximale: certains matériaux manquent de résistance à hautes températures et deviennent poreux à basses températures.
- Pression de service maximale: la pression de service maximale baisse lorsque la contrainte thermique augmente.
- Faible chute de pression: une grande qualité de surface à l'intérieur du tuyau permet de limiter les pertes de pression.
- Montage économique: les frais de montage peuvent être réduits grâce à un grand nombre de pièces moulées, un montage rapide et simple et des matériaux bon marché.

II.3.10.1. Tuyaux filetés:

Les tuyaux filetés selon DIN (Deutsch institut for normalisation) 2440, DIN 2441 et DIN 2442 (modèles mi-lourds et lourds) en acier sont des matériaux courants dans les réseaux de conduites d'air comprimé. Ils sont particulièrement utilisés pour les conduites de distribution et de raccordement de petites et moyennes dimensions. Les tuyaux filetés sont toujours utilisés lorsque les exigences posées à l'air comprimé sont très élevées. Ils sont disponibles en métal noir et galvanisé [02].

- Dimensions: DN 6 - DN 150
- Pression de service admissible: max. 10 à 80 bars
- Température de service maximale: 120°C

II.3.10.2. Tuyaux en acier sans soudure:

Les tuyaux en acier doux sans soudure selon DIN 2448 sont principalement utilisés pour les conduites principales et de distribution présentant des diamètres moyens ou gros. Ils sont disponibles en noir et galvanisés.

- Dimensions: 10,2 à 558,8 mm
- Pression de service admissible: max. 12,5 à 25 bars
- Température de service maximale: 120°C

II.3.10.3. Tuyaux en acier inoxydable:

Les tuyaux en acier inoxydable selon DIN 2462 et DIN 2463 ne sont utilisés que dans les réseaux d'air comprimé qui doivent délivrer un air d'excellente qualité. Ils sont souvent employés dans les sections humides de réseaux conventionnels, entre le compresseur et le sécheur. Les caractéristiques de ce type de tuyaux sont :

- Dimensions: 6 à 273 mm
- Pression de service admissible: max. max. 80 bars ou sup.
- Température de service maximale: 120°C

II.3.10.4. Tuyaux en cuivre:

Les tuyaux en cuivre selon DIN 1786 et DIN 1754 sont utilisés pour les conduites de contrôle et de réglage de petites et moyennes dimensions. Les tuyaux sans soudure sont disponibles en modèles durs, semi-durs et tendres. Les caractéristiques de ce type de conduits sont :

- Dimensions tendres 6 à 22mm
- Semi-durs 6 à 54mm
- Durs 54 à 131mm
- Pression de service admissible: max. 16 à 140bar
- Température de service maximale: 100°C

II.3.10.5. Tuyaux en matière synthétique:

Plusieurs fabricants commercialisent des tuyaux en matières synthétiques constitués de différents matériaux pour les systèmes de tuyauteries. Il existe également des tuyaux en polyamide, qui supportent des pressions importantes, et des tuyaux en polyéthylène, prévus pour les sections de grandes dimensions. On dispose donc de tuyaux en plastique appropriés à presque tous les domaines d'applications et proposant les propriétés correspondantes. Il est par conséquent difficile de fournir des informations présentant un caractère général sur les dimensions, la pression et la température de service.

II.4. Les composants de la station de compression d'air de SKT:

II.4.1. Le compresseur ZT 110:

II.4.1.1. Description général:

Les ZT110 (figure II.21) sont des compresseurs de type à vis à injection d'huile, bi-étagés, refroidis par l'air et entraînés par un moteur électrique.



Figure II.21 : Le compresseur ZT110.

Le compresseur est installé dans un capotage insonorisant et comprend principalement les éléments suivants [03]:

- Filtre à air
- Élément compresseur basse pression
- Refroidisseur intermédiaire
- Élément compresseur haute pression
- Refroidisseur final
- Séparateurs d'eau
- Moteur électrique
- Accouplement d'entraînement
- Carter d'engrenages
- Système de contrôle Elektronikon®
- Soupapes de sécurité

II.4.1.2. Description du schéma d'écoulement d'air:

L'air aspiré via le filtre (AF) est comprimé dans l'élément compresseur basse pression (EI). L'air comprimé est refoulé dans le silencieux(AS), le pré-refroidisseur intermédiaire (Ci1), le refroidisseur intermédiaire (Ci) et le séparateur d'eau (MTi). L'air refroidi est ensuite comprimé dans l'élément compresseur haute pression (Eh) et refoulé via le silencieux (AS) et le refroidisseur final (Ca) passant par le pré refroidisseur final(Ca1). Un clapet anti-retour (CV) est monté en aval du silencieux. L'air refroidi passe par le séparateur d'eau final où les condensats sont séparés de l'air et évacué par l'évacuateur du condensat final(EWDa). L'air comprimé quitte le compresseur via la sortie d'air (AO) [03].

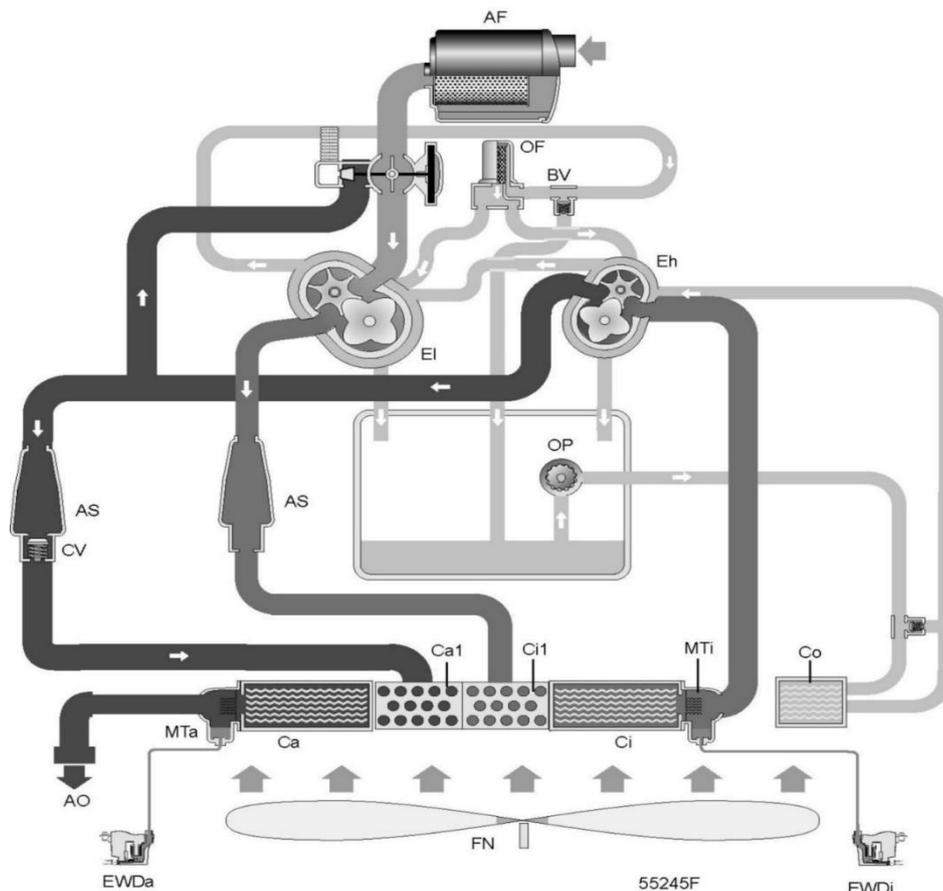


Figure II.22 : schéma d'écoulement d'air.

AF : Filtre à air

AO : Sortie d'air

AS : Silencieux

BV : Vanne de dérivation

Ca1 : Pré refroidisseur final

Ca : Refroidisseur final

Ci1 : Pré refroidisseur intermédiaire

Ci : Refroidisseur intermédiaire

Co : Refroidisseur d'huile

CV : Clapet anti-retour

Eh : Elément compresseur haute pression

EI : Elément compresseur basse pression

FN : Ventilateur

MTa : Séparateur d'eau final

MTi : Séparateur d'eau intermédiaire

OF : Filtre à huile

OP : Pompe à huile

EWDa : Evacuateur du condensat final

EWDi : Evacuateur du condensat intermédiaire

II.4.1.3. Système de refroidissement (compresseurs ZT):

Les compresseurs sont équipés d'un refroidisseur d'huile (Co), de refroidisseurs intermédiaires (Ci1 et Ci) et de refroidisseurs finals (Ca1 et Ca). Ils sont refroidis par air ; l'air de refroidissement est produit par le ventilateur (FN) [03]:.

II.4.1.4. Description du circuit d'huile:

La pompe à huile (OP) véhicule l'huile à partir du carter d'engrenages et à travers le refroidisseur (Co). Sur les compresseurs ZT, l'huile passe par les enveloppes de refroidissement des éléments compresseurs (EI et Eh). L'huile passe ensuite par les filtres à huile (OF), vers les roulements et les engrenages de synchronisation. La vanne (BV) s'ouvre en cas de montée de la pression d'huile au-dessus d'une certaine valeur [03].

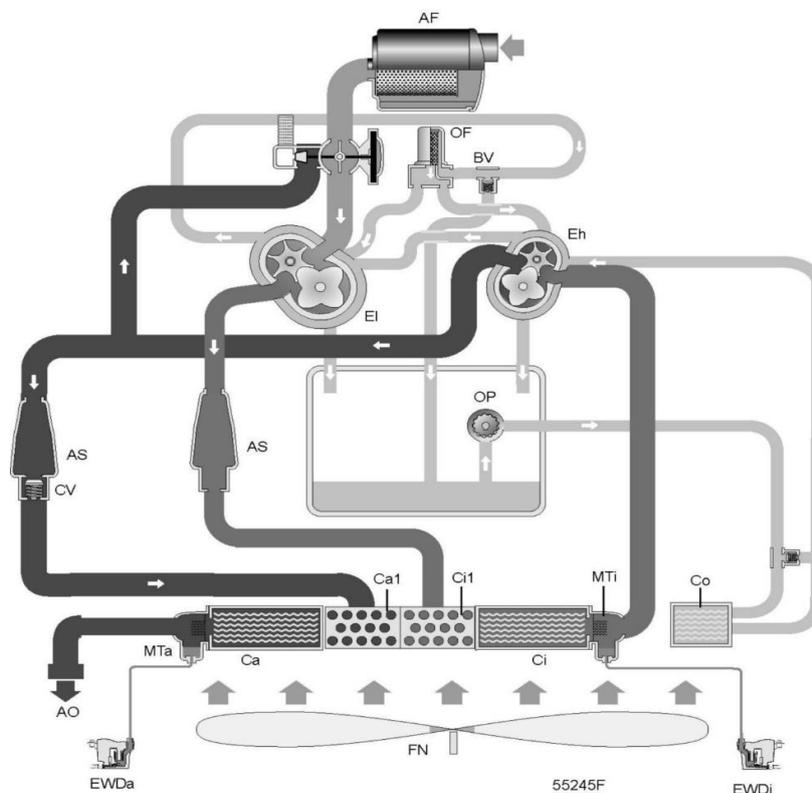


Figure II.23: Le circuit d'huile.

AF : Filtre à air	CV : Clapet anti-retour
AO : Sortie d'air	Eh : Elément compresseur haute pression
AS : Silencieux	El : Elément compresseur basse pression
BV : Vanne de dérivation	FN : Ventilateur
Ca1 : Pré refroidisseur final	MTa : Séparateur d'eau final
Ca : Refroidisseur final	MTi : Séparateur d'eau intermédiaire
Ci1 : Pré refroidisseur intermédiaire	OF : Filtre à huile
Ci : Refroidisseur intermédiaire	OP : Pompe à huile
Co : Refroidisseur d'huile	

II.4.1.5. Système de régulation:

Le régulateur maintient la pression du réseau entre les limites programmables en chargeant et déchargeant automatiquement le compresseur en fonction de la consommation d'air [03]:

II.4.1.5.1. Pendant la décharge:

Si la consommation d'air est inférieure au débit d'air du compresseur, la pression du réseau augmente. Quand la pression du réseau atteint la limite supérieure de la pression de service (pression de décharge), l'électrovalve (Y1) est désactivée. Le plongeur de l'électrovalve (Y1) se déplace par la détente d'un ressort et arrête l'apport d'air de contrôle vers le déchargeur (UA). Le refoulement d'air est arrêté (0%) ; le compresseur marche en décharge. La description de la décharge s'explique dans les phases suivantes [03]:

- La première phase : la pression de contrôle libérée de la chambre(1) du déchargeur (UA), est conduit vers l'entrée de l'élément compresseur (EI) via l'électrovalve (Y1) et la chambre (3).
- La deuxième phase : La différence de pression entre les chambres (1 et 3) étant éliminée, le plongeur (2) retourne par la détente d'un ressort et maintient la valve « tout/rien » (TV) en position fermée et la soupape de décharge (UV) en position ouverte.
- La troisième phase : L'air comprimé compris entre le clapet anti-retour (CV) et la soupape (UV) est déchargé via le silencieux (US). Le clapet anti-retour (CV) se ferme.
- La quatrième phase : Le vide règne dans le refroidisseur intermédiaire (Ci) entraînant le déplacement du diaphragme (4) vers la gauche.

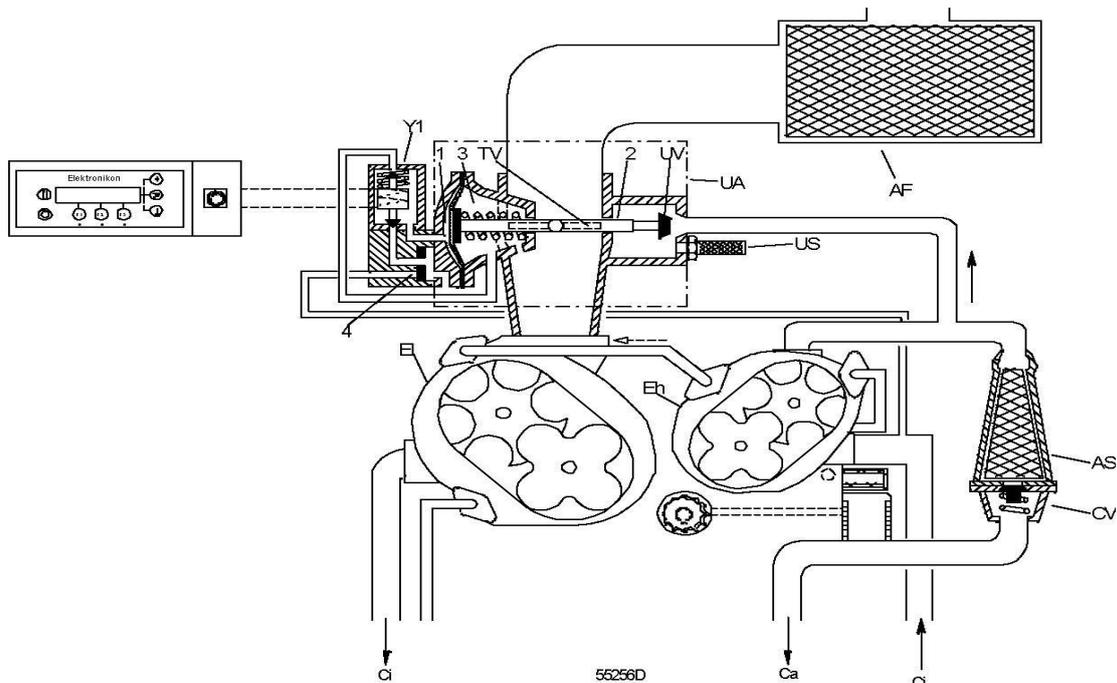


Figure II.24 : Schéma fonctionnel du compresseur pendant la décharge [03]:.

II.4.1.5.2. Pendant la charge:

Quand la pression du réseau descend jusqu'à la limite inférieure de la pression de service (pression de charge), l'électrovalve (Y1) est activée. Le plongeur de l'électrovalve (Y1) se déplace à l'encontre de la tension d'un ressort et ouvre l'orifice d'apport d'air de contrôle vers le déchargeur (UA). La description de la charge s'explique dans les phases suivantes :

- La première phase : Via l'électrovalve (Y1), la pression atmosphérique envahit la chambre (1) du déchargeur (UA). Cette pression étant plus élevée que celle en chambre (3), la valve « tout/rien » (TV) commence à s'ouvrir.
- La deuxième phase : La pression monte dans le refroidisseur intermédiaire entraînant le déplacement du diaphragme (4) vers la droite. La différence de pression entre les chambres (1 et 3) augmente, le plongeur (2) se déplace à l'encontre de la tension d'un ressort jusqu'à ce que la valve (TV) soit entièrement ouverte et la soupape de décharge (UV) fermée [03].

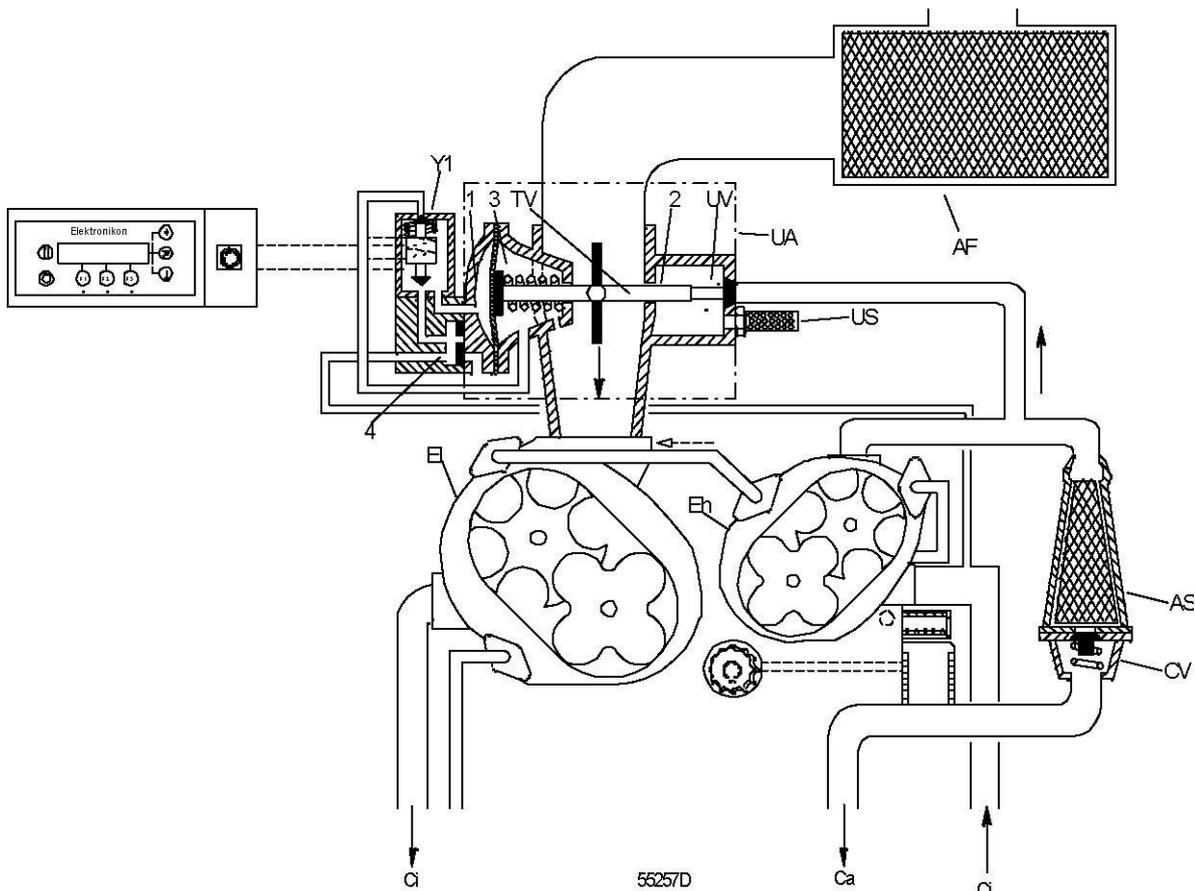


Figure II.25:Schéma fonctionnel du compresseur pendant la charge.

II.4.1.6. Démarrage:

La mise en marche du compresseur se déroule comme suit [03]:

1. Vérifier le raccordement des fils sélecteurs de tension au niveau du transformateur T1. Un autocollant explicatif est prévu.
2. Contrôler la conformité du raccordement électrique par rapport à la réglementation locale.
3. Mettre sous tension.
4. Contrôler la contenance de l'huile dans le carter d'engrenages.
5. Compresseurs conçus pour un fonctionnement à l'extérieur:
6. Vérifier que toutes les vannes de purge manuelles sont ouvertes.
 - Vérifier le bon réglage des thermostats.
 - Si la température ambiante a été inférieure à 5 °C/41 °F au cours des dernières 24 h, procéder à la mise sous tension au moins 24 heures avant le démarrage afin d'activer les réchauffeurs.
 - Maintenir toutes les portes du compresseur et du conteneur fermées pendant cette période (l'ouverture des portes n'est autorisée que pendant de brefs instants).
 - Vérifier que les grilles d'entrée et de sortie d'air ne sont pas recouvertes de neige ou de glace.
 - Vérifier que le collecteur de condensats de sortie est vide. Fermer toutes les vannes de purge manuelles juste avant le démarrage.
7. Démarrer et arrêter immédiatement le moteur.

8. Vérifier que le sens de rotation est correct (comme indiqué par la flèche) : à gauche en observant l'arbre d'entraînement du moteur (le carter d'accouplement peut également comporter une flèche). L'accouplement s'observe via une grille. Si le sens de rotation est incorrect, mettre hors tension et inverser deux connexions d'entrée électriques.
9. Laisser tourner le compresseur pendant quelques minutes.
10. Arrêter le compresseur et contrôler le niveau d'huile.

Sur les compresseurs ZT 110 à ZT 275, le niveau d'huile doit atteindre le centre du voyant de niveau d'huile après l'arrêt un arrêt prolongé peut entraîner une élévation du niveau d'huile. Si nécessaire, choisir le type d'huile approprié et rajouter de l'huile

II.4.1.7. Système de contrôle Elektronikon:

Le compresseur est contrôlé par un régulateur électronique qui [03]:

- contrôle le fonctionnement du compresseur.
- réduit la consommation énergétique.
- avertit l'opérateur d'une condition de fonctionnement anormale.
- protège le compresseur.
- surveille les composants sujets à l'entretien.
- Si la fonction du régulateur est activée, celui-ci peut redémarrer automatiquement le compresseur après coupure.

II.4.1.8. Equipement optionnel:

- **Protection de la température du moteur électrique:**

Des capteurs de température (PT1000) sont intégrés dans le moteur d'entraînement afin d'avertir l'opérateur d'une température dangereusement élevée et de mettre le compresseur à l'arrêt, pour éviter ainsi la surchauffe du moteur.

- **Protection contre la température élevée des roulements du moteur:**

Des capteurs de température (PT1000) sont intégrés dans le moteur d'entraînement afin d'avertir l'opérateur d'une température des roulements dangereusement élevée et de mettre le compresseur à l'arrêt, pour éviter ainsi la surchauffe des roulements du moteur.

II.4.2. Les Filtres:

Le rôle des filtres à cartouche coalescente est de séparer l'air produit par le compresseur de toutes les impuretés solides ou liquides qu'il contient. Cette séparation est effectuée grâce à un élément filtrant appelé cartouche coalescente. Il est particulièrement indiqué pour l'élimination des traces d'huile présente dans l'air comprimé. Pour garantir les caractéristiques du déshuilage, et le dépoussiérage le débit devra être inférieur à la limite définie par les courbes de débit maximum. Au-delà de cette valeur, une dégradation de la qualité d'air est possible en sortie du déshuileur [09].

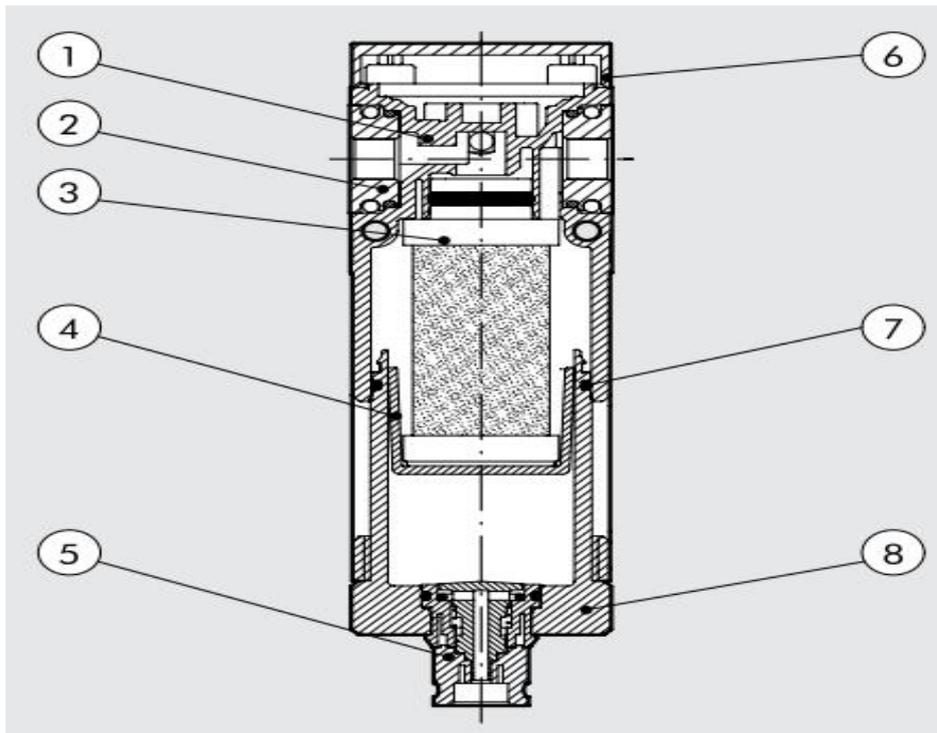


Figure II.26 : Le filtre à cartouche coalescente

1 : Corp.	5 : Purge
2 : Insert entrée / sortie	6 : Plaque
3 : Cartouche coalescent	7 : Joint o-ring
4 : Soupape de cartouche	8 : Cuve transparente

II.4.2.1. Fonctionnement de la cartouche coalescente:

L'air qui provient du réseau arrive dans la partie centrale de la cartouche et traverse les micro fibres croisées qui la constituent. C'est au cours de ce mouvement que les particules liquides adhérant aux microfibrilles suspendues dans l'air elle glisse par gravité en se liant à d'autres microgouttes, en augmentant graduellement leur volume et on donnant naissance au phénomène physique de la coalescence au terme de leur mouvement.

Les gouttes se déposent à la surface externe de la cartouche dont elles se détachent pour se déposer dans le fond de la cuve. Du fait que le volume de liquide traversant la cartouche est intégralement rejeté, la cartouche coalescente pourrait fonctionner indéfiniment. Avec la même efficacité, les particules solides sont capturées.

Et contrairement aux particules liquides elles ne sont pas drainées vers l'extérieur de la cartouche ce qui provoque un colmatage. Pour remédier à cet inconvénient et pour préserver l'efficacité des déshuileurs, il est conseillé de monter en amont un filtre 5 μ m qui retiendra les particules solides [09].

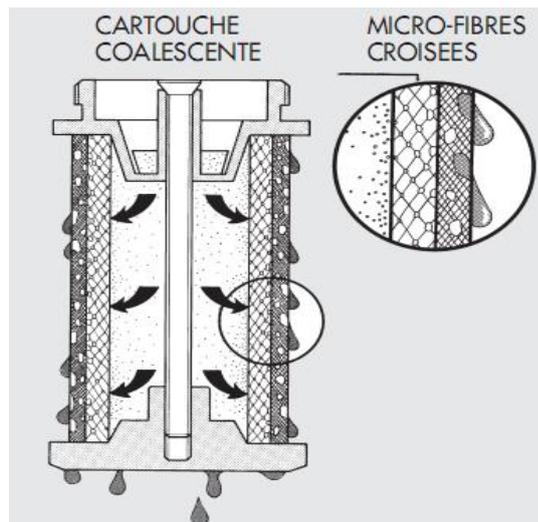


Figure II.27: La cartouche coalescente

II.4.3. Les sècheurs:

Au sein de la centrale de production de l'électricité SKT, la station de production d'air comprimé est équipée de deux sècheurs CD de type duplexe. Les sècheurs d'air CD sont conçus pour éliminer l'humidité de l'air comprimé utilisé dans des applications industrielles. Toutes les unités sont prévues pour une utilisation intérieure. La figure ci-dessous donne une vue d'ensemble des principales pièces du sécheur [04].

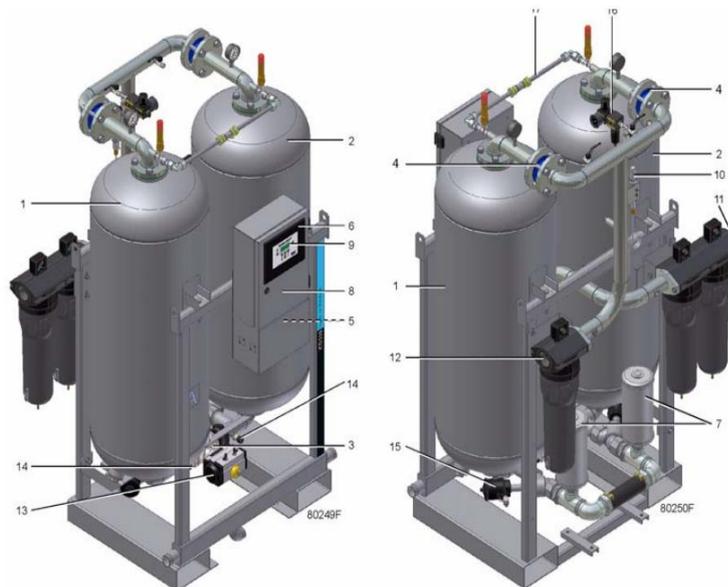


Figure II.28 : Sécheur d'air CD185.

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 : Tour A | 9 : Ecran |
| 2 : Tour B | 10 : Capteur de point de rosée |
| 3 : Vanne à 3 voies | 11 : Entrée d'air |
| 4 : Clapets anti-retour | 12 : Sortie d'air |
| 5 : Electrovanes | 13 : Actionneur pneumatique |
| 6 : Contrôleur Elektronikon | 14 : Transmetteurs de pression |
| 7 : Silencieux | 15 : Vannes pneumatiques |
| 8 : Armoire | 16 : Vanne d'air de contrôle |
| | 17: Ligne de purge |

II.4.3.1. Contrôle automatique du sécheur:

Le régulateur maintient automatiquement le point de rosée dans les limites programmables en déterminant le temps de commutation. Le système tient compte d'un certain nombre de paramètres.

Certaines commandes d'arrêt et de marche automatiques peuvent être programmées à des moments précis. La commande de marche (si elle est programmée et activée) sera exécutée même le sécheur a été arrêté manuellement [04]:

II.4.3.2. Description:

La conception du sécheur d'air, simple et fiable, permet un entretien aisé. Le sécheur possède deux tours qui contiennent le matériau adsorbant ou dessiccant. Ce dessiccant est un matériau granuleux très poreux qui peut absorber de grandes quantités de vapeur d'eau.

Le cycle de fonctionnement des sécheurs d'air est répétitif et est commandé par un temporisateur réglé en usine et un capteur de point de rosée. Pendant que le dessiccant de la première tour sèche l'air comprimé, le dessiccant de la deuxième tour est régénéré et inversement. La régénération du dessiccant s'effectue au moyen de l'air de purge provenant de la tour de séchage.

L'air comprimé qui entre dans le sécheur est amené à l'une des tours au moyen de la vanne d'entrée, commandée par l'actionneur pneumatique. Pendant que l'air monte dans la tour, le dessiccant adsorbe les vapeurs d'eau et l'air comprimé est séché. Dès que le haut de la tour est atteint, l'air quitte le sécheur via la vanne de sortie.

Une faible portion de l'air séché ne quitte pas le sécheur immédiatement via la vanne de sortie, mais se dilate à la pression atmosphérique et s'écoule vers le bas en traversant l'autre tour pour y régénérer le dessiccant. Cet air de régénération est finalement libéré via la vanne pneumatique et le silencieux.

Une deuxième portion réduite de l'air séché s'écoule via la vanne d'air de réglage, un filtre à air et le régulateur de pression (uniquement pour les unités de 16 bars) en direction des électrovalves qui sont commandées par l'Elektronikon® et le capteur de point de rosée. L'air qui sort des électrovalves (lorsque celles-ci sont alimentées) est utilisé pour commander l'actionneur pneumatique et les vannes pneumatiques.

Au bout d'un certain temps, le cycle redémarre. La tour totalement régénérée joue alors le rôle de sécheur d'air, tandis que l'autre est régénérée. Le capteur PDP mesure le point de rosée sous pression de l'air comprimé qui sort de la tour de séchage. Lorsque la température PDP est inférieure au point de consigne, la tour reste en mode de séchage jusqu'à ce que la température PDP dépasse le point de consigne. Ensuite, la tour régénérée commence à sécher l'air comprimé et l'autre tour est régénérée [04].

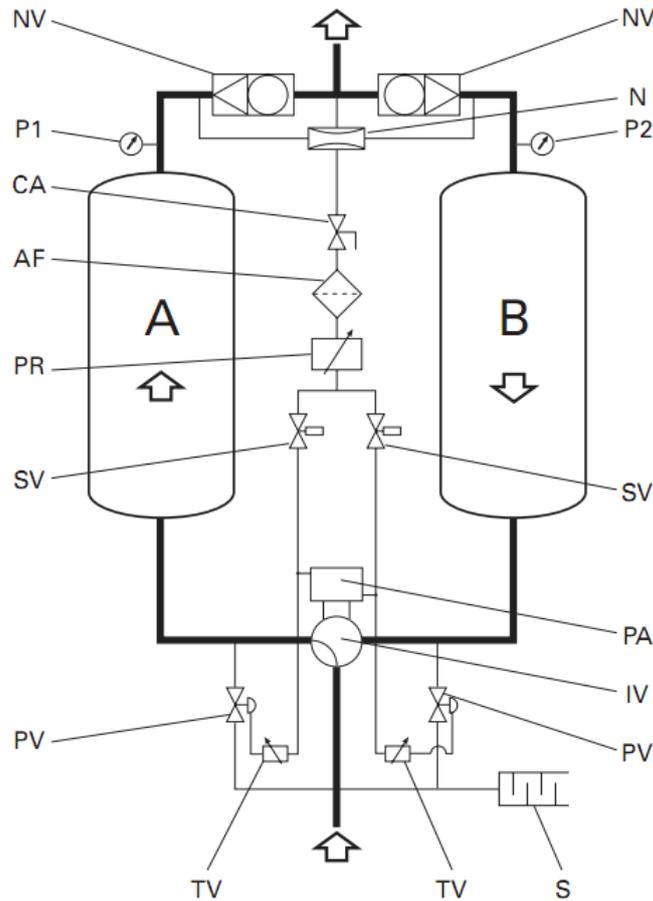


Figure II.29 : Schéma pneumatique.

A : Tour A

AF : Filtre à air

B : Tour B

CA : Vanne d'air de contrôle

IV : Vanne à 3 voies

N : Gicleur

P1 : Transmetteur de pression 1

NV : Clapet anti-retour

P2: Transmetteur de pression 2

PA : Actionneur pneumatique

PR : Régulateur de pression

PV : Vanne pneumatique

S : Silencieux

SV : Electrovanne

TV : Vanne pneumatique

II.4.3.3. Démarrage initial:

Pour une première mise en marche du sécheur, ou après une longue période d'arrêt, procéder comme suit [04]:

1. Si elles sont installées, ouvrir les vannes de dérivation du sécheur.
2. Fermer l'alimentation en air du capteur PDP et débrancher le capteur PDP.
3. Couper l'alimentation d'air du compresseur en direction du sécheur en fermant la vanne d'entrée externe.

4. fermer la vanne de sortie externe entre le sécheur et le consommateur d'air.
5. Démarrer le compresseur et attendre la pression.
6. Ouvrir lentement la vanne d'entrée externe.
7. Rechercher des fuites d'air au niveau des raccords du sécheur. Y remédier si nécessaire.
8. Mettre le sécheur sous tension.
9. Mettre le sécheur sous tension en appuyant sur le bouton I de l'Elektronikon.
10. Laisser tourner le sécheur pendant plusieurs heures, avec la vanne de sortie externe fermée.
11. Ouvrir progressivement la vanne de sortie externe.
12. Comme demandé, fermer les vannes de dérivation du sécheur.
13. Appuyer sur le bouton d'arrêt 0 et mettre le sécheur hors tension.
14. Brancher le capteur PDP.
15. Ouvrir l'arrivée d'air vers le capteur PDP.

II.4.3.4. Démarrage:

Pour le démarrage dans tous les autres cas, on procède comme suit [04]:

1. Couper l'alimentation d'air du compresseur en direction du sécheur en fermant la vanne d'entrée externe.
2. Couper l'arrivée d'air vers le capteur PDP.
3. Fermer la vanne de sortie externe entre le sécheur et le consommateur d'air sec.
4. Ouvrir lentement la vanne d'entrée externe
5. Allumer le sécheur.
6. Ouvrir progressivement la vanne de sortie d'air.
7. Comme demandé, fermer les vannes de dérivation du sécheur.
8. Ouvrir l'arrivée d'air vers le capteur PDP.

Fermée la vanne d'entrée externe au cas où le compresseur doit être redémarré. La vitesse de l'air dans la phase de démarrage du compresseur risque d'endommager le dessiccant.

II.4.4. Purges électroniques des condensats EWD (Electronic water drain):

L'EWD assure une vidange appropriée des condensats et empêche l'intrusion de l'eau dans le réseau d'air comprimé. En cas de dysfonctionnement du procédé de vidange, le purgeur EWD génère un message d'avertissement sur l'écran du régulateur Elektronikon.

Le compresseur Atlas Copco est équipé de deux séparateurs d'eau sont prévus : un en aval du refroidisseur intermédiaire (MTi) pour empêcher l'intrusion des condensats dans l'élément compresseur (Eh) et un installé en aval du refroidisseur final (MTa) pour empêcher l'intrusion des condensats dans le tuyau de sortie d'air[03].

II.4.4.1. Description:

Les condensats entrent dans la purge électronique des condensats (EWD) par l'entrée (1) et s'accumulent dans le collecteur (6). Un capteur capacitif (5) mesure en continu le niveau de liquide.

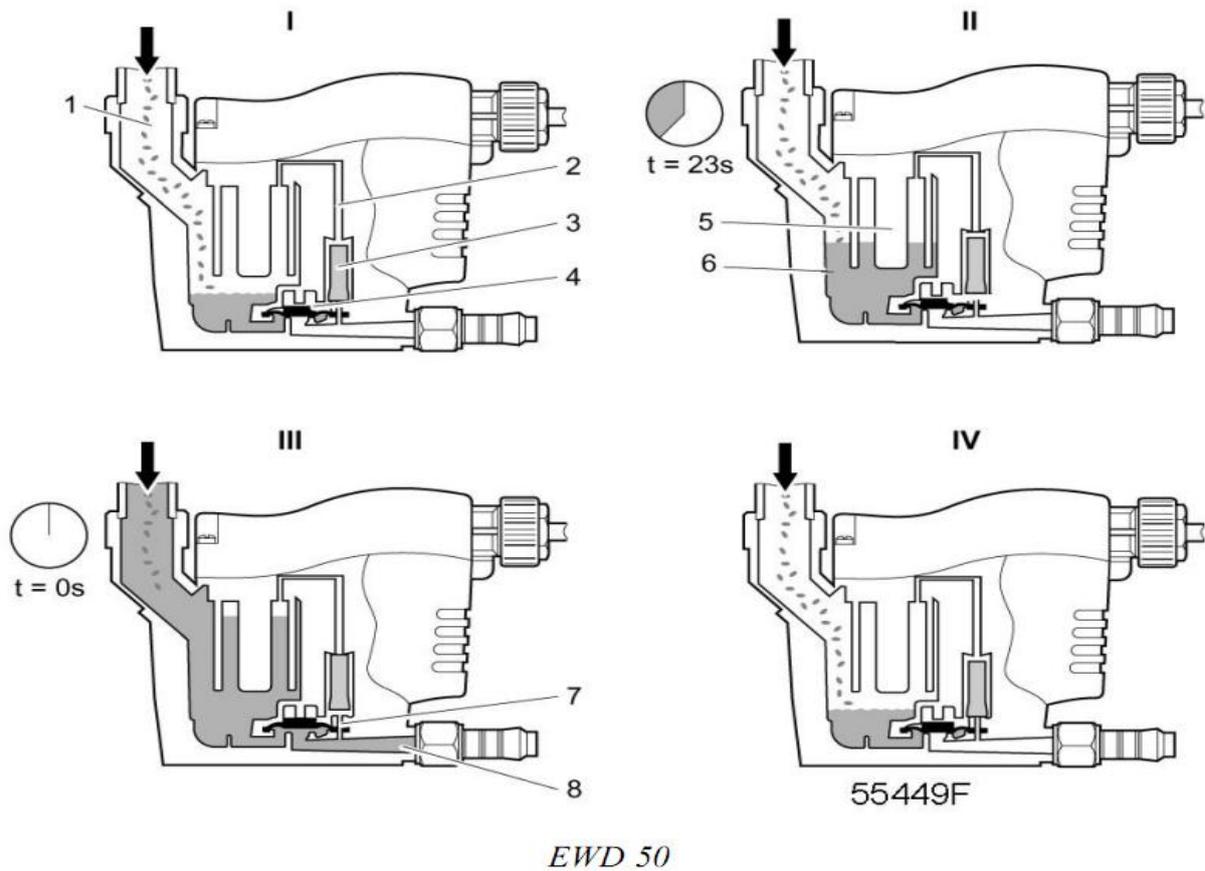


Figure II.30: Purge électronique des condensats [03]

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| 1 : Entré | 5 : Capteur |
| 2 : Ligne d'alimentation | 6 : Collecteur |
| 3 : Valve pilote | 7 : Siège de clapet |
| 4 : Diaphragme | 8 : Sortie |

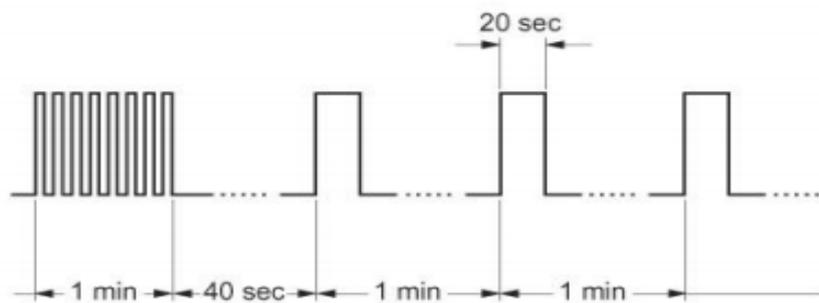


Figure II.31: Fréquence de purge [03]:

Sur la purge EWD 50, un temporisateur de purge est activé dès que le liquide atteint un certain niveau dans le collecteur. Dès que le délai de ce temporisateur est écoulé, la valve pilote (3) est activée et le diaphragme (4) ouvre la sortie (8), entraînant l'émission des condensats. Quand le collecteur a été vidé, la sortie se ferme rapidement sans perte d'air comprimé.

Lorsque le contrôleur détecte un dysfonctionnement, la DEL d'alarme rouge commence à clignoter sur le tableau de contrôle de la purge électronique des condensats ; l'écran du régulateur affiche un avertissement et la vanne de purge électronique passe automatiquement en mode d'alarme, ouvrant et fermant la vanne selon une séquence illustrée ci-dessus. Cet état se maintient jusqu'à correction du défaut. Si le défaut n'est pas corrigé automatiquement, un entretien est requis.

II.4.5. Fonctionnement de la station de production d'air comprimé:

II.4.5.1. Présentation de la fourniture:

L'installation est destinée à produire 750 Nm³/h d'air sous une pression de 8bar. La centrale de production d'air comprimé est composée de :

- Trois 3 compresseurs d'air Atlas Copco ZT 110 de numéro KKS : 99 QFA 01/02/03 AP 001.
- Trois 3 Aéro-réfrigérants TD 300 placés en aval des compresseurs de numéro KKS : 99 QFA 01/02/03 AH 001
- Deux 2 Réservoirs de 17000L verticaux, placés en aval des aéro-réfrigérants de numéro KKS : 99QFA11BB001 , 99QFA12BB001
- Deux 2 Sécheurs CD 185 de numéro KKS: 99QFA20AT001 , 99QFA30AT001

II.4.5.2. Fonctionnement des compresseurs:

Pour répondre à cette demande, seulement un compresseur doit être en fonctionnement. L'installation est donc dimensionnée pour faire fonctionner une ligne de production d'air comprimé. Les compresseurs disposent de deux modes de fonctionnement : local et à distance. Ce choix s'effectue sur l'Electronikon automate dédié des compresseurs Atlas Copco .

En mode fonctionnement «distanciel», l'installation d'air comprimé ne peut être mise en route ou arrêté que via le signal marche-arrêt 99QFA01EA101 pour le compresseur N°01 et 99QFA02EA101 pour le compresseur N 02 émis à partir du DCS (interface to the power main control system) à l'automate local Electronikon de chaque compresseur.

En marche normale, un des deux compresseurs d'air, sera prioritaire (tandis que l'autre sera en stand-by). L'air comprimé sera stocké dans deux réservoirs, puis sera dirigé vers le réseau Air service, ou le réseau Air instrument via les sécheurs. Des clapets sur les réservoirs et une vanne déverseuse de N° KKS99QFA10AA013 privilégieront le réseau air lorsque la pression sera inférieure à 8 Bar eff.

Chaque compresseur est équipé de son propre transducteur de pression reportant la mesure au module Electronikon afin d'assurer la production d'air comprimé de mise en charge et de mise à vide sont programmés dans le module.

Afin que l'un des compresseurs soit prioritaire et l'autre en stand-by, les seuils de mise en charge et mise à vide seront réglés en cascade, le compresseur ayant les seuils les plus haut étant le compresseurs prioritaire afin d'équilibrer les temps de fonctionnement et de préserver les machines, La priorité des machines sera alterné chaque semaine.

Pour cela, les modules Electronikon possèdent deux plages de régulation accessible par le menu déroulant ou à l'aide d'un contact auxiliaire sur une des entrées du module. Ainsi les seuils et donc les priorités peuvent être alternés.

Pendant le fonctionnement normal de l'installation, les sécheurs fonctionnent en

parallèle. En cas de dysfonctionnement d'un sécheur, un signal d'alarme sera généré, et l'opérateur devra isoler le sécheur en dysfonctionnement en fermant les vannes manuelles correspondantes.

En cas de dysfonctionnement d'un compresseur, un contact disponible sur bornes permet de reporter l'information compresseur en alarme, ou compresseur en défaut[03].

II.4.5.3. Les sécheurs:

La station de production d'air comprimé est équipée de deux sécheurs à adsorption utilisant la méthode de régénération sans chaleur, chaque sécheur se compose de deux cuves contenant chacune cent kilogramme d'adsorbant qui est le silica gel.

Afin de maintenir le point de rosé sur le sécheur de secours, celui-ci restera sous pression, et en marche. Ainsi en cas de défaut, le sécheur peut être isolé et le sécheur de secours peut prendre la relève sans délais.

Les ordres de marche et d'arrêt du sécheur doivent ainsi être localement via l'interface utilisateur de l'Electronikon. Un ordre d'arrêt doit obligatoirement s'accompagner de la fermeture de la vanne en amont correspondante.

Afin de maintenir le point de rosé sur le sécheur de secours, celui-ci restera sous pression, et en marche ainsi en cas de défaut, le sécheur prioritaire peut être isolé et le sécheurs de secours peut prendre la relève sans délai

Les ordres de marches et d'arrêt du sécheur doivent ainsi être donnés localement via l'interface utilisateur de l'Electronikon. Un ordre d'arrêt doit s'accompagner de la fermeture de la vanne en amont correspondante [04].

II.4.5.4. Mise en marche et arrêt de l'installation:

II.4.5.4.1. L'arrêt de l'installation:

Si une ligne de traitement de l'air comprimé doit être arrêtée. Il convient de procéder comme suit : arrêt du compresseur en premier, puis arrêt du sécheur comme ce dernier doit s'accompagner de la fermeture de sa vanne d'isolement en amont.

II.4.5.4.2. Démarrage de l'installation:

Démarrer le compresseur et après pressurisation des cuves, ouvrir progressivement les vannes d'isolement des sécheurs. Après pressurisation de ceux-ci ouvrir les vannes de sorties. Si un sécheur était à l'arrêt, il convient avant de le redémarrer de fermer la vanne en aval de N° KKS 99QFA 20 AA 007 ou N° KKS 99QFA 30 AA007 de celui-ci et d'ouvrir la vanne amont N° KKS 99QFA20AA001 ou N° KKS 99QFA30AA001.

Le sécheur doit alors régénérer durant un temps variable en fonction de la durée de l'arrêt. Pour vérifier que le dessicant est correctement régénérer et que le séchage sera efficace, il convient d'ouvrir la vanne aval N° KKS 99QFA 20 AA 007 ou N° KKS 99QFA 30AA007 quelques instant et d'observer la valeur du point de rosé affichée sur l'Electronikon du sécheur. Si celle-ci est trop élevée, refermer la vanne et laisser le sécheur régénérer. Répéter la vérification au bout d'un certain temps jusqu'à obtention du point de rosée.

II.4.5.5. Entretien de l'installation:

Il convient de respecter les préconisations des manuels de maintenance. De façon quotidienne nous recommandons d'inspecter les équipements et de relever les éventuels dysfonctionnements des équipements (indications sur Electronikon, absence des fuites...).

Il convient également de vérifier de façon hebdomadaire le fonctionnement des purgeurs des filtres ainsi que les purgeurs équipant les cuves. Les purgeurs des compresseurs

en service, ainsi que les purgeurs des échangeurs associés aux compresseurs en service doivent être au moyen des dispositifs embarqués adaptés.

II.5. Conclusion:

L'air comprimé est une source d'énergie essentielle pour la plupart des industries qui cherche à améliorer leurs gains de production et qui utilisent des équipements pneumatiques de plus en plus pointus. Tous les réseaux de production d'air comprimé se constituent des mêmes composants qui se diffèrent dans leur principe de fonctionnement d'une station à l'autre.

Chapitre III: Dimensionnement d'une station de compression d'air

Chapitre III: Dimensionnement d'une station de compression d'air

III.1. Introduction:

III.2. Problématique:

III.3. Principe de dimensionnement:

III.4. Définition des besoins:

III.5. Choix des composantes.

III.6. Conclusion

III.1. Introduction:

Le but de dimensionnement d'une station d'air comprimé est de fournir de l'air, à la pression convenable et en quantité suffisante, pour assurer un fonctionnement correct des appareils qu'elle alimente.

Dans ce chapitre on définit la méthode et les étapes de dimensionnement de compresseur, sécheur et la tuyauterie de la station de l'air comprimé SKT.

III.2. Problématique:

La station de production d'air comprimé au sein de la centrale de production d'électricité SKT contient deux compresseurs à vis lubrifié ZT 110 Atlas Copco fonctionnant en alternance. Si un des deux compresseurs sera en maintenance ou entretien, le deuxième sera en service. Si ce dernier subira un dysfonctionnement, on aura l'arrêt total de la station. Et pour éviter ce problème on a pensé d'ajouter un troisième compresseur qui est un compresseur de secours.

III.3. Principe de dimensionnement:

La conception d'une station de compression d'air et du réseau de conduites correspondant se résume dans les étapes suivantes:

- La première étape consiste à déterminer les besoins en termes d'air comprimé, et par conséquent le débit que devra délivrer le compresseur.
- La deuxième étape: sélection du compresseur répondant aux besoins sur le catalogue du fournisseur.
- La troisième étape: sélection du sécheur adapté à cette application sur le catalogue du fournisseur.
- La quatrième étape: calcul et choix des conduites.

III.4. Définition des besoins:

L'objectif de cette étude est de sélectionner un compresseur, un sécheur et les conduites correspondants dans le but de couvrir les besoins en termes d'air comprimé. On note que une partie cet air doit subir un traitement spécifique par séchage ; cette partie est destinée pour l'usage des instruments.

Le tableau N°1 ci-dessous présente les différentes zones consommatrices de l'air comprimé (instrument, service), tel que la consommation d'air au niveau de la centrale SKT se divise en deux parties :

- Consommation stable : c'est la consommation durant tout le temps de fonctionnement de la centrale.
- Consommation transitoire : c'est la consommation critique pendant le démarrage de la centrale.

Notons que l'unité (Nm^3/h) signifie « normal mètre cube par heure » ; tel que 1Nm^3 est égal à un mètre cube mesuré dans des conditions standard $T=0^\circ\text{C}$ et $P_{\text{atm}}=1,013\text{bar}$.

Tableau III 1 : Consommation transitoire et stable de différentes zones de la centrale SKT [1].

Localisation	Débit	
	Max marche stabilisée	Transitoire
	Nm ³ /h	Nm ³ /h
Air instrument		
Unité 01		
Chaudière de récupération	16	16
Purge TV+ Bypass BP et MP	19,1	58
IPB	02	02
Cycle eau/vapeur (Bypass inclus)	03	46
Total de l'unité	40 ,1	122
Total des trois unités	120	366
Commun		
Electrochloration	01	00
Poste production Hydrogène	02	00
Dessalement	10	00
Poste de production d'eau déminée	10	00
CEMS	10	00
Total commun	51	-
Total de la centrale	171	-
Air de service		
Unité 01		
Chaudière de récupération	00	10
B68-Zone transformateur	00	10
Cycle eau vapeur	00	20
Total de l'unité	00	40
Total des trois unités	00	120
Commun		
Zone station de pompage	00	10
Zone bassin de tranquillisation	00	10
Diesel black-Start	00	10
Pompes et stockage incendie	00	10
Production d'eau déminée	00	10
Electrochloration	00	10
Zone de traitement gaz	00	10
Production & stockage hydrogène	00	10
Dessalement	00	10
Pompage fioul	00	10
Air de dépotage fioul	00	10
Ateliers	00	10
Total commun	00	120
Total de la centrale	00	240

En totalité on exprime les besoins comme suit :

- Une production d'air comprimé de $750 \left(Nm^3/h \right)$
- Un séchage d'une quantité d'air de : $417 \left(Nm^3/h \right)$
- Sous une pression de service de $8bar$
- Et une fréquence d'électricité de $50Hertz$

III.4.1. Air instrument:

III.4.1.1. La consommation transitoire:

La consommation d'une unité: $Q_{it} = 122 \left(Nm^3/h \right)$

La consommation totale du trois unités: $Q_{itt} = 122 \times 3$

$$Q_{itt} = 366 \left(Nm^3/h \right)$$

III.4.1.2. La consommation stable:

La consommation d'une unité: $Q_{is} = 40 \left(Nm^3/h \right)$

La consommation totale du trois unités: $Q_{ist} = 40 \times 3$

$$Q_{ist} = 120 \left(Nm^3/h \right)$$

La consommation du commun: $Q_{cis} = 51 \left(Nm^3/h \right)$

Consommation total: $Q_{tis} = 171(Nm^3/h)$

III.4.2. Air de service:

III.4.2.1. La consommation transitoire:

La consommation d'unité: $Q_{st} = 40 \left(Nm^3/h \right)$

Consommation total des unités: $Q_{stt} = 40 \times 3$

$$Q_{stt} = 120 \left(Nm^3/h \right)$$

Consommation commun: $Q_{cst} = 120 \left(Nm^3/h \right)$

$$\text{Consommation total: } Q_{tst} = 240 \left(Nm^3/h \right)$$

III.4.2.2. La consommation stable:

Dans la phase stable n'y a pas de consommation d'air de service.

III.5. Choix des composantes:

III.5.1. Choix du Compresseur:

III.5.1.1. Calcul du débit:

Pour le compresseur, on prend en considération la consommation totale transitoire Q_{itt} , des trois unités du cycle combiné, d'air instrument et celle d'air service Q_{tst} :

$$Q_c = Q_{itt} + Q_{tst}$$

$$Q_c = 366 + 240$$

$$Q_c = 606 Nm^3/h$$

On note que le débit nécessaire devrait être multipliée par un coefficient de sécurité qui est égale 1,2 on obtient alors:

$$Q_c = 606 \times 1,2$$

$$Q_c = 727,2 \left(Nm^3/h \right)$$

En respectant les unités mentionnées sur les catalogues, le débit d'air doit être exprimé en Nm^3/mn . On écrit alors :

$$Q_c = 12,12 \left(Nm^3/mn \right)$$

III.5.1.2. Calcul de pression:

Au niveau de la SKT, la pression de service P_s doit être maintenue égale à 8bar. On note que cette valeur de la pression de service devrait être multipliée par un coefficient de sécurité qui est égale $C_s = 1,2$ on obtient alors:

$$P_s = 8 \times 1,2$$

$$P_s = 9,6bar$$

$$P_s \approx 10bar$$

III.5.1.3. La fréquence:

D'après la définition des besoins présentés précédemment, le compresseur devra fournir $750Nm^3/h$ sous une pression de 8bar. On rappelle que la société Atlas Copco est chargée de fournir les besoins en termes de compresseur. Notant qu'Atlas Copco offre deux gammes de fréquences à savoir 50 et 60 Hertz et que la fréquence du réseau algérien est $F = 50Hertz$. le tableau suivant présente, pour deux valeurs de fréquences, les gammes de pression de service offertes par la société Atlas Copco.

Tableau III 2 : Les différentes pressions des compresseurs Atlas Copco en fonction de la fréquence

Fréquence(Hertz)	Pression (bar)		
50	7.5	8.6	10
60		8.6	10.4

La figure (III.1) présente le catalogue citant toute la gamme de compresseur fournissant une pression voisine de celle demandée à la SKT à une fréquence de 50Hertz. Après la sélection sur le catalogue la fréquence (50Hertz) et la pression (10bar), on a trouvé le type de compresseur qui assure le débit de $12,12 \left(Nm^3/min \right)$; c'est le compresseur de type ZT110. Sur la figure 1, ce compresseur et ses caractéristiques sont encadrés en rouge. Les caractéristiques de ce compresseur sont mentionnées dans le tableau suivant:

Tableau III 3:Les caractéristiques de compresseur ZT110 [3].

Température à l'aspiration	Min/max/calcul	0°C/36,7°C/45°C
Pression à l'aspiration		1bar
Humidité relative d'air		76%
Débit unitaire au refoulement		940Nm ³ /h
Pression de l'air refoulé		9,5bar eff
Température d'air refoulé		62°C
Rendement en charge		92,5%
Puissance absorbé à l'accouplement en marche normal		125,5±5% KW
Puissance à vide		26,7±20% KW
Puissance recommandé pour le moteur		132KW
La vitesse d'entraînement du compresseur		2985Tr/mn
Vitesse de rotation de l'étage Bp		11,048tr/mn
Vitesse d'entraînement de l'étage Hp		18,873tr/mn
Moment d'inertie MR ² du compresseur		0,982m ² /kg
Niveau de bruit à 1m contour		76db
Pression d'épreuve		9,5bar eff
Sens de rotation pour un observateur		Anti horaire

III.5.2. Sécheur:

Pour le sécheur, on ne prend en considération que la consommation d'air comprimé au niveau des instruments; cela comprend la consommation transitoire totale des trois unités Q_{itt} et la consommation stable du commun Q_{cis} . On donne:

- La consommation totale des trois unités: $Q_{itt} = 366 \left(Nm^3/h \right)$
- La consommation du commun: $Q_{cis} = 51 \left(Nm^3/h \right)$
- Le débit d'air à séché : $Q_s = Q_{itt} + Q_{cis}$
 $Q_s = 417 \left(Nm^3/h \right)$

En respectant les unités mentionnées sur les catalogues, le débit d'air doit être exprimé en (l/s) On écrit alors:

$$Q_s = 115,83 \left(l/s \right)$$

On note que la capacité nécessaire a séché devrait être multiplié par un coefficient de sécurité C_s qui est égale 1.2, on obtient alors:

$$Q_s = 115,83 \times 1,2$$

$$Q_s = 139 \left(l/s \right)$$

On rappelle que la société Atlas Copco est chargée de fournir les besoin en termes de sécheur à des différentes capacités. On souligne que toute la gamme de sécheurs consomme 18% de sa production d'air séché pour effectuer les purges. Ceci devrait être pris en considération dans le choix du sécheur. La sélection du sécheur se fera de la même façon que le compresseur. La figure (2) ci-dessous présente un catalogue citant tout les gammes de sécheur fournissant un débit proche de celui demandé à la SKT.

ZT aircooled Type	Free air delivery ⁽¹⁾			Installed motor kW	Installed fan motor kW	Pressure dewpoint ⁽³⁾ °C	Sound pressure level ⁽⁴⁾		Weight kg	Dimensions		
	l/s	m ³ /min	cfm				w/o duct dB(A)	with duct dB(A)		A mm	B mm	C mm
50 Hz - 10 bar(e)												
ZT 110	260	15.6	551	110	4.8	-28	72	70	4095	4040	2000	1650
ZT 132	313	18.8	662	132	4.8	-29	73	70	4220	4040	2000	1650
ZT 132 VSD	316	19.0	670	132	4.8	-25/-30	67-71	66-70	4330	4040	2000	1650
ZT 145	334	20.0	707	145	4.8	-30	73	70	4360	4040	2000	1650
ZT 160	389	23.3	823	160	8.8	-30	78	76	5625	5040	2100	1650
ZT 160 VSD	370	22.2	784	160	4.8	-25/-30	67-74	66-71	4330	4040	2000	1650
ZT 200	490	29.4	1038	200	8.8	-30	78	76	5825	5040	2100	1650
ZT 250	608	36.5	1287	250	8.8	-28	78	76	6280	5040	2100	1650
ZT 250 VSD	622	37.3	1316	250	18.5	-25/-30	71-78	69-76	6660	5040	2100	1650
ZT 275	671	40.2	1420	275	18.5	-30	78	76	6630	5040	2100	1650
ZT 315 VSD	709	42.5	1501	299	18.5	-25/-30	71-79	69-77	6660	5040	2100	1650
ZT 110	261	15.7	553	110	4.8	-	71	70	3560	4040	2000	1650
ZT 132	314	18.8	665	132	4.8	-	72	70	3700	4040	2000	1650
ZT 132 VSD	320	19.2	678	132	4.8	-	67-71	66-70	4050	4040	2000	1650
ZT 145	336	20.1	711	145	4.8	-	72	70	3850	4040	2000	1650
ZT 160	389	23.3	823	160	8.8	-	78	76	5185	5040	2100	1650
ZT 160 VSD	384	23.0	814	160	4.8	-	67-74	66-71	4050	4040	2000	1650
ZT 200	490	29.4	1038	200	8.8	-	78	76	5385	5040	2100	1650
ZT 250	608	36.5	1287	250	8.8	-	78	76	5380	5040	2100	1650
ZT 250 VSD	622	37.3	1316	250	8.8	-	71-78	69-76	6130	5040	2100	1650
ZT 275	671	40.2	1420	275	8.8	-	78	76	5580	5040	2100	1650
ZT 315 VSD	709	42.5	1501	299	8.8	-	71-79	69-77	6130	5040	2100	1650

Figure III 1 : Catalogue des compresseurs Atlas Copco [5].

Chapitre III:

Dimensionnement d'une station de compression d'air

APPLICABLE AUX UNITÉS 11 BARS ET 16 BARS	CD 110	CD 150	CD 185	CD 250	CD 300
<i>Conditions nominales</i>					
Température d'entrée de l'air comprimé	35 °C	35 °C	35 °C	35 °C	35 °C
Point de rosée sous pression de sortie	-40 °C	-40 °C	-40 °C	-40 °C	-40 °C
Point de rosée sous pression de sortie avec l'option « -70 °C »	-70 °C	-70 °C	-70 °C	-70 °C	-70 °C
Humidité	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
<i>Valeurs limites</i>					
Température ambiante maximum	40 °C	40 °C	40 °C	40 °C	40 °C
Température ambiante minimum	1 °C	1 °C	1 °C	1 °C	1 °C
Température d'entrée d'air comprimé maximum	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C
Température d'entrée d'air comprimé minimum	1 °C	1 °C	1 °C	1 °C	1 °C
<i>Données spécifiques</i>					
Chute de pression dans le sécheur	0,18 bar	0,16 bar	0,2 bar	0,14 bar	0,19 bar
Chute de pression dans le sécheur avec l'option « -70 °C »	0,12 bar	0,11 bar	0,14 bar	0,09 bar	0,13 bar
Connexions d'entrée et de sortie	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	2"	2"
Type de dessiccant	Aluminium activé Al ₂ O ₃				
Type de dessiccant avec l'option « -70 °C »	Tamis moléculaires				
Quantité totale de dessiccant	140 kg	170 kg	200 kg	260 kg	300 kg
Dimension de filtre recommandée	PD/DD/DDp 120	PD/DD/DDp 150	PD/DD/DDp 175	PD/DD/DDp 280	PD/DD/DDp 280
Consommation d'énergie	10 W	10 W	10 W	10 W	10 W
Dimensions (L x l x H)	728 x 950 x 1 695	848 x 1 089 x 1 731	848 x 1 089 x 1 731	960 x 1 106 x 1 816	1 116 x 1 173 x 1 854
Poids	340 kg	415 kg	445 kg	600 kg	650 kg

APPLICABLE AUX UNITÉS 11 BARS UNIQUEMENT	CD 110	CD 150	CD 185	CD 250	CD 300			
<i>Conditions nominales</i>								
Pression(e) d'entrée de l'air comprimé	7 bars							
<i>Valeurs limites</i>								
Pression(e) d'entrée de l'air comprimé maximum	11 bars							
Pression(e) d'entrée de l'air comprimé minimum	4 bars							
<i>Données spécifiques</i>								
Capacité nominale à l'entrée du sécheur	107 l/s	150 l/s	185 l/s	250 l/s	300 l/s			
Capacité nominale à l'entrée du sécheur avec l'option « -70 °C »	86 l/s	120 l/s	148 l/s	200 l/s	240 l/s			
Consommation air de purge (moyenne au cours d'un 1/2 cycle)	18 %	18 %	18 %	18 %	18 %			
Consommation d'air de purge avec l'option « -70 °C » (moyenne au cours d'un 1/2 cycle)	23 %	23 %	23 %	23 %	23 %			
Temps de demi-cycle	180 s							
Temps de purge	145 s							
<i>Facteurs de correction pour le débit en entrée</i>								
Pression d'entrée (bar)	4	5	6	7	8	9	10	11
Facteur de correction Kp	0,47	0,68	0,84	1	1,1	1,2	1,3	1,38
Température d'entrée (°C)	20	25	30	35	40	45		
Facteur de correction Kt:	1	1	1	1	0,84	0,71		

Figure III 2: Catalogue des sécheurs Atlas Copco [6].

Nous avons calculé, pour l'ensemble des sécheurs offert par Atlas Copco, La capacité nominale devant couvrir les besoins de la station ; la consommation d'air de purge est soustraite de la capacité nominale à l'entrée du sécheur. Le tableau présente les résultats.

Tableau III 4: La capacité nominal des sécheurs Atlas Copco

Capacité nominal (l/s)	110	150	185	250	300
Capacité nominal $\ast \left(1 - \frac{18}{100}\right)$	90.2	123	151.7	205	246
Capacité nominal (m^3/h)	324.72	442.8	546.12	738	885.6

On remarque que les besoins de la station se trouve supérieure à la capacité nominale fournie par le sécheur CD150 est inférieure à celle du CD185. Ceci justifie notre choix du sécheur CD185 dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant:

Tableau III 5: Les caractéristiques de sécheur Atlas Copco CD185 [6].

Capacité air libre	9bar eff	500Nm ³ /h	169l/s
Temperature de sortie de l'air	35°C		
Temperature d'entré de l'air	35°C		
Pression de design	11bar eff		
Pression de service	9,5bar eff		
Pression d'eppreuve	16bar eff		
Point de rosé de l'air à 9bar eff	-40°C		
Type de régénération du dessicant	tamis moléculaire		
Imposition débit de régénération	23% du débit		
Temps de régénération	145 seconds		
Temps de fonctionnement entre deux régénération	360 seconds		
Consommation d'énergie électrique	10Wh		
Volume de dessicant par cuve	100Kg		

III.5.3. Choix d'épaisseur des conduites:

Le choix des conduites prend en considération les conditions suivantes [7]:

1. Norme utilisée pour la fabrication du tube:

Choix possibles:

- NFA49112 (TUE220A, TUE235A).
- NFA49211 (TUE220, TUE250, TUE275).

Pour notre cas on a choisi la norme: NFA49112 (TUE235A).

Tableau III 6 : Norme utilisé pour la fabrication des tubes [7]

		RtP0,2				
Métal	RM (MPa)	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C
TUE 220 A	360 – 500	190	175	165	145	120
TUE 235 A	410 – 550	210	200	190	170	150

- $R_{tP0,2}$ correspond à la valeur minimum de la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % à la température de calcul.
 - R_m : Valeur maximale de la résistance à la traction à température ambiante (MPa)
2. La température maximale du fluide à la sortie du compresseur est: $T = 62^\circ C$. On comparera cette valeur de température à celle du tableau ci-dessus on trouve celle-ci est inférieur à la première petite température du tableau qui est $T = 100^\circ C$
 3. Selon le calcul de l'épaisseur de la tuyauterie, la SKT impose le diamètre extérieur. Il est pris égal à 60,3mm.

L'épaisseur minimale est calculée de la manière suivante:

$$e = \frac{P_s \times D_e}{(2 \times f) + P_s}$$

f : La contrainte nominale est issue du calcul suivant:

Minimum entre $0,6 * R_{tP0,2}$ et $0,44 * R_m$ pour les tubes en acier et $R_m - R_{tP0,2}$ pour les tubes inox

$$f = 0,6 \times R_{tP0,2}$$

$$f = 0,6 \times 210$$

$$f = 126 \text{ MPa}$$

$$e = \frac{10 \times 60,3}{(2 \times 126) + 10}$$

$$e = 2,30 \text{ (mm)}$$

L'épaisseur à commander est déterminé par la méthode suivante :

$$T = e + C + \frac{C_1}{100} + C_2$$

- Coefficient C: Surépaisseur pour tenir compte de l'érosion et de la corrosion. Pris par défaut à 1 mm.
- Coefficient C1: Il s'agit de la tolérance possible sur l'épaisseur du tube, égal à 15 % de l'épaisseur par défaut.
- Coefficient C2: Coefficient qui correspond à l'amincissement possible en cours de fabrication; Par default pries égale à 0.

$$T = 2,3 + 1 + \frac{15 \times 2,3}{100} + 0$$

$$T = 3,645 \text{ (mm)}$$

La société SOLYRO est chargée de fournir les besoins en terme de tuyauterie, la figure (3) ci-dessous présente trois gammes de tubes en acier (STD 40, XS 80, XXS 160) on fonction des diamètres extérieurs.

DIMENSIONS ET MASSES DES TUBES ANSI																				
Tube ANSI selon norme B 36.10 - M-1996																		Epaisseur = mm Poids = kg/m		
DN (inches)	OD (mm)	Schedule [tube acier]												Schedule [tube inox]				Vol./m (m³)		
		10	20	30	STD	40	60	XS	80	100	120	140	160	XXS	5S	10S	40S		80S	
1/8	10.3				1.73	1.73		2.41	2.41								1.24	1.73	2.41	0.0001
					0.37	0.37		0.47	0.47								0.28	0.36	0.48	
1/4	13.7				2.24	2.24		3.02	3.02								1.65	2.24	3.02	0.0002
					0.63	0.63		0.80	0.80								0.51	0.64	0.82	
3/8	17.1				2.31	2.31		3.20	3.20								1.65	2.31	3.20	0.0003
					0.84	0.84		1.10	1.10								0.64	0.86	1.12	
1/2	21.3				2.77	2.77		3.73	3.73					4.78	7.47	1.65	2.11	2.77	3.73	0.0004
					1.27	1.27		1.62	1.62					1.95	2.55	0.82	1.01	1.30	1.65	
3/4	26.7				2.87	2.87		3.91	3.91					5.56	7.82	1.65	2.11	2.87	3.91	0.0007
					1.69	1.69		2.20	2.20					2.90	3.64	1.04	1.31	1.71	2.24	
1	33.4				3.38	3.38		4.55	4.55					6.35	9.09	1.65	2.77	3.38	4.55	0.0011
					2.50	2.50		3.24	3.24					4.24	5.45	1.33	2.13	2.55	3.29	
1-1/4	42.2				3.56	3.56		4.85	4.85					6.35	9.70	1.65	2.77	3.56	4.85	0.0018
					3.39	3.39		4.47	4.47					5.61	7.77	1.68	2.76	3.46	4.56	
1-1/2	48.3				3.68	3.68		5.08	5.08					7.14	10.15	1.65	2.77	3.68	5.08	0.0023
					4.05	4.05		5.41	5.41					7.25	9.56	1.95	3.17	4.13	5.51	
2	60.3				3.91	3.91		5.54	5.54					8.74	11.07	1.65	2.77	3.91	5.54	0.0036
					5.44	5.44		7.48	7.48					11.11	13.44	2.44	4.01	5.54	7.63	
2-1/2	73.0				5.16	5.16		7.01	7.01					9.53	14.02	2.11	3.05	5.16	7.01	0.0053
					8.63	8.63		11.41	11.41					14.92	20.39	3.77	5.36	8.81	11.64	
3	88.9				5.49	5.49		7.62	7.62					11.13	15.24	2.11	3.05	5.49	7.62	0.0079
					11.29	11.29		15.27	15.27					21.35	27.68	4.60	6.59	11.52	15.59	
3-1/2	101.6				5.74	5.74		8.08	8.08					-	-	2.11	3.05	5.74	8.08	0.0103
					13.57	13.57		18.63	18.63					-	-	5.29	7.55	13.84	19.01	
4	114.3				6.02	6.02		8.56	8.56			11.13		13.49	17.12	2.11	3.05	6.02	8.56	0.0130
					16.07	16.07		22.32	22.32			28.32		33.54	41.03	5.96	8.52	16.40	22.77	
5	141.3				6.55	6.55		9.53	9.53			12.70		15.88	19.05	2.77	3.40	6.55	9.53	0.0199
					21.77	21.77		30.97	30.97			40.28		49.11	57.43	9.67	11.82	22.20	31.59	
6	168.3				7.11	7.11		10.97	10.97			14.27		18.26	21.95	2.77	3.40	7.11	10.97	0.028
					28.26	28.26		42.56	42.56			54.20		67.56	79.22	11.55	14.13	28.83	43.42	
8	219.1		6.35	7.04	8.18	8.18	10.31	12.70	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01	22.23	2.77	3.76	8.18	12.70	0.048	
			33.31	36.81	42.55	42.55	53.08	64.64	64.64	75.92	90.44	100.92	111.27	107.92	15.09	20.37	43.39	65.95		
10	273.1		6.35	7.80	9.27	9.27	12.70	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58	25.40	3.40	4.19	9.27	12.70	0.074	
			41.77	51.03	60.31	60.31	81.55	81.55	96.01	114.75	133.06	155.15	172.33	155.15	23.08	28.34	61.52	83.19		
12	323.9		6.35	8.38	9.53	10.31	14.27	12.70	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32	25.40	3.96	4.57	9.52	12.70	0.104	
			49.73	65.20	73.88	79.73	108.96	97.46	132.08	159.91	186.97	208.14	238.76	186.97	31.89	36.73	75.32	99.43		
14	355.6	6.35	7.92	9.53	9.53	11.13	15.09	12.70	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71		3.96	4.78			0.126	
		54.69	67.90	81.33	81.33	94.55	126.71	107.39	158.10	194.96	224.65	253.56	281.70		35.06	42.14				
16	406.4	6.35	7.92	8.53	9.53	12.70	16.66	12.70	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49		4.19	4.78			0.165	
		62.64	77.83	93.27	93.27	123.30	160.12	123.30	203.53	245.56	286.64	333.19	365.35		42.41	48.26				
18	457.0	6.35	7.92	11.13	9.53	14.27	19.05	12.70	23.88	29.36	34.93	39.67	45.24		4.19	4.78			0.208	
		70.57	87.71	122.38	105.16	155.80	205.74	139.15	254.55	309.62	363.56	408.26	459.37		47.77	54.36				
18	457.0	6.35	7.92	11.13	9.53	14.27	19.05	12.70	23.88	29.36	34.93	39.67	45.24		4.19	4.78			0.208	
		70.57	87.71	122.38	105.16	155.80	205.74	139.15	254.55	309.62	363.56	408.26	459.37		47.77	54.36				
20	508.0	6.35	9.53	12.70	9.53	15.09	20.62	12.70	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01		4.78	5.54			0.258	
		78.55	117.15	155.12	117.15	183.42	247.83	155.12	311.17	381.53	441.49	508.11	564.81		60.46	70.00				
22	559.0	6.35	9.53	12.70	9.53	-	22.23	12.70	28.58	34.93	41.28	47.63	53.98		4.78	5.54			0.312	
		86.54	129.13	171.09	129.13	-	294.25	171.09	373.83	451.42	527.02	600.63	672.26		66.57	77.06				
24	610.0	6.35	9.53	14.27	9.53	17.48	24.61	12.70	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54		5.54	6.35			0.372	
		94.53	141.12	209.64	141.12	255.41	355.26	187.06	442.08	547.71	604.03	720.15	808.22		84.16	96.37				
26	660.0	7.92	12.70	-	9.53	-	-	-	12.70										0.435	
		127.36	202.72	-	152.87	-	-	-	202.72											
28	711.0	7.92	12.70	15.88	9.53	-	-	-	12.70										0.505	
		137.32	218.69	271.21	164.85	-	-	-	218.69											
30	762.0	7.92	12.70	15.88	9.53	-	-	-	12.70						6.35	7.92			0.580	
		147.28	234.67	292.18	176.84	-	-	-	234.67						120.72	150.36				
32	813.0	7.92	12.70	15.88	9.53	17.48	-	-	12.70										0.660	
		157.24	250.64	312.15	188.82	342.91	-	-	250.64											

Figure III 3: Catalogue des tubes acier et inox SOLYRO [13].

Après le calcul de l'épaisseur, on a trouvé une valeur de 3,645mm. Comparée aux données du catalogue, cette épaisseur se trouve légèrement inférieure à 3,9(mm). On a décidé alors de commander les tubes TUE 235A correspondant à un diamètre extérieur 60,3mm et une épaisseur de 3,91(mm).

III.6. Conclusion

Dans le but de maintenir la station de production d'air comprimé totalement autonome .Tout d'abord, nous avons prévu le remplacement des compresseurs C'est-à-dire qu'en cas de panne d'un des compresseurs, la production devra être assurée.

Avant de faire le choix d'un équipement et de concevoir une centrale d'air comprimé, il est indispensable de définir toutes les données nécessaires (pression, débit, température, fréquence d'électricité...etc.).

La sélection des composants se fait après la multiplication de nos besoins par un coefficient de sécurité. Notant que pour produire un débit d'air de 750 Nm³/h, on a sélectionné un compresseur produisant 940Nm³/h et pour un débit de 417Nm³/h. un sécheur d'une capacité de 500Nm³/h est choisi pour couvrir l'usage des instruments. L'ensemble de l'installation est raccordée par des conduits en acier d'un diamètre extérieur de 60,3mm et de 3,91mm d'épaisseur.

Lors de ce projet de fin d'étude, nous avons pu apprendre des informations scientifiques, techniques et méthodologiques grâce à la recherche d'information très poussée que nous avons fait. Aussi, nous avons eu l'occasion de mettre en pratique les théories de notre spécialité et nous connaissons maintenant les critères de choix à respecter et les précautions à prendre pour la réalisation de cette technologie.

CONCLUSION GÉNÉRALE

On rappelle que l'objectif principale de ce projet de fin d'étude est de dimensionner une station d'air comprimé permettant d'assurer une pression convenable et en quantité suffisante, pour assurer un fonctionnement correct des différentes composantes d'une centrale à cycle combiné.

Dans le but de maintenir une station de production d'air comprimé totalement autonome, nous avons prévu le remplacement des compresseurs ; C'est-à-dire qu'en cas de panne d'un des compresseurs, la production devra être assurée.

Notons qu'avant de faire le choix d'un équipement et de concevoir une centrale d'air comprimé, il est indispensable de définir toutes les données nécessaires (pression, débit, température, fréquence d'électricité...etc.).

La sélection des composants se fait après la multiplication des besoins par des coefficients de sécurité. D'après nos calcul pour la station de la SKT, on souligne que :

- pour produire un débit d'air de $750 \text{ Nm}^3/\text{h}$, on a sélectionné un compresseur produisant $940 \text{ Nm}^3/\text{h}$ et pour un débit de $417 \text{ Nm}^3/\text{h}$.
- un sécheur d'une capacité de $500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ est choisi pour couvrir l'usage des instruments.
- L'ensemble de l'installation est raccordée par des conduits en acier d'un diamètre extérieur de 60,3mm et de 3,91mm.

Lors de ce projet de fin d'étude, nous avons pu apprendre des informations scientifiques, techniques et méthodologiques grâce à la recherche d'information très poussée que nous avons fait. Aussi, nous avons eu l'occasion de mettre en pratique les théories de notre spécialité. Désormais nous connaissons les critères de choix à respecter et les précautions à prendre pour la réalisation de cette technologie.

Références et Bibliographies

- [1] Document technique de la centrale de production d'électricité à cycle combiné SKT
- [2] Manuel d'instruction Air Energie BOGE.
- [3] Manuel d'instruction compresseur d'air stationnaires Atlas Copco
- [4] Manuel d'instruction Sécheur d'air Atlas Copco
- [5] Catalogue de compresseur à vis lubrifié Atlas Copco.
- [6] Catalogue de sécheur Atlas Copco
- [7] American standard mechanical engineerig ASME
- [8] Catalogue Air épur conception et réalisation de systèmes de dépollution de l'air
- [9] Catalogue work pneumatic
- [10] <http://frkmotorsport.forumactif.fr/t81-le-compresseur-volumetrique>
- [11] <http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/414602>
- [12] <http://www.polo-land.fr/forum/viewtopic.php?t=9546>
- [13] Catalogue des tubes acier et inox SOLYRO
- [14] <http://eduscol.education.fr/sti/system/files/images/concours-examens/834/834-schema-coupe-compresseur.png>
- [15] ENSPM Formation Industrie-IFP Training 2005