

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la recherche scientifique

UNIVERSITE Abderrahmane MIRA BEJAIA
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Préparé par :

AISSOU FARID

LASSOUANI ABDEL DJEBAR

Thème

**Étude d'une installation de dépoussiérage unité de
conditionnement sucre blanc– CEVITAL-Bejaia**

Soutenu le 18/10/2021 devant le jury composé de:

Mr : SADAoui D	Président
Mr : DJERRADA A	Rapporteur
Mr : ZATOUT A	Rapporteur
Mr : BENSLIMANE A	Examineur

Année Universitaire 2020-2021

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Populaire et Démocratique Algérienne République

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur

**Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche**

Arrêté ministériel n°933 du 28 juillet 2016() fixant les règles relatives à la prévention et la lutte
contre le plagiat*

Je soussigné,

Nom :

Prénom:

Matricule:.....

Spécialités/ou Option:.....

Département:.....

Faculté:.....

Année universitaire :

Et chargé de préparer un mémoire de (*Licence, Master, Autres préciser*):.....

Intitulé:.....

.

Fait à Bejaia
le...../...../.....

Signature de l'intéressé

(*)Lu et approuvé

Remerciements

En guise de reconnaissance, nous tenons à présenter nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail et au bon déroulement de notre stage de fin d'études au sein du complexe agroalimentaire Cevital de Bejaïa.

Toute notre gratitude va à Monsieur A. DJERRADA pour la qualité de son enseignement et pour l'intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants. Nous le remercions pour son encadrement sans relâche le long de ce projet et pour ses fructueuses orientations.

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel du complexe CEVITAL-Bejaïa pour l'accueil qui nous a été manifesté et particulièrement Monsieur. Azzedine ZATOUT qui nous a encadrés au sein de cette entreprise ; nous le remercions pour sa patience, ses conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'il a toujours portés à notre travail.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier vivement l'ensemble du personnel du département Génie Mécanique pour la disponibilité et le soutien tout le long de notre cursus de formation.

Nous saisissons également cette opportunité pour remercier tous les enseignants, qui ont contribué à notre formation.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres de jury qui ont accepté de juger ce modeste travail, particulièrement Monsieur D. SADAOUI qui nous fait l'honneur de présider ce jury, et Monsieur A.BENSLIMANE qui nous fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce Mémoire :

A Mes parents :

Mon père, qui peut être fier de moi et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit, merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien venus de toi.

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie. Reçois à travers ce travail, aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mes frères et Mes sœurs : Fatah et Slimane et Samira et Yasmina, qui n'a jamais cessé d'être pour moi un exemple de persévérance, de courage et de générosité, qui m'ont assistée dans ces moments et qui m'ont entourée et motivée.

Ma femme Sonia qui n'a jamais cessé d'être pour moi un exemple de persévérance, de courage et de générosité.

Une pensée va aussi à mes amis a

L'ensemble du personnel du département Génie Mécanique qui doit voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

Le Dr HAMI, qui n'a jamais cessé d'être pour moi un exemple de persévérance, de courage et de générosité

L'ensemble du personnel du Bloc Opératoire service gynécologie –obstétrique CHU BEJAIA, qui m'ont assistée dans ces moments et qui m'ont entourée et motivée.

A tous ceux qui auront l'occasion de lire ce travail

AISSOU FARID

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma très chère Mère et mon très cher Père Et mon très cher oncle
A ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes études
A ceux qui ont veillé pour mon bien être
A ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles de ma vie
A ceux que j'aime et je respecte infiniment
Le jour est venu pour leur dire Merci...
Ainsi qu'à mes chers frères, mes chères sœurs

LASSOUANI ABDEL DJEBAR

Table des matières

Remerciements	i
Dédicaces	ii
Table des matières	iii
Table des figures	iii
Liste des tableaux	iii
NOMENCLATURE.....	iv
Introduction Générale.....	1
1 Chapitre I : présentation générale de complexe CEVITAL et l'unité de conditionnement	2
1.1 Introduction	2
1.2 Présentation de l'entreprise CEVITAL :	2
1.2.1 Historique et évolution	2
1.2.2 Implantation géographique de CEVITAL.....	3
1.3 L'unité de conditionnement de sucre :	4
1.3.1 Présentation et description global du processus de conditionnement du sucre (présentation de circuit de conditionnement) :	4
1.3.2 La production	5
1.3.3 Instrumentation de système	5
1.3.4 Ensacheuse (conditionneuse) :	11
1.4 Conclusion.....	12
2 Chapitre II : généralités sur les dépoussiéreurs et la filtration d'air poussiéreux.....	13
2.1 Introduction	13
2.2 Généralité sur la poussière	13
2.2.1 Caractéristique et inconvénients de l'air poussiéreux	13
2.2.2 Les dépoussiéreurs	15
2.3 Différents types de dépoussiéreur	16
2.3.1 Dépoussiéreur à manche ou à poche	17
2.3.2 Dépoussiéreurs centrifuges (ou mécanique)	18
2.3.3 Dépoussiéreurs électriques	20
2.3.4 Dépoussiéreur par voie humide.....	20
2.4 Choix d'un dépoussiéreur performant.....	21
2.5 Dépoussiéreurs centralisés - système de nettoyage intégré.....	21
2.6 Transport des poussières	22
2.6.1 Filtration de la poussière	22

2.7	Facteur influent sur le transport et la filtration d'air poussiéreux	27
2.8	Tirage de la poussière.....	29
2.9	Conclusion.....	29
3	Chapitre III : Évaluation des besoins	31
3.1	Estimation des anciens et des nouveaux débits de poussière aspirés.....	31
3.2	Installation initiale.....	31
3.2.1	Détermination de la vitesse d'aspiration des poussières	32
3.2.2	Détermination des besoins	34
3.3	Installation actuelle (après modifications)	35
3.3.1	Détermination des nouveaux besoins	36
3.4	Conclusion.....	37
4	Chapitre IV : Calcul des pertes de charge	38
4.1	Introduction :.....	38
4.2	Perte de charge dans les canalisations.....	38
4.2.1	Différents types d'écoulement	38
4.2.2	Pertes de charge linéaire (par frottement) :	39
4.2.3	Détermination du coefficient de frottement de Darcy (λ) :.....	40
4.2.4	Les pertes charges singulières :.....	42
4.3	Calcul des débits volumiques.....	45
4.4	Calcul la vitesse et le débit volumiques dans les différents tronçons :	51
4.5	Calcul des pertes de charge linéaire et singulières dans différent ligne.....	56
4.5.1	Les pertes de charge linéaire.	56
4.5.2	Les pertes de charges singulières	57
4.6	Conclusion :.....	75
5	Conclusion générale	76
	Références Bibliographiques.....	75
	Annexe	75
	76

Table des figures

Figure 1 : Plan da masse du complexe CEVITAL.....	3
Figure 2: Vue générale du bâtiment.....	4
Figure 3 : Schéma de principe d'un convoyeur à bande.....	6
Figure 4 : Moto-ventilateur.....	7
Figure 5 : Roue de ventilateur.....	8
Figure 6: Doseur volumétrique.....	9
Figure 7 : Séquence de fonctionnement du doseur.....	10
Figure 8: différents types de dépoussiéreurs.....	16
Figure 9: différents types de dépoussiéreurs à media filtrants avec dé colmatage pneumatique.....	18
Figure 10: Schéma de principe d'un cyclone.....	19
Figure 11: Schéma d'installation de nettoyage centralisé.....	22
Figure 12: Schéma d'un dépoussiéreur TORIT de la série DCE 2000.....	23
Figure 13: Coupe de la plaque de base et de deux éléments filtrants, illustrant le principe de fonctionnement des cycles de colmatage /dé colmatage du dépoussiéreur.....	26
Figure 14 : Coupe de base d'un filtre a cyclone.....	27
Figure 15: Schématisation de l'influence de l'humidité sur l'évolution de la perte de charge en fonction de la masse surfacique de particules collectées.....	28
Figure 17: Plane du réseau Dépoussiérage avant les Modification.....	32
Figure 18: ligne d'aspiration D3.....	34
Figure 19: Plane du réseau Dépoussiérage après les Modification.....	36
Figure 20 : Différents types d'écoulements.....	40
Figure 21 : Schéma d'un coude circulaire cintré.....	43
Figure 22 : collecteur d'aspiration qui relie entre les deux doseurs et deux conditionneuses au même temps.....	45
Figure 23 : collecteur d'aspiration qui relie entre les deux doseurs et deux conditionneuses au même temps.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : Débit volumique global d'aspiration dans l'ancienne installation	35
Tableau 2 : Débit volumique d'aspiration dans nouvelle installation (doseur pondérale).....	37
Tableau 3 : Résultats du calcul de débit et de la vitesse dans les différents tronçons.....	56
Tableau 4 : Résultats du calcul des pertes de charge linéaire et singulières total du différent Tançons.	74

NOMENCLATURE

Symboles	Définition	Unités SI
C	La vitesse moyenne de l'air	[m/s]
D	Diamètre de la conduite	[m]
L	Longueur de la conduite	[m]
P	Pression	[Pa]
Q_v	Débit volumique du fluide	[m ³ /s]
Re	Nombre de Rayleigh	-
R	Rayon de courbure du coude	[m]
S	Surface	[m ²]
T	Température ambiante	[°C]
ν	Viscosité cinématique	[m ² /s]
λ	Coefficient de pertes de charge linéaires	-
ρ	Masse volumique	[kg/m ³]
ξ	Coefficient des pertes de charge singulières.	-
ε	Rugosité absolue de la paroi interne de la conduite	[m]
ΔP	Pertes de charges	[Pa]
ΔPL	Pertes de charges linéaires	[Pa]
ΔPS	Pertes de charges singulières	[Pa]

Introduction Générale

Introduction Générale

L'industrie a connu le long de son évolution beaucoup de dysfonctionnements qui sont dus, entre autres, à la présence de poussière se présentant sous forme de petites particules solides qui se déposent sous l'effet de leur poids ou qui peuvent rester aussi en suspension dans l'air. Cette poussière peut causer plusieurs problèmes tels que la médiocrité de la qualité des produits, les explosions dans l'air, des risques sérieux pour la santé et pour l'environnement etc...

Le complexe CEVITAL, implanté à Bejaïa, s'érige en leader africain dans le secteur agroalimentaire. Le groupe CEVITAL constitue avec d'autres groupes privés un modèle de réussite industrielle dont la notoriété dépasse les frontières nationales. Une des unités du complexe CEVITAL de Bejaïa est spécialisée dans le conditionnement du sucre. C'est au sein de cette unité que nous avons mené notre projet de fin d'études de Master à travers lequel nous essayons de contribuer à résoudre les problèmes inhérents à l'aspiration des poussières provenant d'innombrables chocs des cristaux de sucre le long du procès de raffinage. Par ailleurs, les diverses extensions qu'a connues l'unité, le passage d'un type de doseur volumétrique à un type de doseur pondéral, lors du conditionnement, ont conduit à la démultiplication du nombre de points d'aspiration de ces poussières et à une modification du réseau d'aspiration. C'est dans cette problématique que s'inscrit notre travail qui portera essentiellement sur l'étude du réseau et du ventilateur d'aspiration.

Le présent mémoire s'articule autour des parties suivantes :

Le premier chapitre est consacré à Présentation générale de complexe CEVITAL

Et l'unité de conditionnement.

Le deuxième chapitre traite des dépoussiéreurs industriels et des différents types de filtration.

Chapitre trois nous présenterons l'évolution des besoins de système (l'ancienne installation)

Chapitre quatre nous présenterons un calcul des pertes de charge dans nouvelle installation

Chapitre I
Présentation générale de
complexe CEVITAL
Et l'unité de
conditionnement

1 Chapitre I : présentation générale de complexe CEVITAL et l'unité de conditionnement

1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons parler de l'historique de l'entreprise CEVITAL et ses multiples activités industrielles, ensuite nous passerons à la description de l'installation de dépeussierage L'unité de conditionnement de sucre (CDS).

1.2 Présentation de l'entreprise CEVITAL :

Cevital est un Groupe familial qui s'est bâti sur une histoire, un parcours et des valeurs qui ont fait sa réussite et sa renommée.

Première entreprise privée algérienne à avoir investi dans des secteurs d'activités diversifiés, elle a traversé d'importantes étapes historiques pour atteindre sa taille et sa notoriété actuelle.

Industrie agroalimentaire et grande distribution, électronique et électro-ménager, sidérurgie, industrie du verre plat, construction industrielle, automobile, services, médias... Le Groupe Cevital s'est construit, au fil des investissements, autour de l'idée forte de constituer un ensemble économique.

Porté par 18 000 employés répartis sur 3 continents, il représente le fleuron de l'économie algérienne, et œuvre continuellement dans la création d'emplois et de richesse.

1.2.1 Historique et évolution

Cevital, est une société par action (SPA) dont les actionnaires principaux sont M. REBRAB et FILS, elle est l'un des fleurons de l'industrie agroalimentaire en Algérie qui est constituée de plusieurs unités de production équipées de la dernière technologie et poursuit son développement par divers projets en cours de réalisation. Elle a été créée en Mai 1998 avec un capital social qui est fixé 68 ,760 milliards de DA. Elle se situe dans le nouveau quai du port de BEJAIA et s'étend sur une superficie de 76 156 m².

Elle occupe une place stratégique qui lui permet de faciliter les relations avec son environnement antérieur. Ci-après, quelques dates qui ont marqué l'histoire de Cevital :

1998 : le complexe Cevital a débuté son activité par le conditionnement de l'huile en Décembre.

1999 : entrée en production de la raffinerie d'huile de 570000 T/An et lancement de la première marque d'huile de table de haute qualité, 100% tournesol « FLEURIAL »,

2001 : entrée en production de la margarinerie de 180000 T/An et lancement de la première marque de margarine de table « FLEURIAL ».

2003 : entrée en production de la raffinerie de sucre (650000 T/An de sucre blanc et 25000T/An de sucre liquide). Lancement de la margarine de feuilletage « LA PARISIENNE » pour les boulangeries pâtisseries.

1.2.2 Implantation géographique de CEVITAL

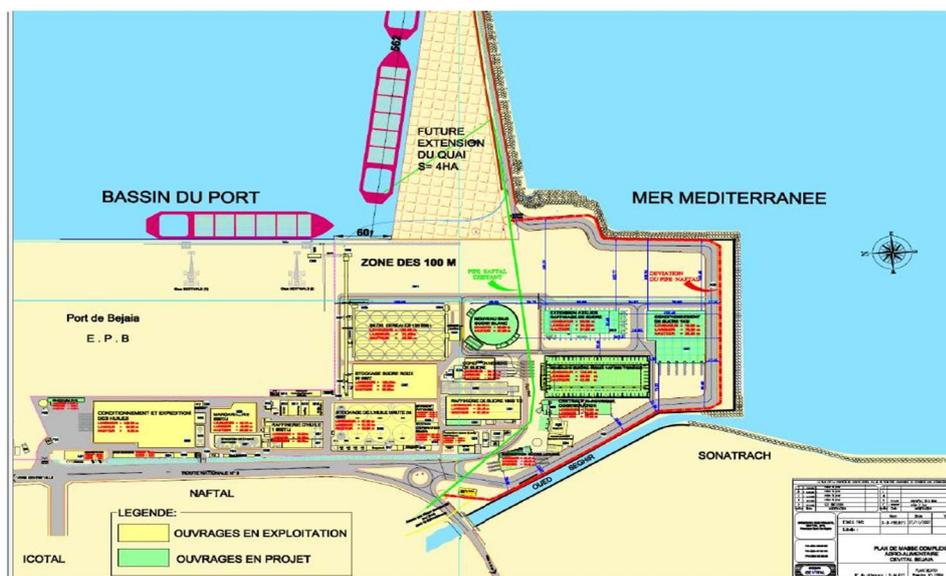


Figure 1 : Plan da masse du complexe CEVITAL.

La direction du complexe CEVITAL FOOD est implantée dans l'enceinte portuaire de Bejaia (figure 1) à 3 Km sud-ouest de cette ville, et à 230 Km de l'est d'Alger. Cette place stratégique offre à la filiale CEVITAL FOOD un grand avantage de proximité économique, puisqu'elle se trouve proche du port et de l'aéroport, ainsi que de la zone industrielle d'AKBOU. CEVITAL FOOD s'étale sur une surface de 45000m2 pour un terrain de concession d'une durée de 30 ans avec renouvellement du contrat. Dans ce site, CEVITAL FOOD a entrepris la construction des installations suivantes :

- Raffinerie huile
- Margarinerie
- Silos portuaires
- Raffinerie du sucre

D'autres unités rattachées à la filiale CEVITAL FOOD sont installées :

– A EL KSEUR : Une unité de production de jus de fruits COJEK. Un immense plan d'investissement a été consenti visant à moderniser l'outil de production de jus de fruits.

– A TIZI OUZOU : à AGOUNI GUEGHRANE (OUADHIAS) : au cœur du massif montagneux du DJURDJURA qui culmine une source d'eau à plus de 2300 mètres d'altitude. L'unité d'Eau Minérale LALLA KHEDIDJA (UEMLK) a été inaugurée en juin 2007.

1.3 L'unité de conditionnement de sucre :

Le bâtiment du conditionnement de sucre a une superficie totale de 1131.9 m² et un effectif de 430 employés des différents services production, maintenance et expéditions.



Figure 2: Vue générale du bâtiment

1.3.1 Présentation et description global du processus de conditionnement du sucre (présentation de circuit de conditionnement) :

Le sucre est acheminé par des tapis bande roulante (TBRs), à partir des silos de stockage vers l'unité le conditionnement, Le sucre sera ensuite déversé dans des trémies pour améliorer les capacités de stockage, le conditionnement de sucre dispose de 07 trémies, est des dégazage cellule pour manipuler L'ouverture et la fermeture automatique au niveau des trémies Elle s'ouvre au déversement de sucre et Chaque trémie alimente une ligne de production, et chacune dispose de 04 conditionneuses. Chaque conditionneuse contient sa peseuse pondérale qui permet de versé des doses de 01kg de sucre avec une cadence de 70sac/minute et l'unité de conditionnement dispose de 4 ligne de production des sac de 1 kg et de 2 ligne de production des sac de 5kg et une ligne de production des sac de 10kg et une autre pour produire des sac de 25 kg qui seront remplie et emballer par l'ensacheuse (conditionneuse) ensuite il passent sur des convoyeurs et par une fardeleuse qui sert à envelopper les sac sous forme d'un pack avec

un film plastique thermo-rétractable et ensuite pour finir elle passent un palettiseur va trier et calibrer les sac du sucre sur des palette pour être prêt à le transporter

1.3.2 La production

1.3.2.1 La production du paquet 1kg

La production du paquet 1kg se fait par vingt-huit conditionneuses de marque ROVEMA installées sur sept lignes indépendantes à une cadence nominale de 70 sacs/minute, dotées de doseur et d'une trieuse pondérale à la sortie de chaque conditionneuse qui consiste à contrôler le poids de chaque paquet, compteur production et faire le tri comme suit :

Paquet supérieur à 1015 grammes : paquet éjecté.

- ✓ Paquet inférieur à 995 grammes : paquet éjecté.
- ✓ Paquet entre 995g et 1015 g : paquet bon.

1.3.2.2 La production du sac 5 kg

La production du sac 5 kg est assurée par une seule conditionneuse a doubles tube de remplissage à une cadence nominale de 25 sacs par tube dotée d'une trieuse pondérale OCS telle que la conditionneuse 1 kg, qui fait le tri comme suit :

- ✓ Sac supérieur à 5150 gramme : sac éjecté.
- ✓ Sac inférieur à 4925 gramme : sac éjecté.
- ✓ Sac entre 4925g et 5150g : sac bon

1.3.2.3 La production du sachet verseur 1kg

La production du sachet verseur 1kg se fait par deux conditionneuses à une cadence nominale de 80 sachets verseur/minute, telle que :

- ✓ sachet verseur supérieur à 1015 gramme : sachet éjecté.
- ✓ sachet verseur inférieur à 985 gramme : sachet éjecté.
- ✓ Sachet entre 1015g et 985g : sachet bon

1.3.2.4 La production du sucre en morceaux, boîte de 750g

La production du sucre en morceaux, boîte de 750g est assurée par deux conditionneuses à une cadence nominale de 23 boîtes/minute

1.3.3 Instrumentation de système

1.3.3.1 Convoyeur :

Le convoyeur est un système de manutention automatique qui permet de déplacer des produits finis ou bruts d'un poste à un autre par le mécanisme de transmission de puissance. Cette dernière est transmise d'un arbre moteur vers un ou plusieurs arbres récepteurs par l'intermédiaire de courroies ou de chaînes. Le produit ou la marchandise étant placés sur une bande ou sur une tôle se déplacent d'une manière uniforme dans un circuit fermé. La vitesse de déplacement est relative à la vitesse de rotation du moteur et peut être réduite ou augmentée selon la volonté de l'opérateur en tenant compte de quelques paramètres tels que la productivité et la cadence de production.

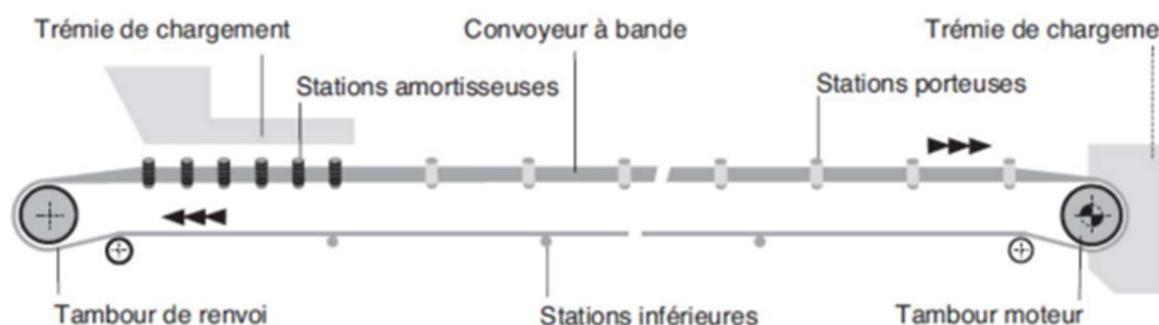


Figure 3 : Schéma de principe d'un convoyeur à bande

1.3.3.2 Trémie

Il s'agit du composant qui, normalement, reçoit le produit en poudre (sucre), transporté du silo de stockage jusqu'au point d'utilisation. Sa forme, ses dimensions et ses accessoires varient selon le type d'utilisation. Dans la plupart des cas, elle est constituée d'une partie supérieure cylindrique de diamètre variable selon sa capacité, d'une partie inférieure conique pour faciliter le déchargement du produit et d'une vanne ou plusieurs pour le déchargement manuel ou, plus fréquemment, automatique. La trémie peut assurer les fonctions suivantes :

- Pesage et dosage (dans ce cas la trémie est accompagnée d'une ou plusieurs cellules de charge).
- Alimentation de mélangeurs, de pétrisseuses en continu, de conditionneuses (dans ce cas, la trémie est dotée de sondes de niveau maximum et minimum).
- Stockage intermédiaire avec sonde de niveau.
- Séparation entre produit et air de transport à l'aide d'une toile filtrante interne,

Ou d'un filtre à manches, avec nettoyage en contre-pression, situé au sommet de la trémie

1.3.3.3 Cellule de charge

Il s'agit là de l'un des manuels d'ingénierie les plus complets élaborés autour de l'application de modules de pesage pour des cuves, des réservoirs, des silos, des trémies, des convoyeurs et des plateformes de pesage. Il aborde les calculs de conception, les effets thermiques, les raccordements de canalisation, la conception des châssis et l'étalonnage.

1.3.3.4 Moto-ventilateur :

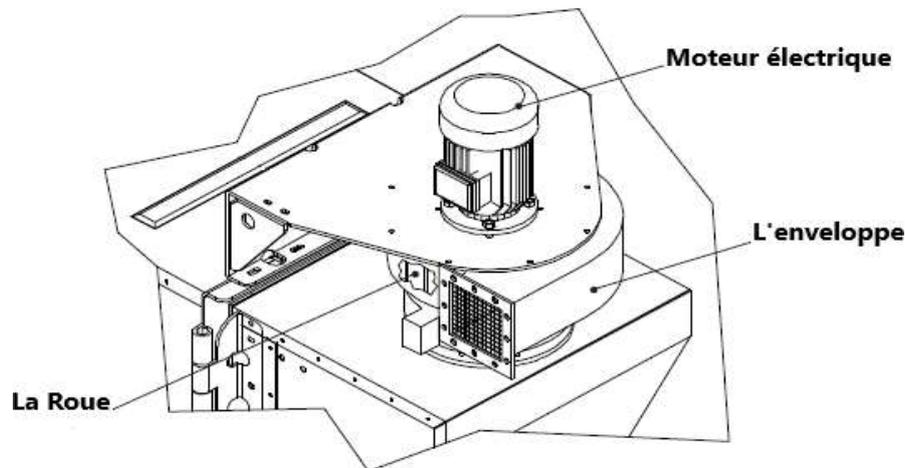


Figure 4 : Moto-ventilateur [3]

Le ventilateur est une turbomachine réceptrice qui fournit l'énergie nécessaire pour entretenir l'écoulement de l'air dans le circuit de ventilation, il doit être choisi pour débiter un certain volume d'air sous une certaine pression (qui dépend de la résistance du circuit).

1.3.3.4.1 Composition du moto-ventilateur

Le moto-ventilateur est composé par des éléments dont les rôles sont différents.

1.3.3.4.2 Le moteur électrique :

C'est un moteur asynchrone, il a comme rôle d'entraîner la roue du ventilateur à la désiré, c'est un convertisseur électromécanique de l'énergie électrique vers l'énergie mécanique

1.3.3.4.3 L'enveloppe :

C'est elle qui en enveloppe les composants internes du ventilateur, elle est en tôle, étanche aux infiltrations d'eau, comme elle protège l'intérieur (les éléments internent) du ventilateur mécaniquement

La roue(Turbine) :



Figure 5 : Roue de ventilateur

[4]

Est une roue qui se trouve à l'intérieur de l'enveloppe, sur laquelle des aubes sont soudées, lors de sa mise en rotation ces aubes vont entrainer l'air vers les parois de l'enveloppe pour qu'il soit acheminé vers l'extérieur

1.3.3.4.4 Principe de fonctionnement du moto-ventilateur :

L'écoulement de l'air dans le réseau de canalisation est produit par le ventilateur. En créant une dépression dans la canalisation située en amont du ventilateur, la force exercée par la pression atmosphérique ambiante permet à l'air de s'introduire dans le capteur. Le ventilateur permet d'accélérer l'air et de main tenir l'écoulement en combattant la résistance à l'écoulement générée par le réseau.

Comme dans le cas de ce dépoussiéreur le ventilateur utilisé est de type centrifuge.

Dans les ventilateurs centrifuges, l'air est aspiré parallèlement à l'axe de rotation d'une roue à aubes tournant dans une volute et est rejeté à la périphérie par la force centrifuge suivant un plan perpendiculaire à l'axe de rotation. Ces ventilateurs permettent de développer des Pressions statiques élevées est ont mieux adaptés aux réseaux qui représentent des fortes pertes de charge causées notamment par les dispositifs de captage Pressions statiques élevées est ont mieux adaptés aux réseaux qui représentent des fortes pertes de charge causées notamment par les dispositifs de captage.

1.3.3.5 Les Doseurs

Le doseur permet de doser le sucre déversé au n'importe autre produits vrac pour tous les secteurs industriels en particulier et permet un dosage sans dégradation de la matière première tout en garantissant une grande précision. Toutes les parties en contact avec le produit son en acier inoxydable afin d'éviter toute dégradation de la poudre ou produit vrac. Et Les constructeurs de machines de dosage proposent 2 méthodes : le dosage volumétrique et le dosage pondéral. Comme pour les liquides, il n'existe pas de technologie unique qui convienne

à toutes les applications. Il faut donc choisir la technique la plus adaptée à ses produits et à ses spécifications. Ce qui a met le complexe CEVITAL a équipé leur unité de conditionnement avec des doseurs pondéraux après qu'ils ont été en fonctionnement avec des doseurs volumétriques

1.3.3.5.1 Dosage Volumétrique

Le dosage volumétrique est réalisé par comptage du nombre de tours de vis (ou éventuellement par chronométrie). Pour être précis, il est nécessaire :

- ✓ d'avoir un niveau constant dans la trémie.
- ✓ d'avoir un outillage adapté à son produit afin que le flux soit régulier.

Le dosage volumétrique convient souvent bien aux doses inférieures à 1kg. Fonctionnant uniquement en grande vitesse, il est plus rapide que le dosage pondéral. Suivant le nombre de produits à doser, le dosage volumétrique peut être plus ou moins économique que le dosage pondéral (ce dernier nécessite une électronique de mesure). Les constructeurs considèrent qu'à partir de 2kg (suivant les densités des produits) le dosage volumétrique est moins précis en valeur absolue et on lui préférera le dosage pondéral.

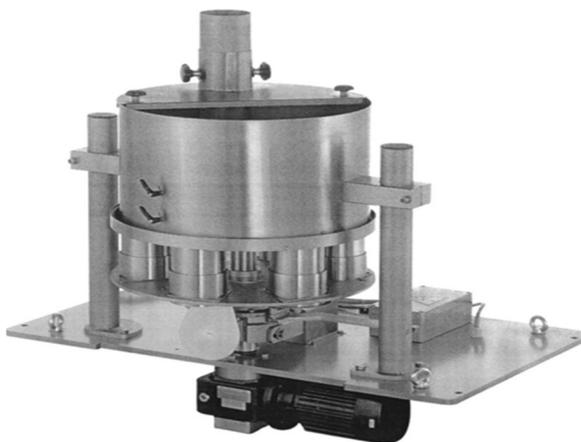


Figure 6: Doseur volumétrique

1.3.3.5.2 Dosage pondérale

Dans le cas d'une machine de dosage de poudre pondérale le cycle se décompose en 2 temps. Pendant la première partie, la vitesse de rotation de la vis est élevée afin de remplir rapidement l'emballage. Lorsque le poids cible est presque atteint, la vitesse de rotation de la vis diminue pour obtenir le dosage le plus précis possible. Le dosage pondéral est plus délicat

au-dessous de quelques grammes : la précision peut être perturbée par l'environnement de la machine. Au-delà de quelques grammes le dosage pondéral gagne en précision. Il permet un enregistrement des poids brut et net pour mieux suivre la production et accroître la qualité. Obtenir ce type d'information en volumétrie peut s'avérer onéreux : il faut alors peser avant et après remplissage.

Le dosage pondéral peut nécessiter moins d'outillages que le dosage volumétrique : l'imprécision due à une répartition inhomogène du produit dans la vis n'aura d'impact qu'en fin de dosage sur la jetée. Ce sont vos spécifications et les variations plus ou moins grandes entre vos différentes familles de produits qui permettront aux constructeurs de déterminer le nombre d'outillages optimal.

L'un des plus grands atouts du dosage pondéral est le fonctionnement en métrologie légale. Gage de qualité et argument commercial, le fonctionnement en métrologie légale requiert que le constructeur ait déposé auprès du Laboratoire Nationale d'Essais ou d'un autre organisme, un dossier d'accréditation, que ce dossier ai été instruit et validé (pour plus de détails sur le dosage en métrologie légale).

1.3.3.5.2.1 Séquence de fonctionnement de doseur pondérale :

Cette section décrit la séquence de fonctionnement de la machine, du pesage du produit acheminé dans la benne de ravitaillement à sa décharge par le conduit de sortie.

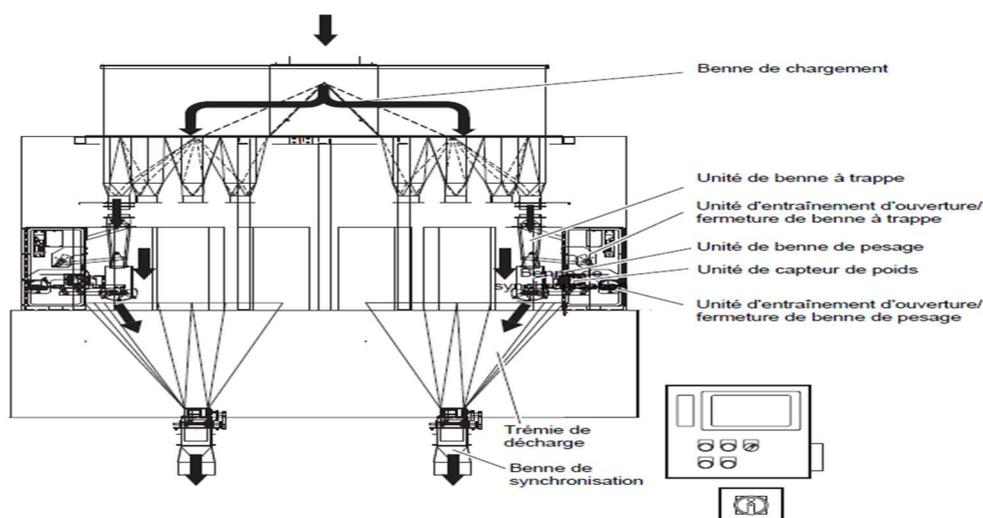


Figure 7 : Séquence de fonctionnement du doseur

- 1) Le produit est acheminé dans la benne de chargement.
- 2) Le produit est déversé par la benne de chargement dans la benne à trappe.
- 3) L'ouverture de la trappe est contrôlée par le signal de pesage du capteur de poids jusqu'à ce que le poids cible soit atteint, afin qu'un poids adéquat de produit soit déposé dans la benne de pesage.
- 4) La trappe réduit le flux de produit lorsque l'alimentation grossière est terminée, puis se ferme complètement lorsque le poids cible est atteint.
- 5) Une fois que le pesage par le capteur de poids s'est stabilisé, la benne de pesage s'ouvre et le produit
Est déchargé dans la trémie de décharge.
- 6) Le produit est recueilli par la trémie de décharge et déchargé par la trémie de synchronisation.

1.3.3.5.3 Le choix du système de dosage :

Le choix se fera en fonction de 4 principales variables :

- La précision du dosage
- La cadence
- Le type d'utilisation (batch ou continu)
- Le type de poudre (granulométrie, densité, coulabilité)

1.3.4 Ensacheuse (conditionneuse) :

L'ensacheuse est une machine qui permet de conditionner les produits, qu'ils soient sous forme liquide ou solide : pour chaque type de produits à ensacher, différents systèmes de conditionnement peuvent ainsi être mis en place. Il s'agit à la fois de proposer un conditionnement au meilleur rapport qualité prix, mais aussi une hygiène et un respect des normes irréprochables.

Les ensacheuses doivent ainsi répondre à des règles strictes en matière de :

- conservation des produits emballés (qu'il s'agisse de cosmétique ou d'aliments) ainsi que leur hygiène
- l'étanchéité de l'emballage
- résistance de celui-ci aux conditions climatiques

Elles sont conçues comme de véritables chaînes de montage : elles peuvent comporter jusqu'à 15 pistes pour une cadence accélérée et sont équipées de caméras qui effectuent un véritable travail de contrôle de marquage.

Pour une chaîne de conditionnement complète, l'ensacheuse peut être complétée par une sur-emballeuse et une étiqueteuse : vous en trouverez chez des spécialistes du conditionnement et de l'emballage de produit.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté l'entreprise CEVITAL d'une manière générale, puis nous allons procéder à la description de l'installation de dépoussiérage l'unité de conditionnement de sucre (CDS)

Les caractéristiques de chaque composant constituant cette unité, afin de bien mener notre projet et résoudre la problématique qui nous a été posée, ce qui fera l'objet des prochains chapitres.

Chapitre II

Généralités sur les

dépoussiéreurs et la filtration

d'air

Chapitre II : généralités sur les dépoussiéreurs et la filtration d'air poussiéreux

1.5 Introduction

Des nombreux procédés industriels provoquent des contaminations de l'air sous forme de poussières et particules. Les poussières, selon leur composition, peuvent être relativement sans danger tout comme elles peuvent être explosives ou encore très toxique.

Les conséquences sont notamment des explosions et la pollution particulaire des ateliers de travail. Mis à part l'inconfort résultant d'une exposition à un empoussiérement trop important, il y a l'apparition de maladies professionnelles. La prévention des maladies professionnelles n'exige que l'exposition des personnes aux polluants soit évitée ou réduite aux niveaux les plus faibles possibles.

À cause des nombreuses conséquences de la poussière, la filtration de l'air est une préoccupation majeure dans de nombreux secteurs industriels. Les dépoussiéreurs n'ont pas pour seule tâche d'éliminer les particules solides présentes dans les effluents gazeux. Ils doivent aussi offrir un air bien filtré. Pour la plupart des gens, un dépoussiéreur est une machine qui sert à filtrer l'air. Cependant pour offrir un air bien filtré, il faut une bonne efficacité de filtration.

1.6 Généralité sur la poussière

On désigne par poussière les petites particules solides qui se déposent sous l'effet de leur poids mais qui peuvent rester en suspension dans l'air, pendant un certain temps. Les poussières peuvent soit être fabriqués dans un but déterminé (sucre, farine,...etc.), soit être générées à la matière solides lors du transport. On peut citer notamment les poussières :

- Alimentaires (farine, sucre.....)
- Végétales (écorces, liège, coton...)
- Métalliques (aluminium, cuivre, magnésium...)
- Industrielles (matière plastique, déchets pulvérulents...)

1.6.1 Caractéristique et inconvénients de l'air poussiéreux

Concentration de la poussière

Partout dans le monde nous trouvons des poussières en suspension dans l'air. A titre indicatif, nous reprenons ci-après quelques concentrations courantes et connues de poussières dans différents environnements.

Dans le cadre d'une installation de dépoussiérage l'installateur prendra en compte une Concentration de 30 g. m^{-3} pour l'industrie du sucre. Mais lors de l'utilisation des machines Modernes travaillant en continu à des vitesses plus grand. Il faut prendre soin de calculer la quantité de déchets à capter, dans ce cas les réseaux sont assimilés à du transport pneumatique ou les concentrations. Peuvent atteindre 330 g. m^{-3} [5].

Hygrométrie

L'humidité de l'air ou de la poussière aura une très grande importance sur le choix du dépoussiéreur, certaines particules sont avides d'eau, aussi le calcul des réseaux ainsi que le choix du média filtrant devront être appropriés à cette donnée.

Densité

La troisième caractéristique à prendre en considération est la densité apparente, ou la masse d'un m^3 de poussières, Cette densité apparente est inférieure à la densité réelle de la matière usinée. En règle générale la densité apparente des poussières, est de l'ordre de 0,3.

Granulométrie des poussières

L'analyse par granulométrie laser de la poussière à filtrer permet de déterminer la taille des particules élémentaires ainsi que la distribution/répartition granulométrique qui représente la fréquence statistique des différentes tailles des particules.

Cette analyse optionnelle permet de choisir le media filtrant le mieux adapté, plus spécialement dans le cadre d'une filtration de poussières de granulométrie très faible ou à l'inverse de risques d'abrasions par des particules de taille élevée.

Abrasivité

Ne pas tenir compte de ce paramètre serait source de grande surprise. Certaines poussières sont très abrasives. et la prudence impose de diminuer la vitesse de l'air dans les canalisations afin d'éviter l'usure. Le choix du séparateur devra tenir compte de cette donnée.

Risque d'explosion

Quelles que soient les poussières, il est nécessaire de déterminer le risque et s'il est existant il faut en connaître la classe d'explosivité correspondante.

Des matières aussi inoffensives que l'aluminium, le sucre, la farine peuvent, sous forme de poussière, et sous certaines concentrations, se transformer en explosifs redoutables. De façon générale il y a lieu de se méfier de toutes substances inflammables [6].

Toxicité de la poussière

Les poussières provoquent différents types de nuisances : salissures et détérioration du matériel lors de leur déposition, toxicité selon leur nature et leur dimension. Ce sont les particules les plus fines, de dimension comprise entre 0,3 et 5 μm qui sont généralement les plus dangereuses pour l'être humain, car inhalables par les voies respiratoires. Elles peuvent par les poumons et la circulation sanguine pénétrer les autres organes.

Normes et poussières

Il est important de noter que le respect des normes est une démarche volontaire. Son élaboration consensuelle permet à l'entreprise y adhérant de bénéficier d'une "veille techno normative". Cette veille lui permet de rester à jour de toutes évolutions. Elle permet aussi d'assurer l'interchangeabilité et la maintenance facile de ses équipements. La mission normative pour le matériel de dépoussiérage aborde les sujets suivants.

- L'émission admissible des poussières à l'intérieur et à l'extérieur des locaux.
- La conception des réseaux.
- Les risques d'incendie et le matériel de prévention.
- Le niveau sonore.
- Les appareils de contrôle et de sécurité.

1.6.2 Les dépoussiéreurs

Un dépoussiéreur industriel est un type d'équipement de contrôle de la pollution de l'air utilisé dans les usines, les usines, les entrepôts et d'autres environnements industriels ou commerciaux pour répondre aux exigences de sécurité environnementale et de travail. Des systèmes de dépoussiérage efficaces contrôlent, réduisent et éliminent les particules et les fumées potentiellement nocives des gaz d'un processus de fabrication ou de l'air et de l'environnement pendant la production et la fabrication. L'équipement est spécialement conçu pour purifier et filtrer les poussières dangereuses et les particules fines contaminants rejetées dans l'environnement de travail ou l'atmosphère afin de maintenir et d'améliorer la qualité de l'air.

Les types de polluants peuvent différer selon l'industrie. Par conséquent, les conceptions de dépoussiéreurs industriels sont spécifiques à la méthode d'extraction requise pour chaque industrie. Les systèmes de dépoussiérage fonctionnent en général en aspirant la poussière et les particules de l'air à travers un filtre qui capture et sépare d'abord la matière, puis rejette l'air purifié dans le lieu de travail ou l'environnement. L'objectif de chaque application de conception est essentiellement le même : filtrer, séparer et capturer la poussière et les particules et libérer de l'air aseptisé.

1.7 Différents types de dépoussiéreur

On distingue quatre principaux type de dépoussiéreur : mécanique, électrique, a couche poreuse (dépoussiéreurs à manches) et par voie humide (dépoussiéreurs laveurs). En raison des réglementations liées au code du travail et à la protection de l'environnement les dépoussiéreurs sont utilisés dans de nombreuses industries. Le choix entre les technologies de filtrations avec injection d'air comprimé ou avec une charge électrique, aussi bien entre les mono-étagés ou les poly-étagés, constituent autant d'autres paramètres de choix. Dans chaque famille de dépoussiéreurs, il existe donc de multiples variantes [7].

L'organigramme suivant illustre les gardes familles de dépoussiéreurs

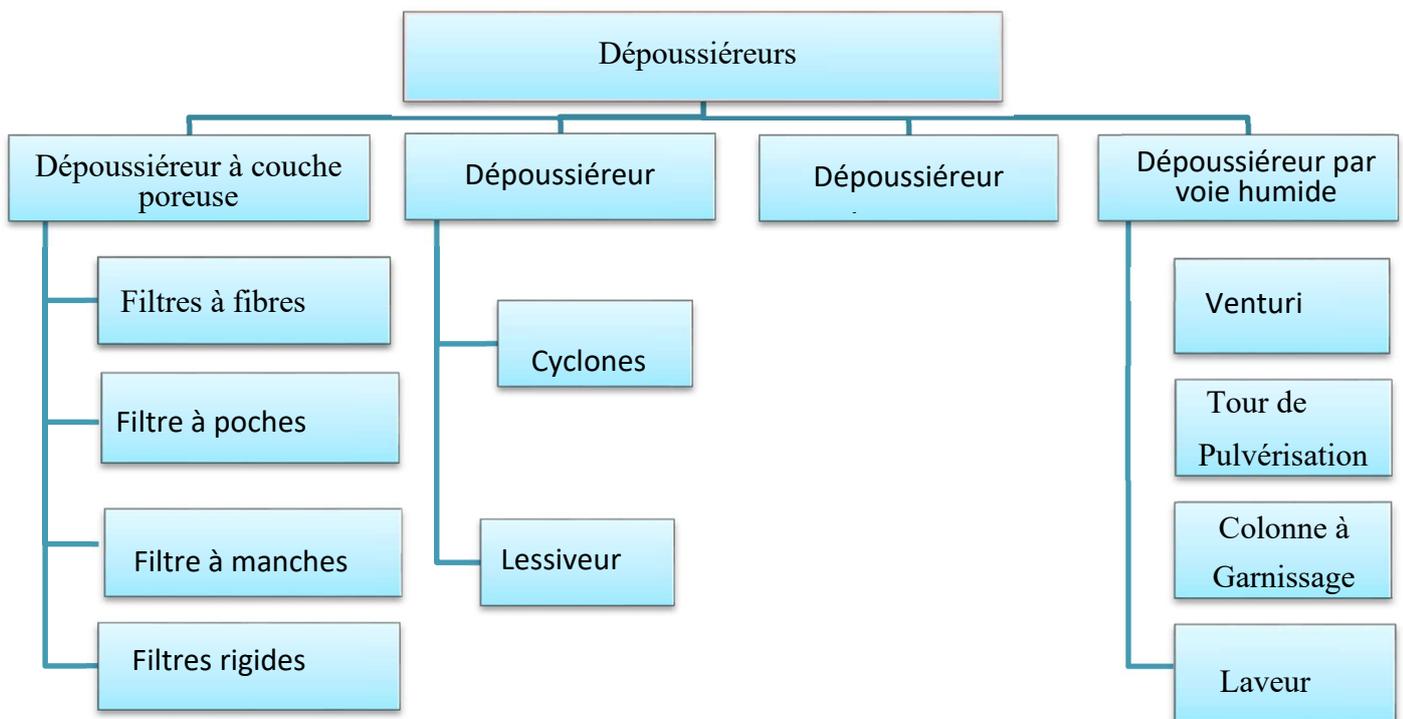


Figure 8: différents types de dépoussiéreurs.

II.4.1. Dépoussiéreur à couche filtrante

Ces dispositifs de filtration captent les particules au fur et à mesure qu'elles passent dans un filtre de tissu spécialisé. L'exemple le plus courant d'un dispositif de filtration est le « dépoussiéreur à manche ». Il capte la poussière en laissant passer lentement l'air à travers plusieurs épaisseurs de tissu. Progressivement, une couche de poussières s'accumule sur le tissu. Ces poussières agissent également comme un filtre et elles améliorent dès le départ l'efficacité du captage de poussières du système. Après une accumulation continue de poussières, le tissu finit par s'encrasser de façon excessive et la poussière doit être enlevée, soit par un système automatique qui déloge la poussière du tissu en le secouant, soit par le remplacement des sacs en tissu.

Les industries qui utilisent couramment les dépoussiéreurs à couche filtrante sont les fonderies, les industries de la manutention des grains et de la manutention des matières, et les entreprises qui effectuent des opérations de broyage, d'affûtage ou de meulage.

1.7.1 Dépoussiéreur à manche ou à poche

Le dépoussiéreur à media filtrants est le système de filtration le plus utilisé dans l'industrie pour éliminer la particule solide présente dans les effluents gazeux avant leur rejet dans l'atmosphère ou un recyclage dans les ateliers de travail. Il est constitué de media filtrant se présentant généralement sous la forme de manche ou des poches. Le fonctionnement cyclique des dépoussiéreurs consiste en une alternance de cycle de colmatage et de colmatage. Il consiste le mode de traitement de l'air le plus répandu au niveau du dépoussiérage industriel

✓ Description de fonctionnement

Après captage dans un atelier, L'air chargé en poussière pénètre dans le caisson de filtration et rencontre généralement un déflecteur sur lequel s'impactent les plus grosses particules. L'air empoussiéré peut pénétrer dans le caisson de filtration soit par le bas, soit par le haut.

L'air traverse les poches de l'extérieur vers l'intérieur. Pendant la phase colmatage, les poussières sont retenues sur la surface externe des manches et s'accuement sous forme d'une couche appelée gâteau de filtration. L'air filtré remonte à l'intérieur des poches et est évacué par la partie supérieure de caisson, la coiffe.

Les éléments filtrant doivent donc être périodiquement régénérés par décolmatage. L'injection d'air comprimé à l'intérieur des poches provoque le détachement de gâteau de particules qui tombe sous forme d'agglomérats de différentes tailles dans la trémie constituant la partie basse du caisson et qui sont ensuite évacués par une écluse rotative [8].

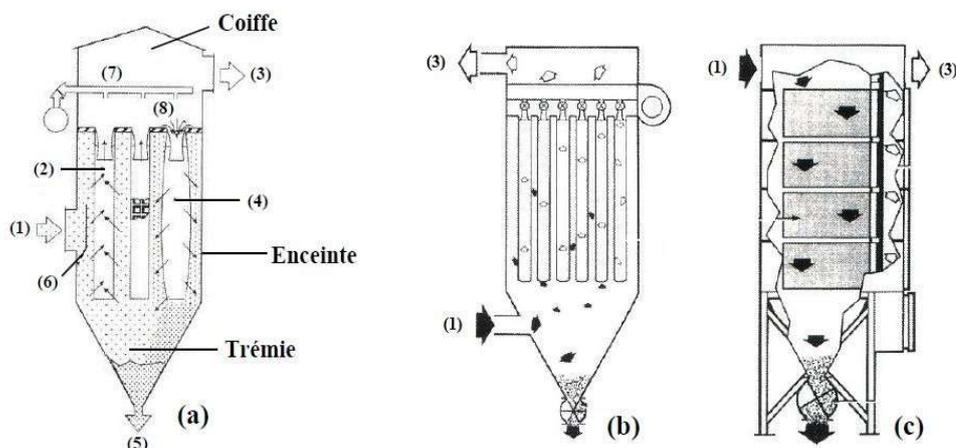


Figure 9: différents types de dépoussiéreurs à media filtrants avec décolmatage pneumatique.

Avantage

- ✓ Rendement de 95 %, même sur poussière fine (si tissus manches adéquat).
- ✓ Aussi efficace, et moins couteux qu'un séparateur électrostatique

Inconvénients

- ✓ Débit relativement réduit (multiplication des cellules de filtre)
- ✓ Consommation d'air comprimé pour décolmatage
- ✓ Risque d'incendie
- ✓ Risque d'explosion lors du décolmatage (poussière concentrée en suspension)

1.7.2 Dépoussiéreurs centrifuges (ou mécanique)

Le type de dépoussiéreur centrifuge le plus courant est le collecteur à cyclone. Ce type de collecteur sépare les particules présentes dans l'air en forçant l'air à « tourbillonner » (comme un cyclone ou une tornade). Le tourbillon d'air projette les contaminants contre l'extrémité extérieure du courant d'air et entraîne ainsi la chute ou le dépôt des particules. Les collecteurs

à cyclone sont couramment utilisés pour extraire les poussières grossières contenues dans un jet d'air et servent souvent au filtrage préalable à l'utilisation d'un dépoussiéreur ou d'un séparateur de matières. Il ne convient toutefois pas au prélèvement de particules fines.

Les dépoussiéreurs centrifuges sont couramment utilisés dans le travail du bois et du broyage du caoutchouc ainsi que pour effectuer un nettoyage préalable à l'utilisation d'un dépoussiéreur à couche filtrante.

✓ Description du fonctionnement des cyclones

Les cyclones sont considérés comme des meilleures techniques disponibles et sont cités à ce titre dans les industries alimentaires, des boissons et laitières. Dans un séparateur à effet centrifuge, on va imprimer un mouvement de rotation à l'air chargé en poussières à éliminer (figure II.10). l'effet de la force centrifuge va alors faire déplacer les particules vers la paroi où elles seront collectées. On peut aussi voir un cyclone comme une chambre de sédimentation dans laquelle l'effet de la gravité serait augmenté par la force centrifuge

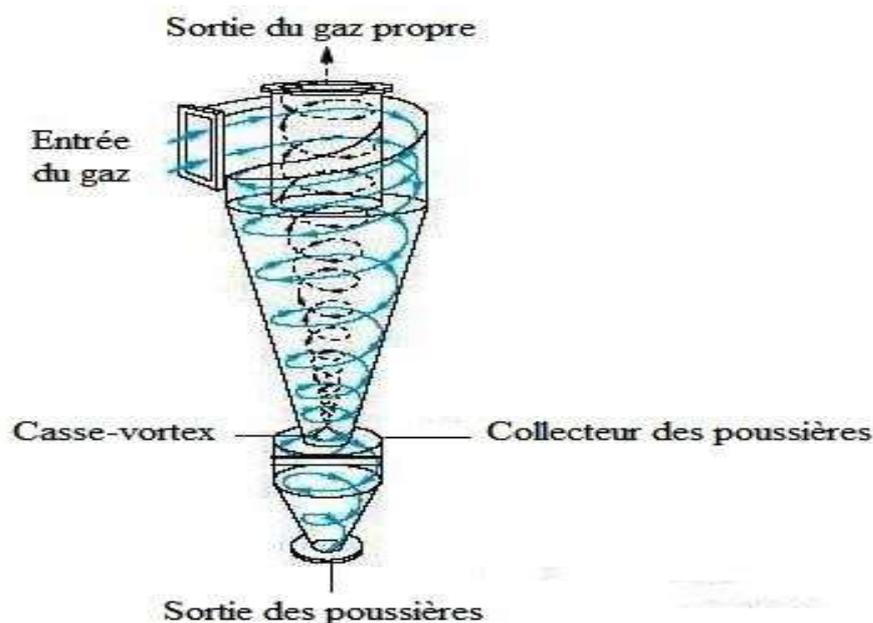


Figure 10: Schéma de principe d'un cyclone [9]

Avantage

- ✓ Simple de construction et d'utilisation (sinon de dimensionnement)
- ✓ Investissement faible-peu exigeant en entretien

- ✓ Peut-être combiné : (plusieurs unités en parallèle pour augmenter le débit, ou plusieurs unités en série pour augmenter l'efficacité de rétention)

Inconvénients

- ✓ Inefficace pour les particules $< 10 \mu\text{m}$ (n'est alors qu'un premier étage de "dégrossissage").
- ✓ Intérêt \ séparateur à choc pour les grosses particules (plusieurs mm)

1.7.3 Dépoussiéreurs électriques

Les dépoussiéreurs électriques extraient les particules fines présentes dans l'air en communiquant une charge électrique aux particules. Les particules sont donc attirées vers une plaque portant une charge contraire. Les dépoussiéreurs électriques sont très efficaces pour prélever les particules fines, mais ils ne peuvent être utilisés pour les opérations très poussiéreuses, car ils se colmatent facilement.

Ils peuvent extraire efficacement les émanations et les particules fines, mais pas les gaz ni les vapeurs présents dans l'air. Les dépoussiéreurs électriques ou filtres électrostatiques ne doivent pas être utilisés près de produits chimiques inflammables parce qu'ils peuvent causer une explosion s'ils produisent la moindre étincelle.

Ils sont couramment employés dans les opérations de combustion du charbon et d'extrusion du plastique, ainsi que dans l'exploitation de mines de métaux.

1.7.4 Dépoussiéreur par voie humide

Les dépoussiéreurs par voie humide et les collecteurs de poudre humide sont disponibles en de nombreux modèles différents, et sont aussi utilisés avec des gaz et des vapeurs. Les dépoussiéreurs par voie humide utilisent de l'eau pour aider à dégager les contaminants des poussières, des gaz ou des vapeurs. Le principe mécanique est l'impact par inertie des particules de poussière sur des gouttelettes d'eau. Les particules humides sont éliminées par une force centrifuge ou un captage par impact (frappage) sur des déflecteurs. Ces dépoussiéreurs peuvent tolérer une température élevée et des gaz fortement chargés d'humidité. Le prélèvement de poussières par voie humide peut minimiser un problème d'empoussiérement secondaire lors de l'élimination des matières recueillies.

De plus, certaines poussières représentent un risque d'explosion ou d'incendie lorsqu'elles sont sèches, donc un système de dépoussiérage par voie humide peut minimiser ce risque. Cependant, l'utilisation d'eau peut engendrer une certaine corrosion à l'intérieur du dépoussiéreur, et une protection contre le gel peut s'avérer nécessaire si les dépoussiéreurs sont installés à l'extérieur, sous un climat froid.

Ils sont couramment employés dans les fonderies, les entreprises effectuant l'affinage des métaux et les opérations de métallurgie

1.8 Choix d'un dépoussiéreur performant

Dans les environnements industriels, le choix du meilleur dépoussiéreur ne doit pas être guidé simplement par la taille de l'unité. L'installation d'un dépoussiéreur mal ajusté, sous-dimensionné ou trop grand peut entraîner un certain nombre de problèmes, tous liés aux performances et aux coûts d'énergie et de maintenance plus élevés. Par conséquent, le meilleur dépoussiéreur est celui qui convient le mieux à l'environnement de travail spécifique d'une entreprise. Son importance ne peut être sous-estimée. Il doit fournir de l'air pur pour assurer un environnement de travail sûr. Cela améliore l'efficacité et la production des employés, augmente la rétention des employés, préserve l'équipement qui à son tour réduit les coûts de maintenance et de remplacement de l'équipement

1.9 Dépoussiéreurs centralisés - système de nettoyage intégré

Les dépoussiéreurs centralisés sont utilisés pour les applications de dépoussiérage industriel ou montés sur une trémie de dépoussiérage. La poussière est séparée du flux d'air au moyen d'éléments filtrants à poches plates ou pliées.

Les dépoussiéreurs centralisés se composent d'un corps polygonal en acier inoxydable 304L, d'éléments filtrants insérés horizontalement ou verticalement et d'un système de nettoyage pneumatique à contre-courant à air comprimé intégré dans la porte ouvrante. Une large gamme de ventilateurs est disponible pour les applications en mode vide.

➤ Utilisations courantes :

Convoyeur à bande, élévateur à godets, silo, chargement de trémie (big bag, sacs, vrac), station de chargement de camion, station de conditionnement...

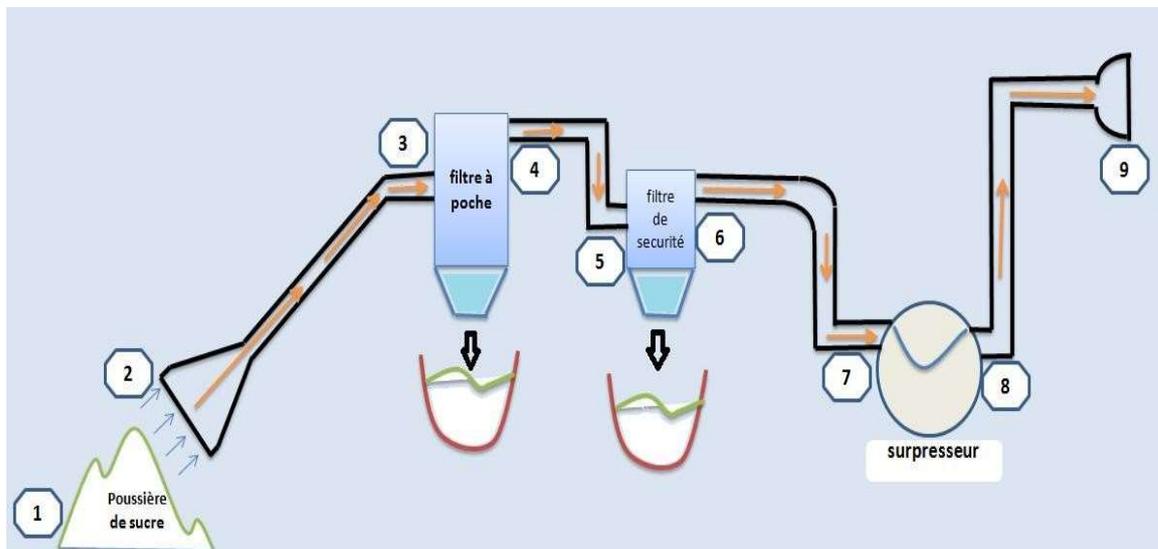


Figure 11: Schéma d'installation de nettoyage centralisé.

1.10 Transport des poussières

Les réseaux de canalisation assurant le transport des poussières combustibles doivent être construits en matériaux non combustibles capables de résister aux charges de pression de fonctionnement ou à la suppression causée par une déflagration. Les embranchements et les coudes doivent être conçus de façon à minimiser les pertes de charge. Les vitesses de transport doivent être suffisantes pour éviter l'accumulation de dépôts dans les canalisations et les dispositifs de captage

1.10.1 Filtration de la poussière

Cette poussière, est acheminé avec un réseau de canalisation jusqu'au dépoussiéreur qui assuré la filtration. Deux méthodes différentes permettent de réaliser l'opération de filtration.

- ✓ Filtration par un dépoussiéreur à poche
- ✓ Filtration par un dépoussiéreur à cyclone

1.10.1.1 Filtration par un dépoussiéreur à poches

- 🚧 Définition du dépoussiéreur à poche

C'est un Dépoussiéreur à décolmatage par injection d'air comprimé compact et de fabrication robuste, filtration haute performance Et conçus pour l'aspiration et la filtration de toutes les poussières fines et fibreuses dans les industries.il est capable de fonctionner en continu pendant de très longues périodes Le système de nettoyage par air comprimé à contre-courant, qui agit pendant le fonctionnement normal du filtre, sert non seulement à maintenir en permanence une efficacité optimale, mais aussi à permettre au filtre de fonctionner à un débit constant. Ces éléments filtrants sont de forme rectangulaire disposés horizontalement.

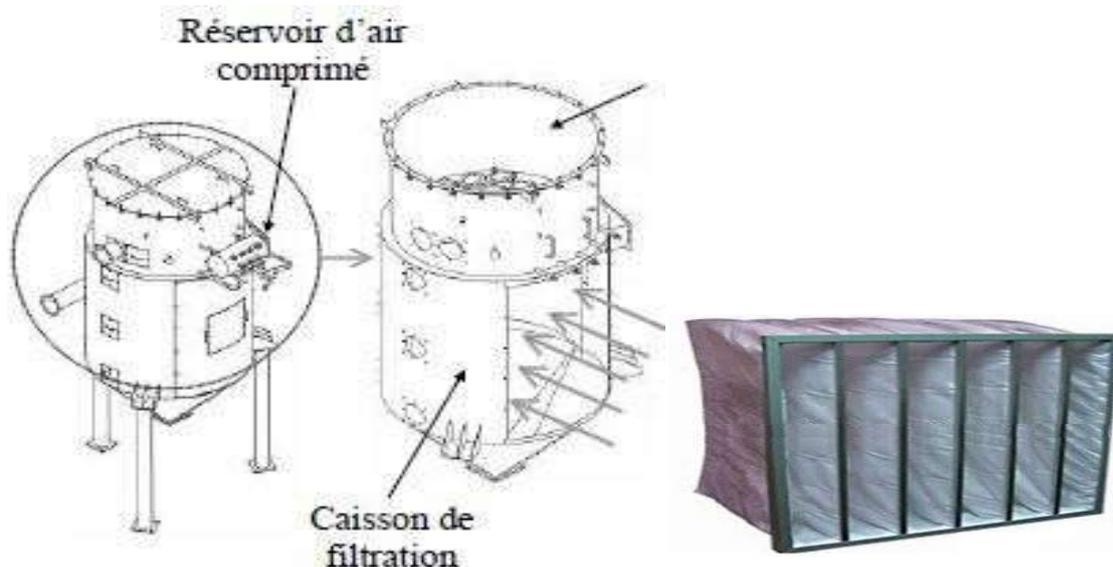


Figure 12: Schéma d'un dépoussiéreur TORIT de la série DCE 2000 [10].

🔧 Domaine d'utilisation

Idéal pour applications petites et moyennes - Tous types de poussières avec média filtrant adapté - Convient pour la cosmétique, la chimie, l'automobile, l'agro-alimentaire, la plasturgie

🔧 Différent élément du dépoussiéreur à poche

✓ Poche filtrant

Chaque élément est de forme rectangulaire et comprend un cadre grillagé sur lequel est soudé un collecteur de sortie formé en acier avec bride d'étanchéité. L'élément filtrant lui-même consiste en une poche rectangulaire comprenant un joint d'étanchéité du côté de l'ouverture. La poche est glissée sur le châssis métallique jusqu'à ce que le joint vienne buter contre la bride.

d'étanchéité le joint est comprimé quand l'élément est inséré dans la plaque de base, et isole complètement le côté air ou du côté air Propre du filtre [11].

✓ **Plaque de base**

La plaque de base est une structure rectangulaire en tôle, avec brides pour la rigidité, et qui comprend une pièce emboutie percée en acier dans laquelle les éléments sont insérés et fixés par étriers. Le nombre de plaques de base dépend de la taille du filtre.

✓ **Tube d'injection**

Une série de tubes d'injection de pleine longueur est placée du côté propre du filtre, ces tubes étant de petits orifices situés à côté du collecteur de sortie de chaque élément l'extrémité ouverte de chaque tube est connectée par un flexible en caoutchouc à une vanne d'air comprimé, l'extrémité aplatie, et fixée par un boulon et un écrou.

✓ **Electrovannes**

L'air comprimé est envoyé à chaque tube d'injection par une vanne à membrane dont l'ouverture et la fermeture sont commandées par une électrovanne pilote connecté à l'évent de membrane par un tube flexible en nylon. Les électrovannes sont excitées en séquence par des impulsions électriques produites par un séquenceur la durée d'une impulsion sur une poche de l'à-coup de pression de colmatage est fixée à 100 m s et est effectuée avec de l'air comprimé entre 5,2 et 7,1 bars

✓ **Séquenceur numérique**

Le séquenceur maître / esclave est la partie intelligente de système, il permet de commander les processus de nettoyage des filtres JET.

le filtre est composé d'une commande des électrovannes pour fixer de temps de l'ouvertures des vannes (temps d'impulsion) et d'une commande de temps d'arrêt et de fixation de l'ordre de la mise en fonction des électrovanne l'indication de bon fonctionnement par des diodes lumineuses (LED) du réseau, de l'alarme de la sortie du vanne de la durée du cycle de l'indicateur de défaut sur le relais d'alarme, la surveillance de tension de réseau et le démarrage-arrêt pour la commande dépendant de la pression différentielle.

✓ Ecluses rotatives

Le but de l'écluse rotative est avant tout de réguler l'évacuation des déchets. Elle se comporte comme une barrière mécanique à l'égard de l'explosion de poussière. Si elle répond à des critères spécifiques en matière de largeur de fente ou de résistances mécanique maximales, elle peut très bien suffire pour contenir les flammes et la pression.

Une écluse rotative utilisée comme barrière d'explosion pourra être mise sur le marché uniquement après des essais d'explosion réalisés par un organigramme notifié comme tout dispositif de protection vis-à-vis du risque d'explosion conformément à la réglementation relative aux atmosphères explosives.

L'étanchéité aux sources d'allumage est efficace selon l'expérience lorsque deux plages sont engagées de chaque côté du corps de l'écluse, que ces pales sont en métal et que la fente entre l'enveloppe et le rotor est inférieure ou égale à 0.2mm. Bien qu'il soit possible de calculer les exigences auxquelles une écluse rotative résistant à l'explosion doit satisfaire, il est obligatoire de tester des prototypes avec des explosions expérimentales et de les faire certifier. En cas d'explosion, l'écluse doit être immobilisée immédiatement par détecteur de manière que les poussières enflammées ou incandescentes ne soient pas transportées est qu'elles ne causent pas un incendie ou une explosion derrière l'écluse [12].

🚧 Principe de fonctionnement du dépoussiéreur à poche

L'air chargé de poussière est amené par des conduits dans la chambre où se trouvent les éléments filtrants, et il entre en contact avec toutes les surfaces externes de ces éléments. Un gâteau de particules se forme sur l'extérieur de l'élément filtrant, au fur et à mesure que l'air traverse la surface filtrante. L'air propre sont du collecteur de sortie de chaque élément filtrant pour aller dans la chambre air propre ; de là, il est évacué dans l'atmosphère par l'intermédiaire d'un supprimeur

A intervalles réguliers, contrôlés par le coffret de commande, chaque groupe de deux éléments filtrants reçoit à tour de rôle une brève injection d'air comprimé, à partir de son tube d'injection associé. Ceci entraîne une inversion rapide et puissante de flux d'air qui traverse l'élément filtrant et décroche de manière plus au moins efficace de poussière, qui tombe alors dans la trémie de récupération.

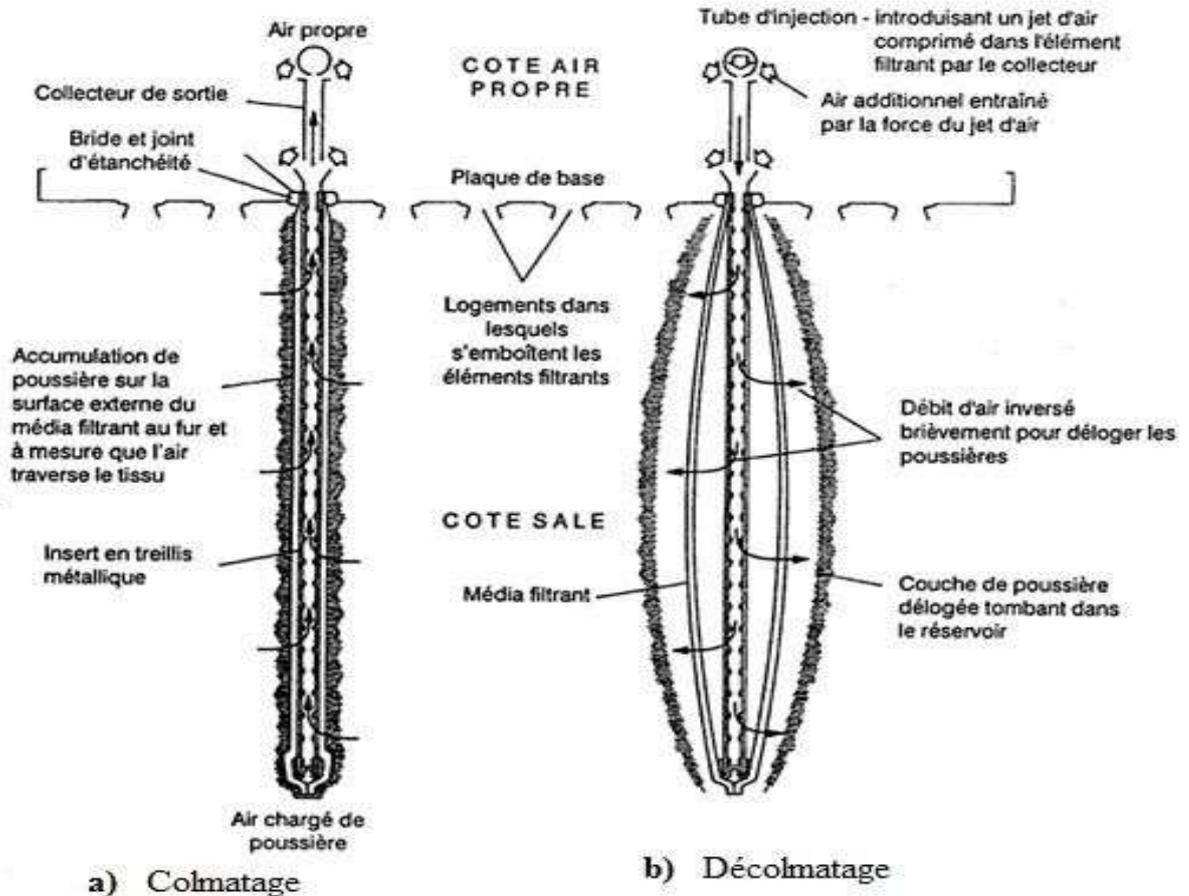


Figure 13: Coupe de la plaque de base et de deux éléments filtrants, illustrant le principe de fonctionnement des cycles de colmatage /dé colmatage du dépoussiéreur [8]

1.10.1.2 Filtration par un dépoussiéreur à cyclone

📌 Généralité sur le dépoussiéreur à cyclone

L'utilisation des cyclones dans le système industriel date de très longtemps et au fil des Années plusieurs formes et dimension leur ont été donnés. En effet, la géométrie est très Déterminante du fait de son influence sur la force centrifuge à l'intérieur du cylindre donc sur la performance de l'appareil les paramètres à surveiller pour garantir l'efficacité de ce dispositif sont donc :

- ✓ La hauteur du cyclone qui déterminé le temps de séjour du fluide en son sein
- ✓ La vitesse tangentielle du fluide

- ✓ Le diamètre du corps du cyclone

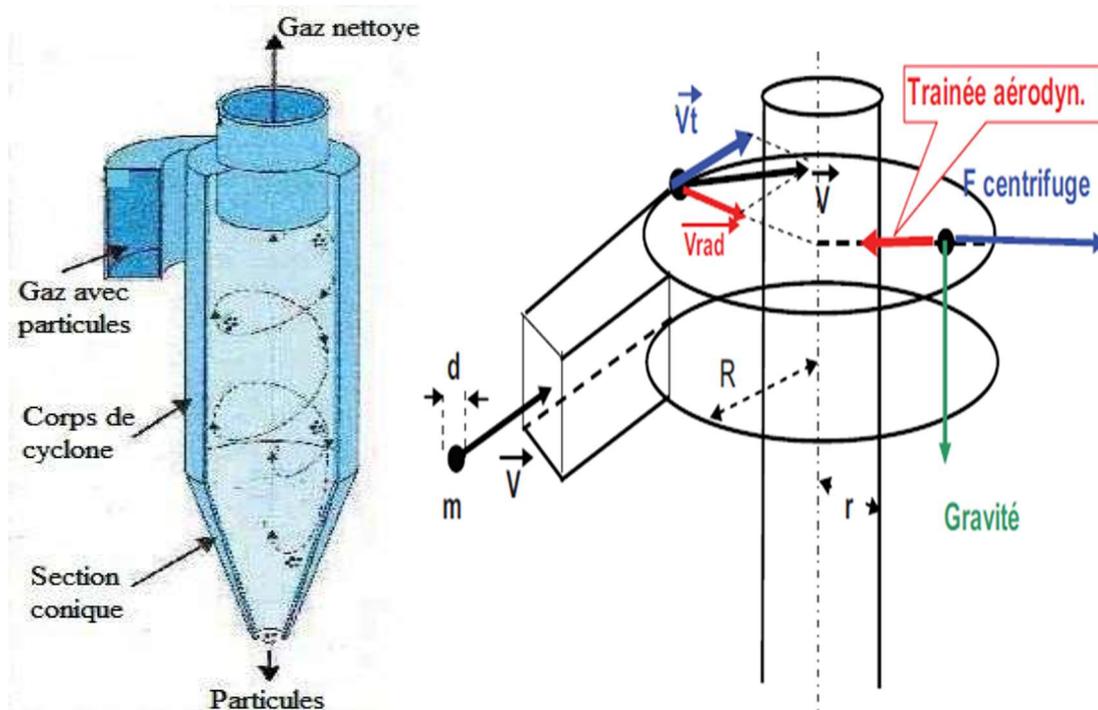


Figure 14 : Coupe de base d'un filtre à cyclone [13]

✚ Principe de fonctionnement du cyclone

Le principe de fonctionnement du cyclone est relativement simple. A la bouche d'entrée du dispositif, le mélange air-poussière est immédiatement entraîné en mouvement de rotation du fait de la courbure de la paroi. Le tourbillon engendré confère aux particules une énergie cinétique centrifuge qui tend à les plaquer sur la surface interne des cylindres. Ce phénomène implique que les poussières se déchargeront au premier orifice qu'elles rencontreront. Quant aux gaz, ils sont entraînés vers un cylindre ou jupe au centre par un tourbillon ascensionnel dû à la différence de pression entre l'intérieur du cyclone et le milieu atmosphère [14]. Les cyclones peuvent donc assurer le captage des poussières de (5 à 30 μm) même si leur efficacité devient faible pour des particules de moins de (10 μm). Toujours dans le but d'accroître les performances de filtration.

1.11 Facteur influent sur le transport et la filtration d'air poussiéreux

✚ Humidité

La présence d'humidité durant la filtration de la poussière provoque la décantation des

La présence d'humidité durant la filtration de la poussière provoque la décantation des particules sur la face intérieure des conduites d'aspiration, ce qui augmente la viscosité dynamique des particules et la vitesse d'aspiration cela mène à une augmentation de la perte de charge dans le circuit [15].

D'un autre coté la présence d'humidité durant le colmatage d'un filtre provoque une compression du gâteau des particules et une augmentation des forces d'adhésion engendrée par l'augmentation de la vitesse de filtration, corrélativement les pertes de charge augmentent de façon linière avec la masse surfacique des particules collectées

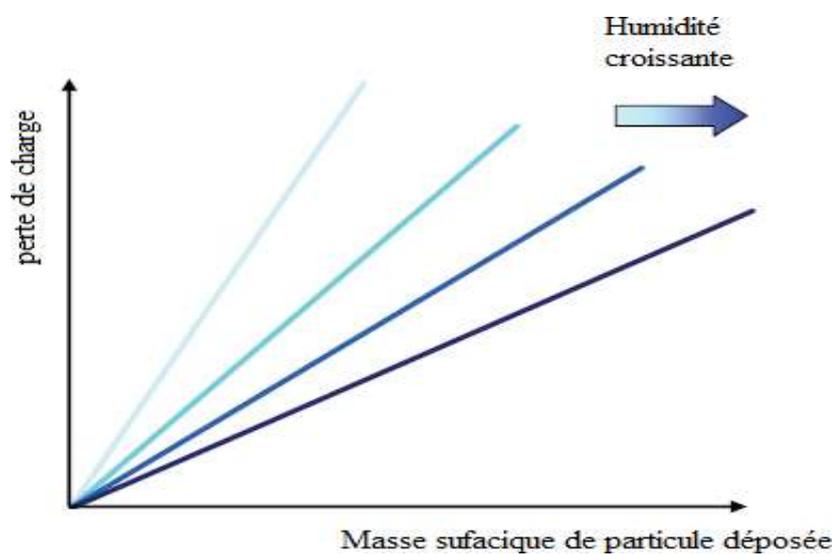


Figure 15: Schématisation de l'influence de l'humidité sur l'évolution de la perte de charge en fonction de la masse surfacique de particules collectées

🚧 Granulométrie de la poussière

La géométrie du dépôt diffère selon la taille des particules. Thomas (2001) explique que, le dépôt dans l'est plus aéré et donc de faible compacité. Néanmoins, les particules ayant un faible diamètre, leur surface spécifique est d'autant plus grande, ce qui conduit à une plus grande perte de charge du filtre. Inversement, pour les plus grosses particules, le dépôt a une plus grande compacité, mais la surface spécifique étant plus faible que pour les particules

submicroniques cela conduit à une perte de charge moins importante pour une même masse de particule déposées ; de même, la zone de transition apparait pour une masse surfacique de particules collectées d'autant plus faible que le diamètre des particules est petit

D'autre part la granulométrie de la poussière de sucre influe sur les conduites d'aspiration cette dernière dépend de la géométrie des particules et la vitesse d'aspiration, les grandes particules redépose facilement sur les surfaces intérieures des parois, inversement pour les particules plus fine. La décantation des particules constituant un gâteau entraîné une diminution de la section des conduites qui conduit à une augmentation de la vitesse d'aspiration et des pertes de charges [15].

1.12 Tirage de la poussière

On note la présence de surpresseur dans le fonctionnement du système. Il est destiné au tirage de l'air poussiéreux.

Le surpresseur de tirage c'est un surpresseur à piston rotatif, apte au transport de gaz pauvre en poussière et d'air purifié, du constructeur Aerzen et de référence **DB GM 25S DN125 G5**. En guise de rappel, notons que ce type de surpresseur comporte deux rotors à 3 lobes qui renvoient l'air amené par la rotation des deux rotors au sens inverse en direction radiale. Le courant d'air va subir à partir de ce moment une accélération pour acquérir de l'énergie de pression

Le type de construction de surpresseur est le type « G5 » du fait que le rotor à 3 lobes est monté sur un arbre. Le gaz est susceptible d'entrer dans le rotor par les côtes, ce qui fait que nous avons au total une conduite d'aspiration et une de refoulement. Ce surpresseur est responsable du phénomène d'amenée de la poussière au niveau du filtre. Il met ce dernier sous l'influence d'une pression négative et permet d'avoir la pression dynamique nécessaire pour favoriser le transport des particules et éviter le colmatage des conduites. Son entraînement est assuré par un moteur à vitesse variable et son fonctionnement est conditionné et régulé par la valeur de pression (1bar) à la sortie du surpresseur

1.1 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré la différente procédure de traitement de la poussière et nous avons conclu que le bon fonctionnement de système de nettoyage centralisé, en termes de dépenser énergétique (perte de charge) et de l'efficacité d'aspiration, dépend de l'humidité, la granulométrie de la poussière du sucre et enfin le système de filtration

Chapitre III

Évaluation des besoins

2 Chapitre III : Évaluation des besoins

2.1 Estimation des anciens et des nouveaux débits de poussière aspirés

Après les modifications introduit sur le circuit par le changement des doseurs volumétrique vers un doseur de nouvelles génération nommé peseuse pondérale, et l'augmentation des points d'aspiration qui sont passé de 02 point d'aspiration pour l'ancienne installation à 07 points d'aspiration par l'installation des nouveaux équipements, ce qui a créer un déficit de débit d'air vu que l'installation du dépoussiéreur actuel a un débit $19000 \text{ m}^3/h$. Donc notre étude consiste à évaluer les besoins actuels en dépoussiérage pour l'unité conditionnement de sucre.

2.2 Installation initiale

Le réseau de dépoussiérage initial, avant modifications, disposait de 56 orifices d'aspiration, répartis entre le premier et le deuxième étage de l'unité de conditionnement (Figure 16).

Avant de subir les différentes modifications le système de dépoussiérage répondait amplement aux exigences de l'unité de conditionnement. Les conditions de fonctionnement observées alors constitueront pour nous les conditions de référence et plus particulièrement la vitesse d'entrée des poussières au niveau des différents orifices d'aspiration.

En effet, cette vitesse que nous désignerons par C_{asp} est d'une très grande importance car deux situations peuvent se présenter :

a)- Si la vitesse d'aspiration C_{asp} s'avère trop faible, le débit de poussière aspiré sera faible en conséquence et l'opération de dépoussiérage ne s'accomplit pas convenablement.

Des poussières résiduelles subsisteront dans l'atmosphère de l'unité, ce qui conduit à l'altération de la qualité de sucre et à d'autres anomalies telles que par exemple une mauvaise fermeture du sac d'emballage.

b)- Si la vitesse C_{asp} se trouve élevée, le système aspirerait des quantités importantes de sucre pur. Ce qui aurait des conséquences économiques dommageables (négatives).

A l'issue de cette analyse, il nous est apparu primordiale de déterminer la vitesse d'aspiration C_{asp} pratiquée pendant le bon fonctionnement de l'installation, c'est-à-dire la vitesse pratiquée avant l'avènement des différentes extensions et des différentes modifications.

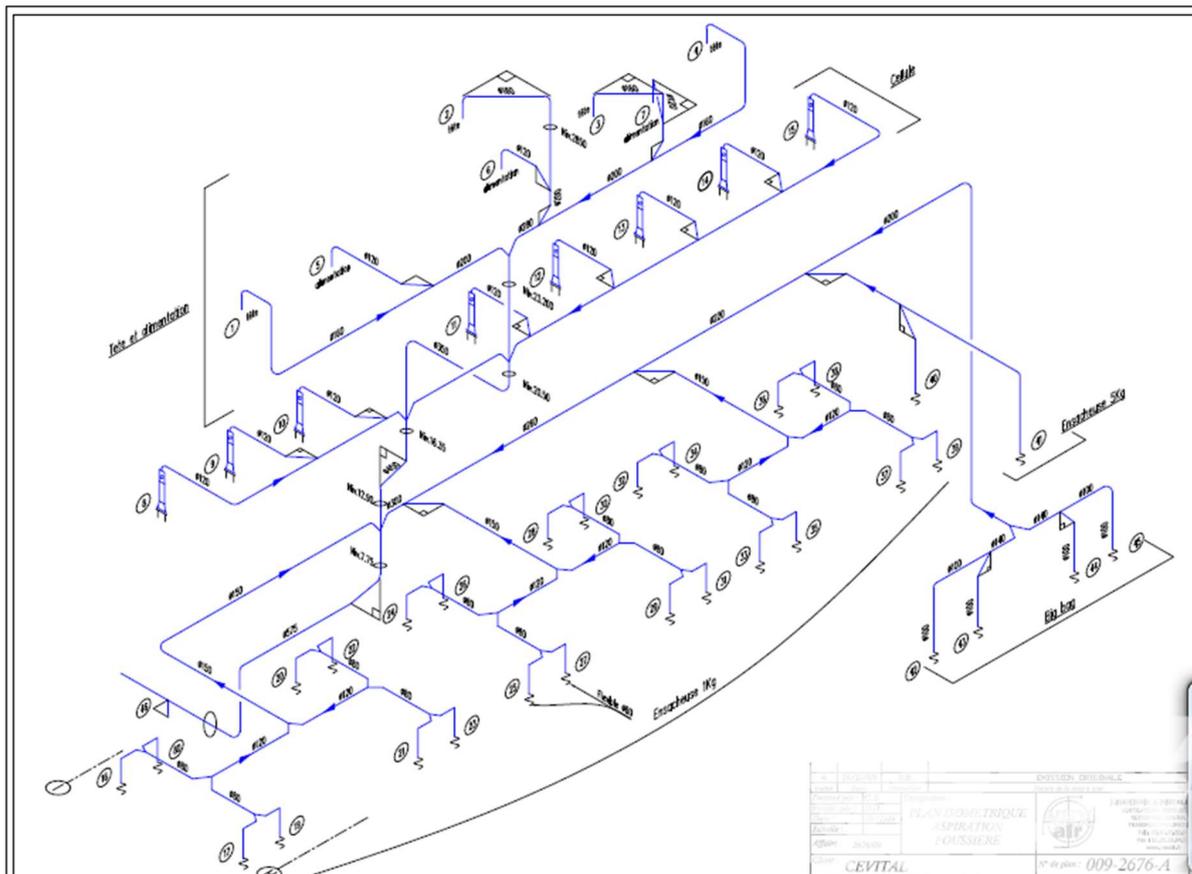


Figure 17: Plane du réseau Dépoussiérage avant les Modification

2.2.1 Détermination de la vitesse d’aspiration des poussières

Les poussières aspirées seront assimilées à de l’air ; celui-ci ne subissant pas de grandes variations de pression et de température évoluent donc à masse volumique constante. De ce fait, nous supposons que le fluide en écoulement est incompressible.

Par ailleurs le constructeur fournit pour la ligne D3 (Figure 17) le débit volumique ainsi que le diamètre correspondant, respectivement nous avons :

$$Q_{D3} = 640 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } D_{D3} = 0,12\text{m}$$

Ce débit est aspiré à l’aide de huit (08) orifices d’aspiration. Le fluide étant supposé incompressible et par conservation de débit, le débit pour un orifice est :

$$Q_{vasp} = \frac{640}{8} = 80\text{m}^3/\text{h}$$

Le diamètre de l’orifice d’aspiration, donné par le constructeur est :

$$D_{asp} = 0,05 \text{ m}$$

La vitesse d'entrée de la poussière dans l'orifice d'aspiration est donnée par :

$$Q_{asp} = S_{asp} \times C_{asp} \quad \text{III.1}$$

Q_{asp} : Débit volumique du fluide en [m^3/h].

C_{asp} : La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

S_{asp} : La surface est définie par [m^2/S] :

$$S_{asp} = \frac{(\pi \times D_{asp}^2)}{4} \quad \text{III.2}$$

On a :

$$Q_{asp} = C_{asp} \times \frac{\pi \times D_{asp}^2}{4} \quad \text{III.3}$$

La vitesse d'aspiration est :

$$C_{asp} = \frac{Q_{asp} \times 4}{\pi \times D_{asp}^2} \quad \text{III.4}$$

$$C_{asp} = \frac{\left[\frac{80}{3600} \right] \times 4}{\pi \times (0.05)^2}$$

$$C_{asp} = 11,3234 \text{ m/s}$$

Nous considérons qu'un bon dépoussiérage s'obtient avec une vitesse d'aspiration des poussières égale à 11,3234 m/s. Par conséquent, cette vitesse devra être assurée quelle que soit l'extension ou la modification imposée au réseau de dépoussiérage.

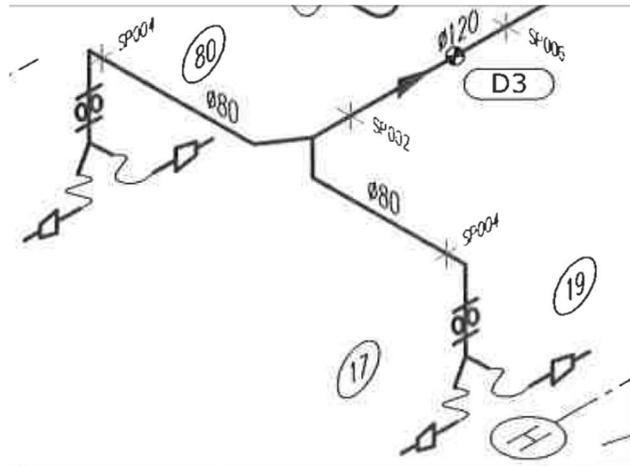


Figure 18: ligne d'aspiration D3

2.2.2 Détermination des besoins

Le débit du ventilateur est égal au débit aspiré du 2^{ème} étage (qui n'a jamais subi de modifications) et du débit aspiré du 1^{er} étage.

❖ Débit aspiré du 1^{er} étage :

Cet étage comporte 56 points d'aspiration. En maintenant la vitesse d'aspiration à la valeur précédemment calculé $C_{asp} = 11.3234$ m/s et sachant que le diamètre d'aspiration est de 0.05 m, le débit du 1^{er} étage est égal à :

$$Q_{asp1} = S_{asp} \times C_{asp} \times 56$$

$$Q_{asp1} = C_{asp} \times \frac{\pi \times D_{asp}^2}{4} \times 56 \quad \text{III.5}$$

$$Q_{asp1} = 11.3234 \times \frac{\pi \times 0.05^2}{4} \times 56$$

$$Q_{asp1} = 4479,98998 \text{ m}^3/\text{h} = 4480 \text{ m}^3/\text{h}$$

❖ Débit aspiré du 2^{ème} étage

Le débit aspiré du 2^{ème} étage ne change pas puisque l'installation n'a subi aucune modification à ce niveau. Nous garderons la valeur fournie par le constructeur :

$$Q_{asp2} = 14000 \text{ m}^3/\text{h}$$

❖ Débit total aspiré (ancienne installation)

$$Q_{asp} = Q_{asp1} + Q_{asp2} = 18480 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tableau 1 : Débit volumique global d'aspiration dans l'ancienne installation

vitesse C_{asp} (m/s)	11,3234
$Q_{v_{asp}}$ (m^3/s)	0,02222217
$Q_{v_{asp}}^{tot}$ (56point) (m^3/s)	1,24444166
Q_v 1 er étage per (m^3/h)	4479,98998
$Q_{v_{tot}}^{tot}$ (1er+2em étage) (m^3/h)	18479,99

Le ventilateur installé peut aspirer un débit de $19000 m^3/h$. On voit donc qu'il est bien dimensionné pour subvenir aux besoins de l'installation initiale (installation avant modification).

2.3 Installation actuelle (après modifications)

L'unité de conditionnement de sucre a décidé de remplacer les doseurs volumétriques initialement utilisés pour évaluer la quantité de matière mise en sachet, par des doseurs pondéraux qui contrôlent directement la masse de sucre par le biais de peseuses (qui pèsent la masse de sucre mise en sachet). Par ailleurs des lignes supplémentaires de conditionnement sont mises en marche lorsque la demande en sucre s'accroît. Ces différentes modifications ont conduit à augmenter le nombre de points d'aspiration des poussières, passant de 56 points d'aspiration à 196 dans l'étage modifié (1^{er} étage). Le ventilateur d'aspiration étant toujours le même, des problèmes de poussières sont immédiatement apparus. Il est question maintenant d'évaluer les nouveaux besoins résultant de ces différentes modifications et de proposer des solutions pour remédier à cela.

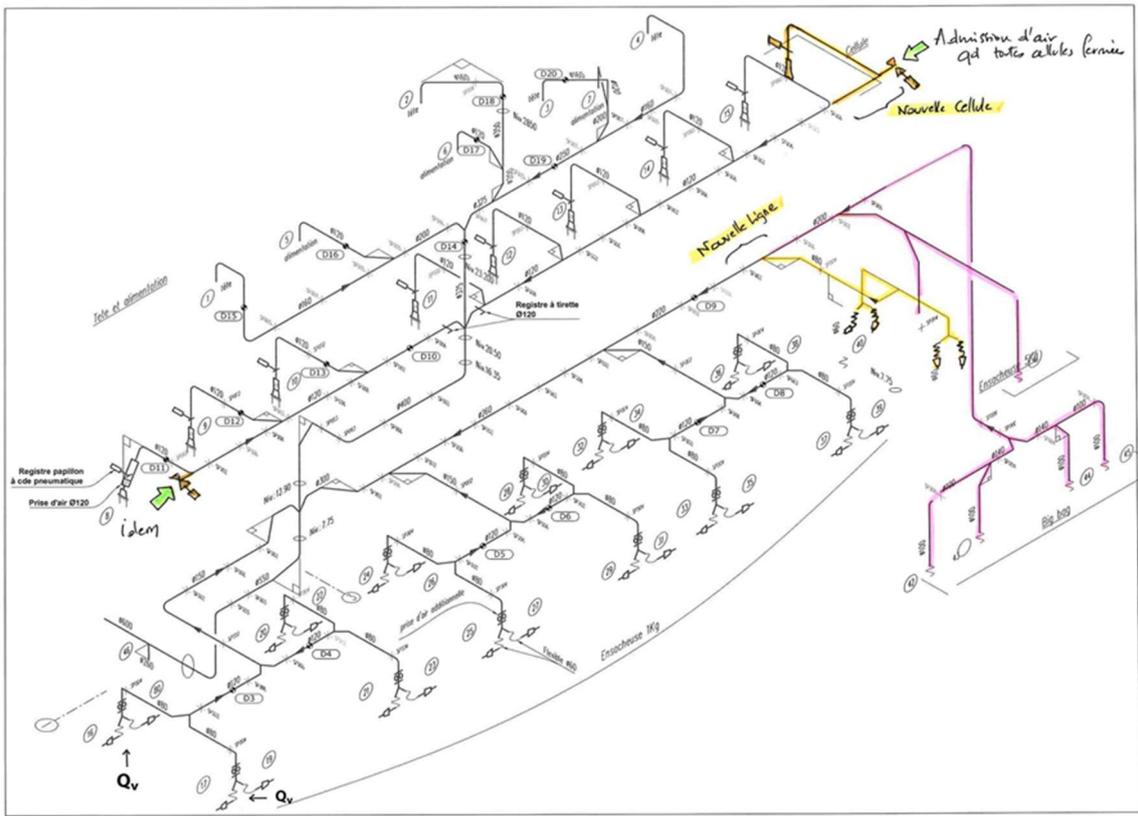


Figure 19: Plane du réseau Dépoussiérage après les Modifications

2.3.1 Détermination des nouveaux besoins

La vitesse d'aspiration des poussières dans la nouvelle installation sera maintenue identique à la vitesse d'aspiration dans l'ancienne installation. Le nombre de points d'aspiration devient égal à 196. Le nouveau débit qui devrait être aspiré est :

D'après la formule (III.5)

$$Qv_{asp(1)} = C_{asp} \times \frac{\pi \times D_{asp}^2}{4} \times 196$$

Sachant que la vitesse d'aspiration est maintenue à 11, 3234 m/s et le diamètre d'aspiration de chaque orifice est de 50 cm, alors on trouve :

$$Qv_{asp(2)} = 15679,608 \text{ m}^3/h$$

L'installation du 2^{ème} étage ne subit aucune modification, le débit qu'il faut en aspirer reste le même et égal à 14000 m³/h.

Le débit total que doit aspirer le ventilateur est égal à la somme du débit de 1^{er} étage et du débit du 2^{ème} étage.

$$Q_{tot(m)} = Q_{v_{asp(1)}} + Q_{v_{asp(2)}} = 15679,608 + 14000 = 29679,608 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{tot(m)} = 29679,608 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tableau 2 : Débit volumique d'aspiration dans nouvelle installation (doseur pondérale)

Vitesse C_0 (m/s)	11,3234
$Q_{v_0 \text{ asp}} (m^3/s)$	0,02222217
$Q_{v_0 \text{ asptot}} (196\text{point}) (m^3/h)$	4,35554581
$Q_{v_1 \text{ asp 1 er étage}} (m^3/h)$	15679,9649
$Q_{v_{tot} \text{ asp total}} (1\text{er}+2\text{em stage}) (m^3/h)$	29679,9649

2.4 Conclusion

Le ventilateur dont le débit d'aspiration est de $19000 \text{ m}^3/\text{h}$ s'avère incapable d'aspirer le nouveau débit de dépoussiérage. Nous sommes en présence d'un déficit en débit de $10679,608 \text{ m}^3/\text{h}$, soit un déficit de l'ordre de 56,2%.

Chapitre IV

Calcul des pertes de charge

3 Chapitre IV : Calcul des pertes de charge

3.1 Introduction :

Nous avons isolé 7 points des 196 points d'aspiration de poussière de sucre que présente le réseau de dépoussiérage et nous avons calculé les pertes de charge correspondant à ces 7 points. Chacun des 7 tronçons étudiés démarre du point d'aspiration et se déverse en un point (M) commun à tous les tronçons (Figure IV.). Il est évident que du point de mélange M jusqu'au ventilateur la perte de charge est la même pour l'ensemble de ces tronçons. C'est pour cela que l'on s'intéresse uniquement au trajet allant de l'orifice d'entrée des poussières jusqu'au point (M).

3.2 Perte de charge dans les canalisations

L'air qui s'écoule dans une canalisation subit une chute de pression totale ΔPL [Pa] appelée perte de charge.

La perte de charge désigne la perte irréversible d'énergie de pression que subit un liquide ou un gaz lors de son passage dans une conduite, un tuyau ou un autre élément de réseau de fluide.

La pression d'un fluide réel diminue tout au long d'une canalisation dans laquelle il s'écoule à cause du frottement lié à sa viscosité, ce frottement provoque une perte de charge dite perte de charge linéaire. La pression d'un fluide réel diminue après le passage à travers une singularité telle que : un coude, une vanne ou un rétrécissement...etc. cette perte est dite perte de charge singulière. Dans le circuit représenté,

3.2.1 Différents types d'écoulement

Les expériences réalisées par Reynolds (1883) lors de l'écoulement d'un liquide dans une conduite cylindrique rectiligne dans laquelle arrive également un filet de liquide coloré, ont montré l'existence de deux régimes d'écoulement :

- Régime laminaire
- Régime turbulent

Des études plus fines ont montré qu'il existe deux types d'écoulement turbulent :

- Écoulements turbulents lisses.

- Écoulements turbulents rugueux.

La limite entre ces différents types d'écoulements est évidemment difficile à appréhender. En utilisant divers fluides à viscosités différentes, en faisant varier le débit et le diamètre de la canalisation, Reynolds a montré que le paramètre qui permettait de déterminer si l'écoulement est laminaire ou turbulent est un nombre sans dimension appelé nombre de Reynolds donné par l'expression suivante [26] :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad IV.6$$

L'expérience a montré que :

Si $Re < 2000$ Écoulement laminaire

Si $Re > 2000$ Écoulement turbulent :

- Écoulements turbulents lisses si $2000 < Re < 100000$.
- Écoulements turbulents rugueux si $Re > 100000$. Avec :

μ : La viscosité dynamique ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) du fluide définie par :

$$\mu = 1,458 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{T^{\frac{3}{2}}}{110,4+T} \quad IV.7$$

3.2.2 Pertes de charge linéaire (par frottement) :

Sont provoquées par la viscosité de l'air. Frottement des molécules entre elles et le long des parois.

Elles prennent naissance lorsqu'il y a mouvement de l'air et ont lieu sur toute la longueur des conduits.

Pour les calculer on utilise la formule de Darcy-Wei Bach :

$$\Delta PL = \lambda \cdot \frac{L}{D} \rho \frac{(C_0)^2}{2} [\text{Pa}] \quad IV.8$$

L : Longueur de la conduite en [m].

D : Diamètre de conduite en [m].

λ : Le coefficient de perte de charge, il est sans dimension et en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité de la paroi.

ρ : La masse volumique de l'air [kg.m⁻³].

C_0 : La vitesse moyenne de l'air en [m.s⁻¹] définie par :

$$C_0 = \frac{4}{\pi D^2} Q_v \quad IV.9$$

Q_v : Débit volumique du fluide en (m³.s).

3.2.3 Détermination du coefficient de frottement de Darcy (λ) :

Le coefficient de frottement de Darcy dépend :

- du régime d'écoulement « **Re** ».
- De la rugosité absolue de la conduite « ϵ ».
- Du diamètre de la conduite « **D** ».

La recherche de ce facteur peut se réaliser soit en utilisant des relations empiriques ou on exploitant un diagramme appelé « diagramme universel » ou « **diagramme de MOODY** »

Afin de tenir compte de tous les facteurs cités précédemment, on considérera plusieurs types d'écoulement :

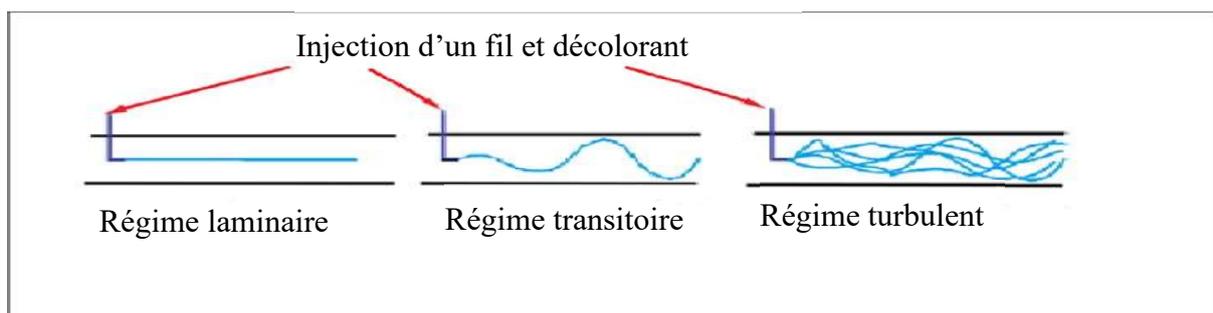


Figure 20 : Différents types d'écoulements

Tous les liquides ne s'écoulent pas de la même manière, si on observe l'eau d'une rivière on voit que l'écoulement est en permanence le siège de multiples tourbillons, par contre lorsque on verse de l'huile d'une bouteille ou du miel dans un pot, on voit qu'il y a pas de tourbillons

Un moyen est utilisé pour distinguer le régime de l'écoulement appelé le « **nombre de Reynolds** »

On dit que le régime est :

◆ **Laminaire :**

Si l'écoulement du fluide n'a pas de tourbillons, pour ce régime d'écoulement le nombre de Reynolds est inférieure à 2000 sans unité ($Re < 2000$).

◆ **Tourbillon :**

Si l'écoulement du fluide présente des tourbillons dans son mouvement, le nombre de Reynolds aussi nous renseigne sur le type de l'écoulement pour ce régime le nombre de Reynolds est supérieur à 2000 sans unité ($Re > 2000$).

- En régime d'écoulement laminaire, λ est indépendant de la rugosité de la conduite.
- La formule de poiseuille :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad IV.10$$

$$\Delta PL = 32 \frac{L}{D^2} C_0 \rho \nu [Pa] \quad IV.11$$

- La perte de pression est proportionnelle à la vitesse de l'air

..Le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad IV.12$$

V : vitesse moyenne de l'écoulement [m/s]

. D : diamètre intérieur de la conduite [m].

ν (Nu) : viscosité cinématique [$m^2.s^{-1}$].

- En régime d'écoulement turbulent, λ dépend du nombre de Reynolds et de la rugosité

Relative $\left(\frac{\epsilon}{D}\right)$ de la conduite.

- Equation de col brook-white:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{1}{3,7} \cdot \frac{\varepsilon}{D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad IV.13$$

λ : Coefficient de frottement de Darcy.

ε : Rugosité absolue de la paroi interne de la conduite [m].

D : diamètre intérieur de la conduite [m]

Re : nombre de Reynolds

Equation de Cole brook-white :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{1}{3,7} \cdot \frac{\varepsilon}{D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad IV.14$$

*Pas de solution analytique.

* Résolution par itération.

-Formule de Swamee –jain

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7} \cdot \frac{\varepsilon}{D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad IV.15$$

3.2.4 Les pertes charges singulières :

Lorsque les canalisations comportent des coudes, des changements de direction, des rétreintes, des piquages ou encore des vannes, des chaudières, le fluide qui s'écoulant dans cette conduite va subir des pertes de pression dans ces points qu'on appelle Les « **pertes de charges singulières** ».

Ces pertes sous résume dans l'équation suivante :

$$\Delta P_s = \xi \rho \cdot \frac{(C_0)^2}{2} [Pa] \quad IV.16$$

ξ : Coefficient de perte de charge singulière.

ρ : La masse volumique de l'air [kg.m-3].

C_0 : La vitesse moyenne de l'air en [m.s⁻¹] définie par :

❖ Dans le cas des coudes 90° et 45° :

Pour la détermination du coefficient de perte de pression singulière pour ces coudes on fait appel à des tables qui donnent la valeur de ce coefficient pour quelque dimension des coudes

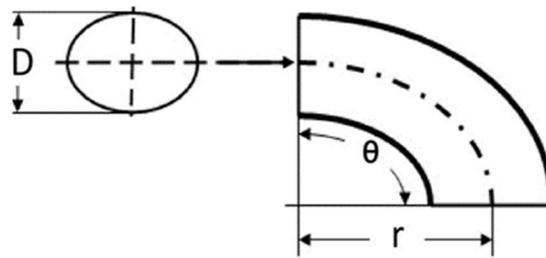


Figure 21 : Schéma d'un coude circulaire cintré

$$\xi = K \Delta K Re \xi_m + \xi_f \quad IV.17$$

Le coefficient compte de perte de charge singulière des coudes concentriques continus (arrondis) est calculé d'après la formule suivante proposée par Abramo Vic

$$\xi_m = A_1 B_1 C_1 \quad IV.18$$

$$\xi_f = 0.0175 \lambda \frac{R}{D_H} \delta^\circ \quad IV.19$$

A_1 : Coefficient tenant compte de l'effet de l'angle au centre δ° du coude ;

B_1 : Coefficient tenant compte de l'effet du rayon relatif du coude R/D ;

C_1 : Coefficient tenant compte de l'effet de la largeur relative de la section du coude a_0 / b_0 .

D'après les données de Nekrassov A_1 prend les valeurs suivantes :

$$\delta^\circ = 90^\circ \Rightarrow A_1 = 1$$

$$\text{Si } \delta^\circ < 70^\circ \Rightarrow A_1 = 0,9 \sin \delta^\circ$$

$$\delta^\circ > 100^\circ \Rightarrow A_1 = 0,7 + 0,35 \frac{\delta^\circ}{90}$$

La grandeur B_1 peut être calculée d'après les formules approximatives suivantes :

$$\frac{R}{D} < 1 \Rightarrow B_1 = \frac{0,21}{\left(\frac{R}{D}\right)^{2,5}} \quad IV.20$$

Si

$$\frac{R}{D} > 1 \Rightarrow B_1 = \frac{0,21}{\left(\sqrt{\frac{R}{D}}\right)} \quad IV.21$$

R : Rayon de courbure du coude.

D : Diamètre du coude.

Les grandeurs C_1 , K_Δ , K_{Re} sont déterminées d'après les tableaux (annexe.) en tenant compte des valeurs suivantes :

Δ' C'est la rugosité relative. Elle s'exprime par l'équation suivante :

$$\Delta' = \frac{\lambda}{D} \quad IV.22$$

Cas des tés

$$\xi = k \left(\frac{C_1}{C_2}\right)^2 \quad IV.23$$

C_1 : La vitesse d'entrée de l'air

C_2 : La vitesse de sortie de l'air

$k=1.5$ (Té normalisé).

$k=0.3$ (Té soudé).

Cas des vannes

Dans notre cas, les vannes sont toujours ouvertes, alors ξ est nul. Les pertes de charges le sont, donc, également

3.3 Calcul des débits volumiques

On a doit déterminer pour chaque point d'aspiration (A,B, C) un débit volumique $Q_{v_{asp}}$ avec une vitesse d' entrer de la poussière dans l'orifice d'aspiration $C_{asp} = 11,3234m/s$, Est-on un collecteur qui se constitue de trois 3 tubes dont deux vont alimenter le doseur qui contient 6 point d'aspiration et l'autre qui est tube remplissage pour alimenter la conditionneuse voir la

$$Q_{asp} = \frac{Q_{v0}}{3} \quad \text{IV.24}$$

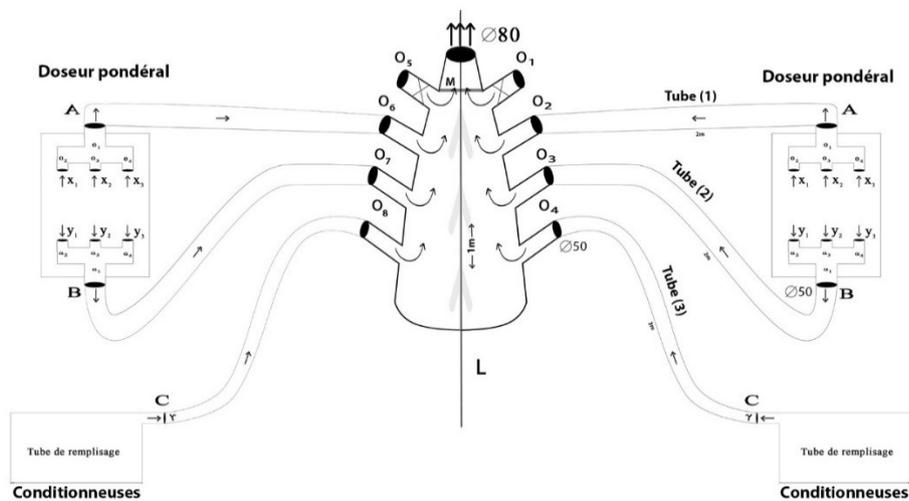


Figure 22 : collecteur d'aspiration qui relie entre les deux doseurs et deux conditionneuses au même temps

On utilise les formules [III.1, III.2, III.3, III.4] on trouve

Calcul le débit volumique Q_{asp} d'aspiration Pour le point A :

Le débit volumique Q_{asp} d'aspiration Pour le point (A) est la somme Du débit volumique Q_{asp} d'aspiration ou niveau du point(x_1, x_2, x_3 .)

➤ **Pour le point $Q_{asp(x1)}$:**

On utilise cette formule :

$$Q_{asp(x1)} = S_{x1} \times C_{x1}$$

$Q_{asp(x1)}$: Débit volumique du fluide en [m³/h].

C_{x1} : La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

S_{x1} : La surfaces définie par[m²].

$$S_{x1} = \frac{(\pi \times D_{x1}^2)}{4}$$

D_{x1} :Diamètre de la conduite en [m].

On a:

$$Q_{asp(x1)} = C_{x1} \times \frac{(\pi \times D_{x1}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{x1}=0,05 \text{ m} \quad \text{et} \quad C_{x1}=11,3234 \text{ m/s}$$

Donc

$$Q_{asp(x1)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Pour le point** $Q_{asp(x2)}$:

On utilise cette formule :

$$Q_{asp(x2)} = S_{x2} \times C_{x2}$$

$Q_{asp(x2)}$: Débit volumique du fluide en [m³/h].

C_{x2} : La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

S_{x2} : La surface est définie par [m²]

$$S_{x2} = \frac{(\pi \times D_{x2}^2)}{4}$$

D_{x2} : Diamètre de la conduite en [m].

On a:

$$Q_{asp(x2)} = C_{x2} \times \frac{(\pi \times D_{x2}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{x2}=0,05 \text{ m} \quad \text{et} \quad C_{x2}=11,3234 \text{ m/s}$$

Donc $Q_{asp(x2)}$

$$Q_{asp(x2)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Pour le point $Q_{asp(x3)}$:**

On utilise cette formule :

$$Q_{asp(x3)} = S_{x3} \times C_{x3}$$

$Q_{asp(x3)}$: Débit volumique du fluide en $[\text{m}^3/\text{h}]$. .

C_{x3} : La vitesse moyenne de l'air en $[\text{m/s}]$.

S_{x3} : La surface est définie par $[\text{m}^2]$.

$$S_{x3} = \frac{(\pi \times D_{x3}^2)}{4}$$

D_{x3} : Diamètre de la conduite en $[\text{m}]$.

On a :

$$Q_{asp(x3)} = C_{x3} \times \frac{(\pi \times D_{x3}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{x3} = 0,05 \text{ m} \quad \text{et} \quad C_{x3}=11,3234 \text{ m/s}$$

On :

$$Q_{asp(x3)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

Puisque Le débit volumique Q_{asp} d'aspiration Pour le point (A) est la somme Des débits ou niveau des points (x_1, x_2, x_3) donc :

$$Q_{asp(A)} = Q_{asp(x1)} + Q_{asp(x2)} + Q_{asp(x3)}$$

$$Q_{asp(A)} = 79,9998 + 79,9998 + 79,9998$$

$$Q_{asp(A)} = 239,99946 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcul le débit volumique Q_{asp} d'aspiration Pour le point (B) :

Le débit volumique Q_{asp} d'aspiration Pour le point (B) est la somme du débit volumique Q_{asp} d'aspiration ou niveau du point(y_1, y_2, y_3).

➤ **Pour le point $Q_{asp(y1)}$:**

On utilise cette formule :

$$Q_{asp(y1)} = S_{y1} \times C_{y1}$$

$Q_{asp(y1)}$: Débit volumique du fluide en [m^3/h].

C_{y1} : La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

S_{y1} : La surface est définie par. [m^2].

$$S_{y1} = \frac{(\pi \times D_{y1}^2)}{4}$$

: D_{y1} Diamètre de la conduite en [m].

On a:

$$Q_{asp(y1)} = C_{y1} \times \frac{(\pi \times D_{y1}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{y1} = 0,05 \text{ m} \quad \text{et} \quad C_{y1} = 11,3234 \text{ m/s}$$

Donc :

$$Q_{asp(y1)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Pour le point $Q_{asp(y2)}$:**

On utilise cette formule :

$$Q_{asp(y2)} = S_{y2} \times C_{y2}$$

$Q_{asp(y2)}$: Débit volumique du fluide en [m^3/h].

C_{y2} : La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

S_{y2} : La surface est définie par [m²].

$$S_{y2} = \frac{(\pi \times D_{y2}^2)}{4}$$

D_{y2} : Diamètre de la conduite en [m].

On a:

$$Q_{asp(y2)} = C_{y2} \times \frac{(\pi \times D_{y2}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{y2}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{y2}=11,3234\text{m/s}$$

Donc $Q_{asp(y2)}$

$$Q_{asp(y2)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pour le point $Q_{asp(y3)}$:

On utilise cette formule :

$$Q_{asp(y3)} = S_{y3} \times C_{y3}$$

$Q_{asp(y3)}$: Débit volumique du fluide en [m³/h].

C_{y3} : La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

S_{y3} : La surface est définie par [m²].

$$S_{y3} = \frac{(\pi \times D_{y3}^2)}{4}$$

D_{y3} : Diamètre de la conduite en [m].

On a:

$$Q_{asp(y3)} = C_{y3} \times \frac{(\pi \times D_{y3}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{y3}=0,05\text{m.} \quad \text{et} \quad C_{y3}=11,323 \text{ m/s}$$

Donc $Q_{asp(y3)}$:

$$Q_{asp(y3)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

Puisque Le débit volumique Q_{asp} d'aspiration Pour le point (B) est la somme Des débits ou niveau du point (X_1, X_2, X_3) donc :

$$Q_{Vasp(B)} = Q_{asp(y1)} + Q_{asp(y2)} + Q_{asp(y3)}$$

$$Q_{asp(B)} = 79,9998 + 79,9998 + 79,9998$$

$$Q_{asp(B)} = 239,99946 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcul le débit volumique d'aspiration Pour le point (C)

Donc pour calculer le débit volumique d'entrer dans l'orifice d'aspiration du point (C) (Q_{asp})

On Utilise cette formule :

$$Q_{asp(C)} = S_{asp(C)} \times C_{asp(C)}$$

$Q_{asp(C)}$: Débit volumique du fluide en [m^3/h].

$C_{asp(C)}$: La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

$S_{asp(C)}$: La surface est définie par [m^2]

$$S_{asp(c)} = \frac{(\pi \times D_{asp(C)}^2)}{4}$$

$D_{asp(C)}$: Diamètre de la conduite en [m]. .

$$D_{asp(c)} = 0,05 \text{ [m].}$$

On a:

$$Q_{asp(C)} = C_{asp(C)} \times \frac{\pi \times D_{asp(C)}^2}{4}$$

Avec :

$$D_{(C)} = 0,05 \text{ m} \quad \text{et} \quad C_{(C)} = 11,3234 \text{ [m/s].}$$

Donc :

$$Q_{asp(c)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.4 Calcul la vitesse et le débit volumiques dans les différents tronçons :

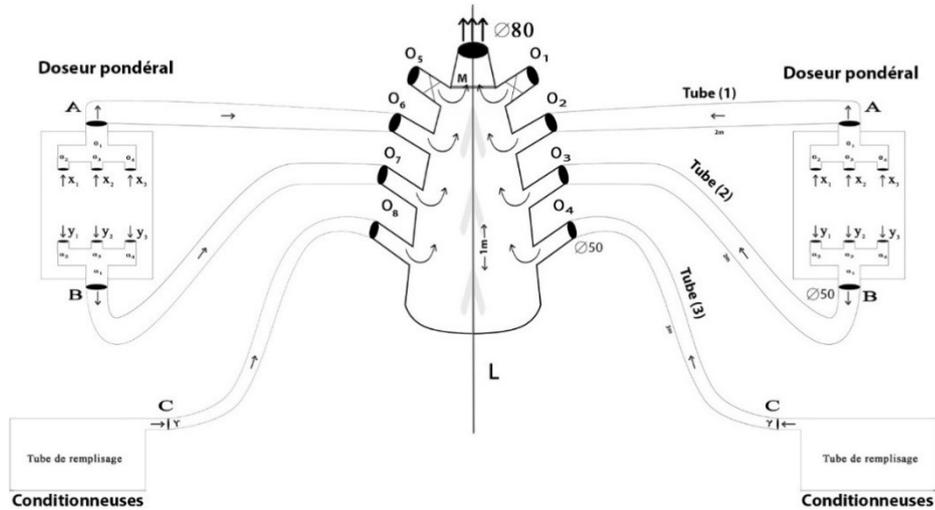


Figure 23 : collecteur d’aspiration qui relie entre les deux doseurs et deux conditionneuses au même temps

On utilise les formule [III.1, III.2, III.3, III.4] on trouve

➤ **Le tronçon O2-A**

On utilise cette formule :

$$Q_{V_{asp(O2-A)}} = S_{(O2-A)} \times C_{(O2-A)}$$

$Q_{V_{asp(O2-A)}}$: Débit volumique du fluide en [m^3/h].

$C_{(O2-A)}$: La vitesse moyenne de l’air en [m/s].

$S_{(O2-A)}$: La surface est définie par [m^2].

$$S_{(O2-A)} = \frac{(\pi \times D_{(O2-A)}^2)}{4}$$

$D_{(O2-A)}$: Diamètre de la conduite en [m].

On:

$$Q_{V_{asp(O2-A)}} = C_{(O2-A)} \times \frac{(\pi \times D_{(O2-A)}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{(O2-A)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad Q_{v\text{asp}(O2-A)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

Donc la vitesse moyenne de l'air $C_{(O2-)}$: est définie par :

$$C_{(O2-A)} := \frac{Q_{v\text{asp}(O2-A)} \times 4}{\pi \times D_{(O2-A)}^2}$$

$$C_{(O2-A)} := \frac{\left[\frac{239,99946}{3600} \right] \times 4}{\pi \times (0,05)^2}$$

$$C_{(O2-A)} := 33,9702 \text{ m/s}$$

➤ Le tronçon O3-B

On utilise cette formule :

$$Q_{v\text{asp}(O3-B)} = S_{(O3-B)} \times C_{(O3-B)}$$

$Q_{v\text{asp}(O3-B)}$: Débit volumique du fluide en $[\text{m}^3/\text{h}]$.

$C_{(O3-B)}$: La vitesse moyenne de l'air en $[\text{m/s}]$.

$S_{(O3-B)}$: La surface est définie par $[\text{m}^2]$:

$$S_{(O3-B)} = \frac{(\pi \times D_{(O3-B)}^2)}{4}$$

$D_{(O3-B)}$: Diamètre de la conduite en $[\text{m}]$.

On:

$$Q_{v\text{asp}(O3-B)} = C_{(O3-B)} \times \frac{(\pi \times D_{(O3-B)}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{(O3-B)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad Q_{v\text{asp}(O3-B)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

Donc la vitesse moyenne de l'air $C_{(O3-B)}$:

Est définie par :

$$C_{(O3-B)} := \frac{Q_{v\text{asp}(O3-B)} \times 4}{\pi \times D_{(O3-B)}^2}$$

$$C_{(O3-B)} := \frac{\left[\frac{239,99946}{3600} \right] \times 4}{\pi \times (0,05)^2}$$

$$C_{(O3-B)} := 33,9702 \text{ m/s}$$

➤ **Le tronçon O4-C**

On utilise cette formule :

$$Q_{v_{asp(O4-C)}} = S_{(O4-C)} \times C_{(O4-C)}$$

$Q_{v_{asp(O4-C)}}$: Débit volumique du fluide en [m^3/h].

$C_{(O4-C)}$: La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

$S_{(O4-C)}$: La surface est définie par [m^2].

$$S_{(O4-C)} = \frac{(\pi \times D_{(O4-C)}^2)}{4}$$

$D_{(O4-C)}$: Diamètre de la conduite en [m].

On:

$$Q_{v_{asp(O4-C)}} = C_{(O4-C)} \times \frac{(\pi \times D_{(O4-C)}^2)}{4}$$

Avec :

$$D_{(O4-C)} = 0,05m \quad \text{et} \quad Q_{v_{asp(O4-C)}} = 79,9998m^3/h$$

Donc la vitesse moyenne de l'air $C_{(O4-C)}$:

Est définie par :

$$C_{(O4-C)} := \frac{Q_{v_{asp(O4-C)}} \times 4}{\pi \times D_{(O4-C)}^2}$$

$$C_{(O4-C)} := \frac{\left[\frac{79,9998}{3600} \right] \times 4}{\pi \times (0,05)^2}$$

$$C_{(O4-C)} := 11,3234m/s$$

➤ **Le tronçon O4-O3**

On utilise cette formule :

$$Q_{v_{asp(O4-O3)}} = S_{(O4-O3)} \times C_{(O4-O)}$$

$Q_{v_{asp(O4-O3)}}$: Débit volumique du fluide en [m^3/h].

$C_{(O4-O3)}$: La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

$S_{(O4-O3)}$: La surface est définie par [m^2].

$$S_{(O4-O3)} = \frac{(\pi \times D_{(O4-O)}^2)}{4}$$

$D_{(04-03)}$: Diamètre de la conduite en [m].

On:

$$Qv_{asp(04-03)} = C_{(04-03)} \times \frac{(\pi \times D_{(04-03)}^2)}{4}$$

$$\text{Avec : } Qv_{asp(04-03)} = Qv_{asp(04)} + Qv_{asp(08)}$$

$$D_{(04-03)} = 0,08\text{m} \quad \text{et} \quad Qv_{asp(04-03)} = 479,99892\text{m}^3/\text{h}$$

Donc la vitesse moyenne de l'air $C_{(04-03)}$: est définie par :

$$C_{(04-03)} := \frac{Qv_{asp(04-03)} \times 4}{\pi \times D_{(04-03)}^2}$$

$$C_{(04-03)} := \frac{\left[\frac{479,99892}{3600} \right] \times 4}{\pi \times (0,08)^2}$$

$$C_{(04-03)} := 26,53921842\text{m/s}$$

➤ Le tronçon 03-02

On utilise cette formule :

$$Qv_{asp(03-02)} = S_{(03-02)} \times C_{(03-02)}$$

$Qv_{asp(03-02)}$: Débit volumique du fluide en [m^3/h].

$C_{(03-02)}$: La vitesse moyenne de l'air en [m/s].

$S_{(03-02)}$: La surface est définie par r [m^2] :

$$S_{(03-02)} = \frac{(\pi \times D_{(03-02)}^2)}{4} \quad \text{III.71}$$

$D_{(03-02)}$: Diamètre de la conduite en [m].

On:

$$Qv_{asp(03-02)} = C_{(03-02)} \times \frac{(\pi \times D_{(03-02)}^2)}{4}$$

Avec :

$$Qv_{asp(03-02)} = Qv_{asp(04)} + Qv_{asp(08)} + Qv_{asp(03)} + Qv_{asp(07)}$$

$$D_{(03-02)} = 0,08\text{m} \quad \text{et} \quad Qv_{asp(03-02)} = 959,99754\text{m}^3/\text{h}$$

Donc la vitesse moyenne de l'air $C_{(O3-O2)}$: est définie par :

$$C_{(O3-O2)} := \frac{Qv_{asp(O3-O2)} \times 4}{\pi \times D_{(O3-O2)}^2}$$

$$C_{(O3-O)} := \frac{\left[\frac{959,99754}{3600} \right] \times 4}{\pi \times (0,08)^2}$$

$$C_{(O3-O)} := 53,0784202 \text{ m/s}$$

➤ Le tronçon O2-M

On utilise cette formule :

$$Qv_{asp(O2-M)} = S_{(O2-M)} \times C_{(O2-M)}$$

$Qv_{asp(O2-M)}$: Débit volumique du fluide en $[m^3/h]$.

$C_{(O2-M)}$: La vitesse moyenne de l'air en $[m/s]$.

$S_{(O2-M)}$: La surface est définie par $[m^2]$.

$$S_{(O2-M)} = \frac{(\pi \times D_{(O2-M)}^2)}{4}$$

$D_{(O2-M)}$: Diamètre de la conduite en $[m]$.

On:

$$Qv_{asp(O2-M)} = C_{(O2-M)} \times \frac{(\pi \times D_{(O2-M)}^2)}{4}$$

Avec :

$$Qv_{asp(O2-M)} = Qv_{asp(O4)} + Qv_{asp(O8)} + Qv_{asp(O3)} + Qv_{asp(O7)} + Qv_{asp(O2)} + Qv_{asp(O6)}$$

$$D_{(O2-M)} = 0,08 \text{ m} \quad \text{et} \quad Qv_{asp(O2-M)} = 1119,99744 \text{ m}^3/h$$

Donc la vitesse moyenne de l'air $C_{(O2-M)}$ est définie par :

$$C_{(O2-M)} := \frac{Qv_{asp(O2-M)} \times 4}{\pi \times D_{(O2-M)}^2}$$

$$C_{(O2-M)} := \frac{\left[\frac{1119,99744}{3600} \right] \times 4}{\pi \times (0,08)^2}$$

$$C_{(O2-M)} := 61,9248 \text{ m/s}$$

Tableau 3 : Résultats du calcul de débit et de la vitesse dans les différents tronçons

Tançons	O2-A	O3-B	O4-C	O4-O3	O3-O2	O2-M
Diamètre [m]	0,05	0,05	00,5	0,08	0,08	0,08
Longueur [m]	02	02	03	0.5	0.75	01
Débit	239,99	239,99	79,99	479,99	959,99	1119,9974
Qv _{asp} [m ³ /h]	946	946	98	892	754	4
Vitesse [m/s]	33,9702	33,9702	11,3234	26,53921842	53,0784202	61,9248

:

3.5 Calcul des pertes de charge linéaire et singulières dans différent ligne.

On utilise les formule [III.1, III.2, III.3, III.4, IV.16, IV.15, IV.09, IV.08, IV.06] on trouve

3.5.1 Les pertes de charge linéaire.

Après le calcul de Re , on calcule le coefficient de pertes de charge linéaire λ .

$$\Delta PL = \lambda \cdot \frac{L}{D} \rho \frac{(C_0)^2}{2} [Pa]$$

L : Longueur de la conduite en [m].

D : Diamètre de conduite en [m].

λ : Le coefficient de perte de charge, il est sans dimension et en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité de la paroi.

ρ : La masse volumique de l'air [kg.m⁻³].

C_0 : La vitesse moyenne de l'air en $[m.s^{-1}]$ définie par :

$$C_0 = \frac{4}{\pi D^2} Q_v$$

Q_v : Débit volumique du fluide en $(m^3.s)$.

3.5.2 Les pertes de charges singulières

Ces pertes sous résumé dans l'équation suivante :

$$\Delta P_s = \xi \rho \cdot \frac{(C_0)^2}{2} [Pa]$$

ξ : Coefficient de perte de charge singulière.

ρ : La masse volumique de l'air $[kg.m^{-3}]$.

C_0 : La vitesse moyenne de l'air en $[m.s^{-1}]$ définie par :

$$C_0 = \frac{4}{\pi D^2} Q_v$$

Q_v : Débit volumique du fluide en (m^3/h) .

❖ Le tronçon x_1 -M

Pour une température de $20^\circ C$

- le point x_1

Avec :

$$D_{x_1}=0,05m \quad \text{et} \quad C_{x_1}=11,3234m/s$$

$$Q_{asp(x_1)} = 79,9998m^3/h$$

-le point (A)

Avec :

$$D_A=0,05m \quad \text{et} \quad C_A=33,9702m/s$$

$$Q_{asp(A)} = Q_{asp(x_1)} + Q_{asp(x_2)} + Q_{asp(x_3)}$$

$$Q_{asp(A)} = 79,9998 + 79,9998 + 79,998$$

$$Q_{asp(A)} = 239,99946 m^3/h$$

-Le tronçon O2-A

Avec :

$$D_{(O2-A)} = 0,05m \quad \text{et} \quad C_{(O2-A)} = 33,9702 m/s$$

$$Q_{asp(O2-A)} = 239,99946 m^3/h$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O2-A)} = 1,500 \times 10^{-5} [m^2/s]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 [Kg.m^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O2-A)}$)

$$Re_{(O2-A)} = 113234$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [m]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O2-A)}$)

$$\lambda_{(O2-A)} = 0,0205390$$

-Le tronçon O2-M

Avec :

$$D_{(O2-M)} = 0,08m \quad \text{et} \quad C_{(O2-M)} = 62,9248 m/s$$

$$Q_{v,asp(O2-M)} = 1119,99744 m^3/h$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O2-M)} = 1,500 \times 10^{-5} [m^2/s]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 [Kg.m^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O_2-M)}$)

$$Re_{(O_2-M)} = 330265.6$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [m]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O_2-M)}$)

$$\lambda_{(O_2-M)} = 0,017431622$$

Coefficient de perte de charge singulière [ξ]

$$\xi_{(A)}=0,27, \xi_{(O_2)}=0,5, \xi_{(O_2-M)}=0,3, \xi_{(x_1)}=0,27, \xi_{(x_1+x_2+x_3)}=3$$

Les pertes de charge linéaire et singulières

$$\Delta P_{L(O_2-A)} = 570,73446 [Pa]$$

$$\Delta P_{L(O_2-M)} = 251,5681366 [Pa]$$

$$\Delta P_{S(A)} = 187,5670133 [Pa]$$

$$\Delta P_{S(O_2)} = 347,3463209 [Pa]$$

$$\Delta P_{S(O_2-M)} = 6925,433624 [Pa]$$

$$\Delta P_{S(x_1)} = 20,84077925 [Pa]$$

$$\Delta P_{S(x_1+x_2+x_3)} = 2084,077925 [Pa]$$

$$\Delta P_{(tot x_1)} = \Delta P_L + \Delta P_S [Pa]$$

$$\Delta P_{(tot)} = 10387,56826 [Pa]$$

❖ Le tronçon x_2-M

Pour une température de $20^\circ C$

- le point x_2

Avec :

$$D_{x_2}=0,05m \quad \text{et} \quad C_{x_2}=11,3234m/s$$

$$Q_{asp(x_2)} = 79,9998 m^3/h$$

-le point (A)

Avec :

$$D_A=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_A=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(A)} = Q_{\text{asp}(x1)} + Q_{\text{asp}(x2)} + Q_{\text{asp}(x3)}$$

$$Q_{\text{asp}(A)} = 79,9998 + 79,9998 + 79,998$$

$$Q_{\text{asp}(A)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

-Le tronçon O2-A

Avec :

$$D_{(O2-A)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O2-A)}=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(O2-A)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O2-A)} = 1,500 \times 10^{-5} [\text{m}^2/\text{s}]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O2-A)}$)

$$Re_{(O2-A)} = 113234$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe 1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [\text{m}]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O2-A)}$)

$$\lambda_{(O2-A)} = 0,0205390$$

-Le tronçon O2- M

Avec :

$$D_{(O2-M)}=0,08\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O2-M)}=62,9248\text{m/s}$$

$$Q_{\text{vasp}(O2-M)} = 1119,99744 \text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O2-M)} = 1,500 \times 10^{-5} [\text{m}^2/\text{s}]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O_2-M)}$)

$$Re_{(O_2-M)} = 330265,6$$

$Re > 2000 \Rightarrow$ Régime turbulent

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5}[\text{m}]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O_2-M)}$)

$$\lambda_{(O_2-M)} = 0,017431622$$

Coefficient de perte de charge singulière [ξ]

$$\xi_{(A)}=0,27, \xi_{(O_2)}=0,5, \xi_{(O_2-M)}=0,3, \xi_{(x_1)}=0,27, \xi_{(x_1+x_2+x_3)}=3$$

Les pertes de charge linéaire et singulières

$$\Delta P_{L(O_2-A)} = 570,73446[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{L(O_2-M)} = 251,5681366[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(A)} = 187,5670133[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(O_2)} = 347,3463209[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(O_2-M)} = 6925,433624[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(x_1+x_2+x_3)} = 2084,077925[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{(tot x_2)} = \Delta P_L + \Delta P_S[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{(tot)} = 10366,72748[\text{Pa}]$$

❖ Le tronçon x_3 -M

Pour une température de 20 °C

- le point x_3

Avec :

$$D_{x_3}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{x_3}=11,3234\text{m/s}$$

$$Q_{asp(x_3)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

-le point (A)

Avec :

$$D_A=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_A=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(A)} = Q_{\text{asp}(x1)} + Q_{\text{asp}(x2)} + Q_{\text{asp}(x3)}$$

$$Q_{\text{asp}(A)} = 79,9998 + 79,9998 + 79,998$$

$$Q_{\text{asp}(A)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

-Le tronçon O2-A

Avec :

$$D_{(O2-A)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O2-A)}=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(O2-A)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O2-A)} = 1,500 \times 10^{-5} [\text{m}^2/\text{s}]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O2-A)}$)

$$Re_{(O2-A)} = 113234$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [\text{m}]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O2-A)}$)

$$\lambda_{(O2-A)} = 0,0205390$$

-Le tronçon O2-M

Avec :

$$D_{(O2-M)}=0,08\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O2-M)}=62,9248\text{m/s}$$

$$Q_{\text{vasp}(O2-M)} = 1119,99744 \text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O2-M)} = 1,500 \times 10^{-5} [\text{m}^2/\text{s}]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O_2-M)}$)

$$Re_{(O_2-M)} = 330265,6$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5}[\text{m}]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O_2-M)}$)

$$\lambda_{(O_2-M)} = 0,017431622$$

Coefficient de perte de charge singulière [ξ]

$$\xi_{(A)}=0,27, \xi_{(O_2)}=0,5, \xi_{(O_2-M)}=0,3, \xi_{(x_3)}=0,27, \xi_{(x_1+x_2+x_3)}=3$$

Les pertes de charge linéaire et singulières

$$\Delta P_{L(O_2-A)} = 570,73446[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{L(O_2-M)} = 251,5681366[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(A)} = 187,5670133[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(O_2)} = 347,3463209[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(O_2-M)} = 6925,433624[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(x_3)} = 20,84077925[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(x_1+x_2+x_3)} = 2084,077925[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{(tot x_3)} = \Delta P_L + \Delta P_S[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{(tot)} = 10387,56826[\text{Pa}]$$

❖ Le tronçon y_1-M

Pour une température de 20°C

- le point y_1

Avec :

$$D_{y_1}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{y_1}=11,3234\text{m/s}$$

$$Q_{asp(y_1)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

-le point (B)

Avec :

$$D_B=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_B=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = Q_{\text{asp}(Y1)} + Q_{\text{asp}(Y2)} + Q_{\text{asp}(Y3)}$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = 79,9998 + 79,9998 + 79,998$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

-Le tronçon O3-B

Avec :

$$D_{(O3-B)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O3-B)}=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(O3-B)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O3-B)} = 1,500 \times 10^{-5} [\text{m}^2/\text{s}]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O3-B)}$)

$$Re_{(O3-B)} = 113234$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [\text{m}]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O3-B)}$)

$$\lambda_{(O3-B)} = 0,0205391$$

-Le tronçon O3-O2

Avec :

$$D_{(O3-O2)}=0,08\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O3-O2)}=53,0784202\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(O3-O2)} = 959,99754 \text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(03-02)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2/\text{s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 \text{ [Kg. m}^{-3}\text{]}$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(03-02)}$)

$$Re_{(03-02)} = 283084,9077$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(03-02)}$)

$$\lambda_{(03-02)} = 0,0176532558$$

-Le tronçon O2-M

Avec :

$$D_{(02-M)} = 0,08 \text{ m} \quad \text{et} \quad C_{(02-M)} = 62,9248 \text{ m/s}$$

$$Q_{v\text{asp}(02-M)} = 1119,99744 \text{ m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(02-M)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2/\text{s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 \text{ [Kg. m}^{-3}\text{]}$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(02-M)}$)

$$Re_{(02-M)} = 330265,6$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(02-M)}$)

$$\lambda_{(02-M)} = 0,017431622$$

Coefficient de perte de charge singulière [ξ]

$$\xi_{(B)} = 0,27, \xi_{(03)} = 0,5, \xi_{(02-M)} = 0,3, \xi_{(03-02)} = 0,3, \xi_{(y1)} = 0,27, \xi_{(y1+y2+y3)} = 3$$

Les pertes de charge linéaire et singulières

$$\begin{aligned}\Delta P_{L(O3-B)} &= 570,73446[\text{Pa}] \\ \Delta P_{L(O3-)} &= 93,55106749[\text{Pa}] \\ \Delta P_{L(O2-M)} &= 251,5681366[\text{Pa}] \\ \Delta P_{S(B)} &= 187,5670133[\text{Pa}] \\ \Delta P_{S(O3)} &= 347,3463209[\text{Pa}] \\ \Delta P_{S(O3-)} &= 5088,077556[\text{Pa}] \\ \Delta P_{S(O2-OM)} &= 6925,433624[\text{Pa}] \\ \Delta P_{S(y1)} &= 20,84077925[\text{Pa}] \\ \Delta P_{S(y1+y2+y3)} &= 2084,077925[\text{Pa}] \\ \Delta P_{(tot y1)} &= \Delta P_L + \Delta P_S[\text{Pa}] \\ \Delta P_{(tot)} &= 15569,19688[\text{Pa}]\end{aligned}$$

❖ Le tronçon y_2 -M

Pour une température de 20°C

- le point y_2

Avec :

$$D_{y_2}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{y_2}=11,3234\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(y_2)} = 79,9998\text{m}^3/\text{h}$$

-le point (B)

Avec :

$$D_B=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_B=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = Q_{\text{asp}(Y1)} + Q_{\text{asp}(Y2)} + Q_{\text{asp}(Y3)}$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = 79,9998 + 79,9998 + 79,998$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

-Le tronçon O3-B

Avec :

$$D_{(O3-B)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O3-B)}=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(O3-B)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O3-B)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2/\text{s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 \text{ [Kg. m}^{-3}\text{]}$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O3-B)}$)

$$Re_{(O3-B)} = 113234$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O3-B)}$)

$$\lambda_{(O3-B)} = 0,0205391$$

-Le tronçon O3-O2

Avec :

$$D_{(O3-O2)} = 0,08 \text{ m} \quad \text{et} \quad C_{(O3-O)} = 53,0784202 \text{ m/s}$$

$$Qv_{asp(O3-O2)} = 959,99754 \text{ m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O3-O2)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2/\text{s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 \text{ [Kg. m}^{-3}\text{]}$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O3-O2)}$)

$$Re_{(O3-O2)} = 283084,9077$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O3-O2)}$)

$$\lambda_{(O3-O2)} = 0,0176532558$$

-Le tronçon O2-M

Avec :

$$D_{(O2-M)}=0,08m \quad \text{et} \quad C_{(O2-M)}=62,9248m/s$$

$$Q_{v\text{asp}(O2-M)} = 1119,99744m^3/h$$

Viscosité cinématique

$$\nu_{(O2-M)} = 1,500 \times 10^{-5} [m^2/s]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[Kg.m^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O2-M)}$)

$$Re_{(O2-M)} = 330265,6$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [m]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O2-M)}$)

$$\lambda_{(O2-M)} = 0,017431622$$

Coefficient de perte de charge singulière [ξ]

$$\xi_{(B)}=0,27, \xi_{(O3)}=0,5, \xi_{(O2-M)}=0,3, \xi_{(O3-O2)} = 0,3, \xi_{(y2)}=0,27, \xi_{(y1+y2+y3)}=3$$

Les pertes de charge linéaire et singulières

$$\Delta P_{L(O3-B)} = 570,73446[Pa]$$

$$\Delta P_{L(O3-O)} = 93,55106749[Pa]$$

$$\Delta P_{L(O2-M)} = 251,5681366[Pa]$$

$$\Delta P_{S(B)} = 187,5670133[Pa]$$

$$\Delta P_{S(O3)} = 347,3463209[Pa]$$

$$\Delta P_{S(O3-O2)} = 5088,077556[Pa]$$

$$\Delta P_{S(O2-M)} = 6925,433624[Pa]$$

$$\Delta P_{S(y1+y2+y3)} = 2084,077925[Pa]$$

$$\Delta P_{(tot y2)} = \Delta P_L + \Delta P_S[Pa]$$

$$\Delta P_{(tot)} = 15548,3561[Pa]$$

❖ Le tronçon y_3 -M

Pour une température de 20 °C

- le point y_3

Avec :

$$D_{y_3}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{y_3}=11,3234\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(y_1)} = 79,9998 \text{ m}^3/\text{h}$$

-le point (B)

Avec :

$$D_B=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_B=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = Q_{\text{asp}(Y_1)} + Q_{\text{asp}(Y_2)} + Q_{\text{asp}(Y_3)}$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = 79,9998 + 79,9998 + 79,998$$

$$Q_{\text{asp}(B)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

-Le tronçon O3-B

Avec :

$$D_{(O3-B)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O3-B)}=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{\text{asp}(O3-B)} = 239,99946\text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O3-B)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2/\text{s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O3-B)}$)

$$Re_{(O3-B)} = 113234$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [\text{m}]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O3-B)}$)

$$\lambda_{(O3-B)} = 0,0205391$$

-Le tronçon O3-O2

Avec :

$$D_{(O3-)} = 0,08\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O3-)} = 53,0784202\text{m/s}$$

$$Q_{v_{asp(O3-02)}} = 959,99754 \text{ m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$\nu_{(O3-02)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2/\text{s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 \text{ [Kg} \cdot \text{m}^{-3}\text{]}$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O3-02)}$)

$$Re_{(O3-02)} = 283084,9077$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O3-02)}$)

$$\lambda_{(O3-)} = 0,0176532558$$

-Le tronçon O2-M

Avec :

$$D_{(O2-)} = 0,08\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O2-M)} = 62,9248\text{m/s}$$

$$Q_{v_{asp(O2-M)}} = 1119,99744 \text{ m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$\nu_{(O2-M)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2/\text{s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 \text{ [Kg} \cdot \text{m}^{-3}\text{]}$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O2-M)}$)

$$Re_{(O2-M)} = 330265,6$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O2-M)}$)

$$\lambda_{(O2-M)} = 0,017431622$$

Coefficient de perte de charge singulière [ξ]

$$\xi_{(B)}=0,27, \xi_{(O3)}=0,5, \xi_{(O2-M)}=0,3, \xi_{(O3-O2)} = 0,3, \xi_{(y3)}=0,27, \xi_{(y1+y2+y3)}=3$$

Les pertes de charge linéaire et singulières

$$\Delta P_{L(O3-B)} = 570,73446[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{L(O3-O2)} = 93,55106749[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{L(O2-M)} = 251,5681366[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(B)} = 187,5670133[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(O3)} = 347,3463209[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(O3-O2)} = 5088,077556[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(O2-O)} = 6925,433624[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(y3)} = 20,84077925[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(y1+y2+y3)} = 2084,077925[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{(tot y3)} = \Delta P_L + \Delta P_S[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{(tot)} = 15569,19688[\text{Pa}]$$

❖ Le tronçon C-M

Pour une température de 20 °C

- le point C

Avec :

$$D_{(C)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(C)}=11,3234\text{m/s}$$

$$Q_{asp(C)} = 79,9998\text{m}^3/\text{h}$$

-Le tronçon O4-C

Avec :

$$D_{(O4-C)}=0,05\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O4-C)}=33,9702\text{m/s}$$

$$Q_{asp(O4-C)} = 79,9998\text{m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O4-C)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{/s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 \text{ [Kg. m}^{-3}\text{]}$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O4-C)}$)

$$Re_{(O4-C)} = 37744,66667$$

$Re > 2000 \Rightarrow$ Régime turbulent

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O4-C)}$)

$$\lambda_{(O4-C)} = 0,0240669341$$

Le tronçon O4-O3

Avec :

$$D_{(O4-O3)} = 0,08 \text{ m} \quad \text{et} \quad C_{(O4-O3)} = 26,53921842 \text{ m/s}$$

$$Qv_{asp(O4-O3)} = 479,99892 \text{ m}^3/\text{h}$$

Viscosité cinématique

$$v_{(O4-O3)} = 1,500 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{/s]}$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204 \text{ [Kg. m}^{-3}\text{]}$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O4-O3)}$)

$$Re_{(O4-O3)} = 141542,4982$$

$Re > 2000 \Rightarrow$ Régime turbulent

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O3-O2)}$)

$$\lambda_{(O4-O3)} = 0,0189668358$$

-Le tronçon O3-O2

Avec :

$$D_{(O3-O2)}=0,08\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O3-)}=53,0784202\text{m/s}$$

$$Qv_{asp(O3-O2)} = 959,99754\text{m}^3/h$$

Viscosité cinématique

$$\nu_{(O3-O2)} = 1,500 \times 10^{-5} [\text{m}^2/\text{s}]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O3-O2)}$)

$$Re_{(O3-O2)} = 283084,9077$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [\text{m}]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O3-O2)}$)

$$\lambda_{(O3-O2)} = 0,0176532558$$

-Le tronçon O2-M

Avec :

$$D_{(O2-M)}=0,08\text{m} \quad \text{et} \quad C_{(O2-M)}=62,9248\text{m/s}$$

$$Qv_{asp(O2-M)} = 1119,99744\text{m}^3/h$$

Viscosité cinématique

$$\nu_{(O2-M)} = 1,500 \times 10^{-5} [\text{m}^2/\text{s}]$$

Masse volumique de l'air ρ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 1,204[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Nombre de Reynolds ($Re_{(O2-M)}$)

$$Re_{(O2-M)} = 330265,6$$

$$Re > 2000 \Rightarrow \text{Régime turbulent}$$

La rugosité absolue d'acier Inox (Annexe1)

$$\varepsilon = 3 \times 10^{-5} [\text{m}]$$

Le coefficient de frottement de darcy ($\lambda_{(O2-M)}$)

$$\lambda_{(O2-M)} = 0,017431622$$

Coefficient de perte de charge singulière [ξ]

$$\xi_{(c)}=0,27, \xi_{(04)}=0,5, \xi_{(02-M)}=0,3, \xi_{(03-02)} = 0,3, \xi_{(04-03)} = 0,3$$

Les pertes de charge linéaire et singulières

$$\Delta P_{L(04-c)} = 570,73446[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{L(04-03)} = 25,13145626[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{L(03-02)} = 93,55106749[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{L(02-M)} = 251,5681366[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(c)} = 187,5670133[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(04)} = 347,3463209[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(04-03)} = 1272,0200185[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(03-02)} = 5088,077556[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{S(02-0M)} = 6925,433624[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{(tot c)} = \Delta P_L + \Delta P_S[\text{Pa}]$$

$$\Delta P_{(tot)} = 14761,42965[\text{Pa}]$$

Tableau 4 : Résultats du calcul des pertes de charge linéaire et singulières total du différent

Tançons.

Tançons	y_1 -M	y_3 -M	y_2 -M	C-M	x_1 -M	x_3 -M	x_2 -M
$\Delta P_{(tot)}(kPa)$	15,569	15,569	15,5485	14,761	10,3876	10,3876	10,3667

3.6 Conclusion :

A l'issue du calcul des pertes de charge des 7 circuits élémentaires choisis et pour lesquels nous présentons une récapitulation par ordre décroissant dans le (Tableau IV4), nous constatons que les 7 tronçons ne présentent pas la même perte de charge c'est-à-dire qu'ils n'opposent pas la même résistance hydraulique au ventilateur. De ce fait l'orifice d'aspiration présentant la plus petite perte de charge se trouvera favorisé durant la phase d'aspiration, si bien que l'on se retrouvera avec des zones bien dépoussiérées et des zones beaucoup moins, voire mal dépoussiérées.

En extrapolant cette analyse aux 196 orifices d'aspiration, nous pouvons conclure que le réseau de dépoussiérage est déséquilibré. Une opération de rééquilibrage est nécessaire. Celle-ci consiste à ajouter sur tous les tronçons, des pertes de charge par le biais de diaphragmes réglables ou de vannes pour égaliser les pertes de charge et éliminer les différences.

Conclusion générale

4 Conclusion générale

Le présent travail traite de l'étude du réseau de dépoussiérage de l'unité de conditionnement de sucre du complexe agroalimentaire Cevital implantée dans la ville de Béjaïa. Il s'agit de vérifier les capacités d'aspiration de l'installation existante suite aux modifications et aux extensions apportées au sein de cette unité. Les modifications principales sont celles survenues après le remplacement des doseurs volumétriques par des doseurs pondéraux cette opération a été accompagnée par l'augmentation du nombre d'orifices d'aspiration de poussières de sucre qui est passé de 56 orifices pour l'installation initiale à 196 après modifications et extensions. Pour ce faire nous avons été amenés à supposer d'abord que l'installation initiale, avant modifications, était dimensionnée pour mener à bien la mission qui lui était assignée. Dans une seconde étape nous avons considéré que la vitesse d'aspiration des poussières joue un rôle très important dans ce processus. En effet, si la vitesse d'aspiration s'avère faible l'orifice d'aspiration est traversé par un faible débit de poussières rendant le processus inefficace et si cette vitesse est très grande le système aspirerait non seulement les poussières de sucre mais aussi du sucre pur, ce qui est évidemment économiquement mauvais. Il existe donc une vitesse d'aspiration optimale et nous avons considéré que c'est la vitesse qui opérait au droit des orifices d'aspiration de l'installation initiale avant modifications. Sur la base des données du constructeur et à partir d'un calcul simple nous avons déduit que cette vitesse est de l'ordre de (11,32 m/s.)

A partir de cette vitesse, des sections des orifices d'aspiration et du nombre d'orifices actuellement opérationnels, nous avons conclu que le ventilateur installé présente un déficit en capacité d'aspiration de 10679,9649 m³/h.

Un second volet, concernant l'équilibrage du réseau de dépoussiérage a été abordé. Nous avons isolé sept orifices d'aspiration et nous avons pu montrer qu'ils ne présentent pas les mêmes pertes de charges, c'est-à-dire qu'ils opposent, face au ventilateur d'aspiration des résistances hydrauliques différentes. De ce fait les orifices présentant les plus faibles pertes de charge sont avantagés en termes de débits de poussières aspirées. Cela se vérifie même manuellement, au niveau des différentes bouches d'aspiration.

En guise de remèdes, il est souhaitable d'augmenter les capacités d'aspiration pour combler les déficits constatés ceci peut se faire en découplant le réseau du premier étage de celui du deuxième étage et en affectant un ventilateur d'aspiration à chaque étage. Des essais peuvent être menés à l'heure actuelle en découplant les deux réseaux et en branchant par

exemple le ventilateur actuel tantôt sur le premier, tantôt sur le second étage. Ceci pourra confirmer et donc motiver l'acquisition d'un deuxième ventilateur.

Une seconde étape consistera à équilibrer le réseau. Celui-ci étant un réseau maillé la détermination exacte des pertes de charge ne peut se faire qu'avec l'assistance de moyens informatiques appropriés (logiciel de calcul de pertes de charges pour réseaux maillés). Ce calcul permettra de déterminer les pertes de charge additives qu'il faut introduire pour rééquilibrer le réseau. Cette dernière opération devra être clôturée, en pratique, par des réglages fins et précis sur le réseau.

Références Bibliographiques

- [1] M.MATHLOUTHI, R. M.CBARBARA, l'extraction du sucre. CEDUS : centre d'étude et de documentation du sucre, (2001), 1-17 P.
- [2] mode opératoire Silo à sucre blanc 80000 T DPCC FIFO à bejaia algérie, Document Cevital.
- [3] BRIGITTE R, SIMON A YVES C, Caractérisation des poussières dans les boulangeries artisanales, Rapport R-693 IRSST (2011).
- [4] INERIS- Etude et recherche DRA14. Evaluation des performances des barrières techniques de prévention et de protection pour réduire les risques majeurs. Prévention des risques d'explosion et d'incendie dans les filtres à manches. (Décembre 2002).
- [5] GAGNÉ D, les dépoussiéreurs, Hygiéniste industriel CRSSS-AT (1987).
- [6] X. SIMON ; Etude du décolmatage pneumatique des dépoussiéreurs à manches, Institut national polytechnique de Lorraine , thèse (2005).
- [7] Techniques de l'ingénieur. Dépoussiérage et dévésiculage.
- [8] XAVIER SIMON, DOMINIQUE THOMAS, DENIS BEMER, SANDRINE CHAZELET, ROLAND REGNIER. Etude du décolmatage pneumatique des dépoussiéreurs à manches. Journées Filtration des Aérosols, Nancy, Juin (2007).
- [9] CATALOGUE DONALDSON. Filtre de dépoussiérage dalmatique encastrable ; Série DLM V.
- [10] Catalogue des notices techniques ACMB Algérie 2454, dépoussiérage silo 80 000 T, Lesquin, le (25/02/09).
- [11] VERDET JEAN-MARC, transport pneumatique et dépoussiérage le risque explosion de poussières, compte-rendu de la réunion du (22 mars 2013).

[12] F. DIADHIOU, Le dépoussiérage et la filtration aux Ciments Du Sahel : Etude du fonctionnement et de la maintenance du Baghouse, ESPCADD, these, (2008).

[13] E. CHAY, D. CHEN, Relative humidity effect on the filter loading characteristics. 9th World Filtration Congress, Nouvelle Orléans, (2004).

[14] D. THOMAS, Etude de la filtration des aérosols par des filtres à fibres. Habilitation à Diriger des Recherches de l'Université Henri Poincaré de Nancy, (2001)

Annexe

Annexe 1 :

Rugosité absolue de différentes conduites

Matériaux au type de conduite	Rugosité absolue ε	
	[mm]	[m]
Acier Inox, PVC, Aluminum.	0.05	$3 \cdot 10^{-5}$
Acier galvanisé à joint spiral.	0.09	$9 \cdot 10^{-5}$
Acier galvanisé à joint longitudinal.	0.15	$1.5 \cdot 10^{-4}$
Flexible en aluminium.	0.5	$5 \cdot 10^{-4}$
Fibre de verge.	0.9	$9 \cdot 10^{-4}$
Flexible en PVC armé ou en aluminium-Polyester.	3	$3 \cdot 10^{-3}$

Annexe 2 :

Masse volumique et viscosité cinématique de l'air sous la pression atmosphérique normale de 101325 [Pa]

Température °C	Air sec		Air humid (Humidité relative 50%)	
	Masse volumique Kg/m ³	Viscosité Cinématique 10 ⁻⁵ m ² /s	Masse volumique Kg/m ³	Viscosité Cinématique 10 ⁻⁵ m ² /s
-20	1.395	1.157	1.394	1.158
-10	1.342	1.239	1.341	1.239
0	1.293	1.323	1.291	1.325
10	1.247	1.410	1.244	1.413
20	1.204	1.500	1.199	1.506
30	1.165	1.592	1.155	1.605
40	1.127	1.687	1.112	1.711
50	1.093	1.785	1.067	1.827
60	1.060	1.885	1.020	1.958
70	1.029	1.989	0.969	2.111
80	1.000	2.095	0.911	2.297
90	0.972	2.203	0.845	2.535
100	0.946	2.315	0.767	2.854

Annexe 3 :

Tableaux des valeurs empiriques ξ

◆ **Coudes cintrés à 90° :**

$\frac{r_m}{D}$	0.5	0.75	1	1.5	2	2.5
ξ	0.71	0.33	Voir tableau suivant	Voir tableau suivant	0.13	0.12

◆ Coudes cintrés à 90° :

$\frac{r_m}{D}$	D (mm)						
	75	80	100	125	160	200	250
1	0.44	0.43	0.37	0.30	0.25	0.24	0.24
1.5	0.30	0.28	0.21	0.16	0.13	0.11	0.11

◆ Coudes cintrés à 45° :

$\frac{r_m}{D}$	D (mm)						
	75	80	100	125	160	200	250
1	0.20	0.19	0.17	0.14	0.11	0.11	0.11
1.5	0.18	0.17	0.13	0.1	0.07	0.07	0.07

Annexe 4 :

Les valeurs empiriques de ξ dans les conduites à section circulaire.

Conduits à section circulaire (diamètre = D)											
	R/D	ζ		R/D	ζ		R/D	ζ		α	ζ
	0.5	0.9		0.5	1.3		0.5	1.1		15°	0.1
	0.75	0.45		0.8		0.6	30°	0.2			
	1.0	0.35		0.5		0.4	45°	0.5			
	1.5	0.25		0.3		0.25	60°	0.7			
	2.0	0.2		0.25		0.2	90°	1.3			
	α	ζ_2		R/D	ζ_2		R/D	ζ_2		α	ζ_2
	15°	0.1		0.5	1.3		0.5	1.2		15°	0.1
	30°	0.3		0.9		0.6	30°	0.3			
	45°	0.5		0.8		0.4	45°	0.7			
	60°	0.7		0.6		0.25	60°	1.0			
	90°	1.3		0.5		0.2	90°	1.4			
	$\zeta = 1.4$	$\zeta = 0.9$		α	ζ		R/D	ζ		d/D	ζ
				0°	0.9		0.2	0.2		0.1	2.5
	15°	0.5		0.5	0.1	2.5					
	30°	0.3		0.3	0.05	2.5					
	45°	0.3		0.4		2.3					
	60°	0.4		0.5		1.9					
	90°	0.5		0.5		1.5					
	d/D	ζ		α	ζ		d/D	ζ		d/D	ζ
	0.1	1.0		5°	0.15		0.1	0.6		1	0
	0.2	0.9		0.25	$\alpha < 60^\circ$	0.5	0.2	0.1			
	0.4	0.7		0.4		0.4	0.4	1			
	0.6	0.4		0.8		0.3	0.8	2			
	0.8	0.2		0.9		0.2	0.7	5			
				1.0			0.6	8			

Annexe 5 :

Relevé des débits dépeussierage l'unité de conditionnement

Date du relevé : 29/07/10

Relevé des débits
DEPOUSSIERAGE CONDITIONNEMENT

CEVITAL

Point	Désignation	Ø	Débit théor.	V théor.	Pd théor	Pd relevé	Ps relevé	Débit relevé	V relevé	Observation
		(mm)	(m3/h)	(m/s)	(daPa)	(daPa)	(daPa)	(m3/h)	(m/s)	
D1	entrée ventilateur	650	19000	16	16	16		19113	16	
D2	refoulement ventilateur									
D3	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	15		631	15	
D4	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	15		631	15	
D5	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	16		651	16	
D6	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	15		631	15	
D7	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	15		631	15	
D8	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	26		830	20	flexibles non raccordés
D9	collecteur ensacheuse 5kg et big bag	220	2520	18	21	22		2567	19	
D10	dégazage cellules	120	750	18	21	23		781	19	
D11	dégazage cellule	120	750	18	21	23		781	19	vanne ouverte
D12	dégazage cellule	120	750	18	21	0		0	0	vanne fermée
D13	dégazage cellule	120	750	18	21	0		0	0	vanne fermée
D14	collecteur Ø375 vers transporteurs	375	8000	20	25	25		7952	20	
D15	tête TB	160	1400	19	23	25		1448	20	manque registre de réglage
D16	alimentation TB	120	800	20	24	27		846	21	manque registre de réglage
D17	alimentation TB	120	800	20	24	36		977	24	manque registre de réglage
D18	tête TB	160	1400	19	23	29		1559	22	manque registre de réglage
D19	collecteur Ø250	250	3600	20	26	22		3315	19	en cours de montage
D20	tête TB	160	1400	19	23	31		1612	22	manque registre de réglage

Perte de charge du dépeussierage | 14 daPa

Date du relevé : 29/05/15

Relevé des débits
DEPOUSSIERAGE CONDITIONNEMENT

CEVI

Point	Désignation	Ø	Débit théor.	V théor.	Pd théor	Pd relevé	Pa relevé	Débit relevé	V relevé	Observation
		(mm)	(m3/h)	(m/s)	(daPa)	(daPa)	(daPa)	(m3/h)	(m/s)	
D1	entrée ventilateur	650	19000	16	16	16		19113	16	
D2	refoulement ventilateur									
D3	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	15		631	15	
D4	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	15		631	15	
D5	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	16		651	16	
D6	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	15		631	15	
D7	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	15		631	15	Flexibles non raccordés
D8	ensacheuse 1kg	120	640	16	15	26		830	20	
D9	collecteur ensacheuse 5kg et big bag	220	2520	18	21	22		2567	19	
D10	collecteur Ø120 dégazage cellule	120	6000	18	21	23		781	19	Vanne ouverte
D11	dégazage cellule	120	750	18	21	23		781	19	vanne fermée
D12	dégazage cellule	120	750	18	21	0		0	0	vanne fermée
D13	dégazage cellule	120	750	18	21	0		0	0	vanne fermée
D14	dégazage cellule	120	750	18	21	0		7952	20	vanne fermée
D15	dégazage cellule	120	750	18	21	0		1448	20	vanne fermée
D16	dégazage cellule	120	750	18	21	0		846	21	vanne fermée
D17	dégazage cellule	120	750	18	21	0		977	24	vanne fermée
D18	dégazage cellule	120	750	18	21	0		1559	22	
D19	collecteur Ø375 vers transporteurs	375	8000	20	25	25		3315	19	
D20	tête T5 1	160	1400	19	23	25		1612	22	
D21	alimentation T5	120	800	20	24	27				manque registre de réglage
D22	alimentation T5	120	800	20	24	36				manque registre de réglage
D23	tête T5 2	160	1400	19	23	29				manque registre de réglage
D24	collecteur Ø250 (D25+X)	250	3600	20	26	22				en cours de montage
D25	tête T5 3	160	1400	19	23	31				manque registre de réglage
D26	tête T5 4	160	2200	19						

LE SQUIN le 05/05

Résumé

L'objectif essentiel de notre travail a été l'amélioration d'un dépoussiéreur afin qu'il puisse répondre aux besoins de l'unité de conditionnement du sucre au sein du complexe agro-alimentaire CEVITAL- Bejaia.

Abstract

The main objective of our work has been the improvement of a dust collector so that it can meet the needs of the sugar conditioning unit within the CEVITAL food complex – Bejaia.