

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR – ANNABA
BADJI MOKHTAR– ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابنة

Faculté : Sciences de L'Ingéniorat
Département : Électromécanique
Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Électromécanique
Spécialité : Maintenance industrielle

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU VENTILATEUR INDUSTRIEL

Présenté par : BENFIFI SELOUA

Encadrée par : Pr BELHAMRA Ali

Jury de Soutenance

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BELHAMRA Ali	Professeur	U.B.M.A	Président
BOURAS Hichem	M.C.B	U.B.M.A	Examineur
BOUAKKAZ Messaoud	M.C.B	U.B.M.A	Examineur

Année Universitaire : 2019/2020

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À mes parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je veux vous remercier pour tout le soutien et l'amour que vous me porter depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagnera toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, biens que je ne m'acquitterai jamais assez.

Puisse dieux le tout puissant vous accorde santé, bonheur, longue vie.

Et bien sûr pour mon très cher frère AMNE et mes sœurs SARA, HADIL à toute ma famille, mes amies et à tout mon entourage.

Remerciement :

Je tiens à remercier vivement toutes les personnes qui ont contribuées à la réalisation de ce travail de fin d'études.

M^r Ali BELHAMRA, le promoteur de ce travail, sans qui ce travail n'aurait jamais eu lieu. Je le remercie pour sa disponibilité, ses orientations scientifique, ses précieux conseils et surtout pour m'avoir laissé une grande liberté dans la conception et la rédaction de ce travail.

Aux membres de jury qui ont pris sur leurs temps et aménager leur volonté pour examiner et porter une analyse critique sur mon travail.

M^r Rafai .R, le chef service de la zone P.M.A à SIDER EL-HANAR

Zui m'a encadré durant tout mon stage pratique à travers tous les ateliers de la P.M.A

Mon entourage pour son aide et son soutien permanent durant toute la période de préparation de ce travail.

Tous ceux que m'ont aidée ou soutenue de quelle que manière que ce soit et que je ne saurais citer ici.

ملخص.

يركز هذا العمل على دراسة التهوية وتصميمها وحجمها لتطبيق المعرفة النظرية المكتسبة خلال تربصنا الجامعي وجدنا انه من الضروري تحديد موعد للتربص في مجمع الصلب بالحجر على موقع تحضير الكتل الملبدة.

يبرر اختيار تحضير الكتل الملبدة أهمية التهوية على مستوى هذا القطاع لأنها تمثل العملية الأساسية في العملية التكنولوجية لتحضير التكتل الذي يعتمد منه على جودة منتج المجمع الحديد الزهر الذي سيتحول بعد ذلك إلى الصلب.

لقد كرسنا الدراسة لتصميم وتحجيم مراوح إزالة الغبار لسلسلة طهي الألواح الخشبية عن طريق شفط موزع بشكل موحد تحت السطح الكامل للمؤزر الذي يوضع عليه الخليط.

تركز الدراسة على التحقق من اختيار المحرك وخط التوصيل والشفط.

Résumé :

Le présent travail porte sur l'étude de la ventilation, sa conception et son dimensionnement, pour mettre en application les connaissances théoriques acquises lors de notre formation universitaire .Nous avons trouvé nécessaire la programmation d'un stage au niveau du complexe sidérurgique d'El HADJAR sur le site de la PMA.

Le choix de la PMA est justifié par l'importance de la ventilation au niveau de ce secteur car elle représente l'opération essentielle dans le processus technologique de préparation de l'aggloméré a partir duquel dépend la qualité du produit du complexe qu'ait la fonte qui sera ensuite transformée en acier.

Nous avons consacré l'étude à la conception et au dimensionnement des ventilateurs de dépoussiérage de la chaîne de cuisson de l'aggloméré par une aspiration répartie uniformément sous toute la surface du tablier sur lequel est disposé le mélange.

L'étude est portée sur la vérification du choix du moteur, de l'accouplement et de la conduite d'aspiration.

Abstract:

This work focuses on the study of ventilation, its design and sizing; to apply the theoretical knowledge acquired during our university training we found it necessary to schedule an internship at the steel complex of El HADJAR on the PMA website.

The choice of PMA is justified by the importance of ventilation in this sector because it represents the essential operation in the technological process of preparation of the agglomerate from which depends the quality of the product of the complex that has the cast iron, which will then be transformed into steel.

We devoted the study to the design and sizing of the dust removal fans for the chipboard cooking line by suction distributed uniformly under the entire surface of the apron on which the mixture is placed.

The study is focused on the verification of the choice of motor, coupling and suction line.

Chapitre	TITRE	PAGE
	Sommaire	7
	Liste des figures	10
	Liste des tableaux	11
	Introduction générale	13,14
Chapitre I	Description générale de la division PMA (préparation de la matière et agglomération) au sien du complexe (SIDER EL HAJAR)	
	.Introduction	16
	I.2. Historique de complexe	16
	I.2.1. Présentation du complexe	16
	I.2.2 Objectif de complexe	16
	I.2.3. Organisation du complexe	17
	I.3.Présentation de la division préparation des matières et agglomérations(PMA)	18
	I.3.1. Description de la division PMA (préparations des matières et agglomération)	18
	I.4.Secteur minerais	19
	I.4.1.Généralités	19
	I.5.Secteur coke et additions	20
	I.5.1.Généralités	20
	I.5.2.Origine de petit coke	21
	I.5.3.Fabrication de fin de coke	21
	I.5.4.Processus de traitement adopté pour le secteur coke de l'unité PMA	21
	I.6.Secteur agglomération	22
	I.6.1.Description de secteur	22
	I.6.2.Description d'un atelier d'agglomération	24
	I.6.2.1.Données de base	24
	I.6.2.2.Bande d'agglomération	25
	I.6.2.3.Hotte allumage	25
	I.7.Conclusion	26
Chapitre II	Critères de choix d'un système de ventilation	

	II.1. Introduction	28
	II.2. Les types de ventilateur	28
	II.2.1. Ventilateur centrifuge	28
	II.2.2. Les ventilateurs radiaux ou axiaux	29
	II.3. Caractéristique des roues de ventilateurs	29
	II.3.1. La forme de la turbine	29
	II.3.2. Le choix d'une roue de ventilateur	30
	II.4. Le rendement du ventilateur	31
	II.4.1. Rendement global.	31
	II.4.2. Rendement préconisé par transmission	32
	II.5. Ventilateur centrifuge	32
	II.5.1. Calculs du ventilateur	32
	II.5.2. Point de fonctionnement	33
	II.5.3. Dimensionnement théorique de la turbine	34
	II.5.4. L'allure de la courbe caractéristique	35
	II.5.5. Sortie de ventilateur	36
	II.6. Acoustique	37
	II.6.1. Comment connaître le bruit que fera le ventilateur	38
	II.7. Moteur asynchrone	39
	II.7.1. Présentation	39
	II.7.2. Principe de fonctionnement	39
	II.8. Conclusion	42
Chapitre III	Conception du système de ventilation du secteur aggloméré.	
	III.1. Introduction	45
	III.2. Description générale du ventilateur industriel	45
	III.3. Les composants mécaniques du ventilateur industriel	45
	III.3.1. La roue	45
	III.3.2. L'enveloppe du ventilateur	46
	III.3.3. Cône d'admission	46
	III.3.4. Joint d'étanchéité d'arbre	47
	III.3.5. Arbre de roue	47
	III.3.6. Support du palier	48
	III.3.7. Protection d'entraînement et d'arbre	48

	III.3.8.Joint de délitation	48
	III.3.9.Portes d'accès et visite	49
	III.3.10.Paliers	49
	III.3.11.Registre claire-voie	51
	III.4.Fonctionnement du ventilateur industriel	51
	III.4.1.Mise en charge	51
	III.4.2.Contrôle	52
	III.4.3.Mise à l'arrêt	52
	III.4.4.Entretien de routine en coure de fonctionnement	52
	III.5.Entretien du ventilateur	53
	III.5.1.Manutention	53
	III.6.Contrôle de l'usure	54
	III.7.Accouplement	54
	III.7.1.généralité	54
	III.7.2.Les types d'accouplement	55
	III.7.3.Exigence d'alignement des arbres	56
	III.7.4.Maintenances et mode de défaillances	56
	III.8.Les problèmes générales du ventilateur industriel	56
	III.9.Conclusion	57
Chapitre IV	Vérification du choix des éléments de la commande du ventilateur	
	IV.1. Introduction	59
	IV.2.Les caractéristiques du ventilateur	59
	IV.3.Le choix du moteur	60
	IV.3.1.Calcule de puissance	60
	IV.4.Fiche technique pour moteur 'HELMER' triphasé à bagues	61
	IV.4.1.Conditions d'installation	61
	IV.5.Spécifications techniques pour démarreur liquides à courant triphasé	61
	IV.6.Choix d'accouplement.	64
	IV.7.Choix de la turbine	65
	IV.8.Conclusion.	67
	Conclusion générale	69

Liste des figures		
N° de figure	Légende	page
Chapitre I		
1	Organisation du complexe	17
2	Schéma de la division PMA	18
3	Processus d'homogénéisation à l'aide d'un jeteur	20
4	Schéma de traitement de coke	22
5	La chaîne d'agglomération	24
6	Hotte d'allumage	25
7	Synoptique présentant les différents étapes de processus d'agglomération	26
Chapitre II		
1	Les roues des ventilateurs	30
2	La forme des pales des ventilateurs	31
3	Rendement global	31
4	Courbe caractéristiques d'un ventilateur centrifuge	33
5	Types des turbines	35
6	Courbe caractéristique d'un ventilateur à aubes recourbées vers l'avant et à aubes recourbées vers l'arrière pour même point de fonctionnement	35
7	Gestion de débit dans un réseau de ventilation soit avec un ventilateur à action, soit avec ventilateur	36
8	Evolution de flux d'air à la sortie d'un ventilateur	37
9	Courbe caractéristiques d'un ventilateur	38
10	Courbe du couple en fonction de la vitesse	41
11	Les trois domaines de fonctionnement de la machine	42
Chapitre III		
1	Zone de deux ventilateurs	45
2	Boîtes de commandes	
3	La roue	46
4	Composant du ventilateur	47
5	Plan de l'arbre	48
6	Joint de dilatation	49
7	Palier N°3	50
8	Palier N°1	50
9	Plan d'accouplement	51
10	les trois domaines de fonctionnement de la machine asynchrone	55

Chapitre IV		
1	La turbine lors de l'équilibrage sur machine	60
2	Moteur asynchrone à bagues	62
3	Accouplement moteur turbine de l'installation	62
4	Accouplement élastique	66
5	Jonction de deux conduits en un seul conduit	66

Liste des tableaux		
N° de tableau	Légende	Page
1	Type des ventilateurs	29
2	Le rendement et la puissance utile du ventilateur	32
3	Caractéristique du ventilateur	56
4	Catalogue d'accouplement flexible	64

Introduction générale

Introduction générale :

La ventilation est l'action qui consiste à créer un renouvellement de l'air, par déplacement dans un lieu clos elle est mise en œuvre dans les lieux où l'oxygène risque de manquer ou bien où des polluants et autres substances indésirables (humidité par exemple) risqueraient de s'accumuler en son absence : logements, bureaux, magasins, salles de spectacles, d'enseignement, ouvrages souterrains, tunnel routier, atelier industriel, mine)

Avant le XIX^e l'éventail, inventé par les chinois et autres pankas, faisant partie des appareils de ventilation les plus élémentaires et les plus anciens, permettent de ménager un courant d'air rafraîchissant, dans les ambiances surchauffées des régions orientales. Dans le même esprit les badges réalisent une des premières climatisations.

À partir de 1734, John THEOPHILUS Desaguliers, et le physiologiste, chimiste et inventeur britannique Stephen Hales, introduisent les ventilateurs mécaniques pour aérer la Prison de NEWGATE, les hôpitaux et surtout les Chambres des communes où une « roue centrifuge » est employée : En 1750 un comité est institué à Londres, par la Société royale pour examiner le mauvais état de ventilation de ces prisons qui produit alors « la maladie bien connue sous le nom de *fièvre des prisons* ». Sir John PRINGLE. Auteur et le docteur Hales recommandent l'usage d'un ventilateur inventé par ce dernier et bientôt les décès à NEWGATE sont réduits de sept ou huit par semaine, à environ deux par mois. On a une idée de ce qu'est alors la prison de NEWGATE, par ce fait que des onze ouvriers employés à établir le ventilateur, sept sont atteints de la fièvre et un en meurt.

Apports de XX^e La climatisation moderne est inventée par Willis H. Carrier en 1902. Le chauffage, ventilation et climatisation, sont de plus en plus souvent associés. Aux États-Unis on les retrouve dans une discipline unique appelée HVAC. L'HVAC devient une entreprise mondiale dont le rôle consiste en l'exploitation, la maintenance, la conception et la construction de systèmes, la fabrication et la vente d'équipements, l'éducation et la recherche. Cette industrie est historiquement régulée par les fabricants d'équipements HVAC, mais des organismes de régulation et de standardisation. Sont instaurées dès 1894 pour soutenir l'industrie et encourager des standards élevés de finition. Le premier choc pétrolier en 1973 aboutit dans les climats froids et tempérés, et surtout dans les pays occidentaux, à un nouveau type de construction faisant un usage intensif de l'isolation thermique. La pose de l'isolation, s'accompagne de membrane plus ou moins étanches, de part et de freines-vapeurs qui visent à protéger l'isolant de toute atteinte par l'humidité ambiante ou extérieure. Les bâtiments de fait deviennent de plus en plus étanches, et la ventilation, qui est naturelle ou forcée, se préoccupe désormais, d'évacuer le surplus d'humidité intérieur et surtout d'assurer le renouvellement d'air nécessaire à la respiration.

Dans les concepts du type « maison passive », développé à partir d'expériences réalisées dans les années 1970, les bâtiments sont totalement étanches, et la ventilation totalement assurée par des moyens artificiels.

Avec le Protocole de Kyoto en 1997, visant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, les états s'arment d'une batterie de règlements visant à améliorer la performance énergétique des bâtiments ainsi que leur dépendance aux sources d'énergies fossiles. La conception des bâtiments prend en considération désormais les caractéristiques thermiques, et l'étanchéité à l'air du bâtiment, les équipements de chauffage et d'approvisionnement en eau chaude; les installations de climatisation, la ventilation, ainsi que dans l'implantation la compacité et l'orientation du bâtiment, les systèmes solaires passifs et les protections solaires, l'éclairage naturel, etc. La paroi devient un objet de haute technicité. [10]

L'entreprise nationale de sidérurgie a été créée par la société bônoise de sidérurgie en 1959. L'E.N.S a développé en 1969 un pôle sidérurgique à EL HAJAR pouvant répondre à une gamme de produits très variés et enfin-elle devenue (SIDER) le complexe intégré d'EL HADJAR depuis 1968.

En juin 1969, les premières unités de productions à savoir le secteur fonte, préparation des matières et agglomération, haut fourneau et aciérie furent développés, et le complexe peut répondre à une gamme de produits finis et semi-finis très variés : brames, barre de ferrailles, billettes, lingots, fil machine et ronds à béton

Le stage effectué au niveau de la PMA et qui rentre dans le cursus de formation du master nous a permis de se d'intégrer la vie professionnelle et de se familiariser avec le processus industriel de la fabrication de l'aggloméré nécessaire dont dépend la qualité du minerai de fer.

le principe de préparation du mélange fritté à partir d'un silo (fine de coke additions , minerai 10mm) , sur la chaîne de l'agglomération , de manière uniforme avec une épaisseur de 430 mm puis le mélange passe sous une hotte d'allumage de la couche superficielle au fil du temps ; une fois l'air aspiré par les quinze boîtes à vents et le collecteur de longueur de 60 mètres sous toute la chaîne .,

Le processus d'aspiration se fait à l'aide de deux grands ventilateurs avec une dépression 1250 mm CE.

L'essentiel du travail contenu dans ce modeste mémoire de master consiste au calcul et la vérification des ventilateurs destinés à la tâche de préparation du mélange pour avoir un aggloméré permettant l'obtention d'un minerai de fer de bonne qualité ce qui permettra à l'entreprise d'être compétitive.

Pour se faire nous avons regroupé notre travail dans un mémoire composé de quatre chapitres.

Dans le premier chapitre nous présentons l'entreprise avec ses différentes divisions ou nous avons insisté sur la division principale qu'ait la PMA.

Le deuxième chapitre fait état de l'art de la ventilation industrielle.

Le troisième chapitre est réservé à la Conception de l'installation du système de ventilation de la zone PMA.

Le calcul et la vérification de l'installation de ventilation sont regroupés dans le chapitre quatre

Et nous terminons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I :

Description générale de la division préparation de la matière et agglomération (PMA) du complexe SIDER EL HAJAR

I-Introduction :

Pour assurer une bonne perméabilité aux gaz qui circulent contre le courant de la charge, et comme l'exploitation des particules fines (<5mm) qui sont nocives pour le haut fourneau car elles conduisent à des perturbations dans le courant gazeux et peuvent être la cause d'une allure périphérique et abaisser le coefficient de production il fallait trouver une solution qui permet de les utiliser sans entraver la marche des Hauts Fourneaux .la préparation de l'agglomérer consiste a préparer un mélange de mènèrai de fer ; coke et de sable on respectant une granulométrie exigèr par les haut fourneau généralement 5mm .Cette opération consiste au frittage au moyen d'un combustible solide.

I.2.Historique du complexe :

L'Entreprise Nationale de Sidèrurgie (ENS) a été construite en 1959 par la Société

Bônnoise de Sidèrurgie (SBS). Avec la nationalisation du patrimoine algérien celle-ci devient la Société Nationale de Sidèrurgie (SNS).

En 1969, l'usine subit un essor considérable par la construisant d'un pôle sidèrurgique à El-Hadjar pouvant répondre à une variété de gamme de produits et elle sera dénommer SIDER .Depuis 1969, le complexe a vu ces activités se développer au fil des années afin de répondre à la demande sans cesse croissante des produits sidèrurgiques.

A l'entame de l'année 1999,il y a eu suppression des sous directions et création de 24 filiales. Une division Laminoir Rond a Béton (L.R.B) crée en 2004.



I.2.1.Présentation du complexe :[1]

Le complexe sidèrurgique d'El-Hadjar est situé à l'Est de l'Algérie dans la zone industrielle d'Annaba, à 15 km au sud de la ville. La gestion de complexe est assurée par l'entreprise SIDER avec une participation no négligeable de l'état algérien.

La superficie totale de complexe 800 ha répartir comme suite :

- ✓ 300 Ha pour Les ateliers de production
- ✓ 300 Ha pour Les lieux de stockage.
- ✓ 200 Ha pour L'administration, les services.

I.2.2.Objectifs du complexe :

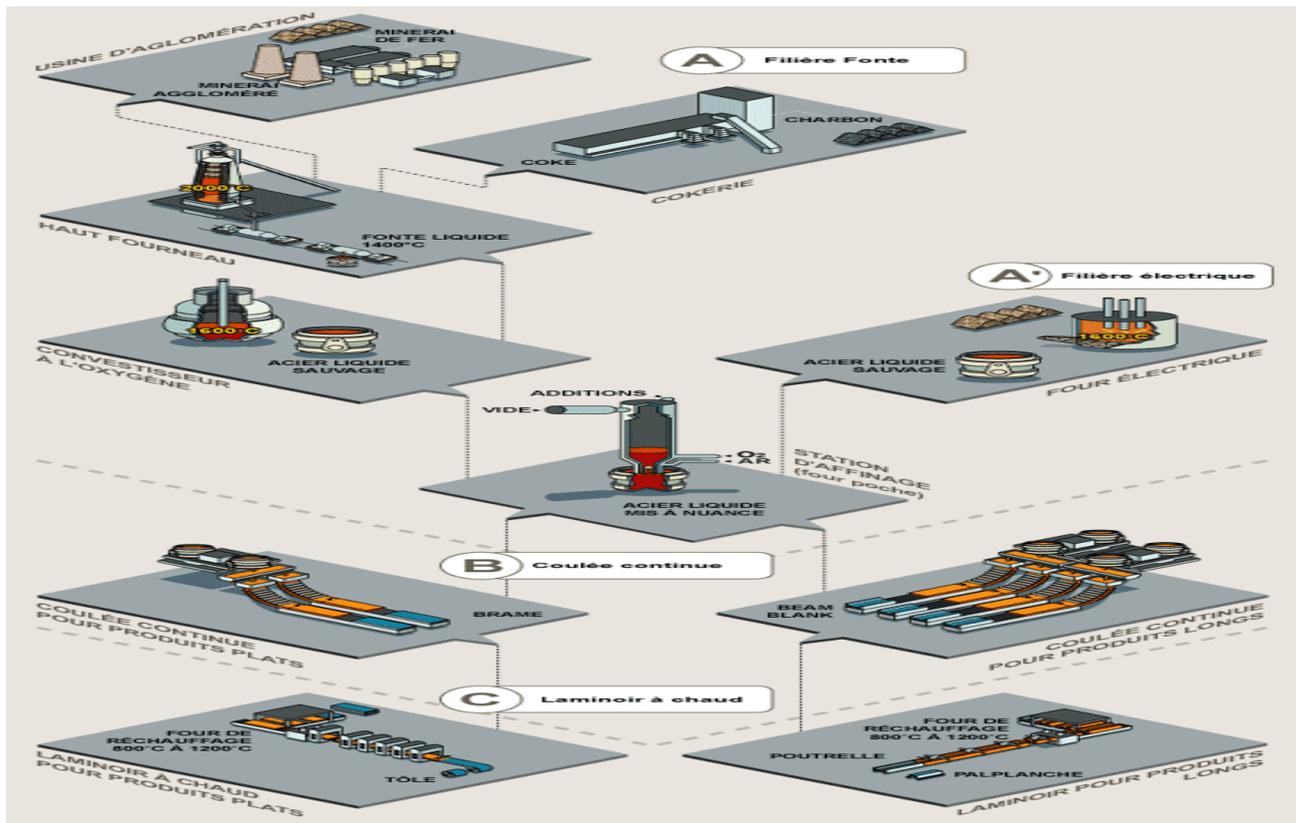


Figure I.1.Organisation du complexe

En juin 1969, les premières unités de productions à savoir le secteur fonte, préparation des matières et agglomération, haut fourneau et aciérie furent développés, et le complexe peut répondre à une gamme de produits finis et semi-finis très variés : brames, barre de ferrailles, billettes, lingots, , fil machine et ronds à béton.

I.2.3.Organisation du complexe :

Au Imposé une subdivision en filière spécialisée, chacune dans un secteur de production finie, chaque filière est dirigée par un sous-directeur qui a à sa charge le contrôle, la gestion et la coordination de l'ensemble des divisions que constitue la sous-direction.

I.3. Présentation de la division Préparation des Matières et Agglomérations (PMA) :

La division PMA est mise en service depuis l'essor de l'usine et constitue le pilier principal de la sous-direction de la Matières Premières et Fonte (MPF). Elle est chargée de la manutention et du traitement des matières destinées à l'alimentation des hauts fourneaux pour la fabrication de la fonte. :

Cette division comprend trois secteurs à savoir :

- Le secteur coke et additions.
- Le secteur minéral.
- Le secteur agglomération

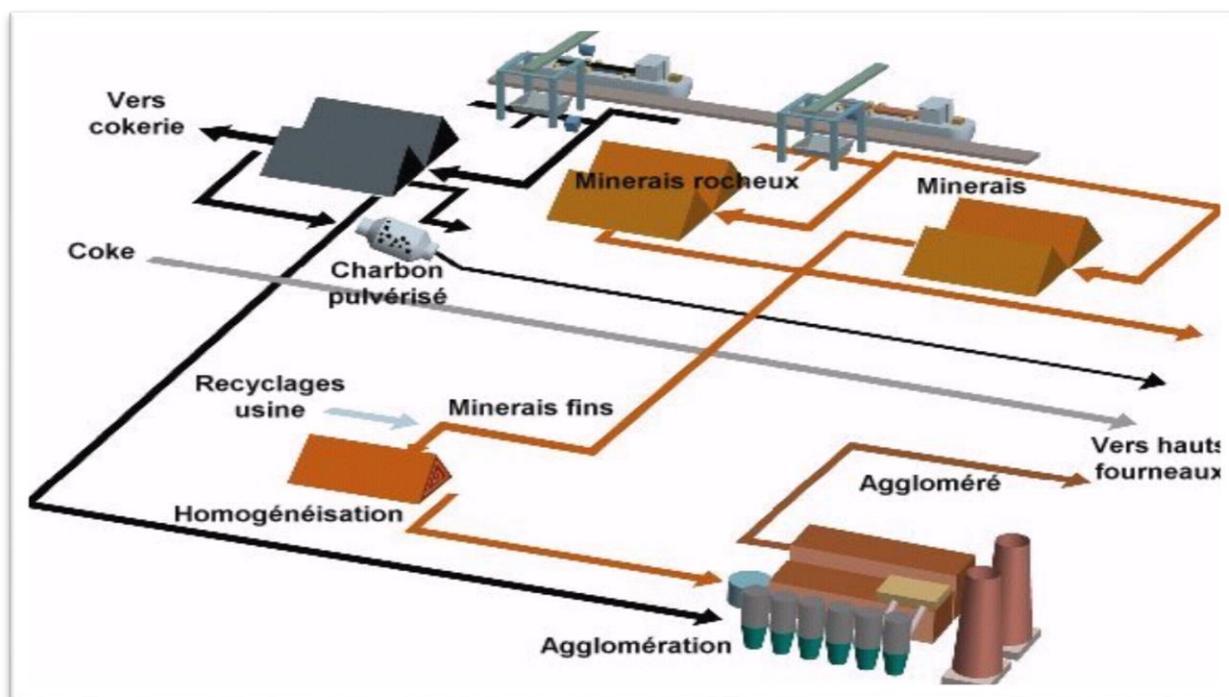


Figure I. 2 : Schéma de la division PMA

I.3.1. Description de la division PMA (préparation des matières et agglomération) :

L'ensemble des installations regroupées dans cette division sous le sigle PMA (Préparation des Matières et Agglomération) comprend trois principaux secteurs à savoir :

- **Secteur minéral**

Le rôle est identique au précédent en ce qui concerne le minéral acheminé par wagons des mines de Boukhadra et d'Ouenza à la station de déchargement.

- **Secteur coke et additions**

Il réceptionne, stocke, traite et achemine les combustibles et les additions nécessaires au fonctionnement des hauts fourneaux et des agglomérations.

- **Secteur agglomération**

A pour but, sous une haute température de la haute d'allumage (1200-1300 °C), de faire le traitement thermique du mélange (minerai + additions) afin d'obtenir l'aggloméré qui alimente le haut fourneau.:

I.4.Secteur minerai :

I.4.1.Généralités :

Ce secteur a pour rôle de réceptionner et traiter le minerai acheminé par wagons des mines d'Ouenza et à de BOUKHADRA jusqu'à la station de chargement de l'installation, puis de le traiter travers une zone de « broyage –criblage ».La fraction (0 à 10 mm) est homogénéisée sur parc avant d'être acheminée sur demande vers l'agglomération. La granulométrie intermédiaire (10 à 50 mm) est acheminée sur demande vers les hauts fourneaux.

- **Zone de préparation mécanique du minerai:**

Une surface disposée à la transformation du minerai de 0-300mm ; 0-50 mm et

10-50 mm (SEQUENCE de 21 à 25 et 12B) :

- **SEQUENCE 21**

L'acheminement du minerai 0-300 mm vers les silos du broyage primaire (SIL 210 et 211).

- **SEQUENCE 22**

Le criblage et le broyage primaire du minerai de 0-300mm extrait des silos 210 et 211 et le transport de ceux dont la granulométrie e

st de 0-50 mm obtenu vers les silos 212 et 215 [1].

- **SEQUENCE 23**

Le criblage du minerai 0-50mm extrait des silos 212 et 215 et du 0-10mm extrait des silos 220 et 22 en provenance du broyage secondaire. Les deux produits sont réparties en deux catégories ; 0-10mm sont acheminés par le TRO 223 vers les parcs de stockage tandis que ceux dont la granulométrie est comprise entre 10-50 mm transit vers les silos 216 et 218 par le TRO 216.

- **SEQUENCE 25**

Le broyage du minerai 10-50 extrait des silos 216 et 218 et acheminement du 0-10 mm vers les silos 220 et 221 par le TRO 219.

- **SEQUENCES 24 et 12B**

L'acheminement par le TRO 251 du minerai 10-50mm extrait des silos 216 à 218 vers les hauts-fourneaux ou vers les silos de passage 5 et 6 pour l'aciérie.

Deux aires pour le minerai de 0-10 mm -SEQUENCE 13 et 26. Le minerai 0-10mm en provenance de la zone broyage. Le criblage est dirigé vers le parc d'homogénéisation où deux aires de stockage d'une capacité unitaire est de 250.000 t sont aménagés : l'une au sud et l'autre au nord du transporteur du parc.

Le minerai y est déposé par un appareil de mise au tas équipé d'une flèche orientable et qui se déplace sur une voie de roulement dont les rails sont situés de part et d'autre du transport de parc. La reprise du minerai qui sera acheminé vers les silos de stockage des agglomérations s'effectue par une roue- pelle. Il y a toujours un tas en constitution et un tas en reprise et de ce fait, une séquence de mise au tas et une séquence de reprise.



Figure I-3: Processus d'homogénéisation à l'aide d'un jeteur.

I.5.Secteur coke et additions :

I.5.1.Généralités

Les combustibles solides utilisés pour l'agglomération sur grille peuvent être soit des produits d'origine végétale (charbon sous forme de houilles et lignites), soit des produits de transformation de ces combustibles naturels (combustibles artificiels forme de coke) .

Les charbons naturels se sont formés à partir de matériaux végétaux partiellement décomposés sous l'action d'agents divers à la fois physique et chimique.

Les combustibles artificiels sont obtenus par cokéfaction des charbons dans des fours à coke appelés batteries. La cokéfaction ou la houillification s'accompagne d'un accroissement de la teneur en carbone et d'un appauvrissement en matières volatils du charbon.

Les combustibles artificiels utilisés en agglomération sont appelés fine de coke ou poussier de coke. Ces fines de coke proviennent du broyage du petit coke (+0-20mm). Pour les raisons économiques, ils utilisent parfois à l'agglomération de la fine de coke maigre issue des charbons possèdent des caractéristiques non aptes à leur utilisation pour la fabrication du coke des hauts fourneaux.

I.5.2. Origine du petit coke

Le petit coke, produit de base pour la fabrication de la fine de coke, provient soit du criblage de coke sidérurgique (CRI 309-310 cas AG2), soit directement des cokeries soit de la préparation mécanique préliminaire (concassage du coke métallurgique à une granulométrie +0 -20mm).

Pour des problèmes d'efficacité métallurgique (meilleure combustion), les combustibles d'agglomération doivent avoir des quantités minimales des fractions fines (<5mm) et des fractions grossières (>5mm).

I.5.3. Fabrication de la fine de coke

La fine de coke utilisée en agglomération est produite dans des installations équipées de lignes de criblage et de broyage.

Les circuits modernes cherchent à limiter la production des fines et des gros, tout en évitant le surbroyage. Le circuit le plus courant est du type circuit fermé avec pré criblage,

Pour ne traiter de manière ménagée que les fractions grossières. Les broyeurs utilisés pour la préparation de classique des combustibles ont généralement les broyeurs à barres (cas PM2).

L'avantage des broyeurs à barres est le grand rapport réduction de traiter du 0-40mm en un seul étage, une production élevée mais avec un inconvénient leur broyage avec une production excessive de fines dépoussières et pourcentage excessif de grain gros.

I.5.4. Processus de traitement adopté par le secteur coke de l'unité PMA

Etant donné l'arrêt de actuel de la cokerie, le secteur reçoit via le port d'Annaba un coke importé (- 60 +0mm de granulométrie) utilisé comme combustible. Ce dernier est stocké dans trois silos (relies chacun à un extracteur et à un transporteur) puis divisés en deux portions par un crible (criblage primaire) d'ouverture de maille carrée 20mm. Les refus (-60 +20mm) alimentent directement le haut fourneau et les passants (-

20mm) sont broyés en circuit fermé par deux broyeurs à barres jusqu'à une granulométrie de $-3 + 0\text{mm}$ (fine de coke) pour finir dans les silos alimentant le secteur agglomération.

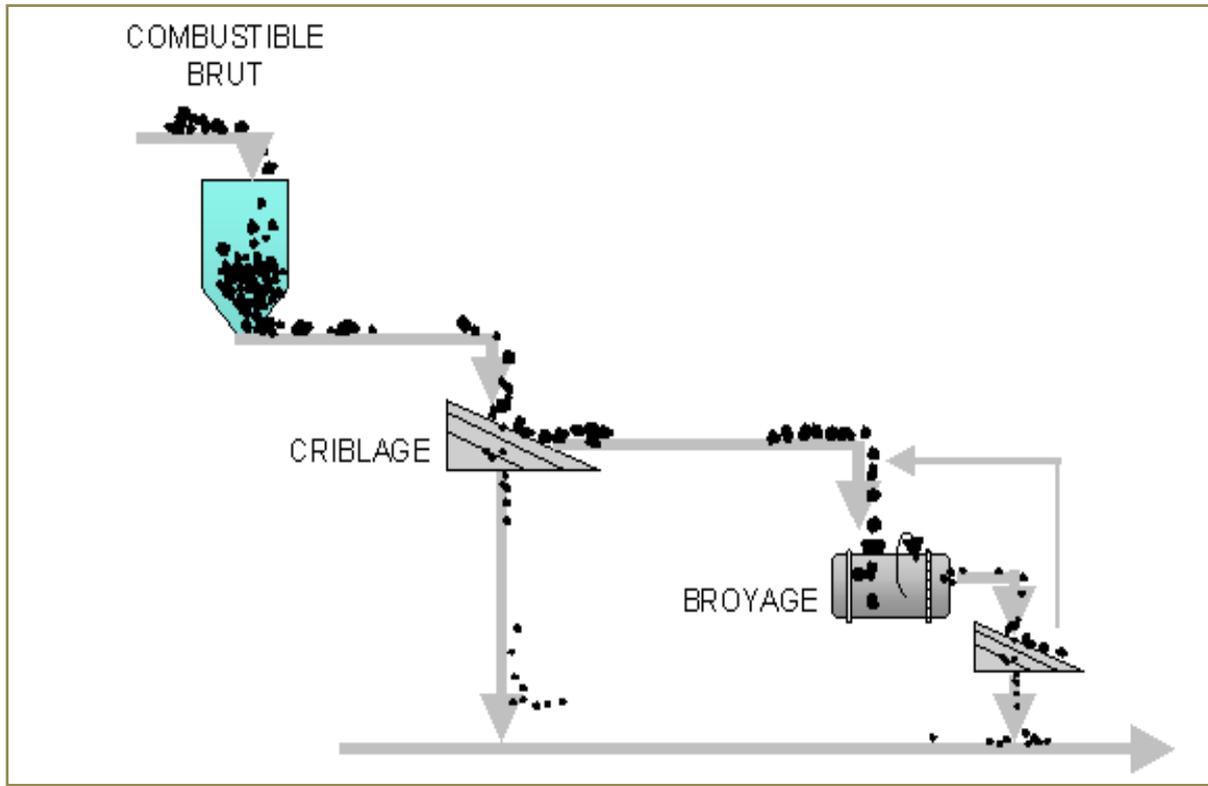


Figure I -4 : Schéma de traitement de coke.

I.6.Secteur agglomération :

La PMA possède deux zones d'agglomération du minerai de fer AG1 et AG2 ; ce secteur est la plaque tournante de la PMA et de l'alimentation des haut-fourneaux.[2]

I.6.1.Description du secteur :

Ce secteur a pour rôle principal la fabrication d'un aggloméré conforme aux exigences des hauts fourneaux. Leurs activités sont :

- La gestion des ateliers et du personnel.
- La réception et stockage du minerai 0 – 10 mm, fines de coke 0 - 3 mm et additions.
- L'élaboration de l'aggloméré.
- L'alimentation des silos des hauts fourneaux en aggloméré et minerai calibré.

Après avoir donné un aperçu sur les différentes séquences de l'agglomération, on va détailler chaque étape.

- Séquence « 1 »

Le rôle de la première séquence est la préparation du mélange, elle est composée de deux parties.

- **1^{ère} Partie**

La dosimétrie qui présente les silos / doseurs où se trouve un silo de fine de retour froide et d'autres silos de fine de coke représenté par les silos (2, 3,4) et un silo de castine (silos 5) , un silo de sable (silo 6) et cinq (05) silos de minerai (silos 7, 8, 9,10 et 11) en service mise à part les deux silos (9,8) ou dessous de chaque silo se trouve un transformateur, un extracteur et un doseur [1].

- **2^{ème} Parties**

Le contenu de ces doseurs repose sur le TRO1 qui doit transporter les fines de retour froide et les fines de coke et la castine et/ou le sable avec le minerai vers le TRO 2 ou il rencontre les fines de retour chaude (silos 26) ; tous ces éléments acheminés par TRO 2 vers le mélangeur ou il y a deux rampes d'arrosage ; ces deniers peuvent-être mise en marche soit manuellement ou automatiquement dans le mélangeur ou il y a l'homogénéisation du minerai, coke et les autres additifs, puis on fait le remplissage du silo 23 par le TRO 3 et TRO 4 avec translation pour éviter le colmatage du silo 3 qui assure une bonne homogénéisation .

- **Séquence « 2 »**

C'est la cuisson ou frittage de mélange, cette étape consiste à faire la cuisson ou le frittage de mélange comme suit :

On a l'emplacement de « BEDDING » protection des grils d'une hauteur de couche de 30 mm qui fait deux rôles :

* Protection des grils

* Faire une couche poreuse pour assurer une bonne perméabilité de l'air aspiré par les deux ventilateurs.

Le déchargement du silo 23 sur la chaîne de l'agglomération, après l'emplacement du BEEDING, on arrive à la chute du contenu du silo 23 sur la chaîne de l'agglomération d'une façon uniforme dont l'épaisseur est de 430 mm.

- **Séquence « 3 »**

Criblage et broyage à froid de l'aggloméré, c'est le traitement physique et l'acheminement de l'aggloméré vers les hauts fourneaux ou le stockage.

- **Séquence « 4 »**

C'est la séquence de récupération des fines de retour chaude et la protection des grilles, elle commence par la chaîne d'agglomération.

I.6.2. Description d'un atelier d'agglomération :

L'atelier d'agglomération traite les minerais fins et la dimension de ces minerais est imposée par le compromis suivant :

- Elle peut dépasser une certaine valeur afin d'atténuer la tendance autant que possible à la ségrégation lors des chutes de matières, les gros morceaux roulent au bas du Talus et d'obtenir un mélange le plus parfait possible.
- Elle peut descendre sous une certaine dimension pour éviter que l'aggloméré envoyé à l'HF après criblage conserve une trop grande fraction de particules fines.

- **Données de base :**

Le dimensionnement et la conception des installations sont prévus pour produire 8250 t /jour

I.6.2.1. Bande d'agglomération (chaîne d'agglomération BAA)

Les caractéristiques de la chaîne sont :

- Surface d'aspiration : 240m²
- Largeur des chariots : 4m
- Vitesse de chaîne : 1,9 à 7,6m/m.
- Hauteur de couche max: 500mm

Elle est constituée de 101 chariots de grille ; ces chariots sont montés sur 04 galets porteurs.

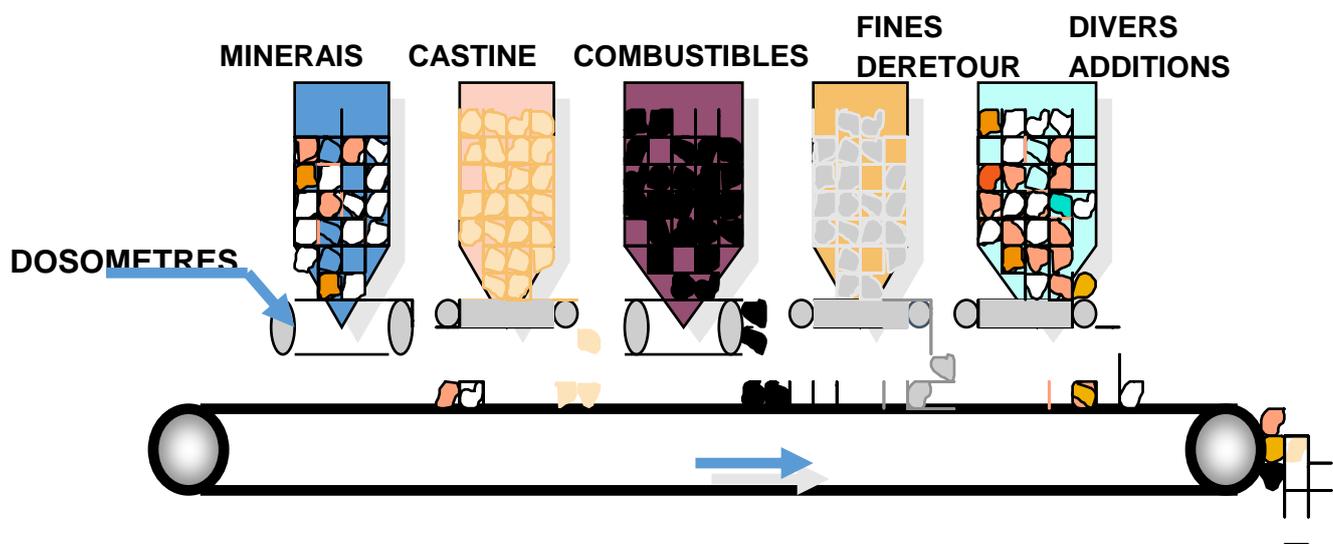


Figure I.5. la chaîne de l'agglomération

I.6.2.2.Hotte d'allumage :

Elle est composée de 12 brûleurs fonctionnant au gaz naturel. La surface de la hotte est de $4 \times 7 = 28 \text{m}^2$. Elle est équipée d'un système de soutirage des fumées en cas de surpression par l'intermédiaire d'un ventilateur aspirateur.

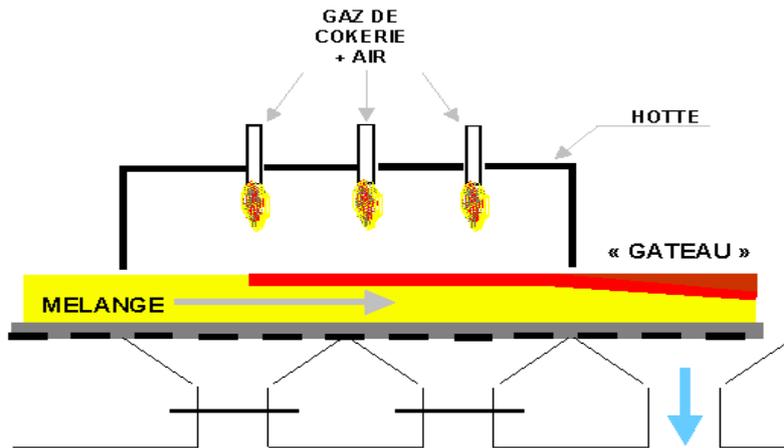


Figure I.6.Hotte d'allumage

I.6.2.3.Aspiration :

La dépression est créée par deux ventilateurs. Par l'intermédiaire de 15 caissons d'aspiration

La valeur recherchée est de 1250mmCE. La capacité des ventilateurs est de $1400\ 000 \text{Nm}^3/\text{h}$.

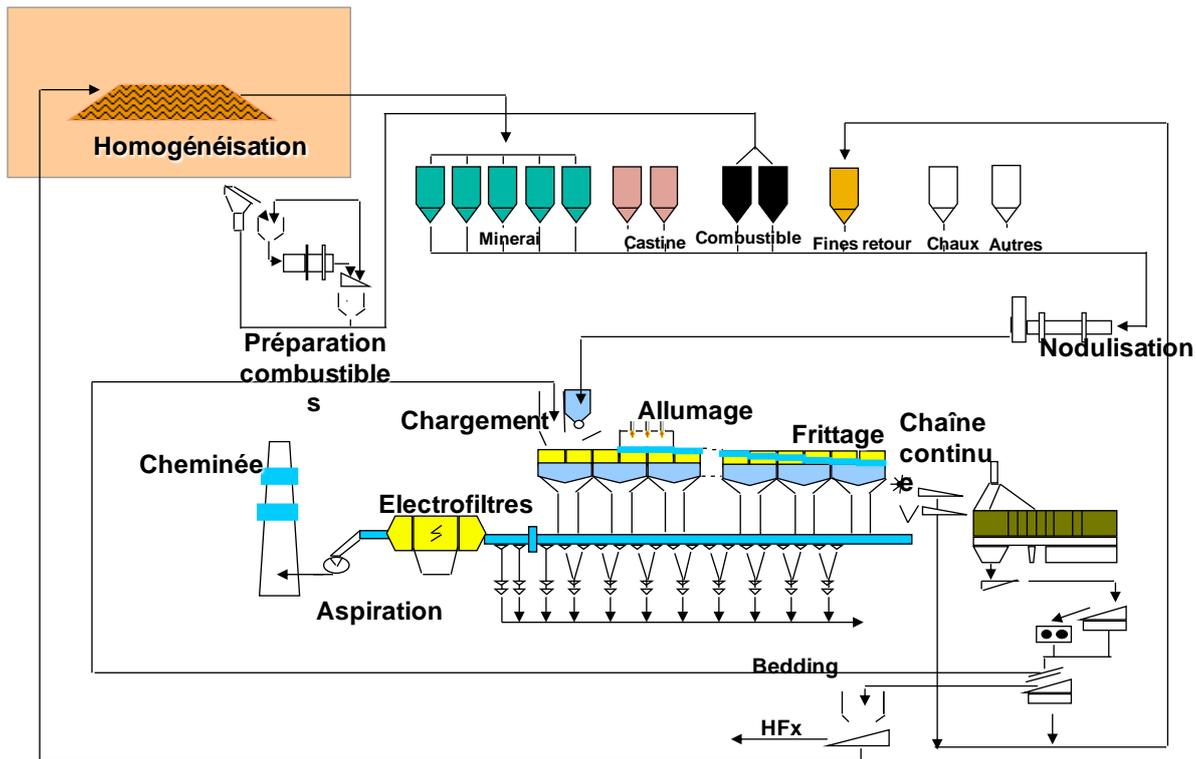


Figure I.7 : Synoptique présentant les différentes étapes du processus d'agglomération.

I.7.Conclusion :

La préparation de l'aggloméré nécessaire pour la fabrication de la matière première destinée pour les hauts fourneaux est une opération très complexe. Elle demande une rigueur très stricte pour le dosage équilibré entre les différents composants de l'aggloméré. C'est pour réussir l'opération de transformation du minerai de fer en fonte de qualité.

La cuisson de l'aggloméré est l'opération centrale de ce processus, pour avoir une cuisson homogène de tout le volume de matière mis en cuisson, il faut répartir la chaleur uniformément sur ce dernier. Les ventilateurs nécessaires pour assurer cette opération font le sujet de notre mémoire de master ou on va faire un calcul de vérification et de dimensionnement pour apporter notre contribution à l'amélioration du produit fini de l'entreprise.

Cet apport technique permettra à l'entreprise d'avoir un produit fini qui répondra à la norme exigée et donnera la possibilité à l'entreprise d'être compétitive et rentable.

Chapitre II :

Critères de choix d'un système de ventilation

II. 1.Introduction :

Les ventilateurs industriels sont essentiels dans de nombreuses industries. Les industries de la chimie, de la médecine, de l'automobile, de l'agriculture, de la climatisation, de la réfrigération, de la transformation des aliments ou encore de la construction nécessitent souvent leur utilisation pour faire circuler l'air frais et améliorer le conditionnement de l'air. Les gymnases, les entrepôts et les garages de stationnement souterrains ont également besoin de ces ventilateurs industriels pour assurer la santé et la sécurité des utilisateurs au sein de leurs bâtiments. Ils sont des turbomachines transférant à l'air qui les traverse l'énergie nécessaire afin de véhiculer l'air au travers d'une paroi (ventilateur de paroi), dans un ou plusieurs conduits ou bien permettant de balayer un espace (local) assurant ainsi une homogénéisation de l'air (ventilateur plafonnier, des tarificateurs).

II.2. les types de ventilateurs :

II.2.1 ventilateur centrifuge :

Le ventilateur centrifuge est un dispositif mécanique dans lequel l'air entre dans le ventilateur à travers son œil central pour en être expulsé au travers de la jante, ce qui en fait tantôt un dispositif de soufflage (comme un sèche-cheveux) et tantôt un dispositifs d'aspiration, parfait pour par exemple extraire l'air vicié d'une mine en le relâchant dans l'atmosphère. Ce type de ventilateurs ne fournit qu'une faible différence de pression, mais plusieurs de ces ventilateurs accouplés en série forment une progression géométrique (principe du ventilateur-compresseur). [3]

- **Ventilateurs centrifuges incurvés vers l'avant :**

Ceux-ci se caractérisent par de nombreuses petites lames qui se courbent dans le sens de la rotation. Ils nécessitent plus de puissance, mais accélèrent à mesure qu'ils rencontrent de la résistance et

Nécessitent un boîtier en spirale pour fonctionner efficacement. L'air est évacué tangentiellement, généralement par une décharge rectangulaire ou circulaire. Les ventilateurs utilisés dans les armoires de sécurité sont en grande partie de ce type. Développant une haute pression de manière relativement silencieuse, ces ventilateurs sont souvent utilisés dans des systèmes à conduits, tirant également parti de leurs distributions directionnelles.

- **Ventilateurs centrifuges incurvés vers l'arrière :**

Les ventilateurs centrifuges incurvés vers l'arrière ont un plus petit nombre de pales, pouvant être dotées d'une section de voilure qui s'incline dans le sens de la rotation. La puissance maximale et la vitesse minimale coïncident à un point situé quelque part au milieu de la courbe du ventilateur et, tant que le moteur est dimensionné pour fonctionner à ce point, le ventilateur est réputé avoir une « capacité de non-surcharge ».Le ventilateur peut être utilisé avec ou sans boîtier en spirale, offrant une grande flexibilité dans la conception du système. Ce type de ventilateur nécessite une vitesse

Plus élevée pour générer de la pression que les ventilateurs incurvés vers l'avant de taille similaire. Les ventilateurs incurvés vers l'arrière sont par contre plus économes en énergie. Il est courant que les très grands systèmes de ventilation utilisent généralement des ventilateurs incurvés vers l'arrière pour réduire la consommation d'énergie.

II .2. 2. les ventilateurs radial ou axial :

Parfois aussi appelés ventilateurs à hélice, ce type de ventilateur déplace de grands volumes d'air à des pressions relativement basses. L'air entre et sort du ventilateur, le long de l'axe du moyeu de ce Dernier. Ainsi, ils peuvent être utilisés de manière variée, comme pour le refroidissement de à laquelle des conduits d'entrée et de sortie peuvent l'électronique, les condenseurs et les évaporateurs dans les domaines de la réfrigération commerciale et industrielle et la ventilation de bâtiments et de tunnels. Empans correspondent à ces applications. Leur conception utilise des forces axiales pour obtenir le mouvement de l'air ou du gaz, en faisant tourner un moyeu central avec des pales s'étendant radialement à partir de son diamètre extérieur. L'air est ainsi déplacé parallèlement à l'axe de rotation de la roue du ventilateur. Il est parfois inséré dans une courte section de canalisations cylindriques, être raccordés.:[3]

Ventilateur	Intérêts	Photos
Centrifuge à aubes inclinées vers l'avant	<ul style="list-style-type: none"> . Roue dite « en cage d'écureuil » . Nb d'aubes entre 32 et 42 unités . Rendement de l'ordre de 60 à 75% 	
Centrifuge à aubes inclinées vers l'arrière	<ul style="list-style-type: none"> . Rendement de 75 à 85% . Nb d'aubes entre 6 à 16 unités 	
A pales radiales	<ul style="list-style-type: none"> . Peu utilisé dans les installations de conditionnement d'air . Utilisé dans l'industrie pour le transport de produits légers (copeaux, produits textiles, poussières) 	
Hélicoïde	<ul style="list-style-type: none"> . Ventilateur dit « axial » . Direction d'écoulement essentiellement axiale . Nb d'aubes entre 2 et 60 unités . Rendement de 40 à 90% 	

Tableau II .1. Type des ventilateurs

II.3.caractéristiques des roues des ventilateurs :

II.3.1.la forme de la turbine :

Une turbine est un dispositif rotatif convertissant partiellement l'énergie interne d'un fluide, liquide (comme l'eau) ou gazeux (vapeur, air, gaz de combustion), en énergie mécanique au moyen d'aubes disposées sur un arbre tournant à grande vitesse. Les roues des ventilateurs sont, en général, constituées par un disque en acier sur lequel sont fixées les pales ou les aubes. Ces pales ou ces aubes peuvent être réunies à leur autre extrémité par une couronne qui les raidit et les entre toises. Les pales ou les aubes peuvent être soit inclinées vers l'avant, soit incurvées vers l'arrière, soit planes et même inclinées en arrière du sens de marche.:[3]

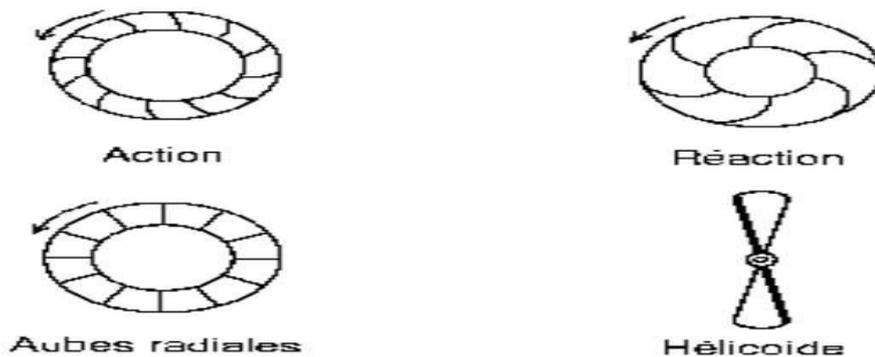


Figure II .1. Les roues des ventilateurs.

II.3.2.Le choix d'une roue de ventilateur :

Le choix de ces roues dépendra naturellement de l'emplacement du ventilateur (en air propre ou en air poussiéreux) et des particules transportées. Une turbine pales radiales avec couronne au rendement de 73% conviendra à la grande majorité des installations de dépoussiérage du bois avec des concentrations de 15 à 50 g/m³ d'air. Par contre, s'il y a présence de fibre, d'éléments fibreux tel que lors d'opération de délignage ou de sciage, il sera nécessaire de prévoir une roue radiale sans couronne. En effet, la présence de cette couronne et la jonction aux pales offrent un point d'accrochage de ces éléments fibreux causant un déséquilibre irrémédiable de la turbine. Il en sera de même lors d'utilisation en transport pneumatique à forte concentration de matières. Un moyeu d'entraînement usiné et alésé à la cote de l'arbre de commande est assemblé avec le disque arrière de la roue. Les formes et les proportions des roues et des pales ainsi que des arbres sont déterminés d'après les caractéristiques à obtenir. Les roues à gros débit et faible hauteur manométrique sont larges et le diamètre d'ouïe d'entrée est très voisin de leur diamètre extérieur. Les roues à haute pression et faible débit sont au contraire étroites et comportent une ouïe d'aspiration de petit diamètre. Entre ces deux limites s'intercale toute une gamme de roues, dont les proportions et les formes répondent chacune à des rapports de débit-pression bien définis. Les roues sont équilibrées dynamiquement sur banc d'équilibrage électronique (le balourd résiduel doit être faible):

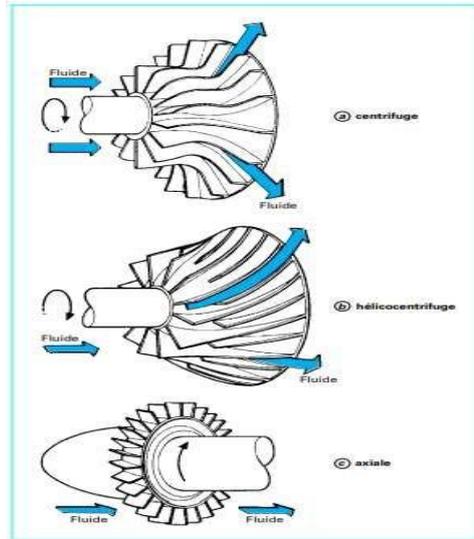


Figure II. 2. La forme des pales de ventilateurs.

II.4.Le rendement du ventilateur :

A priori les ventilateurs centrifuges à aubes recourbées vers l’arrière auront un meilleur rendement que les ventilateurs à aubes recourbées vers l’avant, mais ce n’est pas une règle tout à fait générale. Les premiers sont donc à conseiller sauf si un faible encombrement prime sur l’efficacité énergétique. Leur surcoût est très rapidement rentabilisé par la diminution des consommations électriques. Ce surcoût de ventilateur sera généralement minime si on le compare au coût global d’une nouvelle installation de ventilation. Par contre, le gain de rendement qui en résulte est déterminant pour les frais d’exploitation : plus de 50 % de la consommation électrique de la ventilation sont dus aux pertes de l’ensemble moteur-transmission-ventilateur.:[4]

II.4.1.Rendement global :

Le rendement du ventilateur est une chose, il faut manométrique cependant aussi être attentif au rendement de l’ensemble formé par le ventilateur, son entraînement (moteur et transmission).Pour comparer deux solutions de ventilateur, on peut demander à chaque fournisseur la puissance électrique absorbée par le moteur pour obtenir le débit et la hauteur manométrique voulus, le rendement étant égal à :

$$\text{Rendement} = \text{Débit [m}^3\text{/s]} \times \text{Hauteur [Pa]} / \text{Puissance électrique [W]}$$

Pour se faire une idée de la qualité des solutions, on peut comparer le rendement proposé aux valeurs minimum imposées en Suisse par la SIA (Société suisse des ingénieurs et architectes). Pour les installations dites très performantes, on peut dépasser ces valeurs de 5 %.

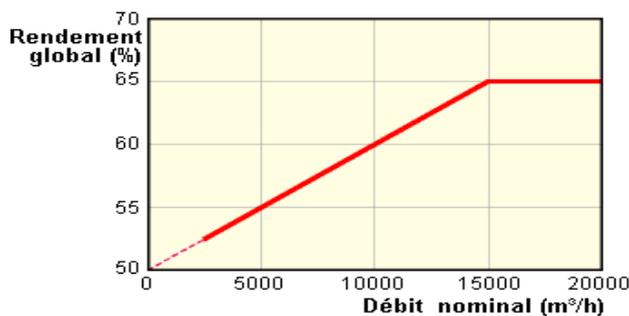


Figure II.3 Rendement global

II.4.2. Rendement préconisé par Transmission :

La meilleure transmission est sans conteste la transmission directe car ses pertes sont moindres (2 à 5 %) et il n'y a pas de frais d'installation de poulies et courroies, pas de surveillance, pas de remplacement de courroies. L'encombrement du système est de plus nettement moindre ce qui n'est pas négligeable dans le cas de groupes monoblocs. Cela nécessite bien entendu un système de remplacement pour adapter la vitesse de rotation, comme un convertisseur de fréquence, ce qu'on verra de plus en plus, vu la démocratisation de ce genre d'appareil. Le convertisseur a l'avantage qu'à tout moment on peut régler une vitesse intermédiaire, le démarrage est doux et il permet directement une surveillance totale du moteur. Son coût reste cependant élevé dans le cas de puissance électrique importante. Attention, un réglage du débit par étranglement, souvent appliqué, est à déconseiller pour des raisons de surconsommation. A l'inverse, si de toute façon, pour des raisons de gestion du débit à la demande, l'installation est équipée d'un convertisseur de fréquence, autant alors opter pour une transmission directe plutôt qu'une transmission par courroies ayant un moins bon rendement. Lorsque l'on opte pour une transmission par courroies, il faut prendre des poulies aussi grandes que possible. Une grande poulie diminue l'usure de la courroie lorsqu'elle doit se tordre pour s'enrouler autour de la poulie. Elle permet en outre de transmettre plus de force qu'une petite poulie. Le choix de petites poulies n'est justifié par certains fabricants que par leur prix inférieur. Il faut en outre éviter les courroies multiples. Il vaut mieux peu de courroies avec des grandes poulies que des petites poulies avec plus de courroies. Souvent, les fabricants prévoient des courroies

Multiplés à cause de l'effort au démarrage. Avec les systèmes modernes de démarrage en douceur (convertisseurs), on peut réduire le nombre de courroies. Il faut éviter les courroies de section trop faibles (SPZ), elles sont facilement surchargées et s'usent rapidement. Pour diminuer l'usure et la saleté dégagée par les courroies (poussière noire collante).

Type de ventilateur	% de pression dynamique max par rapport à la pression totale
Centrifuge à aubes inclinées vers l'avant.	20 %
Centrifuge à aubes inclinées vers l'arrière.	10 %
Puissance utile	Rendement minimum
$P > 7,5 \text{ Kw}$	80 %
$7,5 \text{ kW} > p > 3,5 \text{ kW}$	75 %
$3,5 \text{ kW} > p > 2 \text{ kW}$	70 %

Tableau. II.2. le rendement et la puissance utile du ventilateur

II.5. Ventilateur centrifuge :

II.5.1. calculs du ventilateur :

Il s'agit dans cette partie de trouver le ventilateur qu'il faut pour vaincre les charges calculées ci-dessus et créer le débit nécessaire. Nous allons donc déterminer ses caractéristiques à l'aide des courbes fonctionnements $H=f(Q)$ fournies par les constructeurs de ventilateurs.:[4]

II.5.2.point de fonctionnement :

Le dimensionnement du système de ventilation définit le débit à fournir par le ventilateur et la perte de charge du réseau que celui-ci doit vaincre. Les courbes caractéristiques des ventilateurs donnent, en fonction du débit, la pression dynamique à fournir par le ventilateur pour mettre l'air en vitesse dans le réseau de distribution. Cette pression dynamique ajoutée à la perte de charge du réseau indique la hauteur manométrique du ventilateur. Hauteur manométrique et débit ainsi déterminés constituent le point de fonctionnement du ventilateur.:[5]

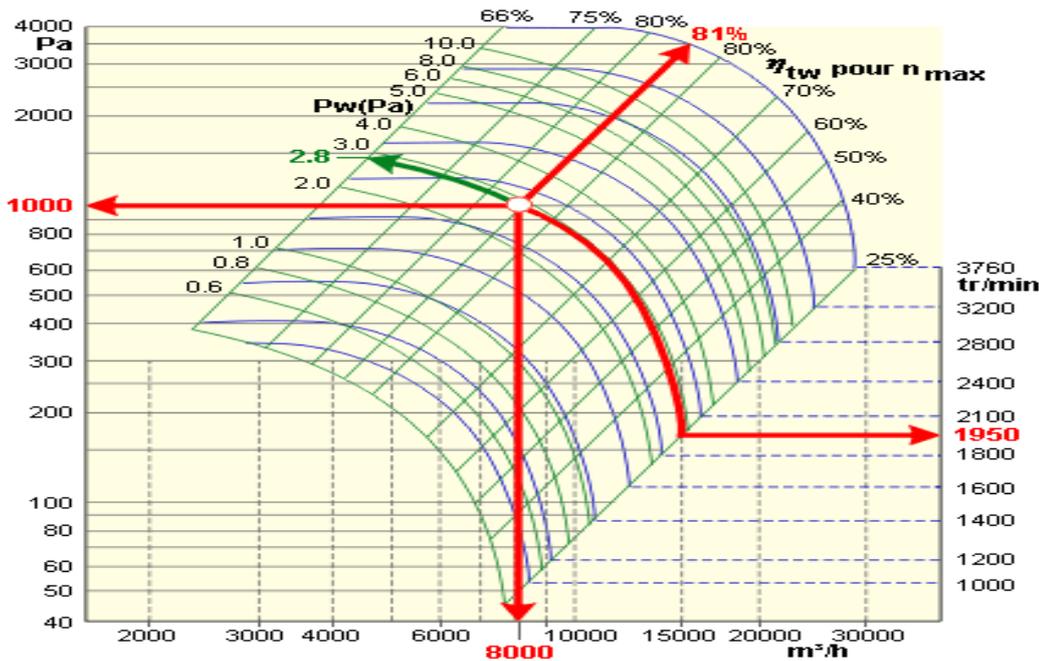


Figure. II.4.Courbes caractéristiques d'un ventilateur centrifuge à aubes inclinées vers l'arrière.

Pour fournir un débit de 8 000m³/h, le ventilateur délivre une pression dynamique de 45 Pa. Pour un réseau ayant, avec ce débit une perte de charge de 955 Pa, la hauteur manométrique du ventilateur est de 1 000 Pa. Pour obtenir ce point de fonctionnement le ventilateur doit tourner à 1 950 tr/min. Pour ce point de fonctionnement, son rendement sera de 81 % et la puissance à l'arbre sera proche de 2,8 kW.

On sélectionne donc d'abord les ventilateurs pouvant délivrer le débit et la perte de charge souhaitée. On sélectionnera ensuite, à partir des courbes caractéristiques, le ventilateur dont la pression dynamique est minimum au débit voulu, de manière à minimiser la hauteur manométrique totale à fournir. En fait, plus le ventilateur a une taille importante pour les performances voulues, plus sa pression dynamique sera faible. Ensuite on repère le ventilateur dont le rendement est maximum au point de fonctionnement. Le cahier des charges 105 de la Régie des bâtiments impose la pression dynamique maximum et le rendement minimum que doit atteindre le ventilateur choisi à son point de fonctionnement.

Les ventilateurs en fonction de leur puissance spécifique (PSFP) :

$$P_{SFP} = P/q_v \text{ [W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s]}$$

où :

P = puissance absorbée au moteur du ventilateur [W]

Q_v = débit nominal à travers le ventilateur en $[m^3.s^{-1}]$

Cette puissance spécifique doit toujours respecter la condition suivante :

$$P_{SFP} > 1250 [W.m^{-3}.s]$$

Bien entendu la puissance spécifique et le rendement (au point de fonctionnement nominal) sont liés par la formule suivante :

$$P_{SFP} = Hm/\eta [W.m^{-3}.s]$$

où :

Hm = la hauteur manométrique [m]

η = le rendement nominal

La valeur de $1250 W .m^{-3}.s$ correspond à la valeur maximale acceptable (la plus défavorable du point de vue énergétique). La catégorie la plus efficace est-elle caractérisée par une puissance spécifique inférieure ou égale à $500 W .m^{-3}.s$

II.5.3. Dimensionnement théorique de la turbine :

- Calcul de la vitesse de rotation maximum : $N_{max} = \frac{H^{2/3}}{P^{1/2}}$

On a : N_{max} : la vitesse max (tr/min)

H : la hauteur de chute brute (m)

P : puissance (CV) [1CV = 736 W]

- Une fois N_{max} connu, on choisit une vitesse de rotation compatible avec l'alternateur (vitesse de synchronisme) en limitant le nombre de paires de pôles : $N = \frac{60 f}{p}$

N : vitesse de rotation (tr/min)

f : fréquence du réseau (Hz)

p : nombre de paires de pôles

- La vitesse spécifique est alors donnée par la formule : $N_s = N . P^{1/2} . H^{-5/4}$

N_s : vitesse spécifique (tr/min).

N : vitesse de rotation (tr/min).

- Le choix du type de turbine devra être compatible avec cette vitesse spécifique [6]
- Valeurs usuelles :
 - Pelton : 3 à 36 tr/min
 - Francis : 60 à 400 tr/min
 - Hélice/Kaplan : 300 à 1000 tr/min
 - Bulbe : > 1000 tr/min

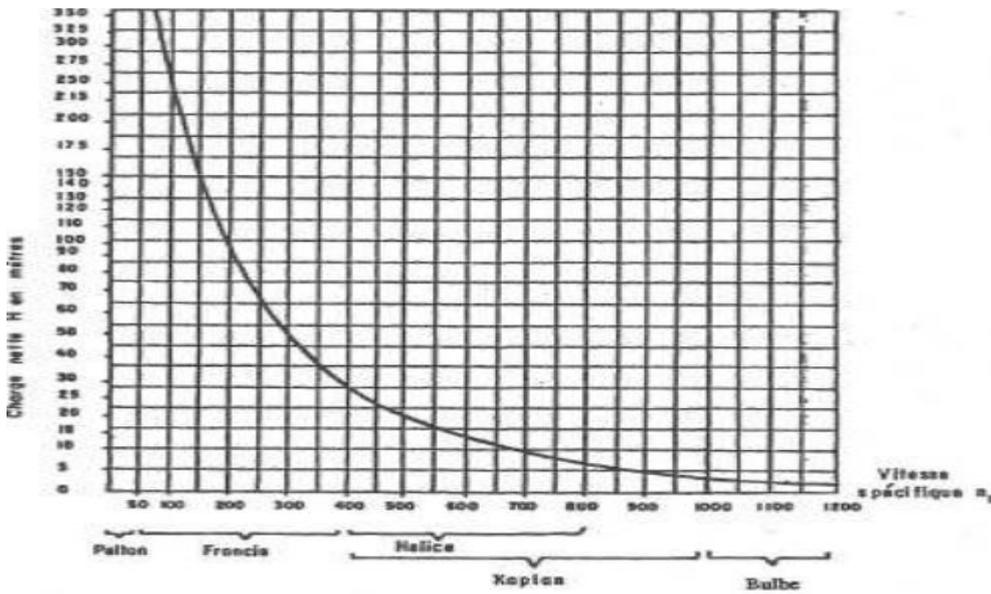


Figure II.5.les types des turbines

II.5.4. l'allure de la courbe caractéristique :

*** Dans les réseaux à débit constant**

Les ventilateurs à aubes recourbées vers l'avant ont une courbe caractéristique plutôt plate, c'est-à-dire que le débit varie fortement pour de faibles variations de pression. À l'inverse, les ventilateurs à aubes recourbées vers l'arrière ont une courbe caractéristique forte penchée. Le débit varie donc peu pour de fortes variations de pression. Courbe caractéristique d'un ventilateur à aubes recourbées vers l'avant et à aubes recourbées vers

L'arrière, pour un même point de fonctionnement. En général, il est conseillé d'utiliser des ventilateurs à aubes recourbées vers l'arrière. En effet le débit de ventilation sera plus stable face aux perturbations de pression que l'on rencontre inévitablement (vent, encrassement des filtres, ...). Les ventilateurs à aubes arrière sont donc indispensables pour la ventilation de locaux où un débit stable est important comme les salles blanches avec flux laminaire.:[4]

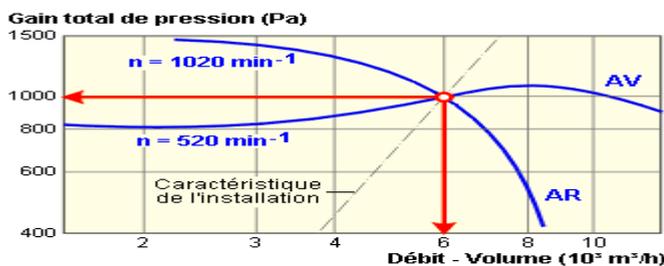


Figure II .6.Courbe caractéristique d'un ventilateur à aubes recourbées vers l'avant et à aubes recourbées vers l'arrière, pour un même point de fonctionnement.

• Dans les réseaux à débit variable :

Avec une gestion des débits locaux par local dans un système de ventilation multizone, la fermeture de certaines bouches entraîne une augmentation de la pression dans le réseau de distribution et donc aussi une augmentation du débit et du bruit au niveau des bouches restées ouvertes. Dans certains cas

- Soit en choisissant un ventilateur à aubes recourbées vers l'avant. Ceux-ci ayant une courbe caractéristique plutôt plate, ils permettent donc le maintien d'une pression plus ou moins constante lorsque l'on fait varier le débit, par exemple par fermeture de certaines bouches du réseau de distribution.
- Soit en choisissant un ventilateur à aubes recourbées vers l'arrière associé à une variation de vitesse, maintenant une pression constante en un point du réseau.

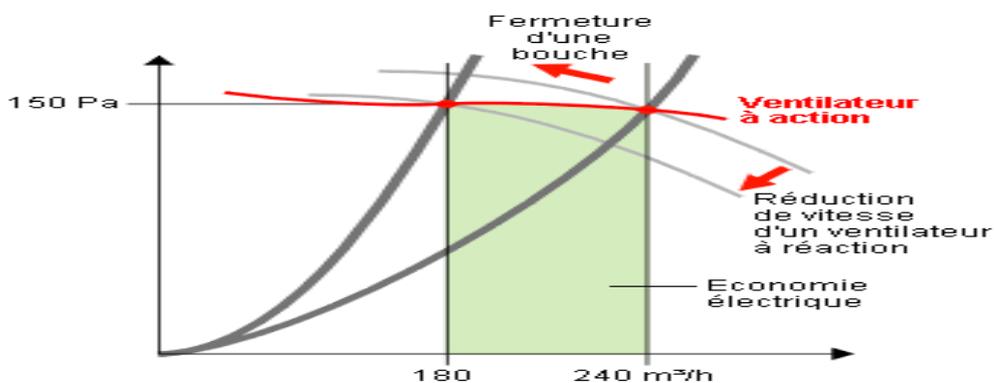


Figure II.7. Gestion du débit dans un réseau de ventilation, soit avec ventilateur à action, soit avec ventilateur à réaction et maintien de la pression en tête de réseau.

Il faut alors comparer le surcoût d'un ventilateur à aubage arrière et d'une variation de vitesse avec l'économie énergétique réalisée en choisissant un ventilateur à aubage arrière par rapport à un ventilateur à aubage avant. Dans les systèmes de ventilation uni zone, où on prévoit une régulation du débit par étranglement, solution par ailleurs peu recommandée, l'utilisation d'un ventilateur à aubes avant permet de grandes variations de débit avec des faibles mouvements du registre. À l'inverse, il arrive que l'utilisation d'un registre d'étranglement n'ait que peu d'impact sur le débit d'un ventilateur à aubes arrière.

II.5.5.sortie de ventilateur :

Il est très important de concevoir les entrées et les sorties d'air du ventilateur afin d'avoir un flux d'air le plus stable possible. On évitera ainsi de placer un coude ou un piquage à une distance inférieure à deux fois le diamètre de la roue du ventilateur. La section de sortie du ventilateur doit être le plus possible adaptée à la section du conduit de distribution. L'idéal est le ventilateur hélicoïde débitant dans un conduit de même section que son diamètre. En effet, dans ce cas la veine d'air garde une direction constante. Pour minimiser les pertes, la section du raccord doit être comprise entre 87,5 % et 107,5 % de la section de sortie du ventilateur et l'angle du raccord ne peut dépasser 15° pour un convergent et 7° pour un divergent. Idéalement, cette pièce de transformation doit être placée à une distance du ventilateur supérieure à deux fois le diamètre de sa roue.

Dans le même ordre d'idées, il est préférable de raccorder le ventilateur directement au gainage de distribution plutôt que de laisser la sortie de ce dernier libre dans le caisson du groupe. En effet, dans ce dernier cas, la pression dynamique disponible à la sortie du ventilateur (dépendant de la vitesse du fluide) est totalement perdue et non transformée en pression statique, à cause de l'absence de contraction des veines d'air lorsque celles-ci débouchent dans le plenum du caisson. Cette perte de pression dynamique constitue une perte de charge supplémentaire du caisson, correspondant à une surconsommation. Il faut en outre prévoir à la sortie du ventilateur une section de gaine droite suffisamment longue avant le premier changement de direction (au moins deux fois le diamètre de la roue du ventilateur). En effet, le fonctionnement du ventilateur sera perturbé si un changement de direction intervient alors que le flux d'air sortant du ventilateur n'est pas encore homogénéisé.:[4]

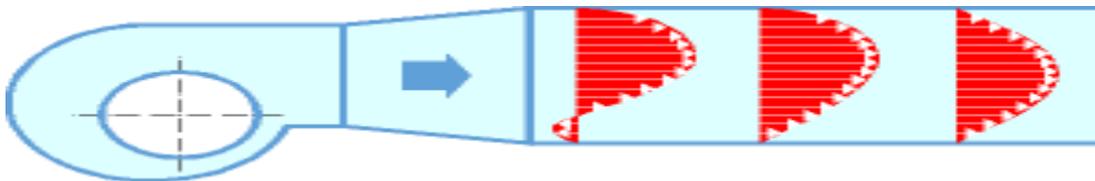


Figure II .8. Evolution du flux d'air à la sortie d'un ventilateur

• Aspiration du ventilateur :

Les conditions d'entrée du ventilateur jouent un rôle encore plus important sur ses performances.

- La situation idéale est l'introduction d'air dans le sens de l'axe de rotation de la roue, de façon uniforme et sans turbulence. Si les turbulences rotatives à l'entrée sont dirigées dans le sens de rotation de la roue, cela réduit la puissance de sortie et le rendement du ventilateur. Lorsque la turbulence est dirigée dans le sens inverse du sens de rotation de la roue, la puissance du ventilateur n'est peut-être pas réduite, mais celui-ci consomme plus d'électricité.
- Si l'ouïe d'aspiration du ventilateur et le gainage sont de sections différentes, la section du raccord doit être comprise entre 92,5 % et 112,5 % de la section d'entrée du ventilateur et l'angle du raccord ne peut dépasser 15° pour un convergent vers l'ouïe et 7° pour un divergent. Lorsque l'ouïe d'aspiration d'un ventilateur est placée le long d'une paroi plane, il faut veiller à ce que la distance à la paroi soit au moins égale au diamètre d'entrée pour éviter la création d'une perturbation de la veine d'air aspiré.

II .6. Acoustique :

Le bruit des ventilateurs peut avoir diverses origines mécaniques ou aérauliques (les bruits de type aéraulique sont généralement les plus importants) :

- le bruit de ronflement du moteur qui entraîne le ventilateur
- le bruit de la transmission mécanique au niveau des accouplements
- le bruit de crissement des courroies au démarrage
- le bruit des roulements et des paliers
- le bruit de balourd résultant d'un mauvais équilibrage du ventilateur

- le bruit de frottement de l'écoulement turbulent de l'air sur les pales du ventilateur et les parties fixes du ventilateur (carcasse, ...)
- le bruit du ventilateur servant à refroidir le moteur du ventilateur.[4]

II.6.1. Comment connaître le bruit que fera le ventilateur ?

Pour comparer la production de bruit de plusieurs ventilateurs, il faut comparer leur puissance acoustique. Comparer les niveaux de pression sonore est inutile car cette grandeur dépend des conditions de mesure qui sont différentes chez tous les fournisseurs. La puissance acoustique L_w du ventilateur est reprise dans les courbes caractéristiques présentes dans les catalogues des fournisseurs. Il faut cependant vérifier l'endroit du ventilateur où a été prise la mesure (gaine de refoulement, aspiration, ...). Notons qu'un ventilateur qui fonctionne dans des conditions proches de son rendement maximum sera le plus silencieux.:[4]

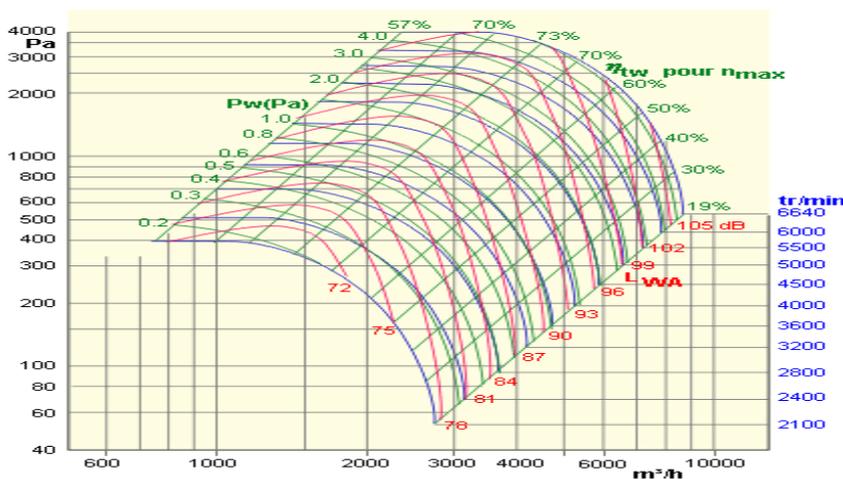


Figure II.9. Courbes caractéristiques d'un ventilateur.

La puissance acoustique du ventilateur est un critère de choix déterminant chaque fois que le ventilateur est en communication directe avec l'ambiance : extracteur d'air visible depuis le local, ventilateur d'aérotherme, ventilo-convecteur. Tourelles d'extraction d'air en toiture. Dans la vue éclatée, on reconnaît les pales du ventilateur en partie supérieure, posé sur un caisson acoustique pour absorber le sifflement créé par le frottement des pales sur l'air. Si, par contre, un réseau d'air est installé entre le ventilateur et les locaux, la situation est moins critique : des réflexions internes de l'onde acoustique ont lieu, la gaine absorbe en partie le bruit (surtout les hautes fréquences) et la pose d'absorbants supplémentaires est possible (silencieux, ...). Ainsi, on diminue fortement le bruit d'un climatiseur de local en le plaçant dans un local annexe et en lui raccordant une gaine de distribution. Par exemple, pour ventiler un grand espace, la première situation va imposer le placement d'un silencieux. La deuxième situation est moins critique et donc le critère acoustique devient moins important dans le choix du ventilateur.

• Un niveau sonore lié à la hauteur manométrique :

Si le niveau de puissance sonore n'est pas mentionné sur la documentation technique du fabricant, il peut être déduit de la formule de BERANEK :

$$L_w = 37 + 10 \log q v + 20 \log (\Delta p) \text{ [dB]}$$

- Q_v = le débit volumique en m^3/s .

- Δp = la hauteur manométrique totale en PA.
- L_w = le niveau global de puissance sonore du ventilateur en dB.

Cette formule s'applique aux ventilateurs dont le rendement minimal est de 70 %. Il faut ajouter 4 dB à chaque baisse de 10 % du rendement. Cette formule fournit une valeur moyenne très approximative. Elle permet cependant de mettre en évidence le niveau de bruit élevé des installations "haute pression". Si, pour des raisons d'encombrement de gaines, il est décidé de réaliser un réseau à haute vitesse et haute pression, une étude acoustique préalable sérieuse s'impose.

- **Choisir un ventilateur à haut rendement et basse vitesse :**

La production de bruit d'un ventilateur est :

- inversement proportionnelle à son rendement
- proportionnel à sa vitesse

On a donc aussi tout intérêt, pour limiter la puissance sonore du ventilateur, à choisir le ventilateur ayant le meilleur rendement au point de fonctionnement. En fait, plus un ventilateur crée des turbulences, plus son rendement se dégrade, et plus il crée du bruit. À rendement égal, le ventilateur tournant le moins vite (c'est-à-dire le plus grand, si on compare 2 ventilateurs ayant le même type de roue), sera le plus silencieux. Ceci a également pour conséquence une diminution de la taille de l'éventuel silencieux dont peut être équipé l'installation.

II.7.Moteur asynchrone :

Les moteurs qui équipent la plupart des ventilateurs actuels sont des moteurs asynchrones. Ces derniers ne présentent pas entre eux de grandes différences de rendement. Depuis peu, sont apparus sur le marché, des moteurs à courant continu. Ces derniers présentent des rendements nettement supérieurs. Actuellement, du fait de leur production à faible échelle, les moteurs à courant continu sont plus chers que leurs homologues asynchrones. La différence de prix entre les moteurs à cc et synchrones. L'amortissement de ce surcoût peut être estimé en moyenne à 4 ans. Le rendement élevé, la faible usure et les possibilités de réglage font des moteurs à courant continu une solution d'avenir pour l'entraînement des ventilateurs. L'intégration du ventilateur dans le réseau L'intégration du ventilateur dans le circuit joue un rôle non négligeable sur le rendement global de l'installation.:

II.7.1. présentation :

La machine se compose de deux pièces principales :

- le stator est relié au réseau ou un variateur de vitesse.
- Le rotor est constitué de conducteurs en court-circuit qui sont parcourus par des courants induits par les champs magnétique créée par les courants statoriques.

Cette machine peut, selon sa construction, être reliée à un réseau monophasé ou polyphasé (généralement triphasé car c'est celui de la distribution)

II.7.2.principe de fonctionnement :

- **fonctionnement à vide :**

Lorsque le moteur fonctionne à vide (pas de charge couplée au moteur), sa vitesse de rotation n_0 est proche à la vitesse de synchronisme n_s . On considère que le glissement g est nulle et $n = n_s$ le facteur de puissance

à vide ($\cos\phi_0 \leq 0,2$) est faible mais pas l'intensité à vide I_0 . ce courant sert à créer les champs magnétique tournant, on parle alors le courant magnétisant.

- **Fonctionnement en charge :**

Au voisinage du point de fonctionnement on assimile la caractéristique $T_u = f(n)$ à une droite telle que :

$$T_u = a \cdot n + b$$

Les coefficients a et b se trouvent en utilisant deux points de la caractéristique.

Le premier est le fonctionnement à vide :

$$T_u = 0$$

$$n = n_s$$

le deuxième est le fonctionnement nominal :

$$T_u = T_n$$

$$n = n_N$$

on montra que dans la partie linéaire, le moment du couple utile proportionnel au glissement g .

$$T_u = k \cdot g$$

Avec : T_u = moment du couple en (N.m)

g = glissement

k = coefficient de proportionnalité en (N .m)

COUPLE UTILE EN FONCTION DE LA VITESSE

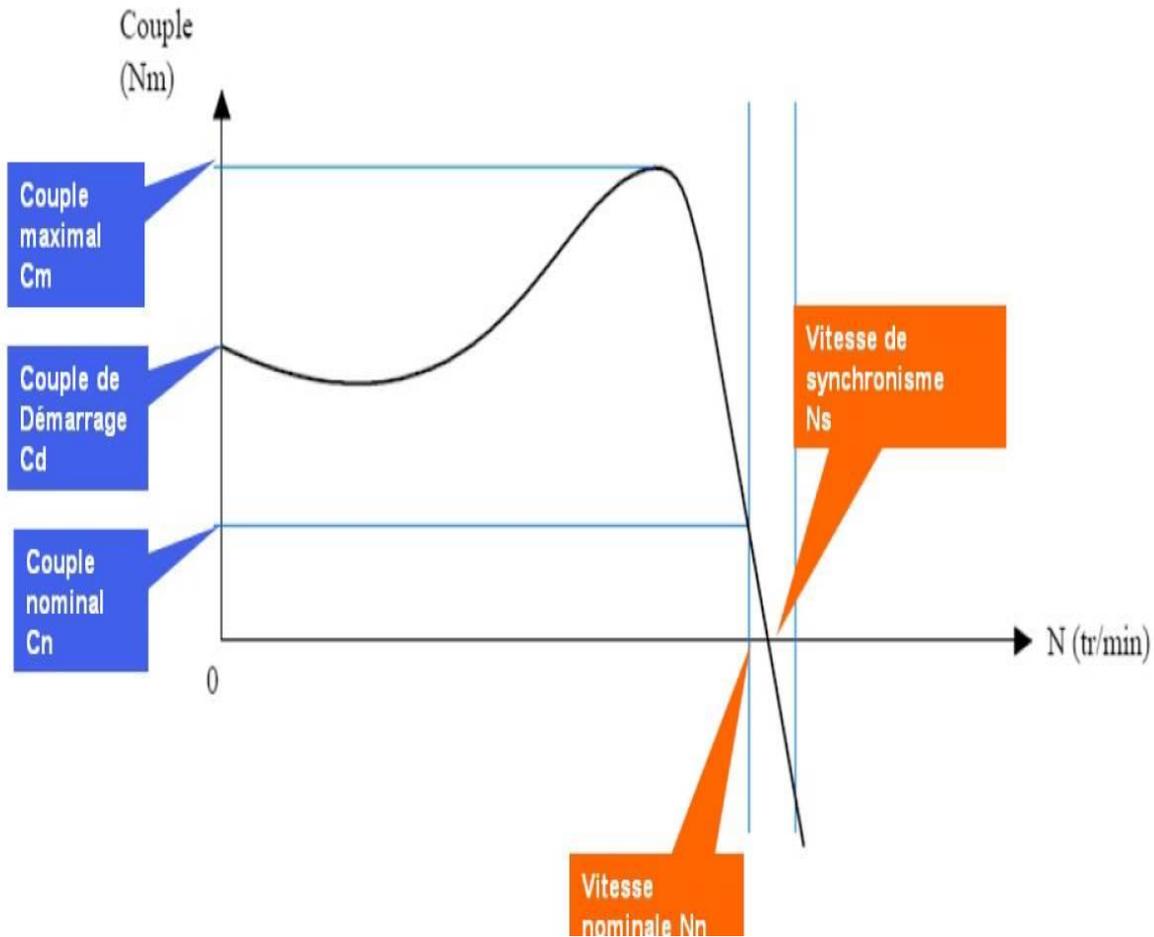


Figure II.10. Courbe du couple en fonction de la vitesse

I.8. les domaines de fonctionnement :

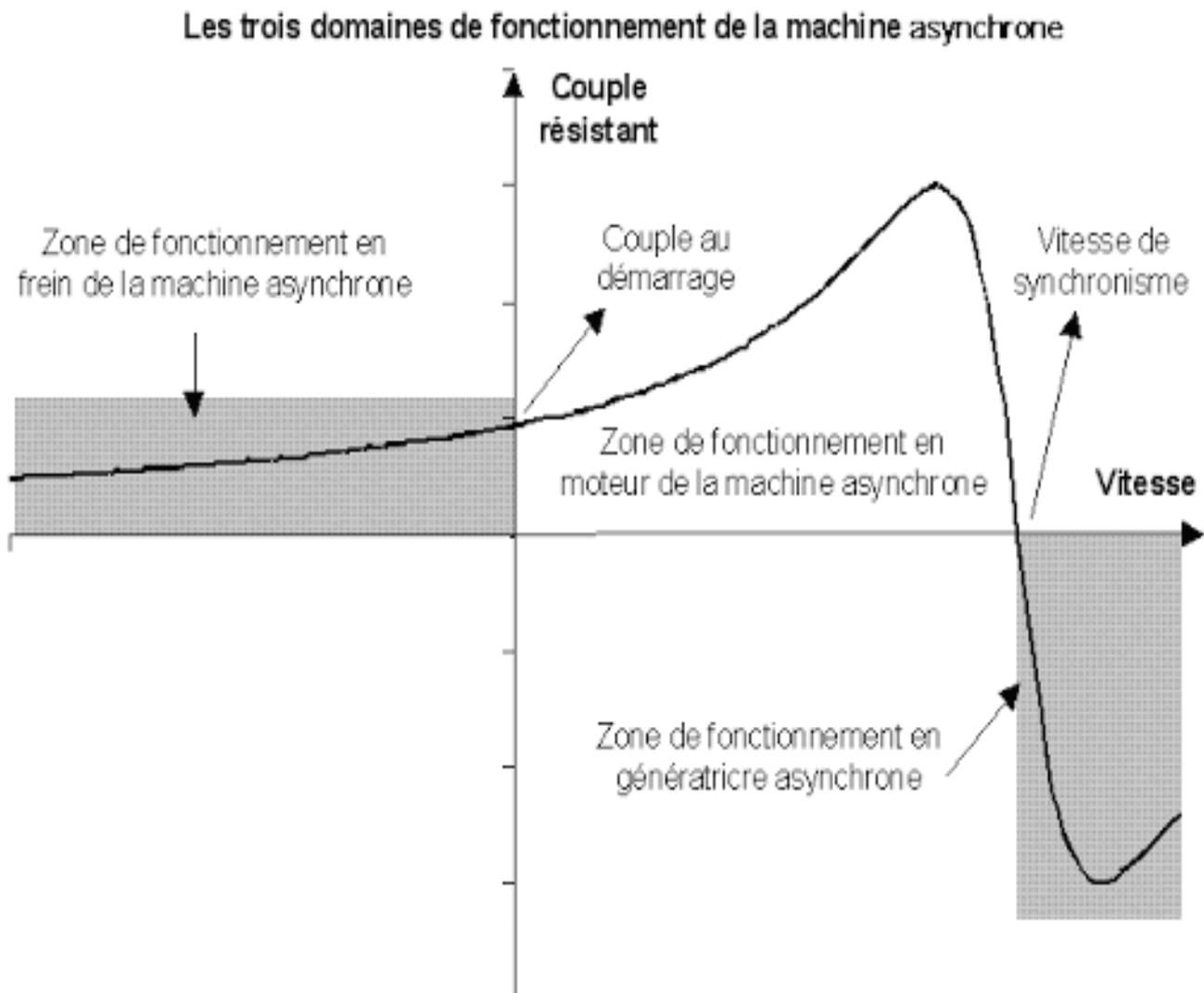


Figure II .11.les trois domaines de fonctionnement de la machine asynchrone.

I.9 .conclusion :

La qualité de l'air (propre ou poussiéreux) ainsi que les particules transportées conditionnent le choix des roues d'actions et l'emplacement du ventilateur.

Le rendement sonore d'un ventilateur est conditionné par son fonctionnement dans des conditions proches d'un rendement maximum.

A partir des courbes caractéristiques on choisit le ventilateur dont la pression dynamique est minimum au débit voulu, de manière à minimiser la hauteur manométrique totale à fournir. En fait, plus le ventilateur a une taille importante pour les performances voulues, plus sa pression dynamique sera faible. Ensuite on choisit le ventilateur dont le rendement est maximum au point de fonctionnement.

Le rendement élevé, la faible usure et les possibilités de réglage font des moteurs à courant continu une solution d'avenir pour l'entraînement des ventilateurs. Intégration du ventilateur dans le réseau L'intégration du ventilateur dans le circuit joue un rôle non négligeable

Chapitre III :

Conception du système de ventilation du secteur aggloméré.

III.1. Introduction

Le ventilateur ou la soufflante ont été conçue et construits de façon à présenter toute sécurité est correctement utilisée installé ou entre tenue. Les ventilateurs de dépoussiérage centrifuge sont conçus en fonction des exigences particulières de leur utilisation. Leur construction robuste permet d'assurer un fonctionnement satisfaisant dans les conditions pour lesquelles ils sont prévus.

III.2. Description générale du ventilateur de l'installation :

Ces deux ventilateurs font partie du circuit des fumées de cuisson, provenant des grilles du brin supérieur de la chaîne d'agglomération. Ils sont destinés à aspirer ces fumées, dépoussiérées dans deux électrofiltres placés en amont des ventilateurs pour rejeter ensuite dans la cheminée. La teneur maximum en poussière des fumées à la sortie des électrofiltres est de 150 mg/Nm^3 . Les deux ventilateurs sont de type centrifuge à double entrée d'aspiration à lubrification. Les aubes sont inclinées vers l'arrière ce qui permet d'obtenir un rendement élevé. Ils sont destinés à fonctionner en parallèle. Les ventilateurs de type Howden sont conçus en fonction des exigences particulières de leur utilisation. Leur construction robuste permet d'assurer un fonctionnement satisfaisant dans les conditions requises.[8]



Figure III.1: Zone des deux ventilateurs



Figure III.2: boîtes de commande

III.3.les composants mécaniques du ventilateur :

III.3.1. Roue :

La roue comporte une double admission est composée d'une tôle centrale, de tôles parallèles latérales, de palettes et d'un moyen. Elle est fabriquée à partir de matériaux de haute qualité appropriés au service de la roue. Toutes les soudures soumises à fortes sollicitations sont contrôlées par une méthode d'essai non destructif approuvée. Après libération des contraintes de la roue, certaines soudures importantes sont soumises à un examen magnétique de détection des fissures. Des revêtements d'usure remplaçables et des bordures de protection sont fixés à la face d'attaque des palettes. Le roue est alors équilibrée dynamiquement. [8]



Figure III.3. La roue

III.3.2. L'Enveloppe de ventilateur :

Le ventilateur comporte deux boîtes d'admission. Les enveloppes et les boîtes sont des ensembles mécano-soudés en deux moitiés, pour faciliter la dépose. Ils sont fabriqués à partir de tôles d'acier doux. Des revêtements d'usure sont montés sur la surface intérieure de la volute d'enveloppe de ventilateur et sur les tôles latérales de l'enveloppe de ventilateur, près de la volute.

III.3.3. Cône d'admission :

Les cônes d'admission sont fabriqués en tôles d'acier doux ; ils sont spécialement étudiés en fonction du ventilateur. La bride reliant le cône d'admission à l'enveloppe du ventilateur est munie de trous à tolérances élevées permettant l'ajustage correct du cône ; elle est positionnée par des tenons de guidage.

III.3. 4. Joint d'étanchéité d'arbre :

Un joint d'étanchéité à presse-étoupe au carbone est monté sur chaque boîte d'admission afin de réaliser d'étanchéité avec l'arbre de la roue. Tout changement de direction de l'arbre résultant de la dilatation des boîtes d'admission aéra automatiquement compensé par le joint au carbone qui n'en perdra pas pour autant son efficacité.

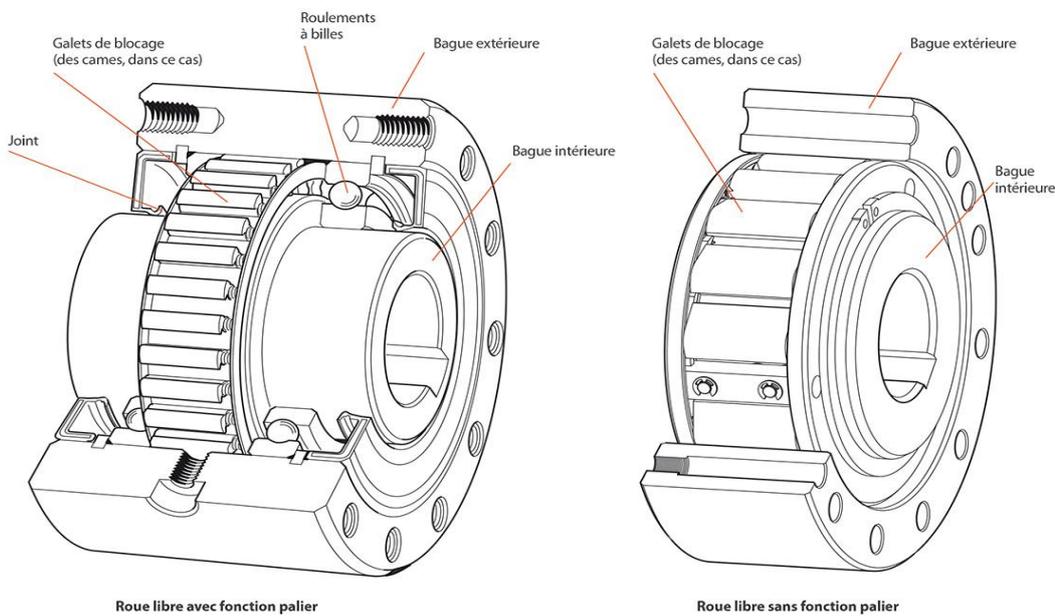


Figure III.4.composants du ventilateur

III.3.5. Arbre de roue :

L'arbre de roue est une pièce forgée en acier doux comportant des colliers de butée rigides et des déflecteurs d'huile .Il est usiné sur toute sa surface avec façonnage fin pour les montages de roue et d'accouplement .les joints d'étanchéité d'arbre et les portées de palier.



Figure III.6 : joint de dilatation

III.3.9. portes d'accès et de visite :

- **Portes de visite :**

Des portes de visite sont généralement prévues dans l'enveloppe du ventilateur et les boîtes d'admission. Elles peuvent être rapidement déposées et sont munies de tôles de doublage spéciales permettant de maintenir la surface intérieure des portes au niveau de la surface intérieure de l'enveloppe de ventilateur.

- **portes d'accès :**

Des portes d'accès sont généralement prévues dans l'enveloppe du ventilateur et les boîtes d'admission et placées de manière à faciliter l'accès pour le montage ou l'entretien. Ces portes sont faciles à déposer et elles sont munies de tôles de doublages spéciales permettant de maintenir la surface intérieure des portes au niveau de celle de l'enveloppe du ventilateur ou de la boîte d'admission.

III.3.10. paliers :

- **palier lisse type 2 S.A.F.L :**

Les paliers à coussinet Howden S.A.P.L sont des paliers auto-alignant à graissage forcé garnis de métal blanc antifriction et conçue pour supporter une poussée axiale. Chaque palier comprend : Un corps et un chapeau de palier, un joue de palier (en deux pièces), un coussinet garni de métal antifriction (en deux pièces), des joints d'étanchéité d'huile, un raccord d'admission d'huile, un raccord de sortie d'huile avec bouchon d'inspection. Le coussinet s'adapte dans logement sphérique ménagé dans la joue de palier et une goupille de positionnement montée dans la moitié de coussinet supérieure empêche tout mouvement de rotation du coussinet. Lorsqu'un ventilateur est expédié non complètement assemblé ou lorsque des paliers de rechange sont fournis les paliers sont étanchés avant expédition et les contre joues et le raccord de sortie d'huile sont envoyés non montés. Les surfaces des coussinets sont finement usinées. Il convient d'éviter

toute rayure sur ces surfaces. Les gorges d'écoulement d'huile ne doivent pas être modifiées, ni les jeux de palier qui sont étudiés en fonction de la vitesse et de la charge du palier. Les faces d'extrémité des coussinets comportent des rainures radiales pour l'huile ; ces rainures sont découpées au stade de la fabrication.



Figure III.7 : Palier N°3



Figure III.8 : Palier N°1

III.3.11. registre à claire –voie :

L'ensemble registre à claire-voie Howden, comprend un registre à plusieurs palettes de construction robuste, soutenu dans un cadre mécano soudé dont un coté est amovible pour permettre le remplacement des palettes si nécessaire il peut être monté à l'admission ou au refoulement du ventilateur.

Chaque palettes est soutenue par deux roulements montée sur brides qui peuvent être fixés soit directement au cadre soit sur des consoles qui soutiennent les roulements au – dessus du cadre , un des bouts de l'axe de chaque palette est muni d'une extension sur laquelle est monté un levier ,l'autre bout étant relié à une barre commune .un tendeur à vis réglable est monté entre une des extrémité de la barre et un levier sur l'arbre d'actionnement qui est monté sur l'enveloppe du ventilateur.

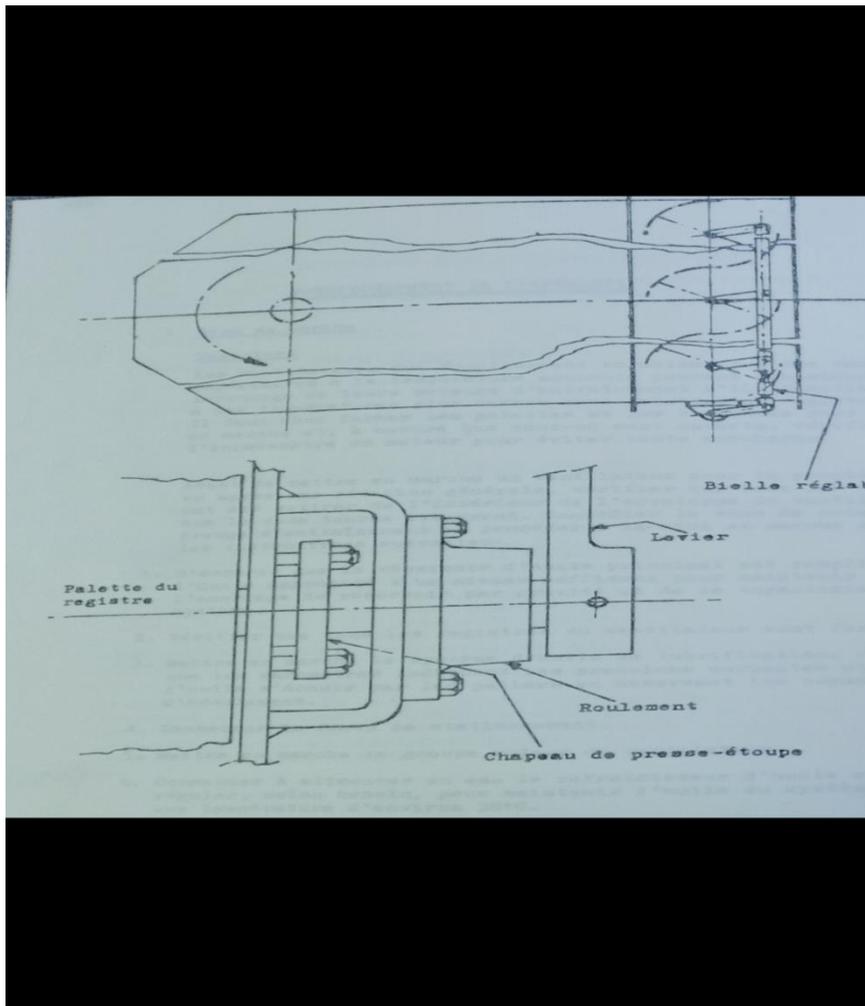


Figure III.9 : registre d'admission à clair – voie

III.4.fonctionnement de ventilateur industriel :

III.4. 1. Mise en marche :

Les ventilateurs qui fonctionnent normalement à des températures supérieures à la température ambiante peuvent actionner une surcharge de leurs moteurs d'entraînement s'ils fonctionnent à des températures plus basse avec palettes et registres ouverts il faut donc fermer les palettes et les registres pour la mise en marche et à mesure que ceux-ci sont ouvertes, vérifier l'ampèremètre du moteur pour éviter toute surcharge. Avant de mettre en marche un ventilateur pour la première fois, ou après une révision général, vérifier que tous les débris ont été retiré de l'intérieur de l'enveloppe du ventilateur et que la roue tourne librement .contrôler le sens de rotation du groupe d'entraînement et procéder à la mise en marche en suivants les instructions suivantes

- s'assurer que le réservoir d'huile principal est rempli de l'huile approprié à un niveau suffisant pour maintenir l'amorçage du réservoir par gravité et de la tuyauterie du système.
- vérifier que tous les registres des ventilateurs sont fermés.
- mettre en marche le système d'huile de lubrification et vérifier que les manomètres indiquent les pressions correctes et que l'huile s'écoule par les paliers en observant les voyants d'écoulement.
- desserrer le frein de stationnement.

-mettre en marche le groupe moteur du ventilateur.

-commencer à alimenter en eau le refroidisseur d'huile et réguler selon besoin pour maintenir l'huile du système à une température d'environ 38 c°.

III.4. 2.contrôle :

Pour augmenter le débit du ventilateur : ouvrir les registres.

Pour réduire le débit de ventilateur : fermer les registres.

III.4.3. Mise à l'arrêt :

-fermer les registres.

- arrêter le groupe moteur du ventilateur.

- lorsque la vitesse de l'arbre du ventilateur est de 50 tr/min ou moins, on peut utiliser le frein de stationnement manuel pour réduire la vitesse et maintenir stationnaires les organes tournants. Lorsqu'un ventilateur n'est pas en service, le frein de stationnement doit toujours être serré pour empêcher la rotation des organes tournants par suite du mouvement de l'air dans les gaines du système. Si le frein de stationnement est desserré au cours d'opérations d'entretien à l'intérieur d'un ventilateur, fermer d'abord les registres pour empêcher le mouvement de l'air dans le système de faire tourner les parties mobiles.

-une fois le ventilateur stationnaire, laisser le système de lubrification fonctionner jusqu'à refroidissement de l'arbre ; puis, couper l'alimentation d'eau du refroidisseur d'huile et d'arrêter le système de lubrification.

*** Lubrification :**

- huile recommandée pour paliers HOWDEN S.A.P.L :

Pour les systèmes de lubrification à circulation forcée, il convient de nettoyer le système avec de l'huile de rinçage pour d'assurer qu'il ne reste pas d'impuretés ; ensuite, vidanger l'huile de rinçage et nettoyer les filtres avant de remplir avec l'huile appropriés.

III.4. 4.Entretien de routine en cure de fonctionnement :

Au moment de prendre la relève, les équipes d'entretien doivent procéder aux contrôles suivants :

- S'assurer que la température des paliers est satisfaisante (qu'elle ne dépasse pas 70 c °)

- Vérifier que l'huile s'écoule dans les paliers (control visuel des indicateurs d'écoulement) et que la pression est correcte.

- S'assurer que le niveau de l'huile dans le réservoir principal.

- Vérifier que l'eau de refroidissement s'écoule à travers le refroidisseur d'huile.

- Contrôler les filtres à huile conformément aux instructions du fabricant.

- Vérifier que l'accouplement et le support de l'actionnement du registre sont correctement lubrifiés.

*** entretien hebdomadaire :**

A l'aide d'une burette, effectuer une ou deux injections de graisses dans tous les points de lubrification équipés de graisseurs sur les mécanismes d'actionnement du registre ; actionner les registres pour vérifier que toutes les parties mobiles fonctionnent correctement. On peut utiliser pour ce graissage de la graisse Shell ALVANIA R3. Les roulements de l'axe des registres sont prévus pour fonctionner sans lubrification de routine, ils ne demandent donc pas d'attention particulières.

***entretien en long terme :**

Les rubriques traitées en 5.2 demandent occasionnellement, un nettoyage complet et un renouvellement du lubrifiant. La fréquence de cet entretien sera définie en tenant compte des conditions sur le site et de l'expérience, ainsi que des renseignements donnés plus loin dans le présent manuel.

III.5. entretien du ventilateur :**III.5.1.manutention :**

Il est fait très attention en nos ateliers à n'endommager aucune partie du ventilateur au cours de la fabrication du démontage et de l'emballage pour le transport. Les ventilateurs devraient donc arriver sur le site dans un état parfait. Les petits ventilateurs peuvent être expédiés sous forme d'ensemble complètement assemblés, avec ou sans le groupe moteur. Dans ce cas, les ventilateurs sont prêts à être installés à leur emplacement de travail, après avoir vérifié qu'aucun dégât n'était survenu en cours de transport. Les grands ventilateurs sont expédiés en pièces détachées et en sous-ensembles, vérifier chacune de ces pièces à l'arrivée pour s'assurer qu'elles n'ont pas été endommagées en cours de transport. Tout dégât remarqué lors de ces contrôles préliminaires sur le site doit être immédiatement notifié à HOWDEN et au transporteur attendre l'accord de HOWDEN de commencer à procéder à l'installation.

• Enveloppe de ventilateur :

Ces enveloppes comportent une section amovible permettant le remplacement de la roue ou de l'ensemble roue/arbre. Les sections amovibles sont munies d'attaches de levage conçues pour porter la charge nécessaire. Veille à appliquer correctement les charges sur les attaches de levage. Les sections fixes des enveloppes de ventilateurs sont munies d'attaches de levage temporaires et, si nécessaires, de raidisseurs. La fonction de ces raidisseurs temporaires est de faciliter la manutention et de la rendre plus sûre au cours de la fabrication du transport et de l'installation.

• Plaques d'assise ou supports :

Si les plaques d'assise ou les supports de palier ne comportent pas d'attaches de levage, ces pièces peuvent être levées au moyen de boulon à œil passés par le palier ou les trous de boulon du moteur ou par des élingues fixées aux tôles latérales passant dans les trous d'accès.

• Paliers :

Les paliers doivent être protégés contre toute possibilité d'endommagement au cours des opérations d'installation ou d'entretien. Les paliers HOWDEN sont étanchés avant expédition se conformer aux instructions contenues dans les paragraphes appropriés du présent manuel.

- **Roue et Arbre :**

Les roues ne doivent être jamais soulevées par leurs palettes ou leurs tôles latérales. Pour soulever une roue faire passer une barre dans le moyeu et y attacher des élingues de chaque côté, en veillant à ne pas endommager l'alésage du moyeu. Si l'arbre dépasse des deux côtés de la roue, fixer une élingue de chaque côté, pour égaliser la charge veiller à protéger l'arbre contre toute possibilité de rayure ou de choc. Pour ensemble arbre et roue en porte-à-faux, placer une élingue autour de l'arbre, près de la plaque d'appui, et une autre autour de la tôle latérale pour obtenir l'équilibre on ne doit pas laisser reposer les roues sur les palettes ou sur les tôles latérales ; elles doivent être placées sur leur bord, le poids portant sur la côte et sur la plaque d'appui.

- **Appareils de levage :**

Tous les Appareils de levage tels que manilles, élingues poutres de levage, qu'ils soient spécialement faits pour le ventilateur ou pas, doivent comporter une inscription gravée indiquant la charge d'utilisation sûre, ces appareils doivent également être régulièrement soumis sur essais et vérifications imposés par les lois et réglementations en vigueur relatives à la sécurité.

III.6.contrôle de l'usure :

Il est bon procéder aux contrôles suivants au moins une fois par an.

- Examiner la roue (retirer toute trace de dépôt avant d'effectuer ce contrôle). S'il a des traces importantes d'abrasion, réparer ou remplacer la roue. si l'abrasion n'est pas importante et que la roue doit être utilisée à un nouveau sans réparation vérifié l'équilibrage, HOWDEN peut effectuer cet équilibrage sur site
- Vérifier l'enveloppe du ventilateur et les boîtes d'admission ne présentent pas de signe d'usure .en cas d'usure, consulter le représentant local HOWDEN.
- Examiner l'ensemble de contrôle des registres et vérifier l'état d'usure des registres, des axes et des autres pièces associées.
- Examiner les paliers et les accouplements et effectuer les ajustements et remplacements qui s'imposent Renouveler les feutre des contre-joues de palier
- Vérifier la position de la roue dans l'enveloppe, le niveau de l'arbre du ventilateur et alignement du groupe moteur, effectuer les ajustements qui s'imposent.
- Resserrer tous les boulons de scellement des enveloppe, plaques d'assis et supports de palier.
- Les ventilateurs soumis à des conditions d'abrasion sévères doivent être examinée aussi régulièrement que le dicte l'expérience.

III.7. Accouplement :

III.7.1 généralité :

Un accouplement est une transmission entre les extrémités de deux arbres en rotation pour transmettre un couple de l'un à l'autre. La fonction première des accouplements est de lier deux pièces mobiles d'une machine tournante tout en rattrapant, jusqu'à un certain point, un certain désalignement ou des jeux. Dans une acception plus générale, l'accouplement peut désigner un composant mécanique servant à connecter les extrémités de pièces adjacentes. En principe, les accouplements ne permettent pas le débrayage des arbres durant le mouvement ; toutefois, certains dispositifs sont dotés d'un limiteur de couple qui enclenche un patinage ou un débrayage complet lorsqu'un couple limite est atteint. Le choix d'un accouplement adapté peut permettre de réduire la durée de maintenance et donc le coût de fonctionnement. Un accouplement peut être élastique (avec un insert élastomère au milieu de l'accouplement), à soufflet ou à lamelles.

III.7.2. les types de l'accouplement :

- **Les accouplements rigides :**

Les accouplements fixes ou rigides comportent deux brides qui viennent se fixer aux extrémités de chaque arbre. Ils sont davantage polyvalents que les coupleurs à manchon, et peuvent être posés sur des arbres en place. Ils sont généralement assez épais pour que déboulons traversant assurent la solidarité en rotation des deux arbres. Les coupleurs rigides à flans sont réservés aux couples élevés pour les machines industrielles ils sont faits d'un manchon cylindrique terminés à l'about par une collerette. Chacun des deux coupleurs est placé à l'extrémité d'un arbre de façon à plaquer les deux collerettes l'une contre l'autre. On solidarise les deux collerettes par des boulons ou des rivets. Ce système de fixation permet d'ailleurs d'assurer la coaxialité des deux arbres avant la fixation proprement dite. On a recours à des accouplements rigides lorsqu'un alignement précis des axes de rotation est nécessaire ; un désalignement des arbres affectera les performances l'accouplement ainsi que sa durée de vie.

- **Accouplements flexibles :**

Ils sont employés pour transmettre un couple entre deux arbres sujets à de légers défauts d'alignement ou de parallélisme, au cours du mouvement, et peuvent accommoder jusqu'à $1^{\circ}30'$ d'écart ; mais ils peuvent aussi être utilisés pour amortir les vibrations ou réduire le niveau de bruit. Un tel accouplement est aussi de nature à ménager les appuis des arbres (les roulements) en répartissant l'usure, en accommodant la dilatation thermique des arbres liée à l'échauffement et en atténuant les chocs et à-coups. Un coupleur élastique transmet un couple par une pièce faite d'un matériau à haute limite élastique. On les utilise par exemple pour arrimer les pièces d'accastillage d'une planche à voile. Ils peuvent être en forme de coussinet ou de diabolo. Dans l'accastillage, le coupleur transmet plutôt la résultante de la dérive, qu'un couple, et communique ainsi une poussée (en partie au corps du sportif, d'ailleurs).

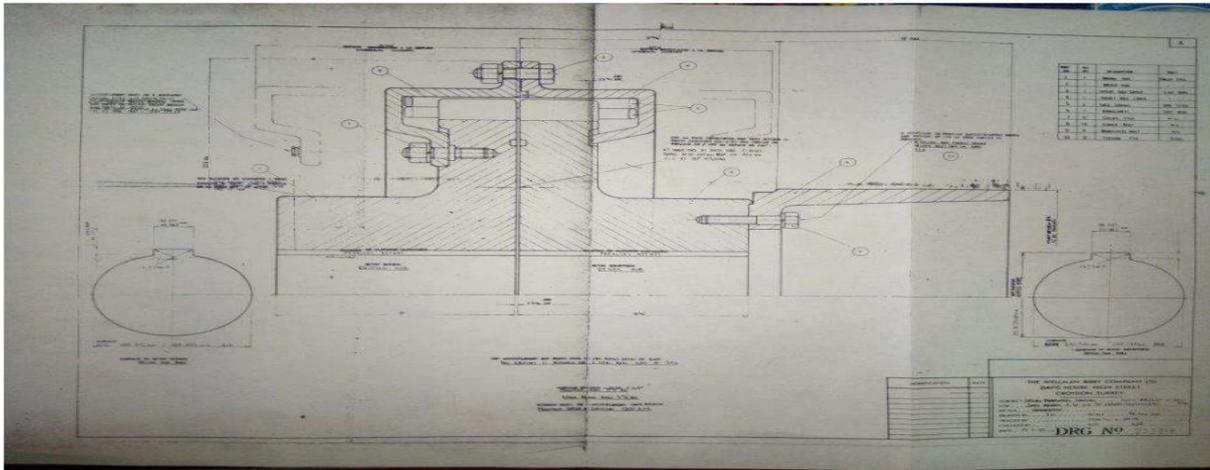


Figure III.10 : plan d'accouplement

III.7.3.exigence d'alignement des arbres :

- En vue de la maintenance, le coupleur doit être facile à monter et à démonter.
- Le coupleur doit permettre un certain défaut de parallélisme entre les axes de rotation des arbres.
- Pour limiter les réactions d'axe, le coupleur ne devrait pas déborder du maître couple du plus gros des deux arbres.
- Le but est de minimiser les jeux en rotation, pour maximiser le transfert de puissance et donc le rendement de la chaîne (durabilité de l'accouplement, des roulements et des contacts).
- Il est recommandé de respecter les valeurs-cibles indiquées par le fabricant pour démarrer la machine malgré un défaut de parallélisme, car lorsque la machine sera parvenue à sa température de régime, le parallélisme sera parfait.

III.7.4.maintenance et modes de défaillance :

La maintenance des accouplements mécanique requiert un planning de révision strict. Il s'agit :

- d'examens visuels,
- de détection de signes d'usure ou de fatigue,
- de nettoyer les coupleurs régulièrement,
- de vérifier et de renouveler régulièrement le lubrifiant le cas échéant. Cette maintenance est faite annuellement pour la plupart des accouplements ;
- Problème à la pose.
- mauvais choix technologique.
- usage hors du domaine de service. La seule façon de prolonger la longévité est d'analyser les causes de défaillance et d'intégrer ce résultat au choix d'un nouveau dispositif. Parmi les signes de défaillance potentielle :
- Bruit anormalement élevé (crissements, vrombissement, à-coups)
- Vibration ou déformation anormale

- Fuite ou contamination du lubrifiant aux durites.

III.8. Les problèmes générale du ventilateur industriel :

Durant la période de stage pratique qu'on a effectué à l'entreprise (SIDER EL HAJAR).on a détecté plusieurs problèmes du ventilateur :

- L'équilibrage de ventilateurs (statique et dynamique).
- Le dimensionnement des aubages du ventilateur (sans étude).
- L'emplacement du ventilateur.
- Niveau sonore élevé et forte vibration.

III.9. conclusion :

La ventilation représente la partie importante dans la zone P.M.A (préparation des matières et agglomération), elle est composée d'un collecteur, dumoteur asynchrone pour la commande, un accouplement et de la turbine avec ses conduites d'aspiration et de refoulement.

La prospection faite durant notre stage pratique nous a permis d'avoir un aperçu général et détaillé de la partie cuisson de l'aggloméré.

Étant donné que cette zone est très poussiéreuse nous étions dans l'obligation d'orienter notre regard critique sur la partie construction mécanique des différents composants de la chaine de ventilation et son système de maintenance.

Les premières remarques faites à l'issu de notre stage et de s'assurer de la bonne adaptation du système de commande avec les exigences techniques de l'opération de ventilation car elle représente le souci majeur des techniciens chargés du suivi et de la maintenance dans ce site.

Pour faire une analyse correcte à l'issue de laquelle nous proposons notre approche critique nous allons faire un calcul de vérification de la partie commande afin de vérifier la bonne marche de l'ensemble moteur /accouplement/turbine.

Chapitre VI :
Vérification du choix des éléments de la commande du ventilateur

IV.1.introduction :

Dans ce chapitre nous allons faire la vérification de l’adaptation des différents éléments de la commande, pour se faire on procède au calcul de la puissance du moteur et au choix des éléments afin de réussir la dynamique de la commande.

L’utilisation de l’équation du mouvement de la commande nous permet de réaliser une commande qui tient compte de l’équilibre dynamique du système et par la même une exploitation technico-économique de l’ensemble réalisée dans des normes acceptables pour permettre un rendement optimal qui sera un facteur déterminant pour l’entreprise.

IV.2.Les caractéristiques du ventilateur industriel du P.M.A : VENTILATEUR du dépoussiérage cuisson :

<ul style="list-style-type: none"> • Type: Nombre des pales : 1...3 Débit d'aspiration (en solo) :700000 m3/h Débit d'aspiration (en duo) : 1035000 m3/h • Température à l'entrée des capots : 150°C • Poids spécifique des fumées à l'entrée : 0.733kg/m3 • Puissance absorbée à l'accouplement en duo :2696 kW • Diamètre nominal du rotor : 3060 • Elévation de pression statique (duo) :1250 mm C.E • Puissance absorbée à l'accouplement en solo : 3300 kw • Puissance nécessaire pour le moteur : 3500 kw 	<ul style="list-style-type: none"> • PD2 de la turbine : 35400 kg m² • Couple de décalage : kgm • Poids du rotor : 13400 kg • Poids total : 58000 kg • Débit nécessaire pour le réfrigérant à l'huile : 150 l/m maximum • Sens de rotation: Inverse de celui des aiguilles d'une montre en regardant à partir du bout de l'arbre libre
---	---

Tableau IV.1.: caractéristique du ventilateur



Figure IV.1: la turbine lors de l'équilibrage sur machine

Cette turbine est accouplée avec un moteur sous les caractéristiques suivantes :

IV.3. choix du moteur :

IV.3.1. Calcule de la puissance :

le tableau des données du ventilateur sont :

Type L3N taille 306004 ; centrifuge

Le rendement :	99%
Débit maximal :	1035000 m ³ /h
Déférence de pression	1250 mm CE
Température	150 °c
Vitesse de rotation	985 t/min

a) On calcule la puissance aéraulique du ventilateur (P_h) :

D'après la formule :

$$P_h = P_{tot} \cdot Q$$

P_{tot} = la pression totale (P_a)

$$P_{tot} = 1250\text{mm CE} = 0.125 \text{ bar} = 0.125 \cdot 10^5 \text{ Pa} ; (10 \text{ m CE}) = 1 \text{ bar}$$

Q= le débit nominal (m³/s)

$$Q = 1035000 \text{ m}^3/\text{h} = 287.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 0.125 \cdot 10^5 \cdot 287.5 = 3593750 \text{ w}$$

$$P_h = 3593.750 \text{ k w}$$

b) On calcule la puissance consommée :

D'après la formule

$$P_c = \frac{Ph}{\eta}$$

$$P_c = \frac{3593750}{0.99} = 3630050.50 \text{ w}$$

$$P_c = 36300.50 \text{ kW}$$

on a :

$$P_c = 36300.50 \text{ kW}$$

$$N = 993 \text{ t/min}$$

D'après le résultat on choisit un moteur asynchrone à bague de type : MAEb 1000 U .

le fabricant : ASEA

IV.4. Fiche technique pour moteur "Helmke" triphasé à bagues :

IV.4.1. Données électriques :

Tension nominale	5500 V
Fréquence nominale	50 Hz
Puissance nominale	3600 KW
Vitesse de rotation nominale	993t/min
Intensité nominale	449,7 A
Tension rotorique	2388 V
Courant rotorique	918,6 A
Couple max. / Couple nominal (C_{max}/C_N)	2,4
Couple nominal	34692 Nm
Rendement à 100, 75, 50% P_N	96,6%
Facteur de puissance à 100, 75, 50% P_N	0,87

IV.4.2. Conditions d'installation :

Température ambiante	+40°C
Altitude au-dessus du niveau de la mer	< 1000

IV.5. spécifications techniques pour démarreur liquide à courant triphasé :

Type de démarreur	DFA3600/1600-080
Genre de démarreur	IP43
Puissance PR	5400 kW
Données techniques du rotor	Tension rotorique MAX=2400v Courant du rotor MAX=1600A
Donnés techniques	Temps de démarrage :23/48 s Nombre de démarrage :6/3 Puissance évacuée requise :24 kW Dimensions maximal :2700*1720*2350mm(L*B*H)



Figure. IV.2 : moteur asynchrone à bague

A l'intérieur Turbine



Figure IV.3: accouplement moteur turbine de l'installation

- **Calcule du couple nominale C_n :**

$$C_n = P_n * \Omega$$

$$\Omega = 2 * \pi * n$$

$$n = 993 \text{ tr/min}$$

$$1 \text{ tr/min} = 0.10472 \text{ rad/s}$$

$$\text{Donc on a : } n = 993 * 0.10472$$

$$n = 103.98969 \text{ rad/s}$$

$$C_n = \frac{9550 \cdot 3600}{993}$$

$$C_n = 34622.35 \text{ N.m}$$

• **Calcul du couple d'accélération :**

$$C_a = J_{\text{tot}} \cdot \frac{d\Omega}{dt}$$

$$C_a = J_{\text{tot}} \cdot \int_0^{\Omega} \Omega/t = J_{\text{tot}} \cdot \frac{\Omega}{t}$$

$$J_{\text{moteur}} = 305 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_{\text{turbine}} = 35400 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_{\text{accouplement}} = 64.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_{\text{tot}} = 305 + 35400 + 64.5 = 35769.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Dt = le temps de démarrage 48s (d'après les caractéristique de démarreur de moteur)

$$C_a = \frac{35769.5 \cdot 103.93}{48}$$

$$C_a = 77448.41 \text{ N.m}$$

On a : J_{tot} : moment d'inertie ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) (moteur + turbine + accouplement)

Ω : vitesse (rad/s)

t : durée de démarrage (s)

On va calculer le couple de démarrage C_d :

Au moment de démarrage le couple moteur est en moyenne de 1.5 à 2 fois de couple nominale

$$\text{càd : } C_d = 2C_n$$

$$C_d = 99244.7 \text{ N.m}$$

On a : C_d = le couple de démarrage N.m

C_r = le couple de résistant N.m

C_a = le couple d'accélération N.m

IV.6.choix d'accouplement :

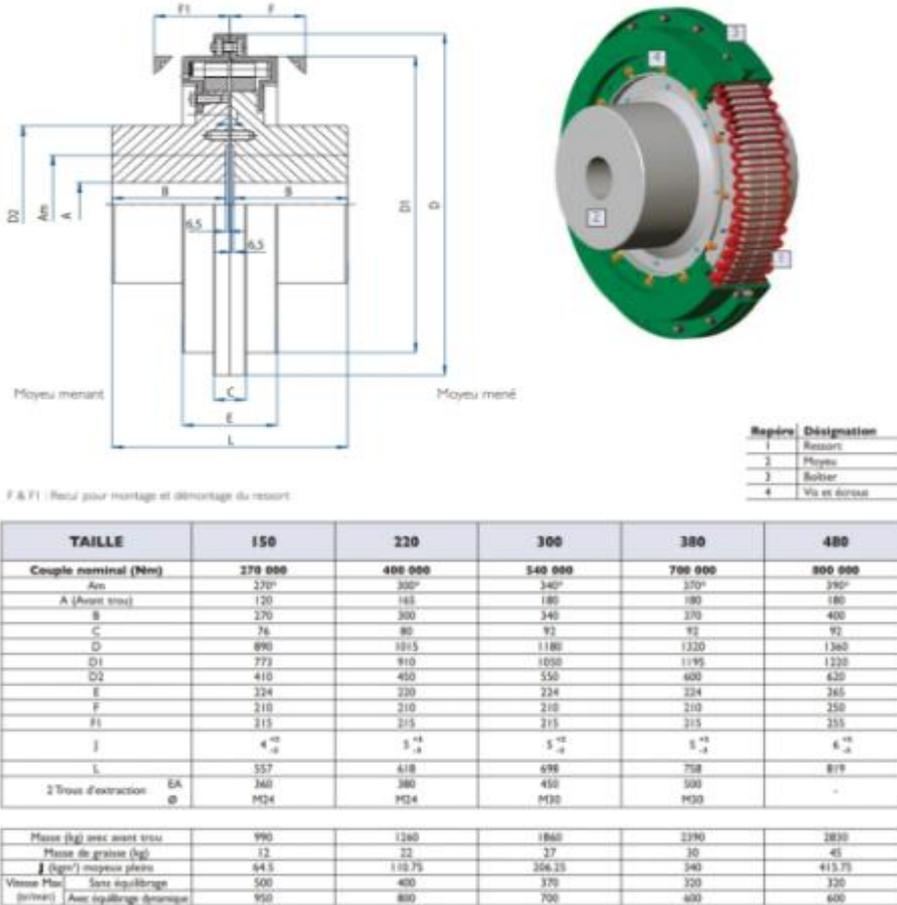


Tableau IV.2 : catalogue d'accouplement flexible

a) Calcul de la puissance nominale d'accouplement :

D'après la formule :

$$P_{acc} = P_n * f_1$$

D'après le tableau IV.1, on trouve que $f_1=215$

$$P_{acc} = 3600 * 215 = 774000 \text{ kW}$$

a) La taille d'accouplement :

D'après le tableau IV.1 (catalogue d'accouplement flexible) et pour les données suivantes :

$$P_{acc} = 774000 \text{ kW}$$

$$C_n = 34622.35 \text{ N.m}$$

$$N = 993 \text{ tr/min}$$

L'accouplement aura une taille (150)

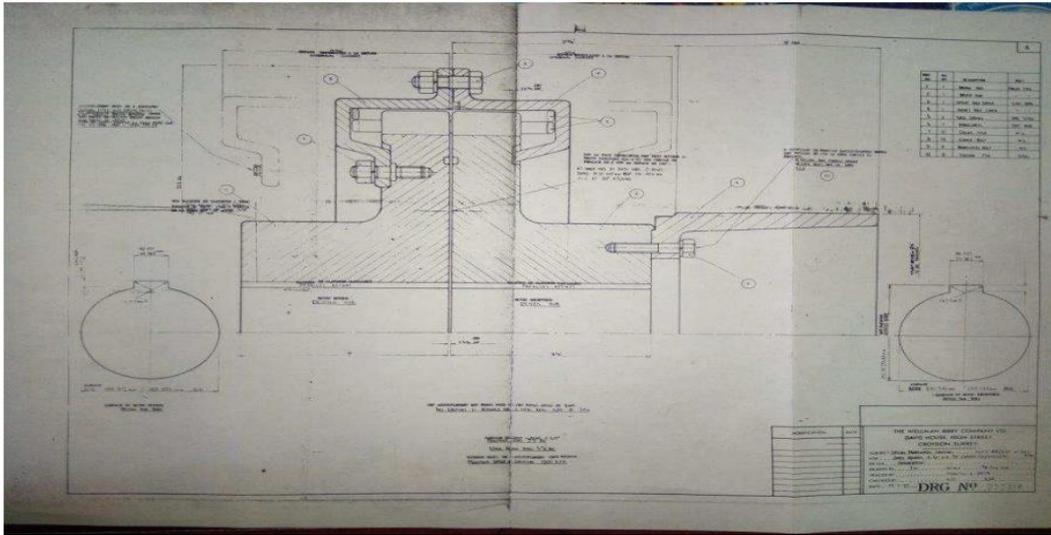


Figure IV.4: accouplement flexible.

D'après le tableau du catalogue de l'accouplement flexible avec les données suivants :

Type	Flexible
Taille	150
Masse avec avant trou	990 kg
Masse de graisse	12 kg
Moment d'inertie J	64.5 kg.m ²
Vitesse max(avec équilibrage dynamique)	950 tr/min
Couple nominal	2700000 N.m

IV.7.Choix de la turbine :

- Relation entre vitesse de l'air et débit d'une conduite
- 1ère relation

Le débit, au temps t, dans une conduite de section uniforme, est égal au produit de la section de cette conduite par la vitesse du flux d'air traversant à cet instant t .la formule : $Q= V.S$

On a : $Q=$ débit d'air en m³/s

$V=$ vitesse d'air en m/s

$S=$ surface tuyauterie en m²

On va calculer la vitesse d'air : $V=\frac{Q}{S}$

- 2ème relation :

Dans notre cas on va utiliser la 2 ème relation :

Lorsque deux conduites A et B se rejoignent en une conduite C le débit de la conduite C est égal au débit A additionné du débit B : $Q_C = Q_A + Q_B$

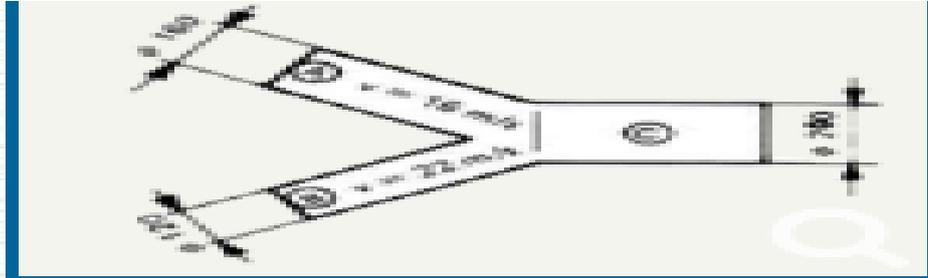


Figure IV.5 : jonction de deux conduites en un seul conduit

- Calcule de la vitesse d'air

$$V_c = \frac{Q}{S}$$

$$Q_c = 1035000 \text{ m}^3 / \text{h}$$

On calcule la surface du collecteur :

$$S_1 = 269.19 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 646.13 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 22139 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{collecteur}} = 23054.32 \text{ m}^2$$

Donc on calcule la vitesse d'air :

$$V_c = \frac{Q}{S}$$

$$V_c = \frac{1035000}{23054.32}$$

$$V_c = 44 \text{ m/h}$$

IV.8.conclusion :

La vérification par le calcul de la puissance du moteur triphasé asynchrone installée est proche de celle calculée donc on peut déduire que le système fonctionne selon les normes techniques concernant le choix de la puissance.

La vérification de la dynamique de la commande à partir de l'équation du mouvement de la commande nous permet de réaliser une commande qui tient compte de l'équilibre dynamique du système pour un rendement optimal qui sera un facteur déterminant pour l'entreprise.

Le calcul de la vitesse de l'air dans le collecteur du système ventilation assurant une bonne qualité de cuisson est d'une importance capitale car nous permet d'avoir un aggloméré de qualité suffisante exigé par les hauts Fournaux pour l'obtention d'une fonte de qualité.

De la qualité du produit sidérurgique du complexe dépend la rentabilité de toute l'entreprise et par conséquent de sa survie surtout en ces temps de mondialisation ou le rapport qualité prix devient la préoccupation de toute entreprise industrielle.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Pour assurer une bonne perméabilité aux gaz qui circulent contre le courant de la charge, et comme les particules fines (<5mm) sont nocives pour le haut fourneau car elles conduisent à des perturbations dans le courant gazeux et peuvent être la cause d'une allure périphérique et abaisser le coefficient de production il fallait trouver une solution qui permet de les utiliser sans entraver la marche des Hauts Fourneaux .la préparation de l'aggloméré consiste à préparer un mélange de mènèrai de fer ; coke et sable en respectant une granulométrie exigée par les hauts fourneaux généralement 5mm .Cette opération consiste au frittage au moyen d'un combustible solide.

La préparation du L'aggloméré nécessaire pour la fabrication de la matière première destiner pour les hauts fourneaux est une opération très complexe .elle demande une rigueur stricte pour le dosage équilibré entre les différents composants de l'aggloméré pour réussir l'opération de transformation du minerai de fer en fonte de qualité.

Les ventilateurs industriels sont essentiels dans de nombreuses industries. Les industries de la chimie, de la médecine, de l'automobile, de l'agriculture, de la climatisation, de la réfrigération, de la transformation des aliments ou encore de la construction nécessitent souvent leur utilisation pour faire circuler l'air frais et améliorer le conditionnement de l'air. Les gymnases, les entrepôts et les garages de stationnement souterrains ont également besoin de ces ventilateurs industriels pour assurer la santé et la sécurité des utilisateurs au sein de leurs bâtiments. Ils sont des turbomachines transférant à l'air qui les traverse, l'énergie nécessaire afin de véhiculer l'air au travers d'une paroi (ventilateur de paroi), dans un ou plusieurs conduits ou bien permettant de balayer un espace (local) assurant ainsi une homogénéisation de l'air (ventilateur plafonnier, des tarificateurs).

La vérification par le calcul de la puissance du moteur triphasé asynchrone installée est proche de celle calculée donc on peut déduire que le système fonctionne selon les normes techniques concernant le choix de la puissance.

La vérification de la dynamique de la commande à partir de l'équation du mouvement de la commande nous permet de réaliser une commande qui tient compte de l'équilibre dynamique du système pour un rendement optimal qui sera un facteur déterminant pour l'entreprise.

Le calcul de la vitesse de l'air dans le collecteur du système ventilation assurant une bonne qualité de cuisson est d'une importance capitale car nous permet d'avoir un aggloméré de qualité suffisante exigé par les hauts Fourneaux pour l'obtention d'une fonte de qualité. De la qualité du produit sidérurgique du complexe dépend la rentabilité de toute l'entreprise et par conséquent de sa survie surtout en ces temps de mondialisation ou le rapport qualité prix devient la préoccupation de toute entreprise industrielle.

Bibliographie

[1] : Réf 34252 dossier machine de ventilation principal agglomération.

[2] : Réf 3425232 plan d'ensemble d'accouplement type wellman bibby 1972.

[3] : Mémoire de conception en vue de la révolution d'une station d'aspiration et de refoulement des plaquettes des bois.

[4] : Choisir le ventilateur.(Energieplus-liste.be)

[5] : Grandeurs caractéristiques des ventilateurs.

[6] : Dimensionnement des turbines.(<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/767/767-dimensionnement-des-turbines.pdf>)

[7] : Electrotechnique THEODORE WILLDI

[8] : Fiche technique de la machine ventilateur.

[9] : Généralité sur la ventilation.

[10] : Historique de la ventilation. (Wikipédia)