

Université de Bouira
Akli Mohand Oulhadj



جامعة البويرة
أكلي محمد أولحاج

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj (Bouira)

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique.

PROJET DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du Diplôme de Master par :

BELKACEMI HEMZA

FEDDAD HAMOU

Spécialité : Génie Mécanique.

Option : Climatique et Frigorifique.

THEME

***Etude et simulation d'un système de ventilation
en présence d'une ATmosphère EXplosible (ATEX)***

Remis le :08/10/2017

Devant le jury :

Président : *BAGHDADI.F.*

Rapporteur : *LAKHAL.R.*

Examineur : *LAOUARIA.*

Examineur : *BOURRASS*

Remerciement

Nos remerciements vont en premier à Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné pour terminer notre travail.

Nous remercions notre encadreur Monsieur LAKHAL. Rachid, pour avoir accepté de diriger ce mémoire et pour sa patience durant la période de l'encadrement.

Nous tenons à remercier tout les enseignants, qui sont à l'origine de la réussite de ce modeste travail.

Nos sincères remerciements, les plus sincères sont destinés à nos très chères familles.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICACE

*Mes chers parents pour leur soutien et leur
encouragement durant toute ma carrière
d'étude.*

Mon frère, mes sœurs.

Toute ma grande famille,

A tous les étudiants de Génie

Mécanique, Ainsi qu'à tous mes amis et

tous ceux qui me connaissent.

Hamou.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICACE

C'est avec une grande émotion que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à la mémoire de mon cher oncle.

Mes chers parents pour leur soutien et leur encouragement durant toute ma carrière d'étude.

Mon frère, mes sœurs.

Toute ma grande famille,

A tous les étudiants de Génie

Mécanique, Ainsi qu'à tous mes amis et

tous ceux qui me connaissent.

Hemza.

DEDICACE	<i>I</i>
REMERCIEMENTS	<i>II</i>
SOMMAIRE	<i>III</i>
LISTE DES FIGURES	<i>VI</i>
LISTE DES TABLEAUX	<i>V</i>
NOMENCLATURE	<i>VI</i>
INTRODUCTION GENERALE	<i>VII</i>

CHAPITRE 1: Généralités sur les Atmosphères Explosives.

1.1. Introduction.....	1
1.2. Définition d'une Atmosphère Explosive	2
1.3. Présence d'une ATEX.....	2
1.4. Triangle de l'explosion.....	3
1.4.1. Substance combustible.....	4
1.4.2. Source d'inflammation	4
1.4.3. EMI Energie Minimale d'Inflammation.....	4
1.4.4. Energie fournie par la source	4
1.5. Exemple de quelque source d'inflammation.....	5
1.6. Substances inflammables les plus dangereuses.....	6
1.6.1. 1 ^{er} classement: GROUP DE GAZ	6
1.6.2. 2eme classement: Classes de Temperatures :.....	7
1.7. Protection contre une ATEX.....	8
1.8. Définition des zones	9
1.9. Caractéristiques des mélanges explosives	11
1.9.1. Gaz et vapeurs	11
1.9.2. Concentrations limites d'inflammabilité dans l'air	12
1.9.3. La température d'auto-inflammation	12
1.9.4. Exemple de quelques source gazeux inflammable.....	13

1.10. Conclusion	15
------------------------	----

Chapitre 02: Systèmes de ventilation utilisés dans l'industrie.

2.1. Introduction :	16
2.2. Généralité sur les principes de base de la ventilation :	16
2.2.1. Le Poste de Travail :	16
2.2.2. La pollution :	17
2.3.2. Ventilation par inétanchéité :	20
2.3.3. Ventilation par ouvrant :	21
2.3.4. Ventilation par conduit vertical :	22
2.3.5. Ventilation par dispositif en toiture.....	23
2.4.1. Ventilation à simple flux par extraction :	24
2.4.2. Ventilation à simple flux par soufflage :	25
2.4.3. Ventilation à double flux :	26
2.5.1. Extraction d'air	28
2.6. Equipements de ventilation mécanique :	30
2.6.1. Entrée d'air :	30
2.6.3. Equipements de soufflage ou de reprise :	33
2.6.3.1. Ventilateur muraux :	33
2.6.3.2. Groupe et caisson d'extraction pour VMC	34
2.6.3.3. Tourelles de toiture	35
2.6.3.4. Extracteur hotte de cuisine	36
2.6.3.5. Extracteur de fumées	37
2.6.3.7. Extracteur d'air pour atmosphère corrosive :	37
2.6.3.8. Extracteur d'air pour atmosphère explosive :	38
2.7. Filtration	39
2.8. Conclusion.....	39

Chapitre 03 : Dimensionnement d'un système d'extraction.

3.1. Introduction.....	40
3.2. Problématique.....	40
3.2.1. Présentation du modèle	40
3.2.2. Justification du choix de l'installation	40
3.3. Présentation du modèle et Dimensionnement.....	42
3.3.1. Poste de travail	42
3.3.2. le polluant.....	42
3.3.3. Captage	43
3.3.4. Calcul du débit de renouvellement d'air :	43
3.3.5. Prise d'air et reprise d'air	45
L'étude de l'introduction de cet air doit être menée de manière à :	46
3.3.6. Dimensionnement du réseau aéraulique.....	47
3.3.6.1. Ecoulement d'air dans la canalisation :	47
3.3.7.1. Les gaines :	52
3.3.7.2. Les pertes de charges linéaires constantes	53
3.3.7.3. Les gaines de pression statique :	53
3.3.7.4. L'équilibrage de l'installation :	54
3.3.8. Bruit.....	54
3.3.9. Ventilateur.....	55
3.3.9.1. Classification :	56
3.3.9.2. Le point de fonctionnement :	56
3.4. Calculs aérauliques pour ventilateur en aspiration	57
3.4.1. Courbes caractéristiques.....	57
3.4.2. Courbes d'un ventilateur a action.....	58
3.4.3. Courbes d'un ventilateur a réaction.....	60
3.5. Conclusion.....	60
Chapitre 04: Simulation, Résultat et Discussion.	

4.Introduction :	61
4.1. Problématique :	61
4.2. Calcul du débit de vapeur en fonction du Rayon de la flaque :	62
4.3. Calcul du débit d'air en fonction du Rayon de la flaque :	63
4.4. Etude de l'efficacité du système d'extraction en fonction de temps pour différents rayons :	65
4.5. Fonctionnement du système d'extraction :	70
4.6. Influence de quelques paramètres sur le taux de concentration de la substance inflammable :	73
4.6.1. Influence de volume du local :	73
4.6.2. Influence du taux de concentration initial sur le temps de réponse du système d'extraction :.....	74
4.7. Choix du ventilateur pour notre système d'extraction :.....	75
4.8. Conclusion	78

Figure 1.1 : Concentration de la substance combustible dans l'air	3
Figure 1.2 : triangle de l'explosion	4
Figure 2.1 : fenêtre a imposte a bascule..	21
Figure 2.2 : schéma de principe d'une ventilation par conduite verticale.....	22
Figure 2.3 : cheminé courte de ventilation a volet de réglage débit d'air intégré et aspirateur statique en tête.....	23
Figure 2.4 : différents possibilité de ventilation de bâtiment à usage industriels.	24
Figure 2.5 : La ventilation simple flux par extraction.....	25
Figure 2.6 : une installation de ventilation simple flux par soufflage d'un magasin.	26
Figure 2.7 : une installation de ventilation double flux d'un cinéma.....	27
Figure 2.8 : Système de ventilation par aspiration à la source	28
Figure 2.9 : Principe d'une installation d'extraction d'air	29
Figure 2.10 : Principe d'une installation de soufflage d'air	29
Figure 2.11 : entrée d'air autorégulable, acoustique et filtrant	31
Figure 2.12 : entrée d'air autorégulateur acoustique.....	31
Figure 2.13 : bouche d'insufflation jouant le rôle D'entrée.....	31
Figure 2.14 : bouche d'extraction pour VMC à gauche est simple et à droite autorégulable. ..	32
Figure 2.15 : bouche d'extraction hygrorégulée pour VMC.....	32
Figure 2.16 : aérateur hélicoïde pour montage sur une parois.	33
Figure 2.17 : aérateur centrifuge pour montage sur une parois.....	33
Figure 2.18 : groupe d'extraction en matière plastique pour VMC simple flux.	34
Figure 2.19 : cuisson d'extraction en acier galvanisé pour VMC a gaz simple flux.....	35
Figure 2.20 : tourelle en toiture.....	36
Figure 2.21 : Extracteur hotte de cuisine.....	36
Figure 2.22 : ventilateur centrifuge anticorrosion à moteur extérieur.....	37
Figure 2.23 : ventilateur centrifuge ATEX	38
Figure 3.1 : stockage d'essence et système d'extraction.....	41
Figure 3.2 : Coefficient des pertes de charge ξ	50
Figure 3.3 : Règles de bonnes pratiques lors du dimensionnement des gaines.....	51
Figure 3.4 : Raccordement de deux réseaux	52
Figure 3.5 : Point de fonctionnement d'un ventilateur placé dans un circuit de ventilation	56
Figure 3.6 : Courbe caractéristique d'un ventilateur	57
Figure 3.7 : Abaque donnant les points de fonctionnement d'un ventilateur centrifuge a action.	58

Figure 3.8 :Abaque pour les grandeurs de fonctionnement des ventilateurs centrifuge à réaction.
..... 59

Figure 4.1 : Variation du débit de vaporisation en fonction du rayon de la flaque..... 62

Figure 4.2 : Débit de renouvellement d’air en fonction du rayons de flaque..... 64

Figure 4.3 :variation de l’efficacité de système d’extraction pendant 1/4 heure pour différents R 66

Figure 4.4 :la variation de l’efficacité de système d’extraction pendant une de mie heure. 67

Figure 4. 5 :Variation de l’efficacité de système d’extraction pendant 45 minutes pour différents rayons. 68

Figure 4.6 :Variation de l’efficacité de système d’extraction pendant deux (2) heures pour différents rayons. 69

Figure 4.7 :Fonctionnement d’un système d’extraction a vitesse variable. 71

Figure 4.8 :influence du volume de local sur le taux de concentration de la vapeur. 73

Figure 4.9 :Influence de la LIE initial sur le système d’extraction. 74

Figure 4.10 :courbes caractéristique pression-débit d'un ventilateur centrifuge à réaction muni d'un variateur de vitesses 76

Tableau	Définition	Page
1.1	Energie Minimale d'Inflammation pour certain gaz	6
1.2	Température d'auto-inflammation des substances inflammable	7
1.3	les classes des températures du matériel destinés pour l'ATEX	7
1.4	Répartition des zones de l'Atmosphère Explosive	10
1.5	Répartition des zones selon la présence de l'Atmosphère Explosive	11
2.1	Classement de la façade en fonction de l'entrée d'air	30
3.1	Les vitesses minimales des substances inflammables	48

Glossaire LETTRES LATINES NON INDICEES		
Symbole	Désignation	Unité
V	volume d'une géométrie	[m ³]
L	Longueur d'une géométrie	[m]
H	Hauteur d'une géométrie	[m]
L	largeur d'une géométrie	[m]
P _d	pression dynamique	[Pa]
V	vitesse locale du fluide	[m/s]
D _i	diamètre intérieur du conduit	[m].
Δp _j	perte de pression singulière	[Pa]
A	section d'une géométrie	[m ²]
<i>P_a</i>	puissance mécanique de l'arbre d'entraînement de ventilateur	[W]
<i>P_u</i>	la puissance utile d'un ventilateur	[W]
N	la vitesse de rotation d'un ventilateur	[tr / mn]
<i>Q_{air}</i>	Débit volumique à extraire	[m ³ /h]
R	La constante des gaz soit	[atm *l]
T	Température ambiante en kelvin	[K]
M	masse molaire de la substance dangereuse liquide	[g]
<i>q</i>	débit de vaporisation de la flaque	[kg/ h* m ²]
Q _{vap}	débit de vaporisation de la flaque	[m ³ /h]
P _{sat}	La pression de la vapeur saturante du liquide	[Pa]
P _{atm}	pression atmosphérique d'un volume	[Pa]
<i>D_{eq}</i>	Diamètre équivalent d'une surface rectangulaire.	[m]
T_{auto-inflammation}	Température d'auto inflammation	[°C]

LETTRES GRECS		
Symbole	Désignation	Unité
ε (epsilon):	rugosité absolue de la paroi interne du conduit	[m]
μ (nu)	Viscosité dynamique	[m ² /s]
η_v	Le rendement du motoventilateur	[%]
λ (Lambda):	Coefficient de frottement de Darcy dépend de la rugosité de la paroi	[-]
ξ (zêta)	coefficient de perte de pression singulière de l'élément considéré	[-]

Nombre sans dimension		
Symbole	Désignation	Unité
<i>Re</i>	Nombre de Reynolds	-

Indices		
Symbole	Désignation	Unité
LIE	Limites inférieures d'explosion.	-
LSE	Limites supérieures d'explosion.	-
EMI	Energie Minimale d'Inflammation	-
ATEX	Atmosphère Explosive	-
IMES	'Interstice Expérimentale Maximale de Sécurité	-
VMC	Ventilation mécanique Contrôler.	-

Dans des nombreux secteurs économiques et industriels, on est confronté à des substances combustibles sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières. Parmi les principaux secteurs, on peut citer la chimie, la pétrochimie, l'exploitation de pétrole et de gaz, l'exploitation des mines, l'industrie alimentaire et le domaine des eaux usées. Ces substances combustibles, mélangées avec de l'oxygène, peuvent former une atmosphère explosive. En cas d'inflammation de celle-ci surviennent des explosions, qui peuvent entraîner des dommages corporels et matériels graves.

Pour qu'une explosion se produise, trois éléments sont requis : un gaz ou une poussière combustibles, de l'oxygène et une source d'inflammation.

Parmi les plusieurs méthodes de la protection contre les explosions, on distingue la ventilation mécanique contrôlée qui est défini comme l'objet principal de lutte contre ces dernières et concerne n'importe qu'elle type de local. Son but étant principalement de faire en sorte que la qualité de l'air ambiante reste dans les limites que l'on se fixe préalablement, on extraction d'air polluant, poussière, vapeurs vers l'extérieur. Elle doit pour cela, éliminer et/ou réduire au maximum la concentration de ces substances en dessous d'une certaine limite définie par les normes et standards internationaux en la matière.

Le but de cette étude sera donc l'étude et l'analyse de l'évolution, dans un espace confiné en présence d'un mélange d'air et de vapeur (ou gaz) inflammable, d'une Atmosphère Explosive (**ATEX**) ; les résultats de simulation obtenus nous permettrons le dimensionnement d'un système de renouvellement d'air et la régulation de son fonctionnement en fonction des objectifs tracés. Pour ce faire, nous avons répartis notre travail en quatre chapitres :

Le premier chapitre traite des généralités sur la formation d'atmosphères explosives et leur classification. Les principes de ventilation ainsi que leurs fonctionnement et composants, domaine d'application sont abordés dans le deuxième chapitre. Dans le troisième chapitre, nous avons présenté notre problématique et les relations relatives au calcul et dimensionnement d'un système de renouvellement d'air en fonction de divers paramètres du problème. En fin, le dernier chapitre présente une application pour la simulation du fonctionnement d'un réseau aéraulique de renouvellement d'air suite à d'éventuels déversements d'un produit hydrocarbure (essence) stocké dans un local dédié à cet effet.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale et recommandations.

1.1. Introduction :

La présence de ces trois facteurs à la fois : un gaz ou une poussière combustibles, de l'oxygène et une source d'inflammation dans un espace confiné, provoque une explosion à des dégâts matériels et humaines.

Dans ce chapitre, on a **défini** d'une manière générale notre espace confiné présentant une Atmosphère Explosive, qui est défini par le mélange inflammable et l'oxygène

La présence du combustible dans ce dernier doit être ni trop pauvre ni trop riche (lorsque la concentration d'une substance combustible suffisamment dispersé dans l'air dépasse une valeur minimal (limite inférieur d'explosion) et si elle est inférieure une valeur maximale (limite supérieur d'explosion), dans les deux cas provoque une explosion.

On cite quelque exemple des substances chimique inflammables gazeux et ses limites inférieure et supérieure d'explosion et les températures d'auto-inflammation afin de mettre un système de protection contre ses **ATEX**

1.2. Définition d'une Atmosphère Explosive :

Une atmosphère explosive ATEX est un mélange de substance inflammable (combustible) avec l'air. Dans les conditions atmosphériques.

Ces substances inflammables sont sous forme gaz, vapeur ou poussière dans lequel. Après l'inflammation, la combustion se propage à l'ensemble de mélange non brûlé crée une explosion.

1.3. Présence d'une ATEX :

Dans un mélange formant une ATEX, le comburant est de l'oxygène contenu dans l'air, les substances inflammables sous forme de gaz (méthane, butane, propane, hydrogène), vapeur (sulfure de carbone, acétone, alcool éthylique, Oxyde d'éthylique) et poussière (charbon et amidon, céréale, aluminium) sont le combustible.

La présence de combustible dans le mélange doit être ni trop pauvre ni trop riche (lorsque la concentration d'une substance combustible suffisamment dispersée dans l'air dépasse une valeur minimale (limite inférieure d'explosivité), et si elle est inférieure une valeur maximale (limite supérieure d'explosivité), dans les deux cas provoque une explosion) LSE et LIE [1].

On définit :

LSE : Limite Supérieure d'Explosivité d'un gaz ou une vapeur dans l'air = concentration minimal dans le mélange au-dessous dans laquelle elle peut s'enflammer.

LIE : Limite Inférieure d'Explosivité d'une substance inflammable = concentration minimale dans le mélange au-dessus de laquelle il peut être enflammé.

Peut-être dans son domaine d'explosivité, le mélange avec l'air doit remplir la condition suivante :

LIE « concentration de la substance inflammable dans le mélange « LSE

Dans le cas des vapeurs la température de liquide inflammable doit être suffisante pour émettre assez de vapeur.

Point d'éclair d'un liquide inflammable = température à laquelle liquide émet suffisamment de vapeur pour former avec l'air un mélange inflammable.

Pour être dans son domaine d'explosivité, le mélange avec l'air doit remplir la condition suivante :

$$T_{liq} \geq \text{Point éclair}$$

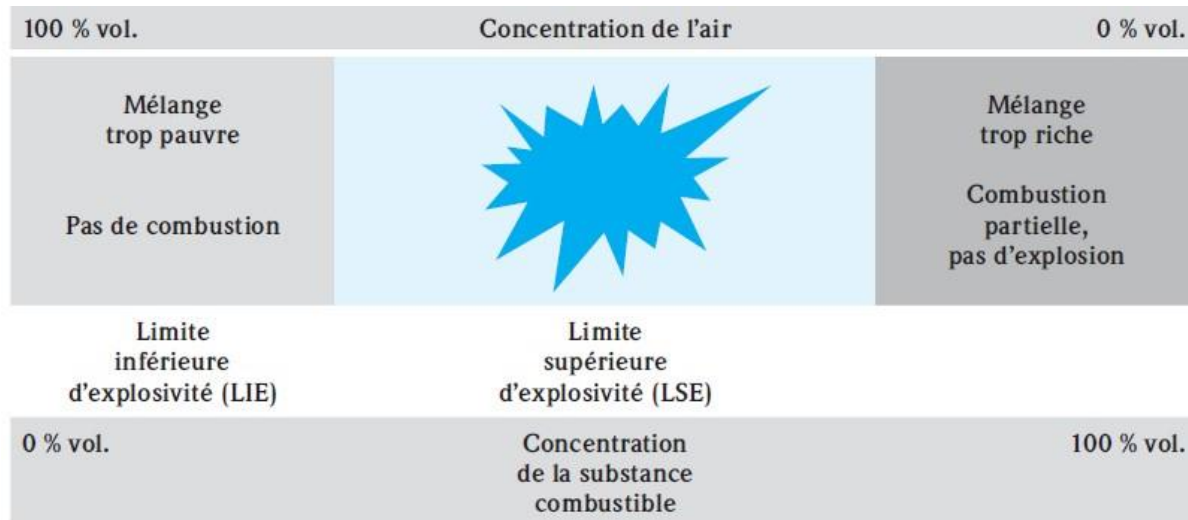


Figure (1.1): Concentration de la substance combustible dans l'air

1.4. Triangle de l'explosion :

Pour qu'une explosion se déclenche, une source d'inflammation active doit être présente. Une explosion s'accompagne flammes, de températures élevées et souvent également de pressions ou de vitesses d'augmentation de pression élevées. Les conséquences d'une telle explosion peuvent être des blessures corporelles, des destructions de bâtiments ou d'éléments d'installation, ainsi que l'inflammation d'autres substances combustibles (incendies consécutifs).

Des explosions avec des conséquences graves peuvent survenir lorsque les conditions suivantes sont réunies en même temps et au même endroit :

1.4.1. Substance combustible :

(Concentration dans l'air à l'intérieur des limites d'explosivité et dispersion suffisamment fine degré de dispersion) **Oxygène** de concentration suffisamment élevée

1.4.2. Source d'inflammation :

Elle peut engendrer une explosion peut être une source d'énergie suffisamment importante ou une température suffisamment élevée. Les conditions que doit une source respectée pour provoquer une ATEX sont représenté aux dessous :

1.4.3. EMI Energie Minimale d'Inflammation [2] :

Energie minimale fournie aux mélange, sous forme d'une flamme ou une étincèle pour déclencher une explosion .

1.4.4. Energie fournie par la source \geq EMI

Température d'auto inflammation

Température à laquelle le mélange s'enflamme spontanément

$$T_{\text{mélange}} \geq T_{\text{auto inflammation}}$$

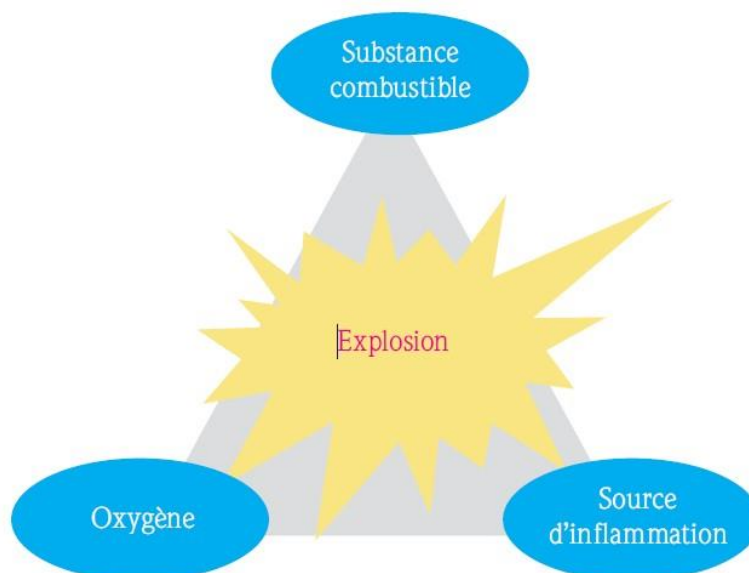


Figure (1.2) : triangle de l'explosion

1.5. Exemple de quelque source d'inflammation

L'inflammation d'une atmosphère explosive peut survenir par différentes sources d'inflammation :

- ❖ Surfaces chaudes (conducteurs électriques dans les bobinages de moteurs, conducteurs chauffants, paliers, passages d'arbre)
- ❖ Flammes et gaz chauds, particules chaudes incluses (par ex. soudage, découpage)
- ❖ Étincelles générées mécaniquement (processus d'abrasion, de percussion et de frottement)
- ❖ Installations électriques (étincelles et arcs électriques, ouverture et fermeture de circuits électriques, déchargement d'éléments d'installation chargés, court-circuit)
- ❖ Courants de compensation électriques, protection cathodique contre la corrosion
- ❖ Électricité statique : décharges électrostatiques comme conséquence de processus de séparation, auxquels prend part au moins une substance chargeable (par ex. pièces plastiques / métalliques isolées)
- ❖ Foudre (décharges atmosphériques)
- ❖ Ondes électromagnétiques dans la gamme des fréquences de 10⁴ Hz à 3 × 10¹² Hz
(Haute fréquence)
- ❖ Ondes électromagnétiques dans la gamme des fréquences de 3 × 10¹¹ Hz à 3 × 10¹⁵ Hz
- ❖ Rayonnement ionisant
- ❖ Ultrasons
- ❖ Compression adiabatique et ondes de choc
- ❖ Réactions exothermiques, y compris l'auto-inflammation de poussières.

1.6. Substances inflammables les plus dangereuses :

La dangerosité d'un mélange dans l'air dépend de sa concentration en substance inflammable mais également des caractéristiques propres de cette substance. Donc il est nécessaire de classer ses derniers à leur niveau de la dangerosité

→Deux classement différents

1. Groupe de GAZ (ou subdivision)
2. Classe de Température

1.6.1. 1^{er} classement : GROUP DE GAZ

Les déverses substance peuvent s'enflammer suite à l'apport d'une énergie suffisante. Plus l'énergie suffisante est faible, plus la substance est dangereuse.

a) IMES : l'Interstice Expérimentale Maximale de Sécurité :

C'est l'épaisseur maximale de la couche d'air entre 2 parties d'une chambre interne d'un appareil d'essai qui, lorsque le mélange interne est enflammé empêche l'inflammation du même mélange gazeuse externe à travers un épaulement de 25 mm de longueur.

b) EMI : Energie Minimale d'Inflammation :

Energie minimale qui doit être fournie au mélange sous forme d'une flamme ou d'une étincelle, pour provoquer l'inflammation.

A partir de ces 2 critère caractéristique de chaque substance, 4 groupes de gaze en été établis sur la base de 5 gaz représentatifs (ce sont deux utilisée pour les essais) :

	Groupes de gazes (et subdivisions)	EMI (μ J)	IEMS (mm)
Méthane	I	300	1,14
Propane	IIA	240	0,92
Ethylène	IIB	70	0,65
Acétylène	IIC	17	0,37
Hydrogène	IIC	17	0,29

Tableau 1 .1 : Energie Minimale d'Inflammation pour certain gaz

Pour le Groupe I sont des Mines, et pour le Groupe II Industries de surfaces la dangerosité croit de la subdivision IIA (le moins dangereux) à la subdivisions IIC (le plus dangereux).

1.6.2. 2^{ème} classement : Classes de Températures :

Les diverses substances peuvent s'enflammer à des températures différentes plus la température d'inflammation est faible, plus la substance est dangereuse

Les substances inflammables	Température d'inflammation (°C)
Sulfure de carbone	102
Ether éthylique	170
Acétylène	305
Ethylène	425
Propane	470
Acétone	535
Hydrogène	560
Méthane	595
Oxyde de carbone	605

Tableau 1 .2 : température d'auto-inflammation des substances inflammable

En conséquence ; les matériels destinés à être utilisés dans une atmosphère explosive sont classés de T1 à T6 en fonction de la température maximale de surface qu'ils génèrent :

Classes des température	Valeur maximale (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Tableau 1 .3 : les classes des températures du matériel destinés pour l'ATEX

Par exemple un appareil dont la température maximale de surface est de 105 °C sera classe T4 il appartient ensuite à l'utilisateur de vérifier que la température d'auto-inflammation de l'atmosphère est supérieure à 135 °C

La classe de température d'un matériel n'est valable que pour une température ambiante d'utilisation donnée (ou une gamme de température d'utilisation donnée).

1.7. Protection contre une ATEX :

La protection contre les explosions inclut toutes les mesures en vue d'une protection contre les risques d'explosion.

Le principe de la protection intégrée contre les explosions exige que les mesures de protection contre les explosions doivent être prises dans un certain ordre, tel qu'indiqué ci-dessous.

- **Suppression de l'atmosphère explosive.**
- **Suppression de la source d'inflammation.**
- **Non-propagation de l'inflammation.**

1. La suppression de l'atmosphère explosive :

Par protection primaire contre les explosions, on entend toutes les mesures empêchant la création d'une atmosphère explosive dangereuse.

Ceci peut par exemple être réalisé par :

- L'évitement de substances combustibles (technologies de remplacement)
- L'inertage (ajout d'azote, de dioxyde de Carbone, etc.)
- La limitation de la concentration
- La ventilation naturelle ou forcée

2. La suppression de la source d'inflammation :

Lorsque des risques d'explosion ne peuvent pas être exclus, partiellement ou intégralement, au moyen de mesures de protection primaire contre les explosions, il convient de prendre des mesures empêchant une inflammation de l'atmosphère explosive. A cette fin, les atmosphères explosives sont réparties en zones selon la probabilité d'apparition d'une atmosphère explosive dangereuse.

Pour les zones ainsi définies sont imposées des exigences aux composants, qui y sont admissibles, et la manière dont le respect de ces exigences minimales doit être documenté est définie.

Quelques mesures possibles :

- Éviter les sources d'inflammation
- Répartir en zones les atmosphères explosives, selon la probabilité d'apparition d'une atmosphère explosive
- Mettre en œuvre des composants protégés contre les explosions

3. Non propagation de l'inflammation :

La protection tertiaire contre les explosions limite les conséquences d'une explosion à un niveau sans danger.

Quelques mesures possibles :

- Construction antidéflagrante.
- Suppression de l'explosion.
- Décharge de l'explosion.
- Isolement et interruption de l'explosion.

1.8. Définition des zones :

Les zones sont des espaces tridimensionnels délimité et classée en fonction de la fréquence et la durée de l'apparition d'une ATEX. Le classement s'effectue toujours sous la responsabilité de chef d'établissement. Répartition en zone selon ATEX

Les atmosphères explosibles sont réparties en zones, selon la fréquence et la durée d'apparition de l'atmosphère explosive dangereuse. L'exploitant d'une installation doit évaluer l'éventuelle présence d'un danger d'explosion au sein d'une zone et procéder à une répartition adéquate en zones [3].

Zone 0

Zone au sein de laquelle existe une atmosphère explosive due à la présence permanente, pendant de longues durées ou fréquente d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.

Zone 1

Zone au sein de laquelle il peut se former, occasionnellement en cas de fonctionnement normal, une atmosphère explosive due à la présence d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.

Zone 2

Zone au sein de laquelle, en cas de fonctionnement normal, il n'apparaît normalement pas ou seulement pendant de courtes durées, une atmosphère explosive due à la présence d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou brouillards combustibles.

Zone 20

Zone au sein de laquelle existe une atmosphère explosive permanente, pendant de longues durées ou fréquente, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.

Zone 21

Zone au sein de laquelle il peut se former, occasionnellement en cas de fonctionnement normal, une atmosphère explosive sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.

Zone 22

Zone au sein de laquelle, en cas de fonctionnement normal, une atmosphère explosive n'apparaît normalement pas ou seulement pendant de courtes durées, sous la forme d'un nuage de poussières combustibles contenues dans l'air.

Probabilité d'un ATEX	Haute	Moyenne et faible	Très faible	Improbable
Définitions	<i>Emplacement où une atmosphère explosive est présente en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment</i>	<i>Emplacement où une atmosphère explosive est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal</i>	<i>Emplacement où une atmosphère explosive n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée (fonctionnement anormal prévisible)</i>	<i>Emplacement non dangereux</i>
Gaz et vapeurs	ZONE 0	ZONE 1	ZONE 2	Hors ZONES
Poussières	ZONE 20	ZONE 21	ZONE 22	Hors ZONES

Tableau 1 .4 répartition des zones de l'Atmosphère Explosive

Substances combustibles en tant que mélange avec l'air	Durée de la présence d'une atmosphère explosive dangereuse		
	en permanence, pendant de longues durées ou fréquemment (> 1 000 h/an)*	occasionnellement (10 – 1 000 h/an)*	pas ou seulement pendant de courtes durées (< 10 h/an)*
Gaz, vapeurs, brouillards	Zone 0	Zone 1	Zone 2
Poussières	Zone 20	Zone 21	Zone 22

Tableau 1.5 : répartition des zones selon la présence de l'Atmosphère Explosive

1.9. Caractéristiques des mélangés explosives :

1.9.1. Gaz et vapeurs

L'état gazeux se caractérise par une liaison entre les molécules du gaz quasiment nulle, un gaz occupant ainsi tout le volume du récipient qui le contient.

L'évaporation est le passage de l'état liquide à l'état gazeux qui s'effectue à la surface du liquide sans ébullition.

Une substance inflammable est une substance sous forme de gaz, de vapeur subir une réaction exothermique avec l'air après inflammation la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.

Les concentration limites d'inflammabilité définies ci-dessus constituent les limites de domaine d'explosivité de chaque gaz ou vapeur.

Pour cette raison, on les désigne souvent – il en sera ainsi dans ce volume – comme limites inférieure ou supérieure d'explosivité.

La limite inférieure d'explosivité ou d'inflammabilité (LIE ou LII) d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air est la concentration minimale du mélange au-dessus de laquelle il peut être enflammé.

1.9.2. Concentrations limites d'inflammabilité dans l'air :

La plupart des gaz en vapeur d'inflammables en mélange avec l'air sont susceptibles d'exploser en s'enflammant dans certaines conditions.

Concentration minimale en volume dans le mélange au-dessus de laquelle il peut être enflammé.

La limite supérieure d'explosivité ou d'inflammabilité (LES ou LSI) d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air et la constataction maximale en volume dans le mélange au-dessous de laquelle il out être enflammé. On peut lui faire correspondre une température limite supérieure d'inflammabilité

La LIE et la LSE peuvent être exprimées en poids de vapeur par litre en mètre cube de mélange.

Ces limites varient en fonction de la température et de la pression

La norme NF EN 1839 spécifie deux méthodes d'essai pour déterminer les limites d'explosivité dans l'air des gaz, des vapeurs et de leur mélange. Toutefois, les limites inférieure et supérieure d'inflammabilité déterminées dans d'autre conditions courantes de pression et de température peuvent différer légèrement selon les conditions de mesures (nature et énergie des sources d'inflammations du récipient d'essai, sens de propagation de la flamme) [4].

Les LIE et LSE sont données dans le tableau 3 pour un grand nombre de gaz ou vapeur. Ces chiffres supposent que les mélanges sont homogènes.

La conscentration stœchiométrique est celle qui permet une combustion complète sans axés d'air (par exemple, pour l'hydrogène dans un mélange avec l'air, 29%)

1.9.3. La température d'auto-inflammation

La température d'auto-inflammation (ignition température en anglais) d'un gaz ou d'une vapeur –expression qui a le sens « température d'inflammation » -est ma température la plus basse d'une surface chaude à laquelle, dans des conditions spécifiées, l'inflammation d'une atmosphère explosive peut se produire.

Pratiquement, cette température est communiquée par des parois chaudes de récipients, fours, étuves. Les températures d'inflammation indiquées par les auteurs peuvent différer sensiblement selon les conditions de détermination (dimensions, nature de l'enceinte et des parois, concentration du gaz ou de la vapeur). Le tableau 3 indique les températures d'inflammation de nombreux gaz et vapeur. Celles-ci sont le plus souvent comprises entre 250°C et 650°C, bien qu'elles soient plus faibles pour quelques substances (oxyde de diméthyle : 160°C ; disulfure de carbone : 90°C) [5].

1.9.4. Exemple des sources inflammables cas des essences.

Essences A :

Densité 0,66 - 0,67

Pression de vapeur 60 kPa à 38 °C

Point d'éclair < 18 °C (en coupelle fermée)

Température d'auto-inflammation 230 - 240 °C

Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)

Limite inférieure : 1%

Limite supérieure : 6,5%

Essences B :

Densité 0,67 - 0,68

Pression de vapeur 32 kPa à 38 °C

Point d'éclair < 0 °C (en coupelle fermée)

Température d'auto-inflammation 247 °C

Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)

Limite inférieure : 1%

Limite supérieure : 6,5%

Essences C :

Densité 0,69 - 0,70

Pression de vapeur 30,7 kPa à 38 °C

Point d'éclair < 18 °C (en coupelle fermée)

Température d'auto-inflammation 230 - 260 °C

Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)

Limite inférieure : 1%

Limite supérieure : 6,5%

Essences E :

Densité 0,72 - 0,74

Pression de vapeur 3,5 kPa à 20 °C

6 kPa à 38 °C

Point d'éclair < 0 °C (en coupelle fermée)

Température d'auto-inflammation 220 - 260 °C

Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)

Limite inférieure : 0,9%

Limite supérieure : 6,8%

Essences F :

Densité 0,73 - 0,76

Pression de vapeur 2,9 kPa à 20 °C

7,2 kPa à 38 °C

15,1 kPa à 55 °C

Point d'éclair 2 - 9 °C (en coupelle fermée)

Température d'auto-inflammation 230 - 260 °C

Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)

Limite inférieure : 0,6%

Limite supérieure : 8%

Essences G :

Densité 0,66 - 0,67

Pression de vapeur 66,7 kPa à 38 °C

Point d'éclair < 0 °C (en coupelle fermée)

Température d'auto-inflammation 246 °C

Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)

Limite inférieure : 1%.

Limite supérieure 6% [6]

1.10. Conclusion

Etincelle d'un mélange inflammable de substance gazeux ou poussière suffisante avec l'air dans l'espace présente une **ATEX** provoque une explosion.

Afin de créer un système de protection contre une ATEX exige que les mesures de protection contre les explosions doivent être prises dans un certain ordre, tel qu'indiqué ci-dessous.

La Suppression de l'atmosphère explosive, Et la Suppression de la source d'inflammation, ainsi que la Non-propagation de l'inflammation et le mélange air avec la source soit pauvre ou trop riche.

2.1. Introduction :

Aujourd'hui, la ventilation est très nécessaire dans différents domaines industriels et économique, locaux et poste de travail, immeuble, industrie pour assurer la qualité de l'air et maintenir la température et humidité dans des buts très grandes dans les différents secteurs de vie.

Ce chapitre est intitulé pour les systèmes de ventilation utilisés dans l'industrie, et leurs principes de fonctionnement. En citant les équipements et les accessoires de la ventilation mécanique contrôler.

2.2. Généralité sur les principes de base de la ventilation :

Lutter contre la pollution dans les locaux de travail consiste à réduire, à un niveau le plus faible possible, la quantité des polluants dont les effets sur l'homme sont reconnus ou soupçonnés ; c'est le rôle d'une installation de ventilation.

Le concepteur devra prendre en compte de nombreux paramètres et en particulier : le poste de travail, la pollution, le captage, le transport des polluants, le rejet, la compensation.

2.2.1. Le Poste de Travail :

Avant de mettre en place un système de ventilation il faut s'assurer que l'on ne peut pas réduire la cause de pollution en modifiant simplement la conception de l'installation ou le procédé industriel. En effet, un traitement des causes directes d'émission de pollution est toujours préférable à un système d'aération.

Dans le cas de la mise en place d'un système de ventilation, il est important de bien connaître le poste de travail, de façon à choisir une solution adaptée au problème tout en respectant les impératifs de production (pour les ateliers) et le confort du personnel (température, humidité de l'air, courants d'air pour les ateliers et les bureaux). Il s'agit de définir le travail effectué, la nature du polluant et son mode d'émission, l'étendue de la zone polluée.

2.2.2. La pollution :

Les locaux autres qu'habitation sont classés en deux catégories (Art 63 du règlement sanitaire départemental type (1978)) :

Locaux dits à « pollution non spécifique » dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine (bureaux, salles de réunion, locaux de formation...), à l'exception des locaux sanitaires., l'aération doit se faire :

Soit par ventilation mécanique.

Soit par ventilation naturelle permanente par des ouvrants (portes, fenêtres).

Locaux dits à « pollution spécifique » locaux sanitaires, locaux pouvant contenir des sources de micro-organismes potentiellement pathogènes et tous autres locaux où existent des émissions de produits nocifs ou gênants, sous forme de gaz, aérosols solides ou liquides, autres que ceux liés à la seule présence humaine. L'installation doit permettre d'atteindre deux objectifs :

Apporter de l'air neuf dans les mêmes conditions que celles prévues par la ventilation mécanique des locaux à pollution non spécifique.

Respecter les valeurs limites admissibles de concentration de poussières, gaz, aérosols, liquides ou vapeurs pour préserver la santé et la sécurité des travailleurs.

2.2.3. Risques envisagés :

La dispersion des produits chimiques ou des matériaux de base dans l'atmosphère de travail peut conduire à des maladies d'origine professionnelle, à l'intoxication de personnes exposées si les produits sont toxiques ou nocifs, ou être à l'origine d'incendies ou d'explosions lorsqu'ils sont inflammables.

2.2.3.1. Rappels sur le risque d'explosivité :

Une atmosphère est explosive lorsque le combustible (gaz, poussière, brouillard, liquide), le comburant (oxygène de l'air) et un apport d'énergie ou une température suffisante sont en présence.

Le domaine des concentrations explosives des gaz ou vapeurs inflammables est aussi borné par des limites : la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) et la Limite Supérieure d'Explosivité (LSE). La LIE des gaz et vapeurs toxiques est toujours supérieure aux VME et VLE.

Plusieurs recommandations peuvent être faites pour limiter le risque d'explosivité : empêcher l'introduction de gaz ou de vapeurs inflammables en s'assurant de l'étanchéité des récipients, abaisser la concentration des gaz ou vapeurs inflammables grâce à la ventilation ou l'aération, empêcher la présence de matériaux portés à haute température dans une atmosphère explosive, etc.

Un dispositif de ventilation, dont le but est d'envelopper au maximum la zone de production des polluants, permet de limiter ces risques d'intoxication et d'explosivité. D'autres causes d'inconfort telles que des odeurs désagréables ou un taux d'humidité trop élevé sont aussi supprimées grâce à ce système.

2.2.4. Le captage :

Il existe deux techniques de ventilation : la ventilation locale par aspiration à la source et la ventilation générale ou la ventilation par dilution.

2.2.5. Transport des polluants :

L'air pollué capté doit être évacué vers l'extérieur (par des gaines et un ventilateur) après épuration dans certains cas. (Nous observerons comment mettre en place réseau de gaines dans le B)

2.2.6. Rejet :

Il peut se faire de différentes façons :

- 1. Le rejet simple :** Une telle solution peut être envisagée lorsqu'on est en présence de polluants non éliminables par traitement ou de polluants non nocifs. Les principaux inconvénients sont : la pollution de l'environnement et le risque de réintroduction des polluants par les prises d'air neuf. C'est le cas de l'air aspiré par la hotte aspirante du local d'essais.
- 2. Le rejet avec épuration :** Cette solution est recommandée pour respecter la législation sur l'environnement et pour éviter le risque de réintroduction de polluant.

Ces deux types de rejet extérieur peuvent être combinés avec des récupérations d'énergie.

- 3. Le recyclage :** Cette solution permet d'importantes économies d'énergies l'hiver. Elle nécessite des épurateurs performants et une surveillance particulière. *C'est le cas du système* de ventilation de la salle d'essais ; du fait que celle-ci soit bien étanche, nous pouvons nous permettre d'économiser les énergies. En revanche dans le hall il n'est pas possible de le faire car il y a trop d'infiltrations.

Il faut mener une étude complète (calcul de la hauteur de cheminée, emplacement des sorties des gaines d'extraction selon la configuration du bâtiment et de son environnement). De plus, afin d'éviter de recycler une partie des polluants, l'air pollué doit être rejeté en dehors des zones de prise d'air neuf.

Le captage des polluants et la ventilation consomment beaucoup d'énergie. Afin d'optimiser la ventilation, le rejet de l'air pollué à l'extérieur du local peut s'accompagner de récupération d'énergie et/ou d'épuration de l'air. Il est possible de récupérer une partie de la chaleur contenue dans le flux d'air de rejet soit en transférant à l'air neuf une partie de cette chaleur grâce à un échangeur, soit en recyclant une partie de cet air après traitement et épuration. L'air d'un local à pollution spécifique (polluants toxiques en particulier) ne peut être recyclé que s'il est efficacement épuré.

2.2.7. Air de compensation :

Lorsqu'on extrait de l'air d'un atelier, il est indispensable de réintroduire un même débit de compensation. Une réintroduction devra être judicieusement placée et, dans tous les cas ne pas réintroduire un polluant quelconque.

2.2.7.1. Rôle de la compensation :

La compensation peut être réalisée par les défauts d'étanchéité du bâtiment, par des grilles de ventilation ou par un ventilateur.

L'introduction de l'air de compensation doit être étudiée de manière à :

- Assurer l'efficacité des systèmes de ventilation ;
- Éliminer les courants d'air provenant des ouvertures des portes et des fenêtres qui peuvent provoquer un inconfort thermique ou remettre en suspension des poussières déposées ;
- Éviter que l'air provenant de zones adjacentes polluantes soit entraîné dans les zones propres ;
- Assurer le fonctionnement des appareils à combustion et des cheminées.

Il faut noter que les locaux où se dégagent des produits toxiques ou asphyxiants sont maintenus en légère dépression pour éviter la dispersion des polluants à l'extérieur du local.

2.3.1. Ventilation naturelle :

La ventilation naturelle d'un local tout renouvellement d'air résultant d'une circulation d'air s'effectuant sans l'aide d'un dispositif mécanique. Cette circulation due au fait que la masse volumique de l'air est variable en fonction de la température, l'air chaud s'élevant car plus léger et l'air froid descendant car plus lourd et aussi a effet de vent créant une surpression sur une façade et une dépression sur la façade opposée. Elle davantage sur le plan économique n'est pas couteuse mais elle est d'une efficacité faible. [7]

2.3.2. Ventilation par inétanchéité :

Elle est due au fait que l'air pénètre dans un local par les inétanchéités de certains ouvrants porte, fenêtres, murs, etc....ce renouvellement d'air suppose une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur causé par l'action de vent et différence de température. Comme c'est le cas des locaux chauffé en hiver la température intérieur est plus élevée à celle de l'extérieur, il en résulte par suite des différences des masses volumiques de l'air chaude et l'air froid.

2.3.3. Ventilation par ouvrant :

Elle consiste à renouveler l'air d'un local en ouvrant simplement les fenêtres de temps à l'autre : il s'agit donc d'une ventilation par a-coups. Si à l'extérieur l'air est plus froid qu'à l'intérieur ; et en absence de vent, l'air neuf pénètre par la partie basse de l'ouverture et s'échappe par la partie haute. En évite les courant d'air, si bien que ce type de ventilation, tout au moins en hiver, ne permet qu'un renouvellement d'air passager puisque les occupants n'ouvriront les fenêtres que lorsque l'atmosphère est irrespirable.

En été. Le taux de brassage dépend dans une large mesure de l'influence de vent, mais aussi de la différence de température due à l'ensoleillement sur les différentes façades. Lorsque l'on ouvre des fenêtres se trouvant sur les façades opposées d'un même local, le courant d'air résultant assure un brassage intense.

Voici un ordre d'idée des taux de renouvellement atteints :

- avec porte et fenêtre fermées0 à 0.5 h⁻¹.
- avec des fenêtres basculant et sans volets roulants0.3 à 1.5 h⁻¹.
- avec des fenêtres à moitié ouvertes.....5 à 10h⁻¹.
- avec des fenêtres grandes ouvertures10 à 15h⁻¹.
- avec des fenêtres et portes ouvertes sur des façades opposées.....jusqu'à 40 h⁻¹.

Et même en ouvre les fenêtres assez peut on assure des taux de renouvellement d'air 5 à 10 fois ce qui a pour conséquence, en hiver, augmente considérablement les déperditions jusqu'à 100% et plus.



Figure (2.1) : fenêtre à imposte a bascule..

2.3.4. Ventilation par conduit vertical :

Il est de réaliser un renouvellement d'air plus intense, tout en moins en hiver, en prévoyant une conduite verticale partant de haut de local à ventiler et débouchant en toiture la différence de température entre l'air ambiant et l'air extérieur crée alors une force ascensionnelle dans la conduite qui permet de mettre le local en dépression.

Les vitesses théoriques de l'air dans la conduite verticale sont données dans la figure ci dessous en fonction de sa section, étant entendu qu'aucun dispositif ne vient perturber l'écoulement de l'air dans la conduite.

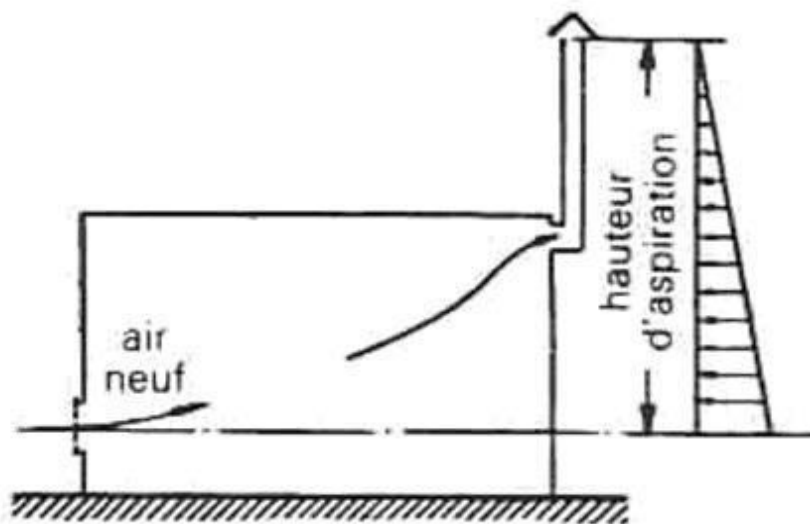


Figure (2.2) : schéma de principe d'une ventilation par conduite verticale.

Par ailleurs, il n'y a renouvellement d'air que lorsque l'air extérieur est plus froid que l'air intérieur. S'il y a l'équilibre de températures, l'air reste au repos, tout fois en été lorsqu'il fait plus chaud à l'extérieur qu'à l'intérieur le sens de circulation d'air s'inverse et l'air chaud pénètre par la conduite

En vue d'augmenter la ventilation par la conduite verticale, en place à la partie supérieure un aspirateur statique a la présence de vent crée une dépression et augmente la force ascensionnelle de l'air dans la conduite. Mais elles ont des inconvénients car elles bornent la vue, laisse mal passer la lumière naturelle...si bien qu'en définitive il est important d'évacuer la chaleur par ventilation forcée.

2.3.5. Ventilation par dispositif en toiture :

On désigne par la toute ventilation naturelle réalisée à partir de lanterneaux, de cheminé courte ou tout autre dispositif d'évacuation situés en toiture. Ce system repose sur le principe des mouvements d'air ascensionnels résultants de la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur. C'est la méthode la plus utilisée dans la construction industrielle surtout celle i y a des dégagements de chaleur : aciéries, fonderies.

Dans le cas des constructions basse en utilise des cheminées courtes surmonter d'un aspirateur statique. Pour pouvoir contrôler le renouvellement d'air en intégrant un volet de réglage, ce type de ventilation apporte toute satisfaction.

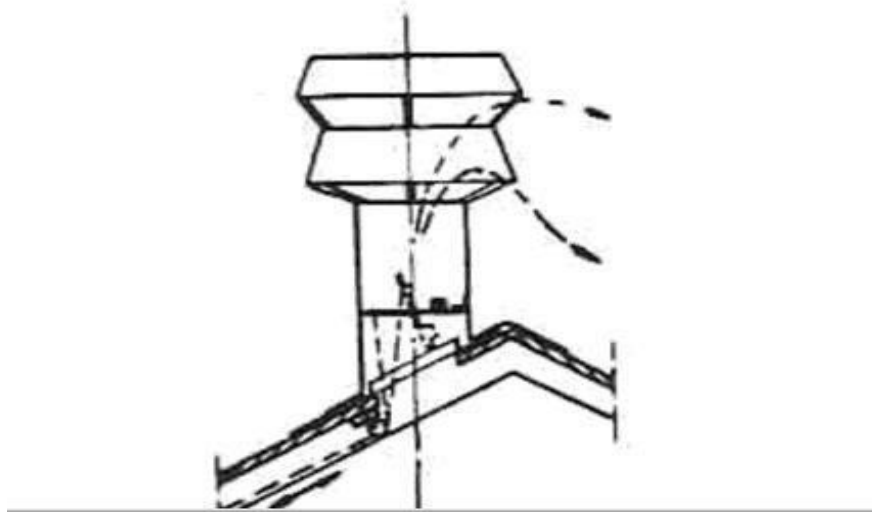


Figure (2.3) : cheminé courte de ventilation a volet de réglage débit d'air intégré et aspirateur statique en tête.

Dans les halles dont la hauteur sous plafond est très importante, l'utilisation d'aspirateurs faitage est très répandue s'il y a d'important dégagement de chaleur, il s'agit des sections carrées ou rectangulaires dans les parois latérales sont équipées de volets fixe ou mobile. Son efficacité dépend de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.

La vitesse de circulation de l'air avec un dispositif de ventilation par aspirateur statique se calcule à partir de l'équation approchée suivante :

Cette équation est pour la figure et $A_1=A_2$. Le cas le plus défavorable a naturellement lieu en été, surtout dans le cas de locaux froid, car est faible, c'est pour cela que les ouvertures de sortie doivent être réglables pour pouvoir réduire les débits en hiver.

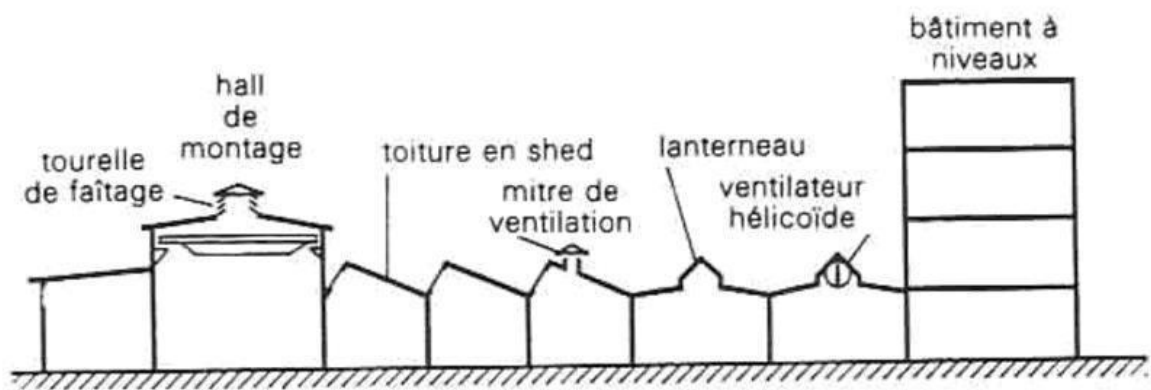


Figure (2.4) : différentes possibilités de ventilation de bâtiment à usage industriels.

2.4. Ventilation Forcée :

Définition :

L'aération est réalisée par des dispositifs de ventilation mécanique, ces dispositifs permettent d'assurer en permanence des débits d'air neuf minimaux par occupant. Nous nous trouvons dans ce cas pour nos trois locaux.

2.4.1. Ventilation à simple flux par extraction :

Un seul ventilateur extrait l'air des différentes pièces d'un bâtiment, l'apport d'air neuf étant assuré par des entrées d'air en façade. Les entrées d'air et les bouches d'extraction sont conçues pour laisser passer un débit contrôlé, c'est-à-dire indépendant des différences de pression amont et aval. Il est donc très difficile de forcer le débit avec ce type d'installation. Il faudrait prévoir des entrées d'air et des bouches d'extraction spécifiques pour l'été, et adapter les réseaux aérauliques, car la puissance électrique absorbée par un ventilateur augmente avec le cube du débit d'air circulant ! En pratique, ce type de ventilation n'est clairement pas adapté au traitement du confort d'été, sauf dans de faibles variations de débit.

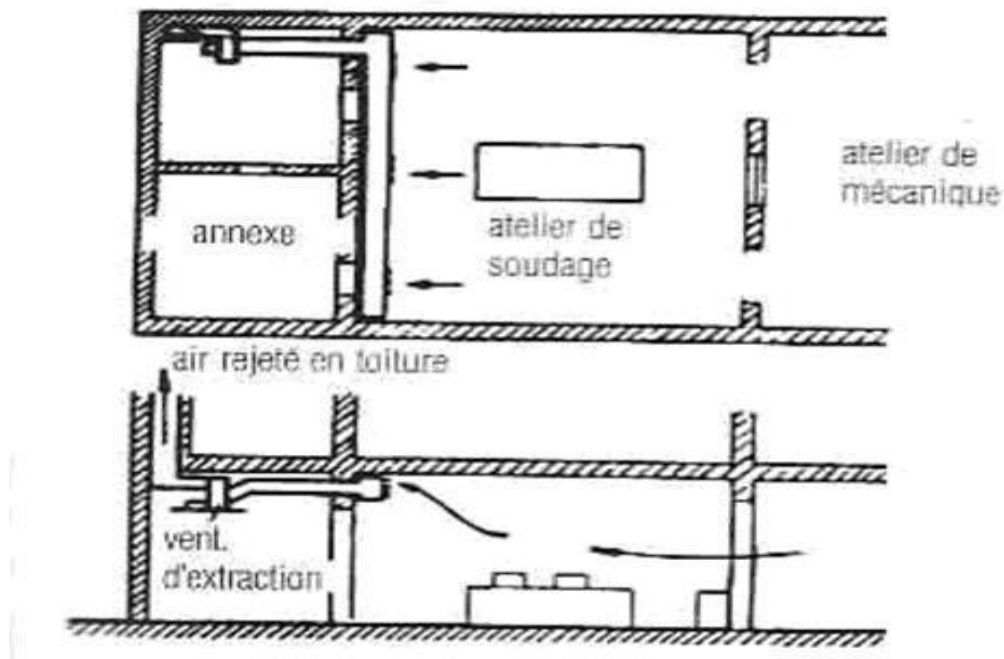


Figure (2.5) : La ventilation simple flux par extraction.

2.4.2. Ventilation à simple flux par soufflage :

Contrairement à la précédente, une installation de ventilation simple flux par soufflage aspire l'air de l'extérieur pour l'envoyer dans les locaux à ventiler. Ce type d'installation crée une surpression dans le local ce qui évite la pénétration de l'air indésirable à l'intérieur. En hiver, il est nécessaire de réchauffer l'air soufflé à la température de local en le faisant passer une batterie à l'air chaud fonction avec l'électricité ou d'eau chaude ou vapeur.

Cette installation équipera généralement là où la pollution n'est pas très importante et où l'air pourra facilement s'échapper à l'extérieur par les inétanchéités. Ces principaux éléments sont : ventilateur avec son moteur, batterie de réchauffage, un filtre ; la figure ci-dessous représente une installation de ventilation simple flux par soufflage d'un magasin.

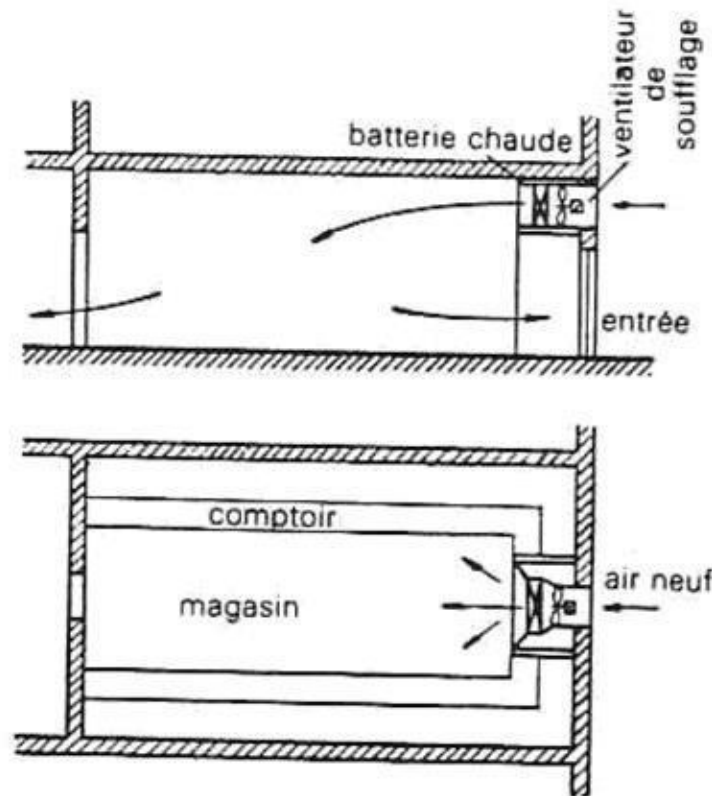


Figure (2.6) : une installation de ventilation simple flux par soufflage d'un magasin.

2.4.3. Ventilation à double flux :

Le système comprend deux circuits aérauliques et deux ventilateurs, un pour le soufflage d'air neuf vers l'intérieur, l'autre pour l'extraction de l'air polluant. Ce système est d'autant plus intéressant en hiver que les débits d'air demandés sont grands. Il permet le préchauffage de l'air neuf, et la récupération de chaleur sur l'air extrait. En été, il permet le raccordement en amont de dispositifs passifs de rafraîchissement. Le débit peut être augmenté dans une certaine proportion, en particulier la nuit dans les bâtiments tertiaires quand l'acoustique n'est pas un problème, mais il faut être vigilant sur les difficultés d'équilibrage des réseaux lorsque les pressions sont faibles. Par ailleurs, on doit prévoir un système de bypass de la récupération sur l'air extrait pour le fonctionnement estival. Dans la figure ci-dessous représente une installation de ventilation double flux d'un cinéma. [8]

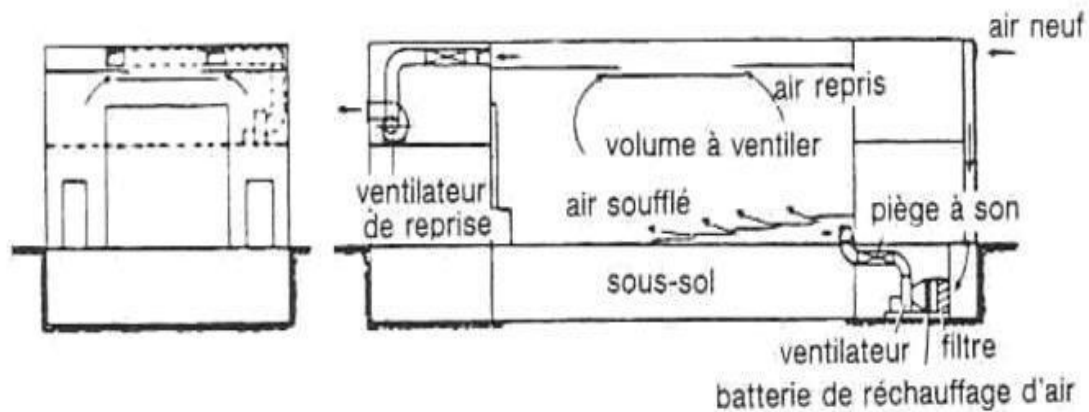


Figure (2.7) : une installation de ventilation double flux d'un cinéma.

2.4.4. Installation de ventilation mécanique ponctuelle :

Dans certains cas, L'air d'un local peut être pollué globalement alors que la source de pollution est ponctuelle. C'est le cas s'un poste a soudage dans un atelier, la réalisation d'une soudure donne naissance à d'importantes quantités de fumées. C'est le cas aussi qui se présente pour le stockage des produits combustibles inflammables (hydrocarbures) étant donnée leur densité de vapeur dégagée plus lourde que l'air.

Au lieu prendre des dispositions pour ventiler très efficacement la totalité de l'atelier d'où une dépense d'investissement et de l'exploitation sont importantes, il suffit à procéder à la ventilation mécanique ponctuelle c'est à dire d'aspirer les sources de vapeur inflammables émises au niveau de leur point de formation. Il permet directement de protéger l'opérateur à son poste de travail. [9]

2.4.4.1. Principe de fonctionnement d'une installation de ventilation ponctuelle.

La ventilation par aspiration à la source est utilisée pour limiter la quantité de vapeur de la substance dangereuse dans l'air en les capturant directement à la source. Elle est plus efficace pour maîtriser la flaque.

Un système de ventilation par aspiration à la source comprend six éléments principaux :

- 1) Une « hotte » ou une baie permettant de capter les vapeurs à la source.
- 2) Des conduits qui acheminent les substances inflammables en suspension dans l'air à l'endroit voulu dans le système.
- 3) Un filtre à air ou un épurateur d'air qui extraie les contaminants de l'air en circulation dans le système (élément facultatif).

- 4) Des ventilateurs qui assurent la circulation de l'air dans le système et qui évacuent l'air extrait des zones de travail à l'extérieur.
- 5) Une colonne d'extraction par laquelle l'air contaminé est évacué.
- 6) Une alimentation en air neuf par des ouvertures qui permet de remplacer l'air extrait.

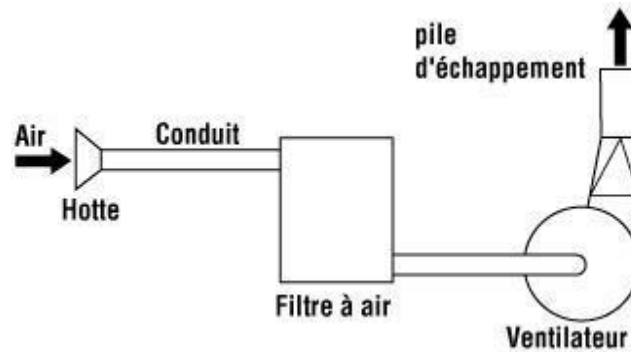


Figure (2.8) : Système de ventilation par aspiration à la source

2.5.1. Extraction d'air

L'air est aspiré de la pièce avec un ventilateur et est rejeté à l'extérieur. Les installations d'extraction sont utilisées pour les locaux dont l'air est fortement pollué par des odeurs, l'humidité, des gaz, des vapeurs ou des températures élevées, tels que les cuisines, les salles de bains, les toilettes, les vestiaires, les locaux de transformateurs ou d'accumulateurs, les parkings, les salles d'archives, etc.

Deux solutions sont possibles pour les installations d'extraction dans :

- Ventilateurs d'extraction individuels avec registre commandés par l'interrupteur d'éclairage ou séparément, avec temporisation de déclenchement par relais à action différée.
- Ventilateur central d'extraction pour grands bâtiments avec beaucoup d'endroits d'extraction comme par exemple les hôtels. Chaque local est pourvu d'un registre temporisé à la fermeture et commandé par l'interrupteur d'éclairage. Les registres peuvent être aussi commandés par des horloges de commutation.

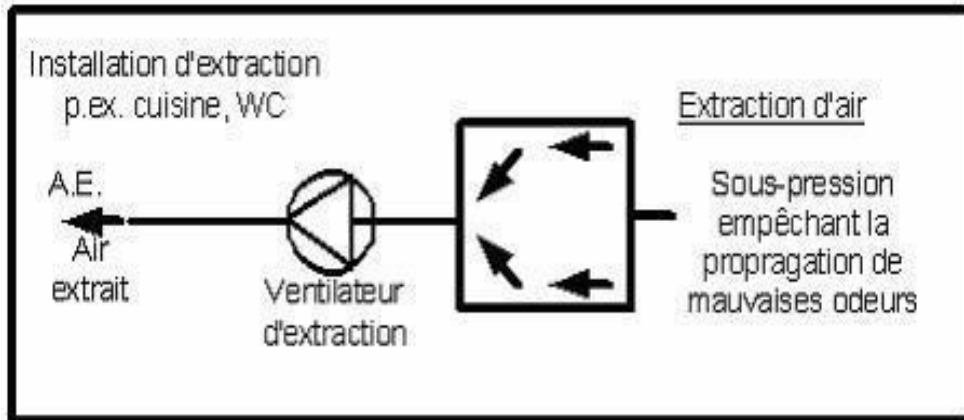


Figure (2.9) : Principe d'une installation d'extraction d'air

2.5.2. Soufflage :

Un ventilateur aspire l'air de l'extérieur et le conduit dans le local à aérer. L'air peut être filtré et / ou chauffé au cours de cette opération. Il y a surpression dans le local. L'air excédentaire s'échappe par des ouvertures spéciales, portes ou fenêtres.

Sont ainsi ventilés les locaux dont l'air n'est pas fortement chargé : les bureaux, les industries, locaux d'expositions.

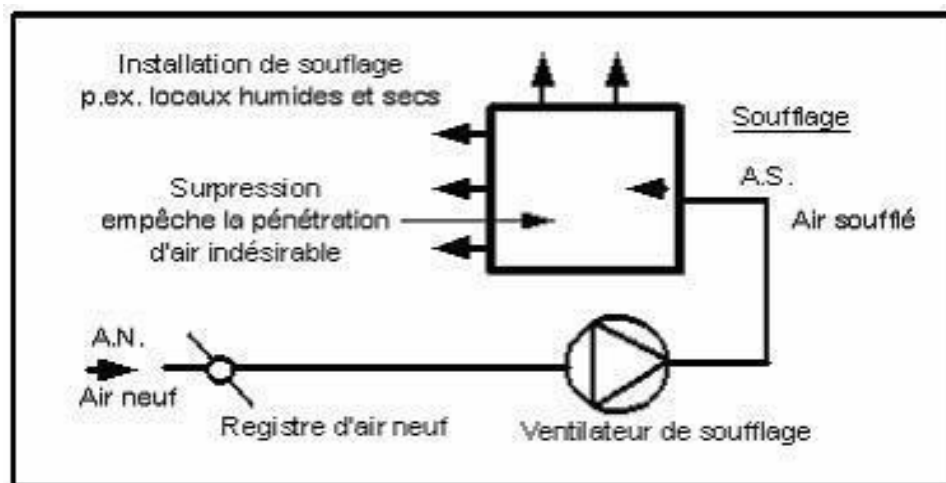


Figure (2.10) : Principe d'une installation de soufflage d'air

2.6. Equipements de ventilation mécanique :

2.6.1. Entrée d'air :

Dans le cas de logements, on peut prévoir des entrées d'air type standard telles que présenté dans la figure ci-dessous et les dimensions doivent correspondant au débit d'air à introduire par unité de temps. Elle doit être auto-réglable afin de maintenir le débit.

La nouvelle réglementation impose certains niveau d'isolement acoustique en fonction de classement de la façade.

$$\text{Classe AC1 si : } \frac{\text{---}}{\text{' é '}} > 10$$

$$\text{Classe AC2 si : } \frac{\text{---}}{\text{' é '}} \leq 10$$

La correspondance entre le classement de la façade et la qualité des entrées sont donnés dans le tableau :

Classement des façades	Débit de renouvellement d'air à l'entrée
30	36 → AC1
	39 → AC2
35	41
40	46
45	51

Tableau 2 .1 : classement de la façade en fonction de l'entrée d'air

Quelques figures des entrants d'air :

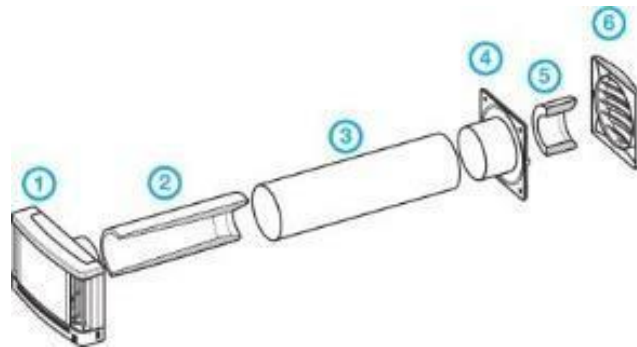


Figure (2.11) : entrée d'air autorégulable, acoustique et filtrant



Figure (2.12) : entrée d'air autorégulateur acoustique



Figure (2.13) : bouche d'insufflation jouant le rôle D'entrée

2.6.2. Sortie d'air :

Dans une installation de ventilation mécanique contrôlée pour logement, on utilise différents types de bouche d'extraction :

Des bouches d'extractions simple l'on peut régler manuellement par rotation de l'opercule centrale à gauche dans la figure.

Des bouches d'auto-réglable qui comporte un régulateur permet de maintenir le débit d'air minimale a droit de la figure.

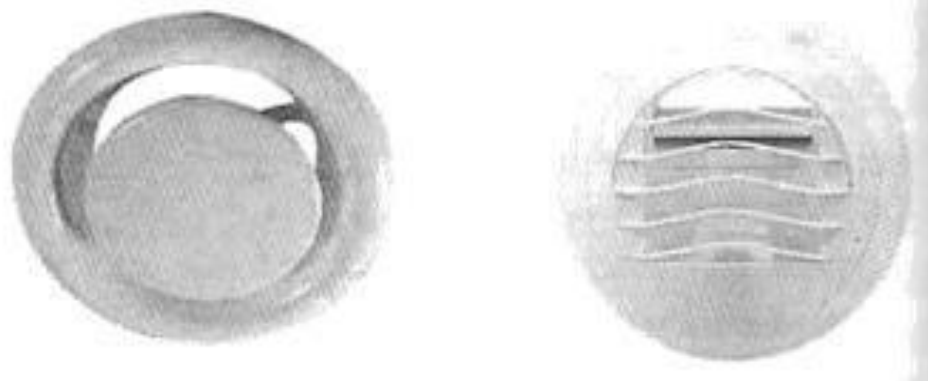


Figure (2.14) : bouche d'extraction pour VMC à gauche est simple et à droite autoréglable.

Des bouches hygrorégulée capable d'adapter le débit d'air en fonction de l'humidité de la pièce au moyen d'une tresse en tissu réactif a humidité qui va entrainer une modification de la section de passage d'air.

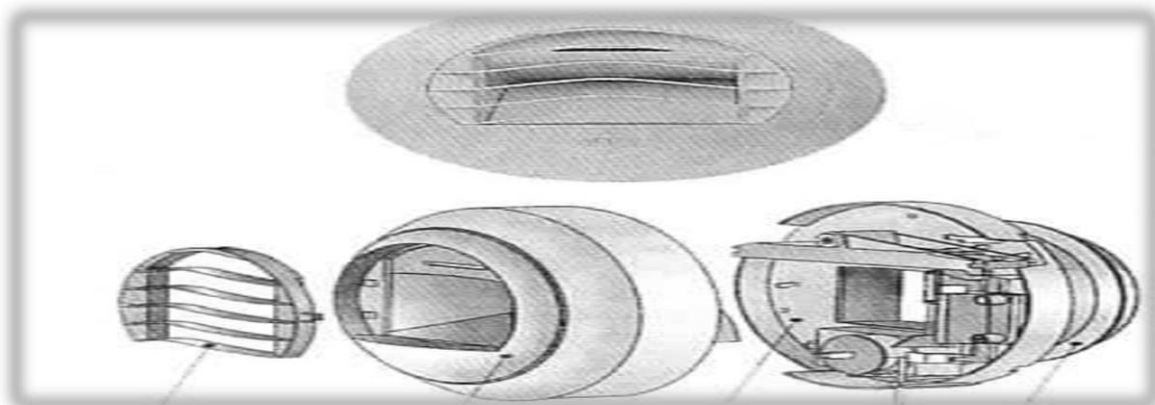


Figure (2.15) : bouche d'extraction hygrorégulée pour VMC.

2.6.3. Equipements de soufflage ou de reprise :

Sont très nombreux et souvent spécialement conçus à utiliser dans des conditions spécifiques.

2.6.3.1. Ventilateur muraux :

Il assure une ventilation efficace d'une pièce par prévoir un ventilateur installé sur les parois du local à ventiler.



Figure (2.16) : aérateur hélicoïde pour montage sur une parois.

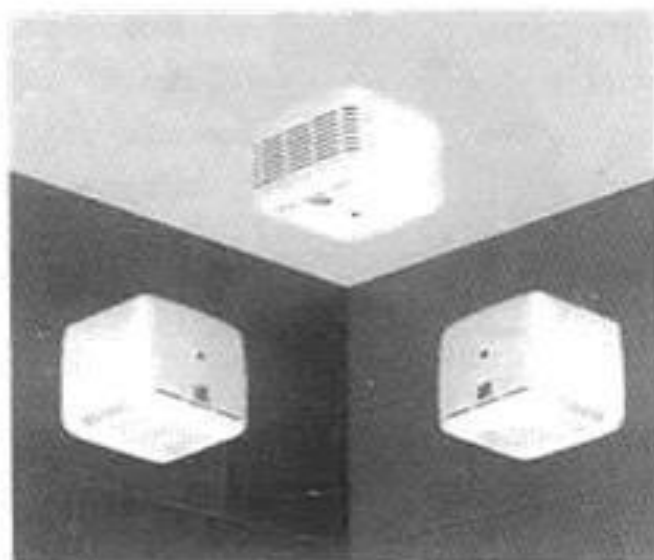


Figure (2.17) : aérateur centrifuge pour montage sur une parois.

Les deux aérateurs étant placés dans le local même à ventiler. Ils sont conçus pour que leur niveau de puissance soit faible. Il comporte tous un clapet anti-retour pour éviter la circulation parasite de l'air dans un sens ou l'autre.

Tout particulièrement dans le cas des aérateurs hélicoïdes, on veillera ne pas installer sur les façades trop exposées au vent. Chute de débit peut entraîner une surchauffé momentanée de moteur.

2.6.3.2. Groupe et caisson d'extraction pour VMC :

Dans les installations de ventilation mécanique simple flux pour maison individuelle, l'extraction d'air s'effectue au moyen d'un caisson ou groupe d'extraction dont le débit peut avoir 300 à 350 m³/h. lorsqu'il prévu plusieurs salles de bain un tel matériel est destiné être placé en comble en générale et non à l'extérieur.

Le groupe comporte 6 piquages : 4 sont de 80mm pour raccordement aux locaux sanitaires. L'autre piquage en diamètre 125 mm sert à la reprise en cuisine tandis que le dernier en diamètre 150 mm sert a rejeté l'air a l'extérieur, la sortie est protégée par un chapeau de toiture.

Un caisson est placé à l'extérieur en toiture dans une VMC d'un immeuble porte deux piquages pour raccordement conduits principaux d'extraction a deux conduits secondaires.



Figure (2.18) : groupe d'extraction en matière plastique pour VMC simple flux.



Figure (2.19) : cuisson d'extraction en acier galvanisé pour VMC a gaz simple flux.

2.6.3.3. Tourelles de toiture

Sont placés à l'extérieur en toiture même incliné à limiter la pollution ambiante soit évacuer d'important quantité de chaleur souvent dégages dans les ateliers de fonderie. Soit faire passer d'air par les inétanchéités est assuré par une installation d'insufflation mécanique.

Ces tourelles se composent :

- D'une carrosserie en tôle d'acier avec capot parapluie anticorrosif en matière plastique.
- D'un ventilateur centrifuge ou hélicoïdes avec son moteur.
- Clapet de fermeture automatique dont l'ouverture est assurée par l'écoulement

De l'air ou commandée par servomoteur.



Figure (2.20) : tourelle en toiture.

2.6.3.4. Extracteur hotte de cuisine

Dans la cuisine des petites bouches d'extraction sont insuffisante pour évacuer toute les vapeur d'eau et d'odeurs par les cuissons. C'est qu'en fait la captation de ces vapeurs et des fumées nécessite une hotte positionner au-dessus du plan d'une cuisson et les extraire à l'extérieur avant qu'ils échappent dans le reste de la pièce les dégagements des vapeurs et des fumées sont souvent pour des raisons d'esthétique. La hotte est a peine plus grand que le cuisson et n'a qu'une faible hauteur afin d'assurer des dégagements. S'il ne répard pas en besoin un ventilateur associe permet le captage des fumées et ventile assez correctement.

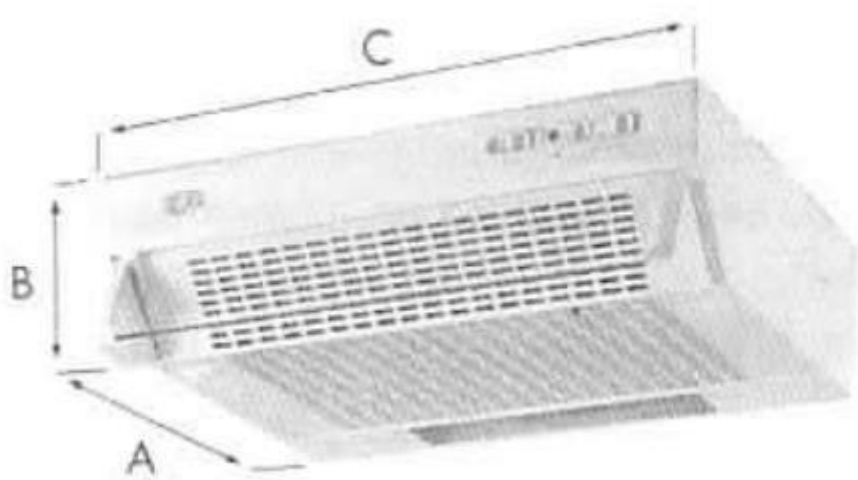


Figure (2.21) : Extracteur hotte de cuisine.

2.6.3.5. Extracteur de fumées

Sont utilisés pour répondre aux normes de sécurité incendie dans certains établissements la figure ci-dessous représente un extracteur de fumées capable d'évacuer 400 C pendant 2 heures. Entièrement réalisé en acier galvanisé. Il est équipé d'un ventilateur centrifuge à moteur monté hors de la vaine d'air et réglable par autotransformateur. Son débit volume atteint 20000 m³/h.

2.6.3.6. Extracteur d'air pour atmosphère corrosive :

Dans les applications industrielles où il y a des dégagements de vapeurs et gaz agressifs et corrosifs, nécessite l'utilisation de ventilateurs en matériaux spécifiques. Dans le cas de la figure on notera que le moteur est extérieur à la vaine d'air.



Figure (2.22) : ventilateur centrifuge anticorrosion à moteur extérieur.

2.6.3.7. Extracteur d'air pour atmosphère explosive :



Figure (2.23) : ventilateur centrifuge ATEX

Toutes les ventilateurs et extracteurs pour les Atmosphères Explosives doivent satisfaire les exigences de la directive européenne ATEX que ce soit de la conception de ventilateur conforme à la norme et la qualité de produit, aussi le débit d'air a fourni pour les différents zones présente l'ATEX. Chaque matériels ATEX doit figurer un marquage CE lisible précise le type et les conditions d'utilisations de ce dernier.

Il existe deux directives européennes :

La directive 94/9/ CE (transposée en droit français par le décret 96-1010) : pour les constructeurs

Elle définit des exigences techniques essentielles pour les matériels et les moyens (évaluer les appareils par un organisme agréé, contrôler et suivi de la fabrication) afin de prouver leur conformité.

La directive 94/9/ CE (transposée par le décret 2002-1553 et 2002-1554) : pour les utilisateurs elle impose à l'employeur, en classant ses locaux aux différents zones et choisissez le matériel ATEX adapté à la zone.

L'application de ses dernières est mise en conformité depuis le 1^{er} juillet 2003 sur toutes matériels ATEX neufs. [10]

2.7. Filtration

L'air contient des particules en suspension. L'élimination de la plus grande partie de ces poussières est nécessaire pour sauvegarder la santé des personnes. Les filtres se trouvent avant que l'air ne rentre dans les locaux mais d'autres filtres se trouvent avant que l'air ne ressorte.

Cette élimination se fait à l'aide de filtres dont les principaux types sont :

Métalliques : média filtrants en laine d'acier dans un cadre. Ils sont destinés à séparer les poussières ordinaires et à capter le brouillard de peinture.

Fibres : média filtrants (enchevêtrement de fibre de verre ou synthétiques)

Ces fibres autorisent toutes la filtration de la plus sommaire à la filtration absolue. [11]

Charbon actif : média filtrant (absorbant très poreux en charbon). Ils sont utilisés pour l'élimination d'odeurs, de gaz, et vapeurs d'origine industrielle et de gaz radioactif.

Electronique : l'air à filtrer traverse une section d'ionisation composée de plaques chargées négativement entre lesquelles sont disposés des fils chargés positivement. Les particules chargées positivement vont se déposer sur les plaques chargées négativement. Une fiche technique des filtres est disponible.

2.8. Conclusion

Dans ce chapitre, on a représenté d'une manière générale et précise les différents systèmes de ventilation que ce soit naturel ou forcé et leur principe de fonctionnement. Et on a cité les différents types de la ventilation mécanique contrôlé en incluant leur schéma de fonctionnement et leurs composants constituant chacun d'eux.

Afin donné un aperçu global et bien précis sur la ventilation naturel et mécanique contrôler.

3.1. Introduction

Dans ce chapitre on s'intéresse au dimensionnement d'un réseau d'extraction d'air à simple flux (l'entrée d'air naturelle, sortie d'air par ventilateur) dans le but de ventiler un local pour stockage du carburant présentant des émanations de vapeur inflammable. On traitera comme exemple le stockage d'un carburant : **essence**.

Ce chapitre est consacré aux formules et relations qui régissent le calcul du débit volumique de renouvellement d'air nécessaire afin d'évacuer les impuretés (gaz, poussière, vapeurs) dans le but d'éviter une explosion due à une éventuelle **ATEX** afin que la présence de la substance est toujours inférieure à un pourcentage de la **LIE** défini par des normes spécifiques dans le domaine.

3.2. Problématique

3.2.1. Présentation du modèle :

Notre étude est relative au fonctionnement ainsi qu'au dimensionnement d'un système de ventilation mécanique contrôlée (extraction d'air à simple flux) d'un dépôt de stockage d'une substance inflammable qui sont les vapeurs d'**essence** dans un espace confiné sous forme d'un local de dimensions (hauteur, longueur et largeur).

Notre choix est porté sur un système d'extraction d'air ponctuel et ce, afin de capter ces vapeurs d'essence au plus près possible de leur source d'émission avant qu'elles ne pénètrent dans la zone et se dispersent dans toute l'atmosphère du local. De plus, les grilles de reprise d'air sont disposées au niveau le plus bas du local car ces vapeurs inflammables du carburant essence sont plus lourdes de l'air.

3.2.2. Justification du choix de l'installation :

Notre choix ici, porte sur une installation de ventilation mécanique contrôlée à simple flux afin de :

- Extraire à la source les substances gazeuses inflammable (**l'essence**) et ne pas les dispersées dans le dépôt par effet de ventilation à double flux. Les bouches d'aspiration seront placées en bas car la masse volumique des vapeurs **d'essence** sont plus lourdes (4 à 5 fois) que celles de l'air ambiant.
- Optimiser le débit de renouvellement d'air en ciblant le volume d'accumulation de la substance toxique.

- Réduire le temps de réponse du système de ventilation choisi.
- Assurer un taux minimal de concentration des vapeurs par rapport à la LIE au niveau du local en concordance avec les normes en vigueur (10%LIE).

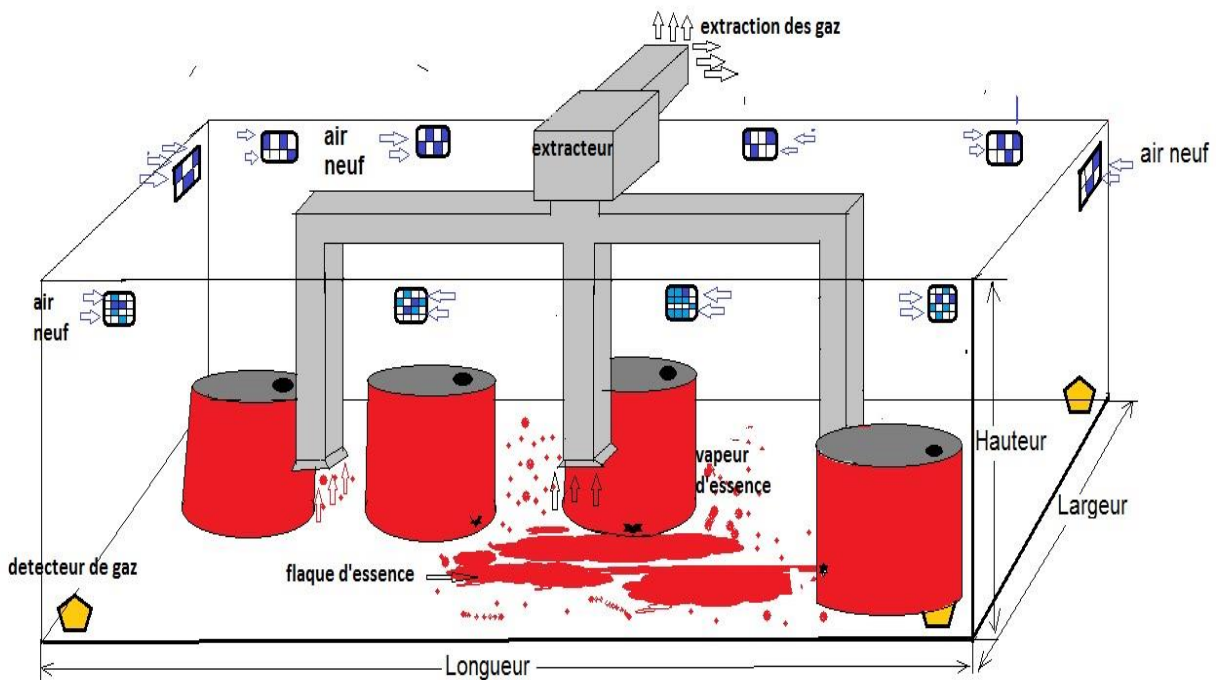


Figure 3.1 stockage d'essence et système d'extraction.

Cette figure nous illustre les différents composants d'un système de renouvellement d'air ou VMC en présence d'une ATEX utilisé dans l'industrie. Le fonctionnement de ce dernier est automatisé. Ses composants principaux sont les suivants :

- Mise en place (à l'intérieur du local) de détecteurs de gaz qui mesurent instantanément la concentration de la substance inflammable dans l'air du local sujet au stockage du produit dangereux.
- Un extracteur d'air pour faire renouveler l'atmosphère du local
- Un réseau d'extraction composé de grilles de reprise d'air, de filtres, de gaine ou conduits d'air, de clapets coupe-feu...etc
- Une centrale feu&gaz sous forme d'un mini automate pour gérer (réguler) le fonctionnement du ventilateur.

3.3. Présentation du modèle et Dimensionnement

3.3.1. Poste de travail :

Le local en question est sujet aux émanations de vapeurs d'essence consécutives à une fuite du carburant formant une flaque de diamètre variable en fonction de son ampleur. Ces vapeurs mélangées à l'air ambiant du local forment ainsi l'Atmosphère Explosive.

Notre local est caractérisé par les dimensions paramétriques (Hauteur Longueur Largeur) suivantes :

$$V = H * L * l \quad \text{en } m^3$$

Avec

H : Hauteur en m

L : Longueur en m

l : largeur en m.

3.3.2. Le polluant :

L'essence est un liquide inflammable, issu de la distillation du pétrole, utilisé comme carburant dans les moteurs à combustion interne. C'est un mélange d'hydrocarbures, auxquels peuvent être ajoutés des additifs pour carburants. De nombreux types d'essence (dont essences spéciales) sont fabriqués et mis sur le marché. On y trouve en moyenne :

- 20 % à 30 % d'**alcane**s, hydrocarbures saturés de formule C_nH_{2n+2} ;
- 5 % de **cycloalcanes**, hydrocarbures saturés cycliques ;
- 30 % à 45 % d'**alcène**s, hydrocarbures insaturés ;
- 30 % à 45 % d'**hydrocarbures aromatiques**, de la famille du **benzène**.

3.3.3. Captage :

Il existe deux techniques de ventilation. La ventilation locale a la source, et la ventilation générale ou la ventilation par dilution

***La ventilation locale par aspiration** : Consiste à capter les polluants au plus près possibles de leur source d'émission qui est l'objet de notre étude.

La ventilation doit répondre des principes concernant directement le captage :

- Envelopper au maximum la zone des polluants.
- Capter au plus près de la zone d'émission.

- La vitesse d'extraction du mélange d'air + vapeurs au niveau du local via des grilles et gaines de reprise doit être relativement faible afin d'éviter les turbulences et de piéger ainsi une certaine quantité de la substance inflammable.
- Repartir uniformément les vitesses d'air au niveau de la zone de captage
- Rejeter l'air pollué en dehors des zones d'entrée d'air neuf

3.3.4. Calcul du débit de renouvellement d'air :

Le débit du renouvellement d'air doit être adapté, en général, au débit des gaz ou vapeurs produits dans l'atmosphère d'une enceinte ou d'un local, atelier, tunnel, four de séchage où sont évaporés des solvants, atelier de charge d'accumulateurs où se dégage de l'hydrogène, chaufferies où peuvent se produire des fuites de gaz ou de vapeurs, magasins où sont stockés des liquides hydrocarbures présentant une surface libre donnant naissance à des émanations de vapeur inflammables, etc...

3.3.4.1. Débit de vapeur d'une flaque d'hydrocarbure déversée [12] :

Le débit horaire de gaz ou de vapeur inflammable noté Q_{vap} consécutif à un éventuel déversement du carburant volatil formant une flaque de surface S est obtenu par la formule suivante :

$$Q_{vap} = (5 \times (1 - 7.5d) \times \frac{P_{sat}(T_s)}{P_{atm}} \times S \times v \times M^{0.4}) / \rho_{vap} \quad (3.1)$$

$$Q_{vap} = \dot{m}_{vap} / \rho_{vap}$$

Avec :

\dot{m}_{vap} : Débit massique de vaporisation de la flaque kg/h.

ρ_{vap} : masse volumique d'essence en kg/m³

Q_{vap} : Débit volumique de vaporisation de la flaque m³/h. d :

Distance entre la flaque et le récipient de carburant m.

P_{sat} : Pression de la vapeur saturante du liquide a la température T_s en Pa T_s

: Température de liquide dans le récipient en K.

S : Surface de la flaque en m².

P_{atm} : Pression atmosphérique dans le dépôt.

v : Vitesse d'air soufflant au-dessus de la flaque m/s.

M : Masse molaire de liquide en g/mol.

3.3.4.2. Débit de renouvellement d'air [13] :

Le débit massique de renouvellement d'air qui est proportionnel au débit massique de vapeurs et qui constitue la donnée principale du calcul de dimensionnement de toute installation de renouvellement d'air est donné par :

$$Q_{air} = 100 \times \frac{R}{M \times LIE} \times K \times q \times S \times \frac{T_{amb}}{T_n} \quad (3.2)$$

Avec :

$q = \frac{\dot{m}_{vap}}{s}$: Débit de vapeur par unité de surface en kg/h.m²

Q_{air} : Débit massique de renouvellement en m³//h

R : la constante universelle des gaz parfaits soit 0.082 atm.l/mol.K

T_{amb} : Température ambiante en kelvin K.

T_n : Température pour les conditions normales a 1 atmosphère en K.

M : Masse molaire de la substance dangereuse liquide en g/mol.

LIE : Limite inférieure d'explosion de substance dangereuse en volume de vapeur/volume d'air.

K : Coefficient de sécurité (entre 4 et 10), 10 pour la présence humaine.

S : Surface de la flaque générée par la fuite en m².

En effet, ils existent d'autres formules empiriques du débit de renouvellement d'air dans les espaces confinés en présence d'une atmosphère explosive, sont comme suite :

$$Q_{air} = 5 \times V_0 \quad \text{en m}^3//h. \quad (3.3) \quad [14]$$

La relation est pour principe de ventiler cinq fois le volume initial afin d'extraire la substance dangereuse de local.

Et, une autre formule de calcul débit d'air à extraire pour le débit de vapeur en Nm³/h.

$$Q_{air} = 100 \times \frac{k}{LIE} \times Q_{vap} \quad (3.4) \quad [15]$$

3.3.4.3 . Calcul de l'Efficacité du système d'extraction :

L'expression du taux de concentration des vapeurs du produit inflammable qui évolue en fonction du temps du système d'extraction peut être établie comme suit :

Ce taux de concentration est le rapport en volume du débit de vaporisation d'une flaque déversée sur le débit d'air à extraire par le ventilateur :

$$X_{lie}(t) = \frac{V_{0vap} + Q_{vap} \times t}{V_0 + Q_{air} \times t} \times \frac{1}{LIE} \tag{3.5}$$

Avec :

$X_{lie}(t)$: Taux de concentration des vapeurs dans l'air dans l'enceinte par rapport à la LIE en %.

V_{0vap} : Volume initial de vapeurs inflammables présentes au sein du local correspondant à la concentration maximale de démarrage du système d'extraction en m³.

Q_{vap} : Débit volumique des vapeurs consécutives à un déversement de carburant (flaque) en m³/s.

Q_{air} : Débit volumique de renouvellement d'air en m³/s.

V_0 : Volume du local en m³.

3.3.5. Prise d'air et reprise d'air :

Dans toute installation de ventilation générale il faut un apport d'air neuf à injecter dans le local en compensation de l'air extrait pour respecter l'équilibre. On parle de débit d'air équivalent entrant et sortant.

La compensation d'air extrait peut se faire de manière sauvage par des défauts d'étanchéité qui sont toujours présents dans les entreprises par les bas des portes par exemple. Ou de manière organisée : soit naturelle par l'installation de grilles de passage de l'air dans les portes donnant sur l'extérieur, soit par des ventilateurs qui vont aspirer l'air de l'extérieur pour le souffler dans les locaux.

L'utilisation de ventilateurs est la plus courante car cela permet d'avoir une maîtrise complète de ce qui entre dans l'usine en termes de quantité mais aussi de la qualité de l'air.

L'introduction de cet air neuf de compensation peut se faire selon différentes techniques et donc doit être étudiée au préalable.

L'étude de l'introduction de cet air doit être menée de manière à :

- Assurer l'efficacité des systèmes de ventilation. Un manque d'air de compensation peut en effet produire une mise en dépression des locaux entraînant une résistance supplémentaire pour les ventilateurs et donc induire une diminution des débits et une perte d'efficacité engendrant des coûts supplémentaires pour les ressources en énergie fournie et en entretien.
- Eliminer l'une des causes des courants d'air à grande vitesse qui peuvent provoquer un inconfort thermique, diminuer l'efficacité des dispositifs de captage et disperser les polluants dans tout atelier, et remettre en suspension des poussières déposées.
- Eviter que l'air des locaux pollués soit entraîné dans les zones où l'air est maintenu dans un état de propreté
- Diminuer les efforts d'ouverture des portes à cause des dépressions ou surpression

NB : Pour notre cas d'étude et de conception, nous avons opté pour un système de ventilation à simple flux ; les entrées d'air sont naturelles via des ouvrants bien dimensionnés et les reprises d'air se feront par des grilles de reprise choisies dans le respect des vitesses d'écoulement recommandées.

S'agissant d'un système d'extraction, notre local est soumis à une dépression de l'ordre de 25 Pa pour permettre une entrée d'air neuf de compensation.

3.3.6. Dimensionnement du réseau aéraulique :

L'air capté dans le dépôt doit être évacué à l'extérieur par des conduits d'aération. Leur détermination est fondée sur la résistance d'écoulement d'air dans le conduit qui, combinée au débit d'air requis, définit le point de fonctionnement du ventilateur.

3.3.6.1. Écoulement d'air dans la canalisation [16]:

3.3.6.1.1. Pression statique et pression dynamique :

La pression totale p_t est donc la somme algébrique des pressions statique et dynamique :

$$P_t = P_s + P_d$$

- ✓ Une pression toujours positive et exercée dans le sens de l'écoulement appelée pression dynamique P_d qui est égale à :

$$P_d = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (3.6)$$

Avec :

P_d : pression dynamique (Pa),

ρ : masse volumique du fluide (kg/m³),

V : vitesse locale du fluide (m/s) ;

- ✓ Une pression exercée par ce fluide, que celui-ci soit en mouvement ou non, perpendiculairement aux parois de l'enceinte ou de la canalisation, pression que l'on appelle pression statique P_s et qui peut être négative ou positive.

Note :

Les pressions statiques sont positives dans le refoulement, négative dans l'aspiration par ventilateur.

Les pressions dynamiques sont toujours positives pour le refoulement et aspiration par ventilateur.

3.3.6.1.2. Vitesses de l'air :

Les vitesses de l'air dans les canalisations doivent être choisies pour chaque installation en fonction de la nature et des propriétés des polluants.

Comme dans notre cas les vapeurs d'essence sont la substance inflammable. Ses vitesses sont choisies de telle manière à réaliser un équilibre entre les couts d'installation et de fonctionnement.

Le tableau I établi donne, à titre indicatif, la vitesse de transport minimale pour différents cas

Exemples de polluants		Vitesse minimale (m/s)
Fumées	Fumées d'oxydes de zinc et d'aluminium	7 à 10
Poussières très fines et légères	Peluches très fines de coton	10 à 13
Poussières sèches et poudres	Poussières fines de caoutchouc, de moulage de bakélite; peluches de jute; poussières de coton, de savon	13 à 18
Poussières industrielles moyennes	Abrasif de ponçage à sec; poussières de meulage; poussières de jute, de granit; coupage de briques, poussières d'argile, de calcaire	18 à 20
Poussières lourdes	Poussières de tonneaux de désablage ou de décochage, de sablage, d'alésage de fonte	20 à 23
Poussières lourdes ou humides	Poussières de ciment humide, de découpe de tuyaux en fibres-ciment, chaux vive	> 23 ou transport pneumatique humide

Tableau 3.1 : les vitesses minimales des substances inflammables

Note : notre cas n'est pas directement apparu dans le tableau mais se rapproche de la première ligne (cas de fumées).

3.3.6.1.3. Perte de charge :

L'air s'écoulant dans une canalisation subit une chute de pression totale Δp (Pa) appelée perte de charge.

Celle-ci représente l'énergie dégagée sous forme de chaleur dans l'unité de volume sous l'effet des frottements dus à la viscosité de l'air ; elle est directement liée a la vitesse de l'écoulement et donc à la pression dynamique. On distingue deux types de pertes de charge.

1-Pertes de charge par frottement

Les pertes de charge dues a des frottements le long des parois de conduits rectilignes a section constante sont proportionnelles à la longueur du conduit. Elles peuvent se mettre sous la forme :

$$\Delta P_f = \frac{L}{D} \times \frac{\rho}{2} \times v^2 \quad \text{en Pa} \quad (3.7)$$

λ (Lambda): coefficient de frottement de Darcy [-] dépend de la rugosité de la parois.

L : longueur du conduit [m].

D : diamètre intérieur du conduit [m].

ρ (rho): masse volumique de l'air [kg/m³], v : vitesse moyenne de l'air [m/s]

2. Pertes de charge singulières

Ces pertes de charge sont dues à l'entrée de l'air dans les canalisations, au rejet de l'air hors des canalisations et aux singularités de parcours (coudes, raccordements, élargissements, contractions grilles, batteries et filtres en tenant compte de leur seuil d'encrassement admissible en service, échangeurs et récupérateurs thermiques, silencieux, etc.).

$$\Delta P_{sin} = \xi \times \frac{\rho}{2} \times v^2 \quad \text{en Pa} \quad (3.8)$$

Δp_j : perte de pression singulière [Pa]

ξ (zêta): coefficient de perte de pression singulière de l'élément considéré [-] ρ (rho): masse volumique [kg/m³], v: vitesse moyenne [m/s]

3. Coefficient des pertes de charge singulière des déferents canalisations :

TABEAU DES COEFFICIENTS DE PERTE DE CHARGE SINGULIÈRE



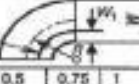

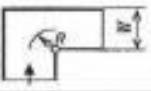
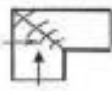
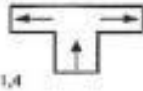
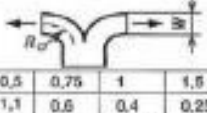

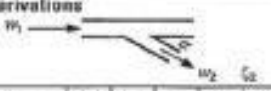

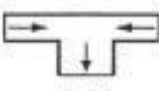
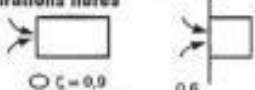
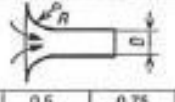
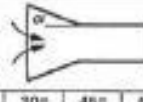
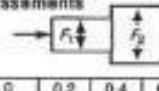
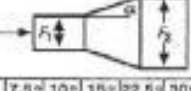
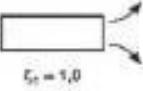
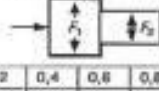
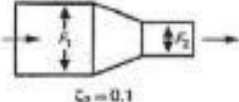
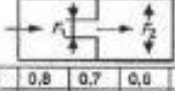
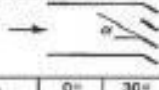
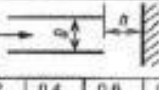
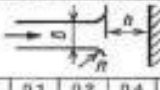
Coudes 				Aubes directrices 	
R/D = 0,5 0,75 1,0 1,5 2 3 élém. $\zeta = 1,3$ 0,8 0,5 0,3 0,25 5 élém. $\zeta = 1,1$ 0,6 0,4 0,25 0,2		R/W = 0,5 0,75 1 1,5 2 W ₁ /W 0,25 $\zeta = 0,4$ 0,25 0,2 0,1 W ₂ /W 0,5 $\zeta = 0,5$ 0,3 0,2 0,1			
				Aubes directrices 	
b/a = 0,25 0,5 1,0 2,0 $\zeta = 2,1$ 1,7 1,2 0,6		R/W = 0 0,2 0,4 0,6 0,8 $\zeta = 1,4$ 0,7 0,8 0,7 1,1		sans aubes $\zeta = 0,35$ avec aubes 0,1	
Bifurcations 					
R/D = 0,5 0,75 1 1,5 2 $\zeta = 1,1$ 0,6 0,4 0,25 0,2 $\zeta = 1,0$ 0,5 0,25 0,15 0,1		R/W = 0,5 0,75 1 1,5 2 $\zeta = 1,1$ 0,6 0,4 0,25 0,2 $\zeta = 1,0$ 0,5 0,25 0,15 0,1		alpha = 10° 30° 45° 60° 90° $\zeta = 0,1$ 0,2 0,3 0,4 0,5	
Dérivations 					
w ₂ /w ₁ = 0,4 0,6 0,8 1,0 2,0 3,0 alpha = 60° 5,0 2,2 1,3 0,8 0,5 0,6 alpha = 45° 3,5 1,3 0,7 0,4 0,4 0,5		R/D = 0,5 0,75 1 1,5 2 $\zeta = 1,3$ 0,9 0,8 0,8 0,5		$\zeta = 1,4$	
Aspirations libres 					
$\zeta = 0,9$ $\zeta = 1,25$		R/D = 0,25 0,5 0,75 1,0 $\zeta = 0,2$ 0,1 0,05 0,05		alpha = 15° 30° 45° 60° 90° $\zeta = 0,5$ 0,3 0,3 0,4 0,7	
Élargissements 					
F ₁ /F ₂ = 0 0,2 0,4 0,8 0,8 1,0 $\zeta_2 = 1,0$ 0,7 0,4 0,2 0,1 0		alpha = 5° 7,5° 10° 15° 22,5° 30° 45° 90° $\zeta_1 = 0,15$ 0,2 0,25 0,4 0,6 0,8 0,9 1		$\zeta_2 = 1,0$	
Rétrécissements 				Diaphragme 	
F ₁ /F ₂ = 0 0,2 0,4 0,8 0,8 1,0 $\zeta_2 = 0,6$ 0,45 0,3 0,2 0,1 0		$\zeta_2 = 0,1$		F ₁ /F ₂ = 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 $\zeta_1 = 0,26$ 0,25 0,25 0,25 0,25 0,1	
					
alpha = 0° 30° 45° 60° $\zeta = 1$ 1,5 3,5 8		R/D = 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 $\zeta = 1,6$ 1,2 1,05 1,0		R/D = 0,1 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 $\zeta = 0,7$ 0,4 0,7 0,8 0,8 0,8	
Grilles perforées Section libre en % ζ pour v = 0,5 m/s 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 (v rapportée à la section totale)		10 20 30 40 50 60 70 80 110 30 12 6 3,6 2,3 1,8 1,4 120 33 13 6,8 4,1 2,7 2,1 1,6 128 36 14,5 7,4 4,6 3,0 2,3 1,8 134 39 15,5 7,8 4,9 3,2 2,5 1,9 140 40 16,5 8,3 5,2 3,4 2,6 2,0 146 41 17,5 8,6 5,5 3,7 2,8 2,1		25 pour les grilles à grillage ζ est environ la moitié	

Figure (3.2) : Coefficient des pertes de charge ζ

3.3.7 . Conception de réseau :

3.3.7.1. Les gaines [17] :

Il est nécessaire de respecter quelques règles simples de construction des tuyauteries destinées à limiter les pertes de charge (cf. figure). D'une façon générale, les changements de direction de l'écoulement ne devront pas être brusques, mais adoucis (coudes, piquages, changement de section). Dans la mesure du possible, on évitera de raccorder au même ventilateur des branches de diamètres très différents et on essaiera de raccorder les branches de plus petits diamètres à proximité du ventilateur.

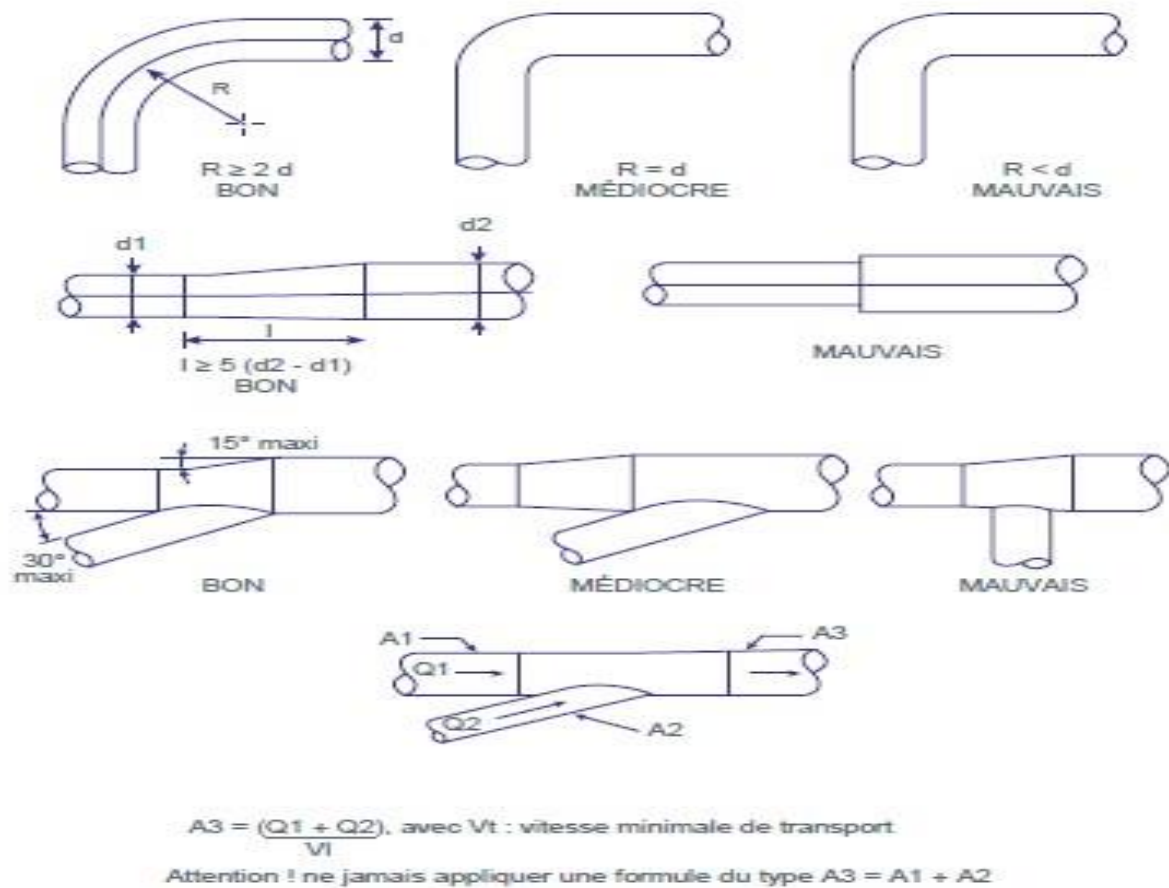


Figure (3.3) : Règles de bonnes pratiques lors du dimensionnement des gaines

Lorsque deux tuyauteries se rejoignent en un point d'un circuit (cf. figure), l'air se répartit entre les branches de façon à ce que les pertes de charge des deux portions en amont, jusqu'au point de jonction M, soient égales.

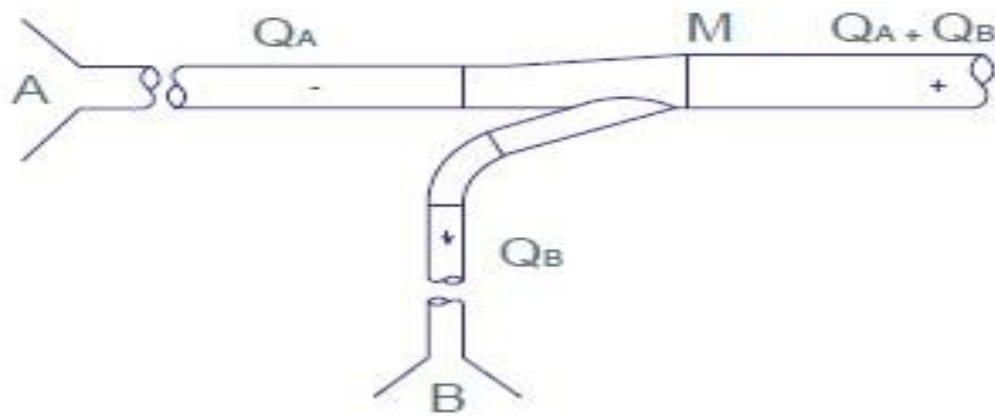


Figure (3.4) : Raccordement de deux réseaux

Il existe deux grandes méthodes de calcul qui sont :

- Les pertes de charge linéaires constantes ; ➤
- Les gains de pression statique.

3.3.7.2. Les pertes de charges linéaires constantes :

Dans ce cas, on choisit la vitesse :

- Soit dans le tronçon de raccordement au ventilateur,
- Soit dans le piquage le plus éloigné,

Et on détermine la perte de charge linéaire correspondante. Pour chaque tronçon, connaissant le débit requis et la perte de charge linéaire admise, on en déduira le diamètre équivalent puis les dimensions de la gaine. Cette méthode de détermination entraîne une réduction automatique de la vitesse d'air dans le sens de l'écoulement.

3.3.7.3. Les gains des pressions statiques :

Le principe de cette méthode consiste à dimensionner chaque tronçon de telle sorte que l'augmentation de pression statique due à la diminution de la vitesse après chaque piquage compense exactement sa perte de charge. Ainsi la pression statique reste la même à chaque piquage ou diffuseur, et le même débit traversera tous les piquages de la même section.

3.3.7.4. L'équilibrage de l'installation :

Pour obtenir la distribution souhaitée des débits d'air dans les tronçons de l'installation, on pourra compléter l'équilibrage de la pression statique réalisé à la conception par un réglage de registres ou de volets.

Cette fois se sont des registres ou des volets qui permettent d'ajuster, sur chaque point de captage, les débits d'air désirés. Pour assurer la bonne pratique en doit respecter ses consignes :

- Mettre en place des dispositifs de blocage ne pouvant être manœuvrés qu'au moyen d'un outil ou toute autre disposition pour éviter un dérèglement ultérieur des volets ;
- Prévoir un circuit qui offre une assez grande souplesse pour des modifications ou des extensions ultérieures permettant la correction de débits mal estimés au départ ;
- Prévoir du temps pour l'opération d'équilibrage du réseau qui peut être assez longue en comparaison aux calculs théoriques ;
- Vérifier la position des volets. Des volets en position semi-fermée peuvent provoquer une usure anormale ou un engorgement local d'un circuit (dans le cas de transport de poussières) ;
- Vérifier l'étanchéité du réseau. Les fuites étant des sources de débits parasites et pouvant engendrer un déséquilibre du réseau, il est par ailleurs nécessaire de s'assurer de l'étanchéité du réseau.

3.3.8. Bruit :

C'est un point très important dans la conception des installations de ventilation. Elle ne doit pas conduire à l'émission de bruit pouvant dépasser la cote d'alerte de 85 dB(A).

L'installation ne doit pas augmenter de plus de 2 dB (A) le niveau sonore ambiant mesure aux postes de travail, sauf si elle n'engendre pas un niveau supérieur à 50 dB(A).

La qualité acoustique d'une installation de ventilation dépend éventuellement des bruits provoqués par les éléments suivants :

- La vitesse de l'air dans le réseau de gaines ; – les ponts phoniques.
- Les vibrations des matériels.
- L'émission propre des ventilateurs.

Les variations de vitesse et les turbulences provoquées par les changements de direction et de géométrie des réseaux de transport, ainsi que l'excitation des parois des conduits quand la vitesse est trop élevée, vont conduire à un niveau sonore non négligeable. Une formule approchée permet d'évaluer le niveau de puissance acoustique dans une gaine droite :

$$L_w \text{ (dB)} = 10 + 50 \log V + 10 \log A \text{ Avec}$$

V : vitesse d'air (m/s) ;

A : section (m²).

3.3.9. Ventilateur :

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). La ventilation doit se faire par extraction dans les zones d'accumulations des gaz ou vapeurs et, de préférence, dans les parties basses des locaux pour les gaz et vapeurs plus lourds que l'air. La captation des vapeurs doit se faire le plus près possible de la source d'émission. L'air neuf de compensation, entrant naturellement ou par ventilation pulsée, doit être amené en des zones éloignées de celles où se fait l'extraction. Les ventilateurs capables de maintenir une dépression de 25 Pa, toutes ouvertures fermées et d'assurer une circulation d'air de 0,30 m/s minimum à travers les ouvertures.

À une vitesse de rotation N donnée, un ventilateur peut être caractérisé par quatre courbes représentant les variations **en fonction du débit volumique Q (m³/s)** traversant le ventilateur, de :

- **La pression totale du ventilateur, ΔP_t (Pa)**, définie comme la différence algébrique entre les pressions totales à la bride de refoulement et à la bride d'aspiration ;
- **La puissance absorbée ou puissance à l'arbre, P_a (W)**, puissance mécanique fournie à l'arbre d'entraînement du ventilateur ;
- **Le rendement du motoventilateur, η_v** , défini comme le rapport de la puissance utile, P_u , sur la puissance absorbée :

$$\eta_v = P_u/P_a = (Q \times \Delta P_t)/P_a \quad (3.9)$$

- **La puissance acoustique**, exprimée en dB.

Si la vitesse de rotation N varie de N_1 à N_2 , le rapport $N_1/N_2=N'$.

Le débit varie proportionnellement à N' .

La pression engendrée varie proportionnellement à N'^2 .

La puissance absorbée varie proportionnellement à N'^3 .

Le niveau de pression acoustique est proportionnel à **50 log N'** .

3.3.9.1. Classification :

Il y a plusieurs façons de classer les ventilateurs :

3.3.9.1.1. Suivant la pression :

Les ventilateurs basse pression : **pression maximale ≤ 70 daPa.**

Les ventilateurs moyenne pression : **$70 \leq$ pression ≤ 350 daPa.**

Les ventilateurs haute pression : **pression ≥ 350 daPa.**

3.3.9.1.2. Suivant le principe de fonctionnement : Les ventilateurs centrifuges.

Les ventilateurs hélicoïdes.

3.3.9.1.3. Suivant les caractéristiques de fluide véhiculer :

Air propre.

Air chargé (poussière, fibre...).

Air humide

Air à température élevé.

3.3.9.2. Le point de fonctionnement :

Soit un ventilateur ayant une courbe débit-pression connue, que l'on introduit dans un circuit dont on a calculé la parabole débit-perte de charge. Le débit mis en jeu sera tel que la pression fournie par le ventilateur égale la perte de charge du circuit. Le point de fonctionnement sera donc à l'intersection des deux courbes (cf. figure).

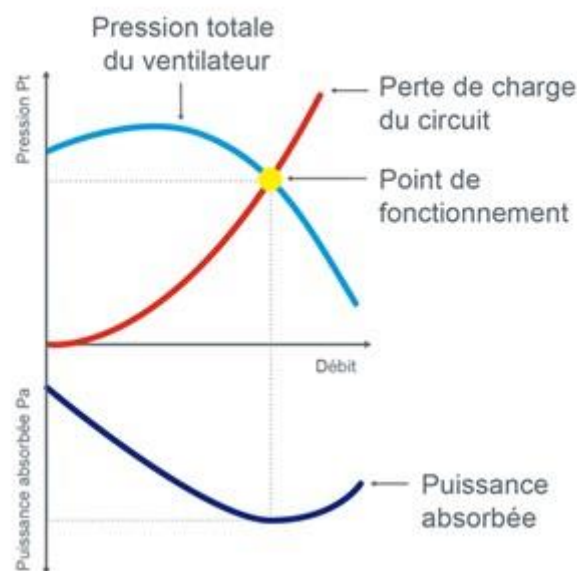


Figure (3.5) : Point de fonctionnement d'un ventilateur placé dans un circuit de ventilation

Le rendement du moto-ventilateur, η_v , peut varier de 0,3 pour les plus médiocres à environ 0,85 selon le modèle et le point de fonctionnement. On ne peut donc pas adapter n'importe quel ventilateur à n'importe quel réseau.

3.4. Calculs aérauliques pour ventilateur en aspiration :

Les principales caractéristiques des ventilateurs sont la pression, le débit et le rendement.

3.4.1. Courbes caractéristiques :

Les fabricants garantissent leur ventilateur pour une vitesse de rotation maximale, cette vitesse est de **1450** ou de **2800 tr/mn**.

Lors des sélections, l'adaptation des débits aux besoins se fait par le choix de la vitesse.

Laquelle s'obtient facilement par le choix des diamètres des poulies dans le cas entrainement par courroies. [18]

Les courbes caractéristiques des ventilateurs donc forment un réseau dans lequel chaque courbe correspond à une vitesse donnée.

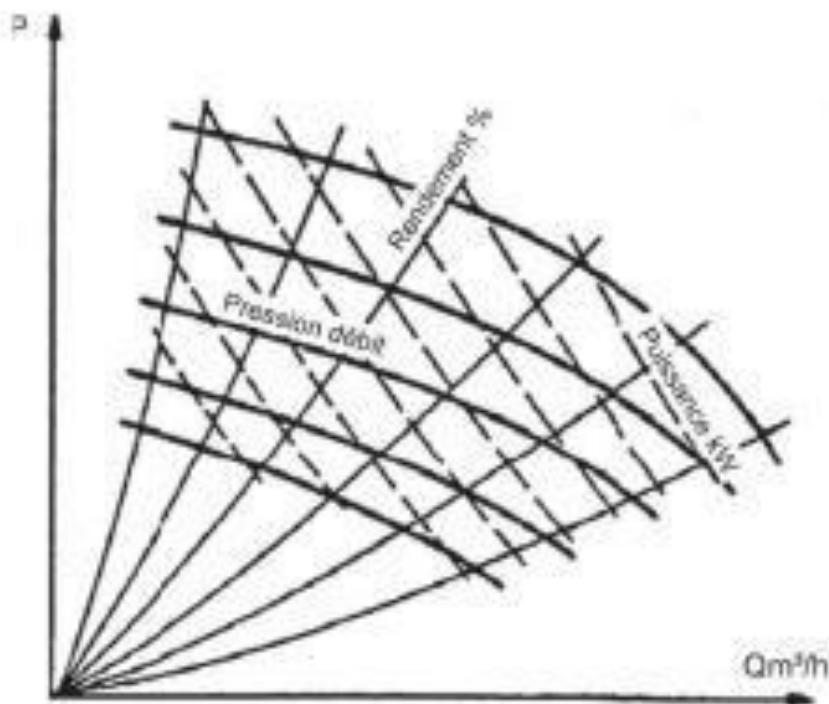


Figure (3.6) : Courbe caractéristique d'un ventilateur

Quelques courbes des ventilateurs pour les différents débits, des différents types de ventilateurs dans le but d'analyser le point de fonctionnement de chacun et le diamètre et la pression sonore, les puissances absorbées, les pressions totales.

3.4.2. Courbes d'un ventilateur a action :

Le ventilateur présenté dans la figure peut être livré en simple ou double ouïe. L'analyse de point de fonctionnement figure sur la courbe.

Pour un débit d'air égal à 11000 m³/h et pression total = 67 daPa. Nous choisirons le ventilateur dont les valeurs garanties sont les suivants :

Vitesse de rotation : 747 tr/mn.

Puissance absorbé : 3 kw.

Pression acoustique : 71 dB.

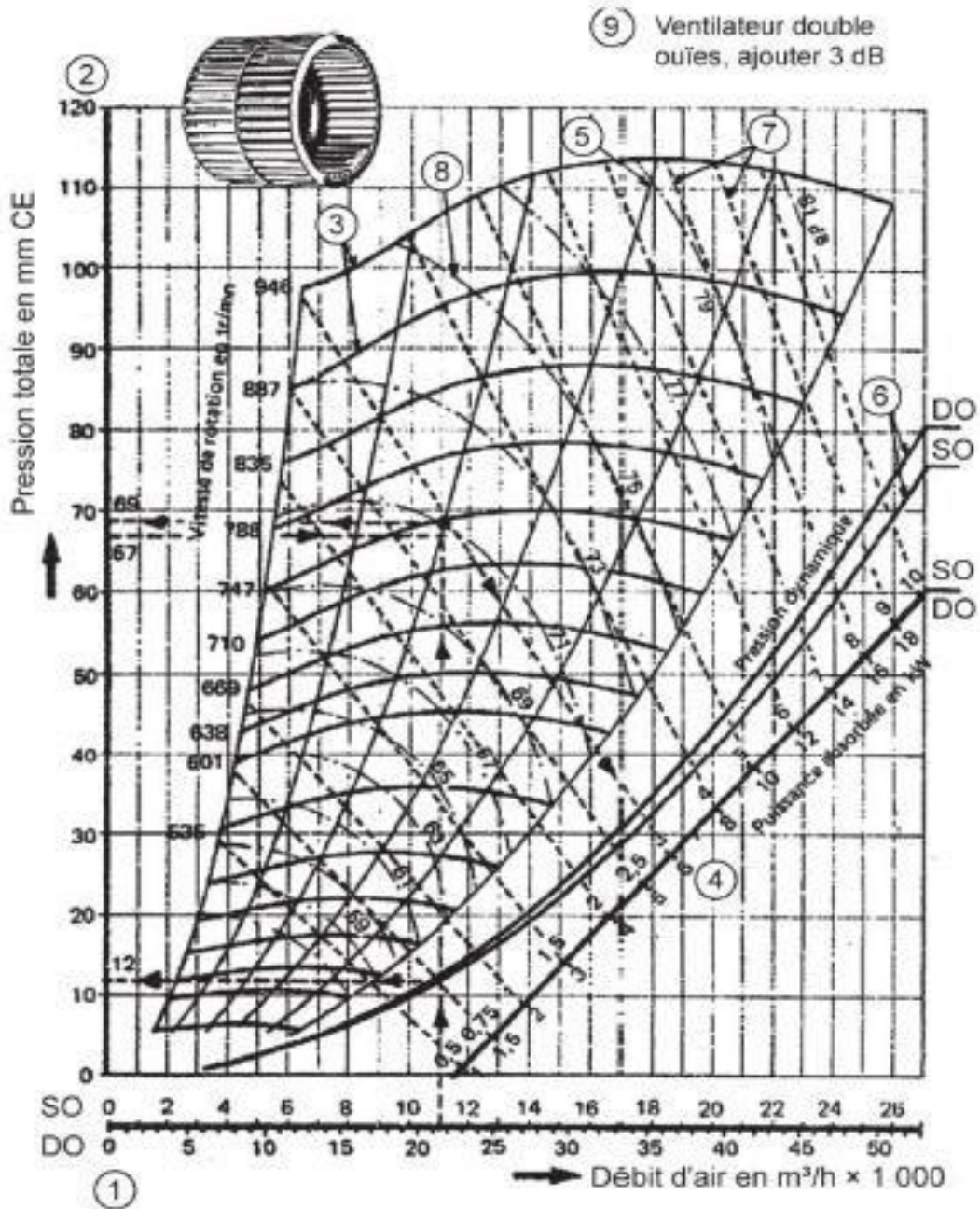


Figure (3.7) : Abaque donnant les points de fonctionnement d'un ventilateur centrifuge a action.

3.4.3. Courbes d'un ventilateur a réaction :

Soit un point de fonctionnement imposé par le débit $Q_v = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ et une pression totale égal à 120 mmCE en lit immédiatement sur les abaques :

Vitesse de rotation $n = 700 \text{ tr/mn}$

Puissance absorbée par l'arbre : $P_a = 40 \text{ ch}$ pour $1 \text{ ch} = 736 \text{ w}$

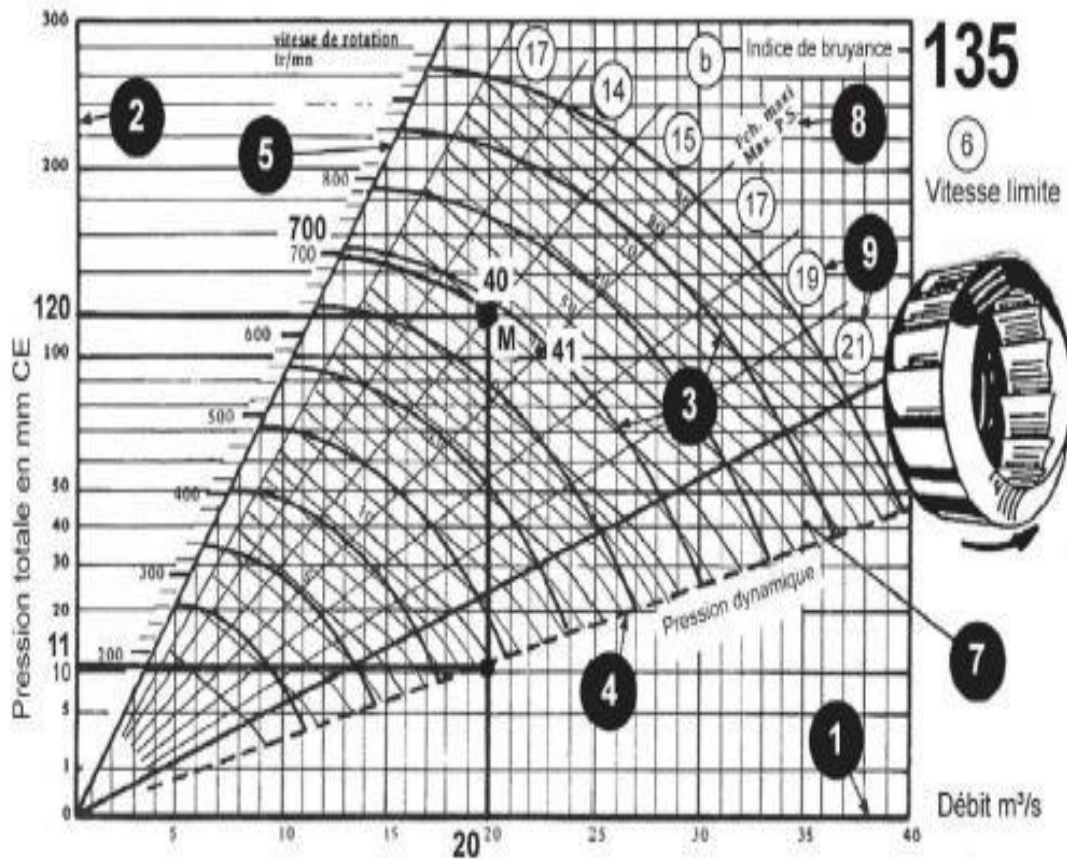


Figure (3.8) : Abaque pour les grandeurs de fonctionnement des ventilateurs centrifuge à réaction.

3.5. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté notre problématique et l'objet de notre étude qui est le dimensionnement du système d'extraction d'air à simple flux. L'équipement principal du système étant l'extracteur lui-même ; le calcul du débit de fonctionnement s'avère une donnée incontournable pour effectuer le choix du ventilateur ainsi que les accessoires annexes (gaine de ventilation, grilles de reprise d'air...etc).

Le réseau d'extraction d'air choisi est à simple flux (entrée d'air naturelle, sortie d'air forcée).

Le calcul des différentes phases de fonctionnement pour une flaque d'essence éventuellement déversée dans un local de stockage de ce produit donnant naissance à des émanations de vapeur est l'objet d'une application au niveau du dernier chapitre.

4.Introduction :

Ce chapitre est consacré à des simulations de plusieurs paramètres relatifs à l'Atmosphère Explosive caractérisée par le taux de présence d'une substance dangereuse qui peut éventuellement se manifester et ce par dégagement d'une source de vapeur. Nous avons pris comme application, une fuite issue d'un réservoir de stockage de carburant (essence) générant ainsi une flaque qui se vaporise étant donné la volatilité du produit. L'objectif principal étant le calcul du débit volumique de renouvellement d'air, l'efficacité du système d'extraction ainsi que les temps de fonctionnement afin d'éliminer le risque lié à l'ATEX dans un volume confiné sujet au stockage du carburant Essence. Un code de calcul a été élaboré sous le logiciel Matlab afin de traduire l'évolution du taux de concentration de la substance inflammable en fonction des paramètres du problème.

4.1. Problématique :

Notre système présente un volume de stockage de dimensions :

H=6m, L=12m, l=6 m

Le produit stocké est de l'essence ayant comme caractéristiques :

Etat physique : liquide.

Densité : 0.74 g / ml à 25 °C.

Masse moléculaire : 108.00 g/mole.

Solubilité dans l'eau : insoluble.

Densité de vapeur (air=1) : 3.72.

Point de fusion : -92 °C.

Point d'ébullition : supérieur à 39 °C.

Pression de saturation de vapeur : 62 kpa a 25 °C.

Concentration de vapeur : inférieur à 612000 ppm.

Température auto inflammation :280 °C.

Limite inférieure d'explosibilité LIE :1.4% à 25 °C.

Limite supérieure d'explosibilité LSE :7.6 % à 25°C.

Masse volumique de la vapeur : 5.4 kg/m³

4.2. Calcul du débit de vapeur en fonction du Rayon de la flaque :

Le calcul du débit massique de vapeur émanant d'une fuite de carburant Essence formant une flaque de différents rayons R est déduit par la formule de calcul présentée dans le chapitre III et qu'on reprend en utilisant le débit volumique comme suit :

$$Q_{vap} = (5 \times (1 - 7.5d) \times \frac{P_{sat}(T_s)}{P_{atm}} \times S \times v \times M^{0.4}) / \rho_{vap}$$

Avec $\rho_{vap} = 5,4 \text{ kg/m}^3$, la masse volumique des vapeurs d'essence plus lourdes que celle de l'air (4 à 5 fois).

La figure ci-dessous présente la variation du débit volumique de la vapeur en fonction de plusieurs rayons de la flaque.

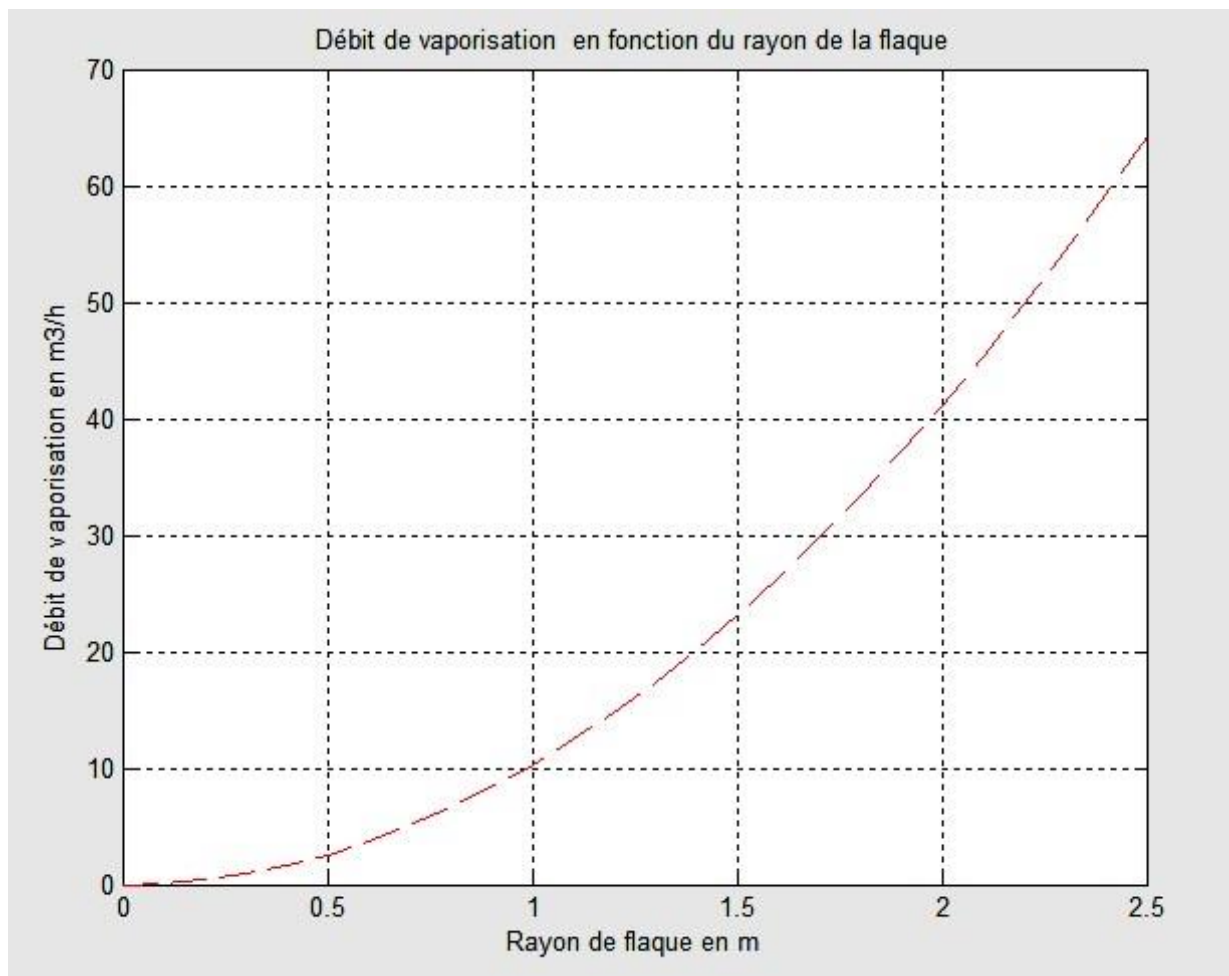


Figure (4. 1) : Variation du débit de vaporisation en fonction du rayon de la flaque

On remarque que le débit de vapeurs augmente pour des rayons de flaque plus importants. Ceci s'explique par le fait que l'évaporation du produit déversé est proportionnelle à la surface libre de la flaque.

Par ailleurs, nous enregistrons des écarts relativement importants de débits de vapeur en allant vers des rayons de flaque supérieurs à 1 mètre.

4.3. Calcul du débit d'air en fonction du Rayon de la flaque :

Reprenons l'équation de 3^{ème} chapitre qui donne le débit volumique de renouvellement d'air suivante :

$$Q_{air} = 100 \times \frac{R}{M \times LIE} \times K \times q \times S \times \frac{T_{amb}}{T_n}$$

Cette relation nous permet de déduire le débit d'air à renouveler au niveau de notre local en fonction de différents rayons de flaque allant de 0 jusqu'à 2.5 m.

Nous avons pris comme données de calcul les conditions de pression atmosphérique et 25 C pour la température. La relation ci-dessus doit être corrigée par un facteur exprimant le rapport de température afin de convertir le débit volumique d'air donnée en Nm³/h aux conditions actuelles.

La figure ci-dessous traduit la variation du débit d'air en fonction du rayon de flaque respectivement pour des valeurs de coefficient de sécurité K égal à 6, 8 et 10.

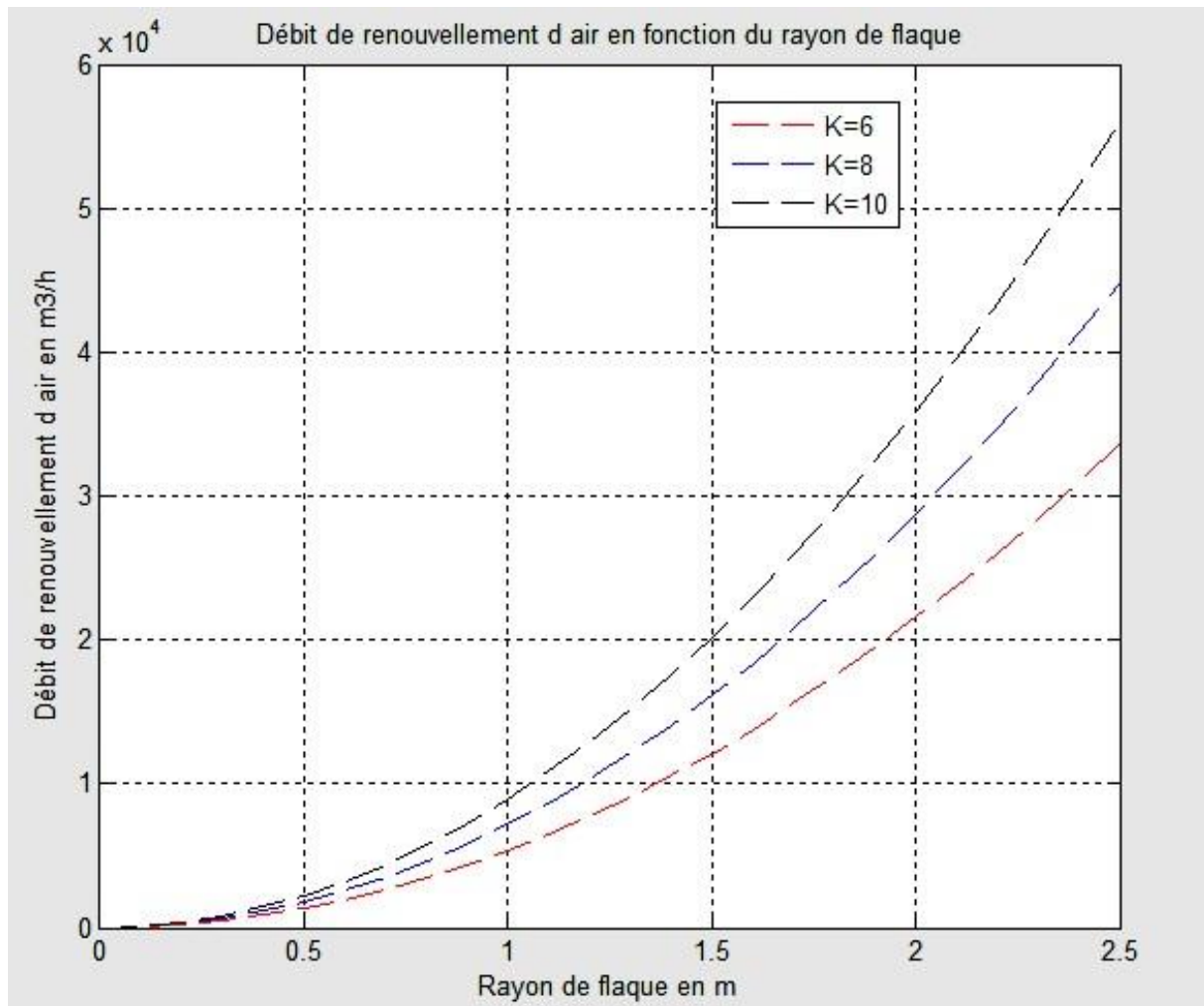


Figure (4. 2) : Débit de renouvellement d'air en fonction du rayons de flaque

Cette figure montre que le débit de renouvellement d'air est plus important pour des valeurs de rayon de flaque plus grandes. En effet, ce dernier a une relation proportionnelle avec le débit volumique de vapeur qui croît avec l'ampleur de la flaque. De plus, les courbes pour les différents coefficients de sécurité croient respectivement par rapport au rayon de la flaque.

La courbe pour $k=10$ donne des valeurs de débit de renouvellement d'air relativement importants en particulier pour des flaques de rayons supérieurs à 1 mètre allant jusqu'à 50 000 m³/h pour $R=2,5$ m. Les courbes de débit correspondantes à $k=8$ et $k=6$ sont de moins en moins accentuées étant donné la proportionnalité de ce coefficient par rapport au débit de renouvellement d'air. Toutes fois, afin de minimiser le temps de réponse de notre système de ventilation, il faudrait choisir le coefficient de sécurité maximal ($k=10$) pour atteindre des débits d'air importants et couvrir ainsi des flaques de diamètres plus grands.

4.4. Etude de l'efficacité du système d'extraction en fonction de temps pour différents rayons :

Reprenons l'expression du taux de concentration des vapeurs du produit inflammable qui évolue en actionnant le système d'extraction.

Dans cette partie, nous allons évaluer le taux concentration de la substance inflammable par rapport à la LIE en faisant varier cette fois ci, le rayon de la flaque déversée à l'intérieur de notre enceinte. Les valeurs choisies pour le rayon R de la flaque en question sont : 0,5m ; 1m ; 1.5m ; 2m et 2.5 m.

Le coefficient de sécurité est pris égal à 10.

Ce taux de concentration est le rapport en volume du débit de vaporisation d'une flaque déversée sur le débit d'air à extraire par le ventilateur :

$$X_{lie}(t) = \frac{V_{0vap} + Q_{vap} \times t}{V_0 + Q_{air} \times t} \times \frac{1}{LIE}$$

Avec :

X_{LIE} : le pourcentage par rapport à la LIE des vapeurs du produit en %

V_{0vap} : le volume initial (à $t=0$) de vapeurs d'essence correspondantes à 30% de la LIE en m^3

V_0 : Le volume du local (enceinte) à ventiler en m^3

Les figures ci-dessous représentent le taux de la variation temporelle de la LIE en fonction des périodes de marche du système d'extraction pour différents rayons de flaque. Notre système d'extraction est supposé s'enclencher à partir d'une concentration max (de départ) de 30% LIE.

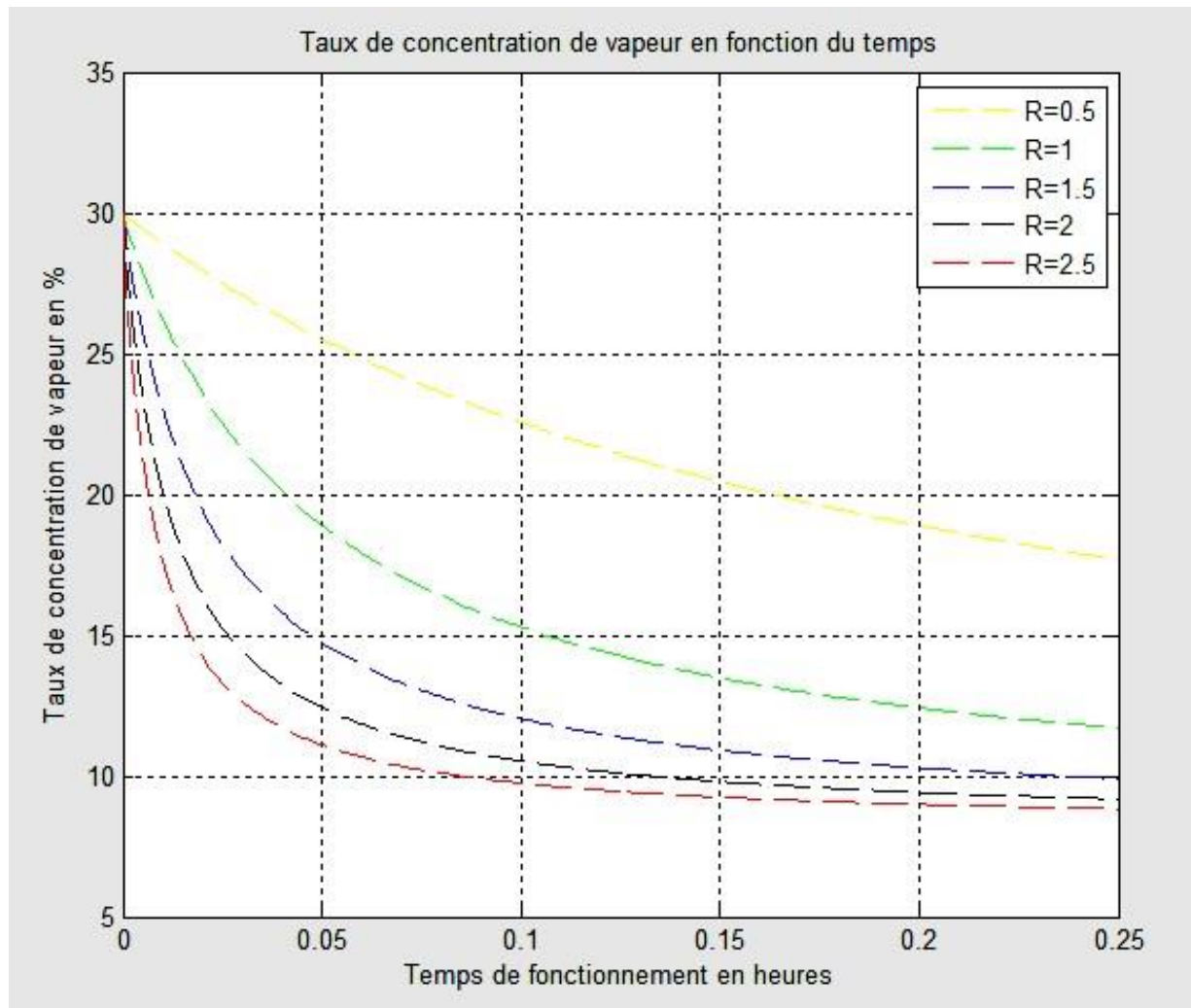


Figure (4.3) : variation de l'efficacité de système d'extraction pendant 1/4 heure pour différents R

Pendant un quart-heure de fonctionnement, on remarque que notre système a pu mettre deux courbes pour les rayons de $R=2.5$ et 2 mètre en-dessous de la valeur de sécurité (10%LIE). Par contre, l'extracteur a besoin de plus de temps de marche pour faire baisser les autres courbes relatives aux rayons de flaque de $R=1.5$, $R=1$ et $R=0.5$ de la limite consignée. En fait, les flaques relatives aux rayons (R inférieur à $1,5$ m) font ressortir des débits de renouvellement d'air moins importants pour que le taux de concentration des vapeurs soit abaissé à sa valeur de sécurité au bout d'un quart-heure de fonctionnement. Par conséquent, il faudrait plus de temps au système d'extraction (une demie heure) pour réduire cette valeur à la limite voulue. La figure ci-après illustre cette phase de fonctionnement pour une demie heure (30 minutes).

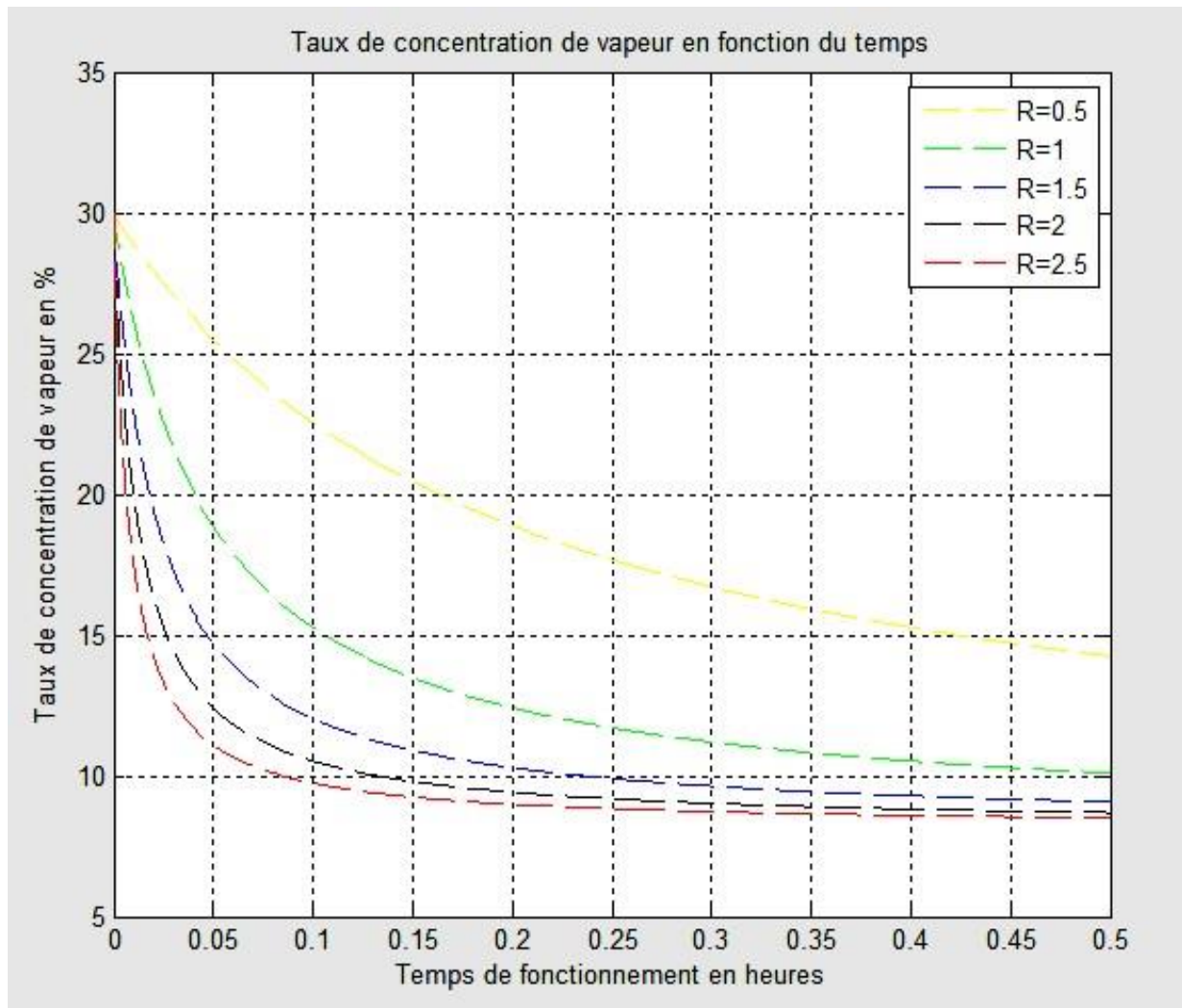


Figure 4. 4 la variation de l'efficacité de système d'extraction pendant une demie heure.

Le graphe montre que pour un demi- heure de marche, le système d'extraction a pu mettre trois courbe au-dessous de 10% de la LIE pour des rayons $R=2.5m$, $R=2m$ et $k=1.5m$. Pour le cas du fonctionnement avec $R=1m$ et $R=0.5$, le ventilateur a besoin de plus de temps afin d'abaisser cette concentration de vapeurs inflammables au niveau de la valeur de sécurité requise.

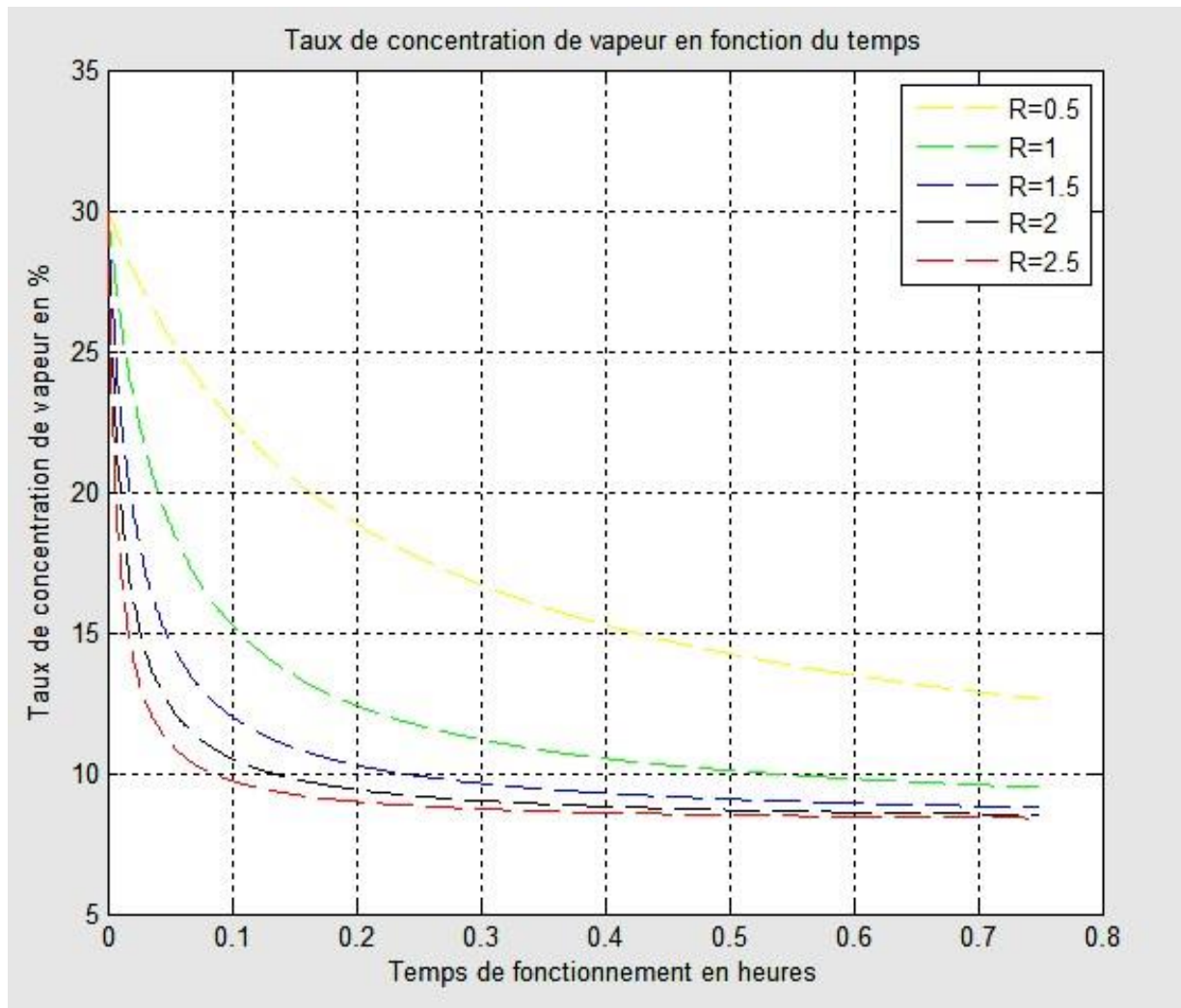


Figure (4.5) : Variation de l'efficacité de système d'extraction pendant 45 minutes pour différents rayons.

Pendant trois quart-heure de marche de l'extracteur, on constate que même pour le dernier cas de fonctionnement ($R=0.5$), la concentration de vapeur n'est toujours pas ramenée à la valeur de sécurité. En effet, les débits d'extractions d'air relatifs aux petits diamètres de flaque sont indésirables dans les cas de taux de présence des vapeurs assez grand au sein du dépôt (local). De ce fait, il faut tenir compte pour le choix du débit minimal de fonctionnement de l'extracteur la valeur relative à un rayon de flaque de 1 mètre qui correspond à $Q_{\text{air,min}} = 9000 \text{ m}^3/\text{h}$ et dont le temps de réponse admissible de notre système est de 45 minutes.

La figure ci-dessous tracée pour des temps de fonctionnement allongés (deux 02 heures), nous permet aussi de déduire les limites relatives au taux de concentration des vapeurs par rapport à la LIE du produit pour différents rayons de flaque.

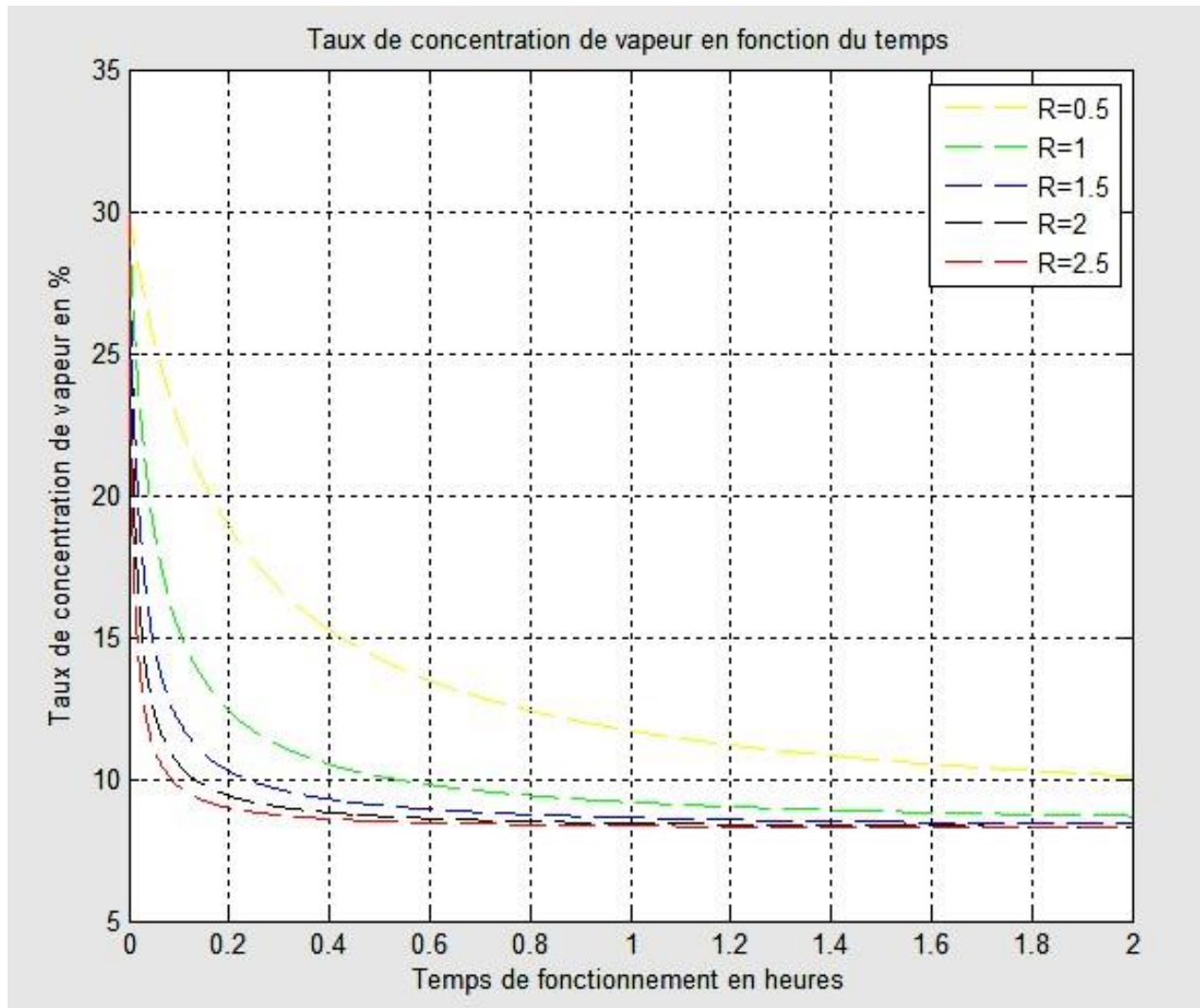


Figure (4.6) : Variation de l'efficacité de système d'extraction pendant deux (2) heures pour différents rayons.

On remarque clairement que pour deux heures de fonctionnement, les courbes du taux de concentration de la substance par rapport à la LIE commencent à tendre vers des valeurs limites. En effet, cela nous renseigne sur l'efficacité limite du système (exemple pour $R=2.5$, $X_{LIE \min} = 8,26\%$). Pour les autres rayons la limite est plus importante.

On conclut, de ce fait, que le choix du débit nominal de renouvellement d'air est influencé d'une manière directe par le rayon de flaque admissible et le temps de réponse du système afin de

réduire le taux de concentration aux valeurs de sécurité données par les normes ATEX. Pour ce faire, nous allons opter pour un extracteur muni d'un variateur de vitesse et ce, afin d'optimiser son fonctionnement en fixant d'une part, les rayons de flaque tolérables (min et max) et d'autre part, l'efficacité du système.

Ces considérations de fonctionnement sont explicitées dans le paragraphe qui suit.

4.5. Fonctionnement du système d'extraction :

Cette partie constitue une synthèse des résultats obtenus lors des simulations précédentes et ce, en faisant varier les différents paramètres du problème. L'objectif principal étant d'optimiser le fonctionnement du ventilateur.

On a constaté que le choix du débit volumique de renouvellement d'air doit être effectué en tenant compte :

- Du coefficient de sécurité K (de 4 à 10)
- Du temps de réponse du système d'extraction (efficacité) pour faire abaisser la concentration de la LIE en dessous de 10%.
- De l'ampleur de la fuite considérée (rayon de flaque d'essence déversée).

Dans l'industrie, le fonctionnement de ce système de renouvellement d'air ou VMC en présence d'ATEX est automatisé. Ses composants principaux sont les suivants :

- Mise en place (à l'intérieur du local) de détecteurs de gaz qui mesurent instantanément la concentration de la substance inflammable dans l'air du local sujet au stockage du produit dangereux.
- Un extracteur d'air pour faire renouveler l'atmosphère du local
- Un réseau d'extraction composé de grilles de reprise d'air, de filtres, de gaine ou conduits d'air, de clapets coupe-feu...etc
- Une centrale feu&gaz sous forme d'un mini automate pour gérer le fonctionnement du ventilateur.

La figure suivante illustre le fonctionnement de notre système d'extraction avec vitesse variable et ce, pour un rayon de flaque de référence $R=1,5$ mètres. Nous avons fixé les débits de renouvellement d'air comme suit :

- Débit d'air min : 9000 m³/h
- Débit d'air nominal : 14 000 m³/h
- Débit d'air max : 18 000 m³/h

Ces valeurs ont été déduites des simulations précédentes relativement par rapport à un intervalle admissible de rayons de flaque entre 1 et 1,5.

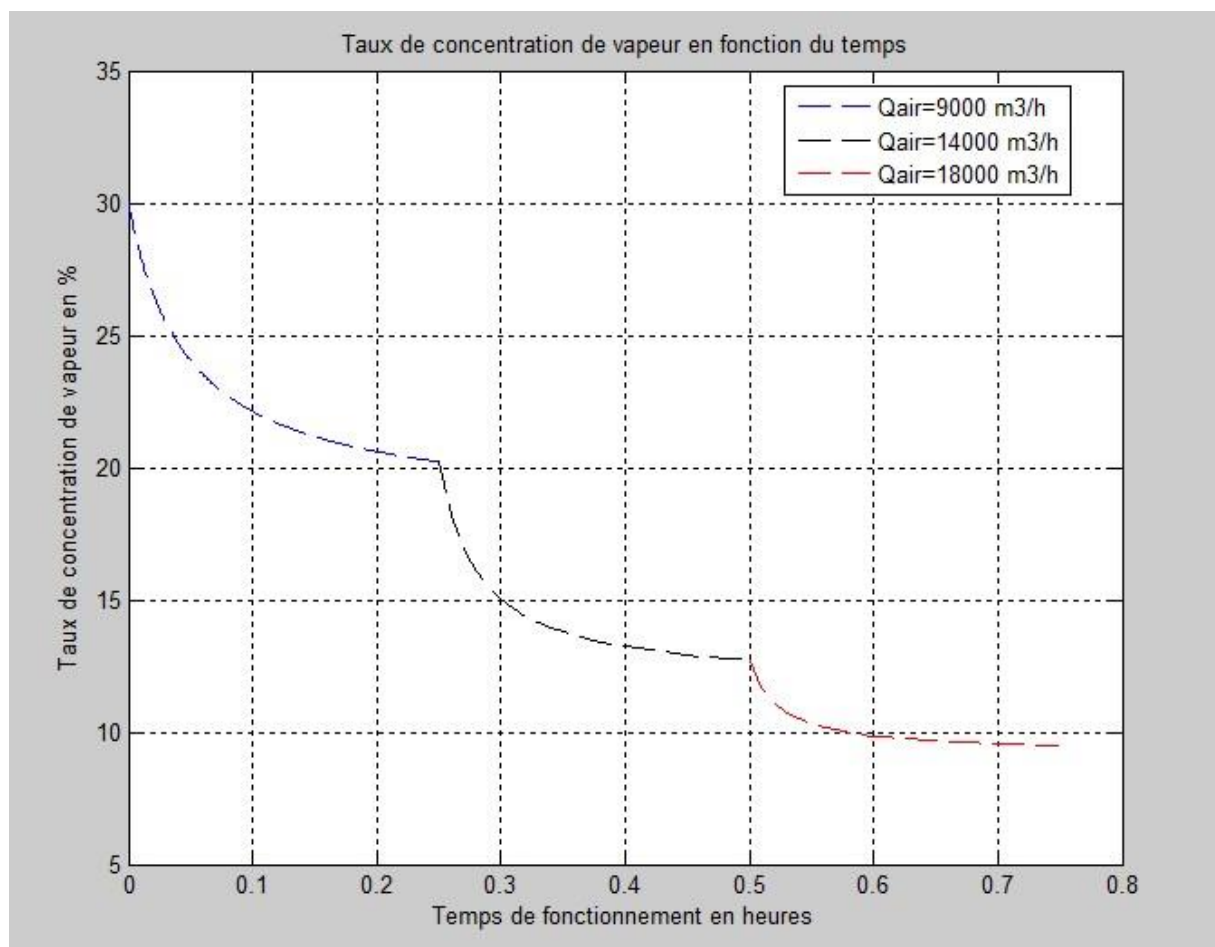


Figure (4.7) : Fonctionnement d'un système d'extraction à vitesse variable.

En effet, ce graphe fait ressortir les différentes phases de fonctionnement optimisé du système d'extraction. On remarque l'apparition de trois seuils de LIE : 30% ; 20% et 10% qui correspondent respectivement aux débits minimal, nominal et maximal choisis en amont.

Nous déduisons aussi par l'intermédiaire de cette simulation les intervalles de temps de fonctionnement de quinze minutes entre deux seuils de LIE pour atteindre un temps de réponse global du système de 45 minutes correspondant au cas le plus défavorable (admissible) (ie) pour un rayon de flaque maxi de 1,5 mètres.

Gestion automatisée du système d'extraction

Dans cette partie nous présentons la mise en place de ce système de renouvellement d'air choisis pour notre Local (dépôt de stockage) en présence d'une ATEX.

Le fonctionnement du ventilateur muni d'un variateur de vitesse en trois seuils est régulé (géré) via la centrale feu&gaz en fonction des informations communiquées par les détecteurs de gaz suivant l'ampleur ou la gravité de la fuite ; les séquences de l'enclenchement et fonctionnement du système sont les suivantes :

- Le démarrage de l'extracteur survient après détection d'un taux de concentration % à la LIE du produit en dessus de 30%. La centrale ainsi donne le signal pour faire enclencher le ventilateur à sa vitesse minimale. Le débit volumique minimal correspondant est $Q_{\text{air,min}} = 9\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$.
- Si au bout de quinze (15) minutes de fonctionnement, la concentration des vapeurs n'est pas abaissée en dessous de 20% de la LIE, la centrale feu&gaz déclenche la deuxième vitesse de l'extracteur qui correspond au débit nominal du ventilateur $Q_{\text{air,nom}} = 14\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$.
- Par suite, le système d'extraction fonctionnera à ce débit nominal pendant quinze (15) autres minutes ; si le taux de concentration de vapeur par rapport à la LIE n'est pas abaissé en dessous de 10% (information communiquée par les détecteurs de gaz), la troisième vitesse du ventilateur est déclenchée par la centrale équivalente au débit maximal de ce dernier $Q_{\text{air,max}} = 18\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$. La concentration des vapeurs devrait s'abaisser en dessous de la limite de sécurité (10% LIE) pendant un intervalle de fonctionnement de quinze (15) minutes.
- Si en effet, on est en présence d'une fuite de carburant très importante ($R > 1,5\text{m}$) et que le système d'extraction ne peut pas maîtriser même en fonctionnement au débit maximal du système, le taux de concentration à l'intérieur du local peut augmenter. Deux cas de figure se présentent :

- Le système continuera de fonctionner sans s'arrêter. Un opérateur doit vérifier au niveau du local l'ampleur de la fuite.
- Le dépôt doit être mis-en hors tension si le taux de concentration transmis par les détecteurs de gaz à la centrale atteint 40% de la LIE.

4.6. Influence de quelques paramètres sur le taux de concentration de la substance inflammable :

Dans cette partie nous allons rajouter deux simulations relatives à l'influence du volume du local ainsi que le premier seuil d'enclenchement du système d'extraction sur le temps de réponse de notre système.

4.6.1. Influence de volume du local :

Le volume de local est l'un des facteurs les plus importants sur le taux de concentration de la LIE.

Pour une flaque de rayon $R=1$ mètre et un coefficient de sécurité $k=10$.

Les volumes allant de $V_0 = 100 \text{ m}^3$ jusqu'à 1200 m^3 .

Un débit de renouvellement d'air correspondant au débit min de l'extracteur (9000m³/h)

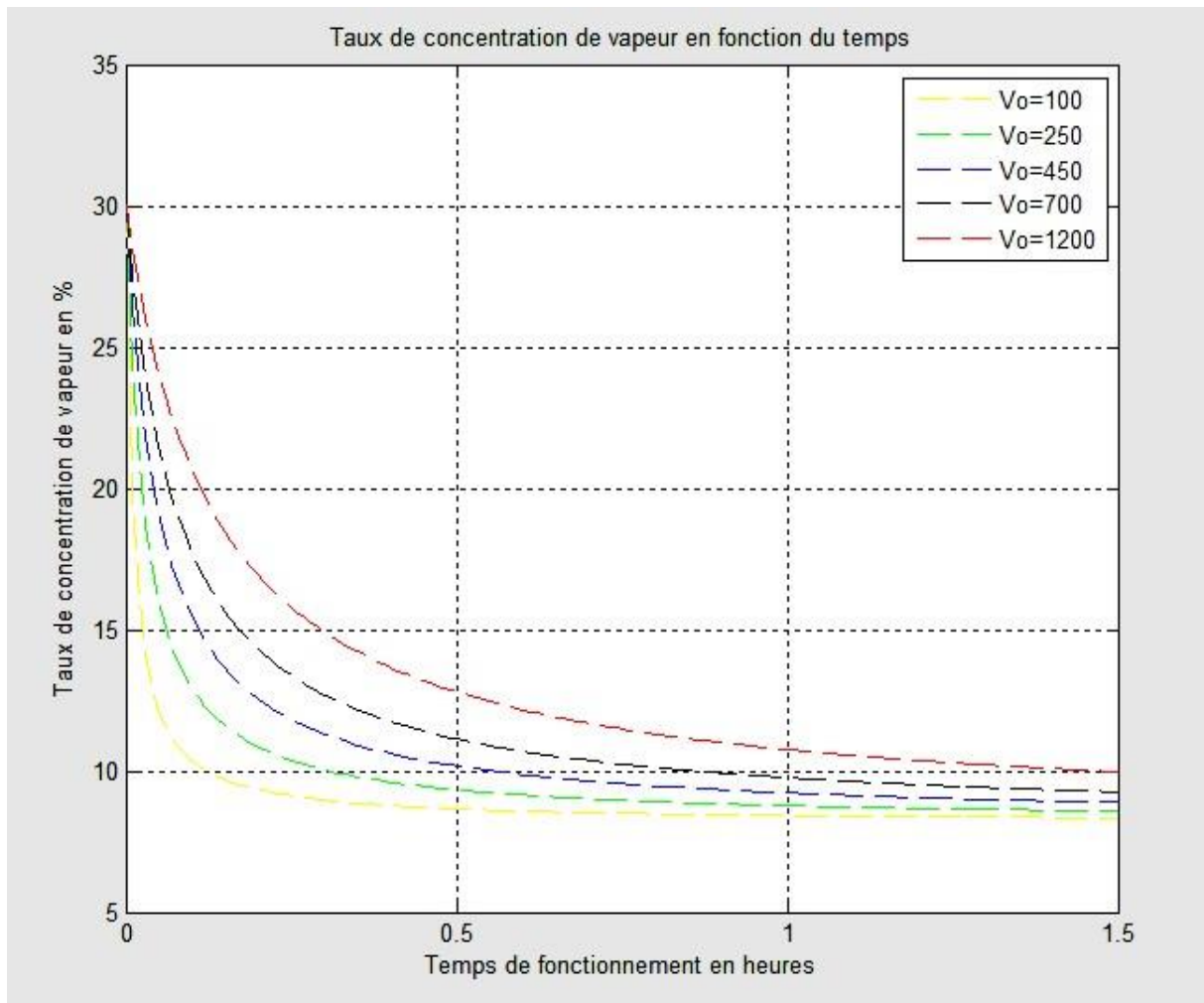


Figure (4.8) : influence du volume de local sur le taux de concentration de la vapeur.

La figure ci-dessus représente l'influence du volume du local sur le temps de réponse du système d'extraction. On remarque que plus le volume du local augmente plus le temps de réponse pour atteindre la valeur de consigne du taux de concentration de la LIE augmente. Par exemple, pour un volume du local de 1200m³ (environ 3fois le volume choisi), le temps de réponse est d'une heure et demi soit deux fois le temps prévu initialement. Contrairement à un volume du local réduit (exemple pour 100 m³), le temps de réponse du système pour abaisser la concentration en dessous de 10%LIE n'est que de 9 minutes.

En effet, le volume initial des vapeurs est plus important pour des volumes de locaux plus grands et ce, pour une même concentration d'enclenchement de l'extraction d'air (30%LIE) ; donc, le temps de soutirage de ces vapeurs sera plus grand.

4.6.2. Influence du taux de concentration initial sur le temps de réponse du système d'extraction :

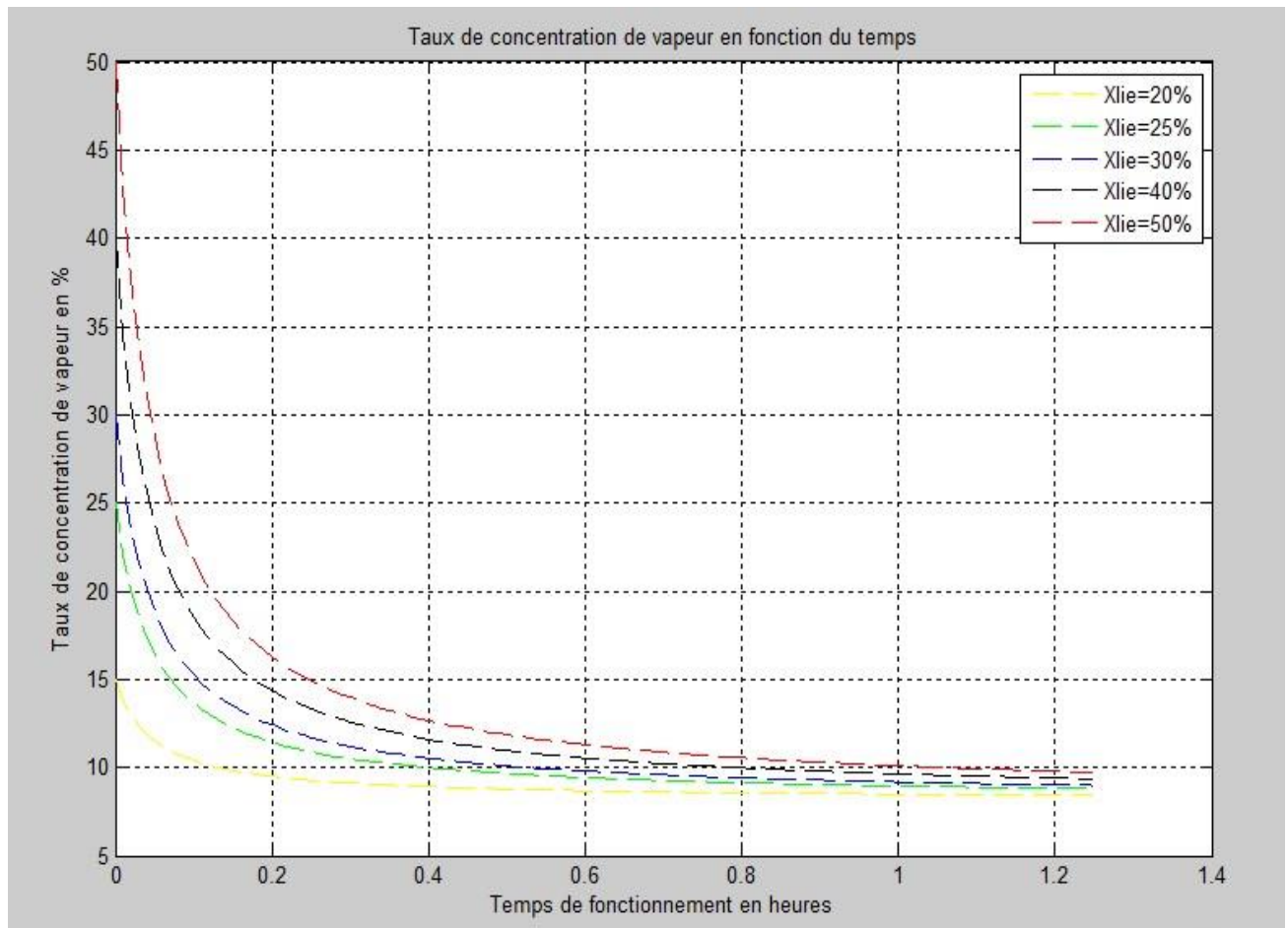


Figure (4.9) : Influence de la LIE initial sur le système d'extraction.

Cette figure représente le taux de concentration de la vapeur initiale dans notre enceinte en fonction du temps de réponse de l'extracteur pour différentes valeurs initiales de la X_{LIE} , d'enclenchement du système. Le débit de renouvellement d'air correspond au débit min de l'extracteur et le débit des vapeurs sont considérées pour un rayon de flaque égal à 1 mètre.

On remarque que pour des valeurs initiales supérieures à 30%LIE, le temps de réponse de notre système augmente de plus en plus (exemple pour 50%LIE, il faut une heure et quart pour atteindre 10%LIE). De l'autre côté, le temps de réponse est plus réduit pour les valeurs initiale inférieures à 30%LIE, pour un taux de LIE égal à 15%, le temps de réponse correspondant à 10%LIE n'est que de 12 minutes.

Ceci s'explique par le fait que le volume accumulé des vapeurs inflammables est proportionnel au pourcentage initial par rapport à la LIE pour l'enclenchement du système.

4.7. Choix du ventilateur pour notre système d'extraction :

Pour un choix méthodique, nous avons fait une étude pour ventilateurs cités ci-dessous.

D'après les courbes caractéristiques citées dans le chapitre précédent et en tenant compte de la plage de débits opératoires obtenus à partir des résultats de simulation du fonctionnement de notre système, nous optons pour :

Un ventilateur centrifuge a réaction fonctionnant dans un intervalle de vitesses minimale et maximale dont les débits correspondants sont respectivement 9000 m³/h et 18000 m³/h.

En faisant varier la vitesse, on peut changer le débit de façon proportionnelle. La variation de vitesse est la méthode la plus favorable pour optimiser la consommation énergétique.

La variation de la vitesse peut être progressive à partir de la variation de la fréquence ou étagée à partir de moteurs à plusieurs vitesses (nombre de paires de pôle variable).

La Hauteur Monométrique Totale HMT du ventilateur est bien évidemment variable en fonction de la vitesse de rotation de ce dernier.

En effet, le dimensionnement du réseau aéraulique de notre installation (grilles de reprise d'air, gaines aéraulique, accessoires...) nous permet de calculer la différence de pression que le ventilateur doit assurer pour travailler dans son point de fonctionnement. Par ailleurs, ce calcul doit être fait pour le cas le plus défavorable (fonctionnement au débit maximum) et ce, pour le bon choix des sections de passage et des équipements. On aura en effet, trois points de fonctionnement $Q_{air\ min}$, $Q_{air\ nom}$ et $Q_{air\ max}$ qui correspondent aux HMT respectives.

Soit HMT_{max} , la différence de pression que le ventilateur doit assurer pour un fonctionnement à $Q_{air\ max}$.

Les deux autres HMT nominale et minimale sont déduites comme suit :

$$HMT_{nom} = HMT_{max} \times (Q_{air\ nom}/Q_{air\ max})^2$$

$$HMT_{min} = HMT_{max} \times (Q_{air\ min}/Q_{air\ max})^2$$

Les courbes caractéristiques correspondantes à ce type de ventilateur sont représentées par la figure suivante :

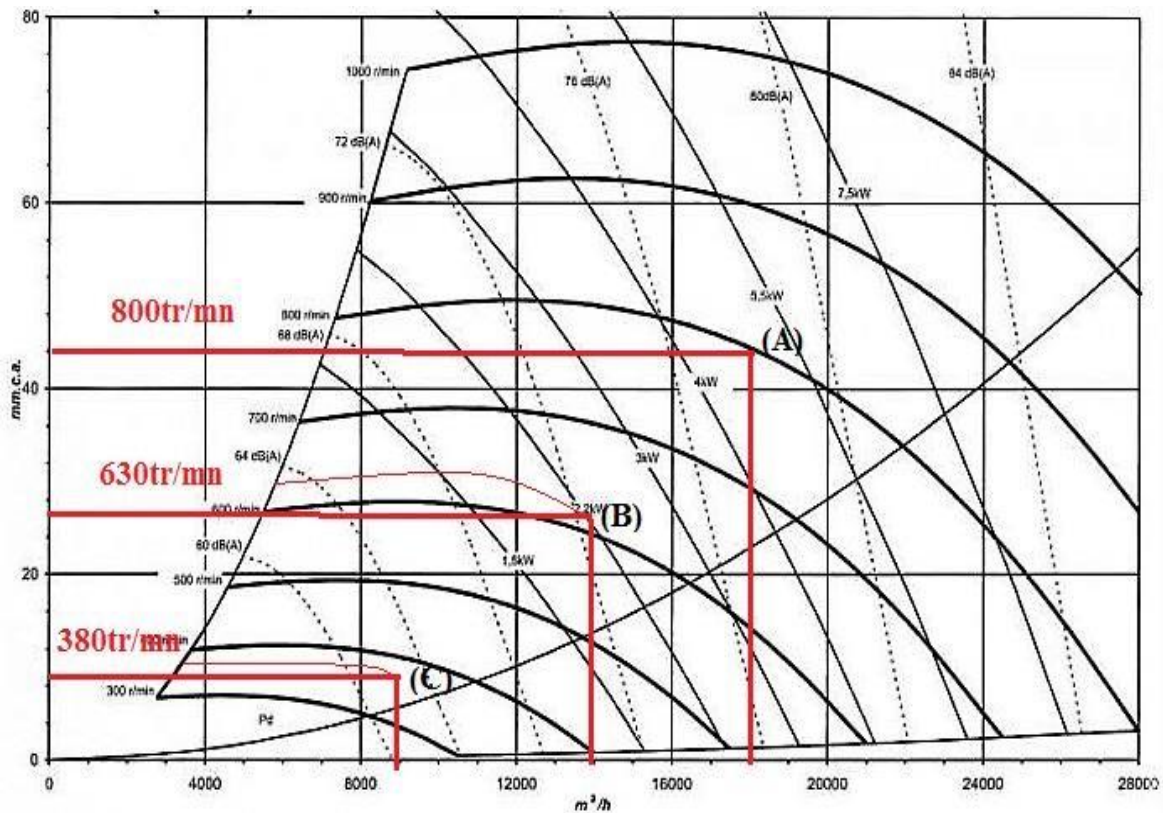


Figure 4. 10 courbes caractéristique pression-débit d'un ventilateur centrifuge à réaction muni d'un variateur de vitesses

A partir de cette figure et pour un débit maximum de fonctionnement du ventilateur (18 000 m³/h) correspond une HMT_{max} de 45 mmCE. Le réseau aéraulique aura une courbe caractéristique qui présente une perte de charge équivalente à HMT_{max} (avec calibrage du réseau via un registre principal d'équilibrage). Les autres HMT auront les valeurs suivantes :

$$HMT_{nom} = 27,27 \text{ mmCE.}$$

$$HMT_{min} = 11,25 \text{ mmCE.}$$

Ces trois valeurs de HMT déterminent en effet, les différents points de fonctionnement et donc, le choix des vitesses de rotation spécifique au variateur de vitesses du ventilateur.

Les données opératoires de fonctionnement sont résumées ci-dessous :

Point de fonctionnement à débit maximum « A » :

- Vitesse de rotation : **800 tr/min.**
- Puissance absorbée : **4.5 kW.**
- Pression totale disponible : **45 mmCE.**

Point de fonctionnement à débit nominal « B » :

- Vitesse de rotation : **630 tr/min.**
- Puissance absorbée : **2,2 kW.**
- Pression totale disponible : **27.27 mmCE.**

Rapport des débits : $14000/18\ 000 = 0,78 = 78\%$.

Rapport des puissances : $2.2/4.5 = 0.49 = 49\%$.

Point de fonctionnement à débit minimal « C » :

- Vitesse de rotation : **380 tr/min.**
- Puissance absorbée : **0.5 kW.**
- Pression totale disponible : **11.25Pa= 20 mm CE (daPa).**

Rapport des débits : $9\ 000/18\ 000 = 0,5 = 50\%$.

Rapport des puissances : $0.5/4.5 = 0.11 = 11\%$.

4.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons simulé via un langage de programmation sous Matlab différents paramètres qui régissent le fonctionnement d'un système de renouvellement d'air afin de réduire le taux de la substance inflammable dans un local sujet à des émanations de vapeurs formant ainsi une ATEX.

Les résultats obtenus nous permis d'effectuer le bon choix des paramètres de fonctionnement de l'extracteur (avec variateur de vitesse à trois seuils) et ce, sur la base d'un temps de réponse maximum de 45 minutes.

L'influence de certains paramètres, en particulier, le volume du local de stockage ainsi que le taux de concentration de vapeur initial pour le démarrage sur le temps de réponse (efficacité) du système ont été mis en exergue.

L'objet de ce travail était la simulation du fonctionnement d'un système de renouvellement d'air pour un local soumis à une présence permanente et/ou occasionnelle d'une ATEX formée par un mélange d'air et de vapeur inflammable.

Cette étude, dans un premier temps, a permis de définir certaines notions concernant l'Atmosphère Explosive, sa classification et risques encourus. Dans un deuxième temps, nous avons pu nous intéresser plus particulièrement aux systèmes de ventilation et à leur principe de diffusion de l'air. Nous avons ainsi pu nous rendre compte que l'emplacement des bouches est très important ; d'une part, pour éviter que l'air extrait soit réintroduit (aspiré) par les grilles d'entrée d'air et d'autre part, le choix de l'emplacement des bouches d'extraction pour capter la substance à la source et éviter ainsi sa dispersion dans toute l'atmosphère du local. La présentation de la problématique et sa modélisation nous a alors permis de mettre en exergue les relations de calcul des débits de vapeur et d'air en fonction de plusieurs paramètres ainsi que l'évaluation temporelle des performances (efficacité) de notre système d'extraction choisis. En final, nous avons pu mettre en application notre système d'équations pour le cas d'un stockage d'un produit hydrocarbure (essence) dans un milieu confiné et sujet à des émanations de vapeurs suite à un éventuel déversement de l'essence formant une flaque de différentes ampleurs. Un code de calcul a été élaboré sous Matlab tenant compte de tous les paramètres du problème pour simuler et analyser différents cas de fonctionnement du système afin d'effectuer les choix optimaux de dimensionnement des équipements. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- On a constaté que le choix du débit volumique de renouvellement d'air doit être effectué en tenant compte :
 - Du coefficient de sécurité K (de 4 à 10)
 - Du temps de réponse du système d'extraction (efficacité) pour faire abaisser la concentration de la LIE en dessous de 10%.
 - De l'ampleur de la fuite considérée (rayon de flaque d'essence déversée).
- Le fonctionnement optimal de notre système de renouvellement d'air est porté sur un extracteur à vitesse variable pour trois débits opératoires et ce, pour un intervalle tolérable de rayon de flaque entre 1 et 1,5 mètres. Le temps de réponse optimal du système déduit à partir de plusieurs simulations effectuées a fait ressortir une valeur de 45 minutes dans le cas le plus défavorable.

Nous avons fixé ainsi les débits de renouvellement d'air comme suit :

- Débit d'air min : 9000 m³/h
- Débit d'air nominal : 14 000 m³/h
- Débit d'air max : 18 000 m³/h

Le temps de réponse (efficacité) du système a été évalué en fonction de certains paramètres, en particulier, le volume du local de stockage ainsi que le taux de concentration de vapeur initial.

Les conclusions sont les suivantes:

- Plus le volume du local augmente plus le temps de réponse pour atteindre la valeur de consigne du taux de concentration de la LIE augmente. C'est une conséquence directe du volume initial des vapeurs qui est plus important pour des volumes de locaux plus grands et ce, pour une même concentration d'enclenchement de l'extraction d'air (30%LIE).
- Pour des valeurs initiales supérieures à 30%LIE, le temps de réponse de notre système augmente de plus en plus. De l'autre côté, le temps de réponse est plus réduit pour les valeurs initiale inférieures à 30%LIE; en effet le volume accumulé des vapeurs inflammables est proportionnel au pourcentage initial par rapport à la LIE.

En final, nous recommandons le fonctionnement du ventilateur centrifuge a réaction muni d'un variateur de vitesse en trois débits minimal, nominal et maximal est régulé via la centrale feu&gaz en fonction des informations communiquées par les détecteurs de gaz suivant l'ampleur ou la gravité de la fuite.

Ainsi, pour conclure, il faut noter que la conciliation entre efficacité de ventilation contre les Atmosphère explosive est aujourd'hui indispensable.

[1] : Institut National de Recherche et de Sécurité document, Octobre 2002.

[2] : Institut National de l'Environnement des Risques Industriels et Sécurité document, 2004.

[3] ; [4] ; [5] : Jean Michel Petit, Jean Louis Poyard ; gaz et vapeur ed911 INRS document 1^{er} édition 2004.

[6] : Par un groupe de travail comprenant des spécialistes de Carsat, ed945 INRS document, 2015.

[7] ; [8] : RECKNAGEL, SPRENGER, SCHRAMEK ; Le RECKNAGEL manuel pratique du génie climatique 3em édition. Oldenbourg, 2001.

[9] : S. Alonso CRAM Rhône-Alpes, B. Courtois INRS Paris, M Dessagne INRS Nancy. Le dossier d'installation de ventilation ed6008 INRS document.

[10] : règle de l'art en ventilation aux milieux explosifs description de la directive ATEX

[11] : rapport conception du réseau de ventilation Master Prévention des Risques et Nuisances Technologiques INERIS.

[12] ; [13] ; [15] : J. Chaineaux, Aide à l'application de la réglementation ATEX (pour une amélioration de la sécurité dans les établissements d'enseignement supérieur) 18 juin 2009.

[14] Jean Michel Petit, gaz et vapeur ed965 INRS document, édition 2007.

[16] ; [18] : Jean. Desmons Aide-Mémoire Génie climatique 4^{ième} édition, Dunod Paris 2008 ,2009.

[17] : Christophe Delmotte, Calcul des pertes de pression et dimensionnement des Conduits de ventilation Laboratoire Qualité de l'Air et Ventilation CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction, 2012.

Résumé

Résumé : L'objectif de ce travail est le dimensionnement (conception) d'un système d'extraction d'une installation de ventilation mécanique contrôlée à simple flux (entrée d'air naturelle, sortie d'air forcée) pour un espace confiné en présence d'une Atmosphère Explosive.

Un code de calcul sous Matlab a été élaboré pour l'observation de l'évolution du taux de concentration de la substance dangereuse (essence) au sein de notre dépôt.

Nous avons présenté les résultats obtenus par des courbes lors de la modification de plusieurs paramètres qui influent sur le taux de concentration de la LIE afin de l'abaisser en-dessous de la valeur de sécurité définie par les normes en vigueur.

Mots clés : Installation de VMC à simple flux, Espace Confiné, Atmosphère Explosive,

Abstract : The aim of this object is the design of a system of extraction of a single flow controlled mechanical ventilation installation (natural air inlet, forced air outlet) for a space confined in presence of an Explosive Atmosphere. A calculation code under Matlab has been developed to observe the evolution of the concentration rate of the dangerous substance (gasoline) in our repository. We presented the results obtained by curves when modifying several parameters that influence the concentration rate of the LEL in order to lower it below the safety value defined by the standards in force.

Key words : Installation of single flow VMC, Confined Space, Explosive Atmosphere.

المخلص: الهدف من هذا العمل هو تصميم نظام استخراج تدفق واحد تسيطر عليه التهوية الميكانيكية التركيب (مدخل الهواء الطبيعي، منفذ الهواء القسري) لمساحة محدودة في وجود الغلاف الجوي المتفجرة. وقد تم تطوير كود حساب تحت ماتلاب لمراقبة تطور معدل تركيز المادة المتفجرة (البنزين) في مستودعنا. قدمنا النتائج التي تم الحصول عليها من المنحنيات عند تعديل العديد من الخصائص التي تؤثر على نسبة تركيز الـ LIE من أجل خفضه تحت قيمة المرغوبة التي تحددها المعايير السارية.

الكلمات المفتاحية: تركيب تدفق واحد VMC، الفضاء المحصور، الغلاف الجوي المتفجر.