

II.1.introduction:

L'industrie du ciment est parmi ce que l'on appelle les unités industrielles de base dans tous les pays en voie de développement. Elle participe à la construction des infrastructures de base du pays. Elle concerne deux secteurs de base : le bâtiment et les travaux publics. Mais le grand problème qui se pose dans le secteur de l'industrie du ciment est la pollution. Un effort particulier est déployé par la communauté internationale pour réduire le taux de pollution dans l'environnement particulièrement les gaz CO_2 dégagés lors de la production et la poussière qui se dépose sur tout l'entourage des usines.

Il y a lieu d'imaginer un taux de 2 à 5 %, parmi 2 milles tonnes de ciment à fabriquer par jour, qui se dépose sur l'entourage de l'usine. Le filtrage de la poussière du gaz qui se dégage est plus que nécessaire pour sauvegarder l'agriculture avoisinante. Pour cela des filtres électrostatiques sont installés [1].

Afin de répondre aux exigences légales en matière de protection de l'air, les fumées résultant de l'incinération des déchets urbains et industriels subissent plusieurs traitements avant d'être évacuées par les cheminées: dépoussiérage, captage des NO_x et des dioxines et lavage.

Pour des raisons médicales, sanitaires et de pureté de l'air, il est souhaitable de filtrer les petites particules de l'air et notamment les poussières industrielles, pollens, bactéries, virus, champignons, algues, et autres fines poussières... .

En dehors des systèmes fonctionnant par gravitation (dépôt des particules du fait de leur poids) et des systèmes cyclones fonctionnant par effet de force centrifuge (qui sont tous deux utilisés dans certaines applications industrielles spécifiques et aboutissent à des systèmes de grand encombrement).

Les deux méthodes les plus courantes pour assurer une décontamination des poussières de l'air consistent : l'une à barrer le flux d'air à l'aide d'un média (filtre mécanique) et l'autre à dévier et capturer les poussières par méthode électrostatique (électrofiltre). Selon la première méthode à filtre mécanique, l'air passe à travers un média filtrant poreux. On distingue des filtres mécaniques à filtration surfacique et des filtres mécaniques à filtration en profondeur [1].

I .2- L'air atmosphérique :

L'air atmosphérique est un mélange complexe de plusieurs gaz et de particules liquides et solides en suspension. **L'azote et l'oxygène** en sont les constituants majoritaires : 78 % en volume pour l'azote et 21 % en volume pour l'oxygène. Le 1 % restant rassemble **les gaz «rares»** [hélium, argon, néon, krypton, radon], la vapeur d'eau, le gaz carbonique, l'hydrogène, l'ozone, les particules solides et liquides en suspension (l'eau sous forme liquide ou solide, poussières fines, cristaux salins, pollens) et les polluants atmosphériques.

Il est généralement admis que la composition globale de l'air sec varie très peu jusqu'à 80 Km d'altitude : c'est **l'homosphère**.

En revanche, sa densité diminue avec l'altitude.

L'air constitue le premier des éléments nécessaires à la vie. Chez l'adulte, chaque jour, environ 14 000 litres d'air transitent par nos voies respiratoires.

L'atmosphère terrestre s'étend du sol jusqu'à une altitude de l'ordre de 150 Km Elle est composée de quatre couches .

- La troposphère : du sol à 10 Km,

La température de l'air décroît avec l'altitude ; les phénomènes Météorologiques sont pratiquement tous observés dans cette région.

- La stratosphère : de 10 à 50 Km,

La température de l'air augmente en raison de l'absorption du rayonnement solaire par l'ozone ; à 50 Km d'altitude, la pression est de l'ordre de 1mb (millibars).

- La mésosphère : de 50 à 80 Km,

La température de l'air diminue de nouveau fortement avec l'altitude.

- La thermosphère : au-delà de 80 Km,

La température croît constamment; à 150 Km d'altitude, la pression est de l'ordre de 5.10^{-5} mb (millibars). [3]

I.3- La pollution atmosphérique:

Le terme de pollution atmosphérique est utilisé pour décrire le mélange de substances présentes naturellement ou introduites artificiellement par les activités humaines dans l'air qui, en l'état actuel des connaissances, sont de nature à créer une atteinte à notre qualité de vie et à notre santé.

Elle est aussi néfaste pour l'environnement et le climat

(Pluies acides, pollution photochimique, trou de la couche d'ozone, effet de serre...).

La pollution atmosphérique est différente des autres formes de pollution : une fois que les polluants sont dans l'air, l'exposition devient difficile à éviter. Si des taux de pollution atmosphérique apparaissent dans une ville, on peut s'attendre à ce qu'une grande partie de la population soit exposée [4].

I.4- Traitement des poussières : aérosols et gaz de procédé :

I.4.1. Poussières: solide dans l'air :

Effluents atmosphériques chargés de poussières dans différents procédés, composition granulométrique des poussières jamais homogène (Paramètre le plus important pour le choix d'un séparateur = diamètre des particules).

Deux grandes catégories :

- Poussières d'origine mécanique (difformes)
- Poussières d'origine thermique (sphériques)

Différences : silice colloïdale très fine ($\approx 0,1\mu\text{m}$) et extrêmement nocive, noir de carbone même diamètre, mais très peu nocif plus le spectre granulométrique est large, plus la séparation des poussières est facile (Effet d'entraînement des fines particules sur les grosses : auto-épuration)

Choix du dépoussiéreur dépend également du fluide porteur et de ses caractéristiques (Débit, composition chimique, T°). dans une phase liquide et ensuite traitement de la phase liquide). [5]

I.4.2- Pollution industrielle :

Les activités industrielles sont à l'origine d'émissions de polluants en raison de ses besoins propres en énergie thermique et des émissions spécifiques dues aux procédés de traitement ou de fabrication employés.

En quantités variables selon les secteurs industriels, elle est émettrice de monoxyde de carbone (CO) et de dioxyde de carbone (CO₂), de dioxyde de soufre (SO₂), de composés organiques volatils (COV), d'oxydes d'azote (NO_x), de métaux et de poussières diverses.

Les secteurs industriels les plus gros émetteurs de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote sont les papeteries, les industries chimiques, les verreries, et les industries agroalimentaires, notamment les sucreries.

Les rejets de composés organiques volatils sont principalement liés aux activités des établissements mettant en œuvre des solvants (Application de peinture sur produits finis, imprimeries...) et à l'industrie chimique.

I.5 - Le cycle des polluants :

Dès leur introduction dans l'atmosphère, les polluants émis, dits "primaires", sont soumis aux phénomènes de dispersion et de transport sous l'effet des turbulences atmosphériques et, notamment du vent et des gradients de température figure (I.1).

Ces polluants primaires vont ensuite être transformés chimiquement en polluants "secondaires".

Le niveau de pollution atmosphérique dépend de nombreux facteurs :

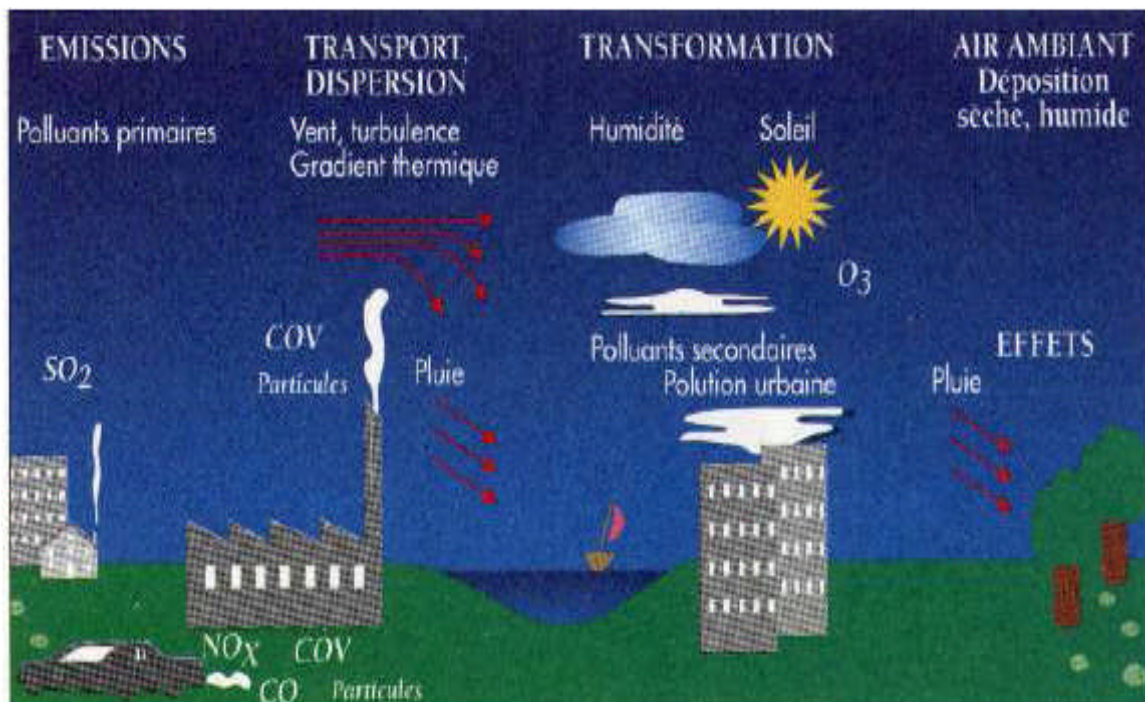


Figure I.1: Les différentes sources de la pollution

I.6- Technologies actuelles de limitation des émissions :

Pour dresser la liste des diverses technologies de limitation des émissions, il est important de comprendre que les options ne sont pas limitées aux dispositifs complémentaires de limitation des émissions.

Toute technique qui réduit les émissions doit être prise en compte. Les options pourraient appartenir aux types suivants : changement de matière première, changement des conditions de procédé,

Les options de limitation pour les sources à combustion pourraient inclure un changement du type de combustible. L'utilisation du gaz naturel peut réduire la production de NO_x , de SO_2 et de particules en suspension dans l'air (PM).

En dernier lieu, après avoir examiné tous les procédés et moyens opérationnels viables pour réduire les émissions, il faudra examiner l'installation de matériel de limitation des émissions. On trouvera ci-après une brève liste avec explications des dispositifs disponibles à cet effet. [6]

I.7 - Les types des dépoussiéreurs :

Il y a quatre types [7]

- 1) Dépoussiéreurs mécanique : gravité, inertie, forces centrifuge.
- 2) Dépoussiéreurs humides (scrubber) : captage des particules dans Une phase Liquide.
- 3) Dépoussiéreurs a couches poreuses.
- 4) Dépoussiéreurs électriques (électrostatiques) : champ électrique.

I.7.1 -Dépoussiéreur mécanique:

Séparer les poussières et certaines vésicules par des forces mécaniques :

Pesanteur : chambre de décantation

Force centrifuge : séparateurs centrifuges, cyclones :

On met en rotation les effluents gazeux, les particules solides et liquides sont projetées vers l'extérieur et séparées du gaz vecteur; pour des grandes particules, diamètre > 5 à $10\mu\text{m}$.

Inertie : séparateurs à chicanes :

à l'entrée : admission effluente gazeuse à traiter,

à la sortie : les particules lourdes ne peuvent contourner l'obstacle et sont récupérées en position inférieure. Les principaux types de dépoussiéreurs mécaniques sont représentés sur les figure (I.2), (I.3) et figure (I.4).

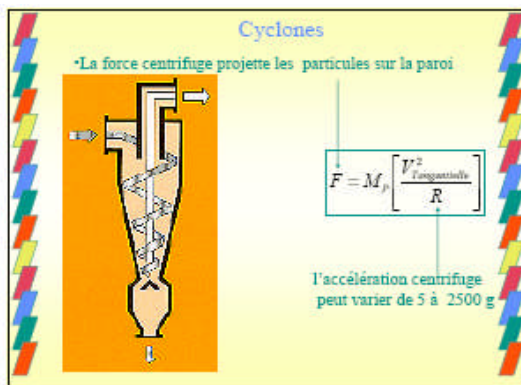


Figure I.2:un cyclone

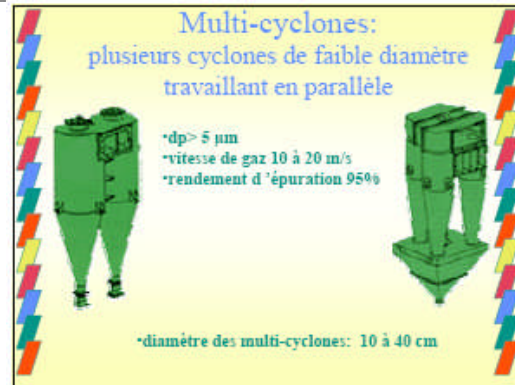


Figure I.3:un multi-cyclones

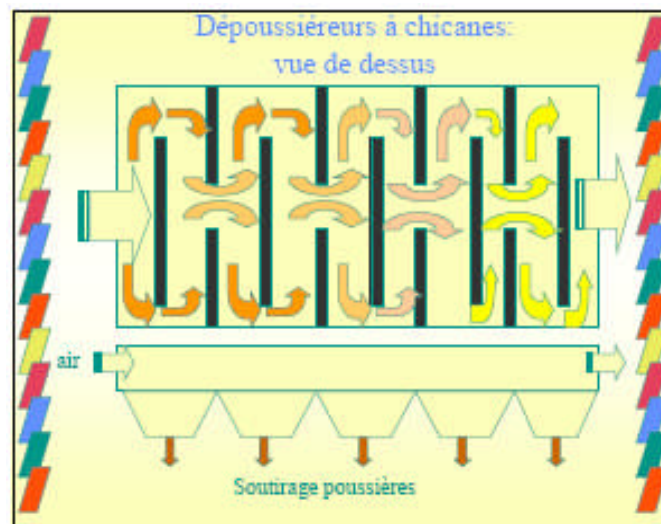


Figure I.4:Dépoussiéreur a inertie

I.7.2- Dépoussiéreur humide (scrubbers):

Les épurateurs à voie humide utilisent de l'eau vaporisée de diverses manières et sous diverses pressions pour extraire les PM. Les particules d'eau se combinent aux particules polluantes et engendrent des gouttelettes de condensation souillées qui tombent au bas de l'épurateur où elles sont recueillies. Les épurateurs peuvent réduire les PM jusqu'à 95 %. Malheureusement, ils exigent une source d'alimentation continue en eau et produisent des déchets liquides qui doivent être transférés un système de traitement d'eaux usées [8].

Les différents types des dépoussiéreurs humides sont representes sur les figures suivantes :

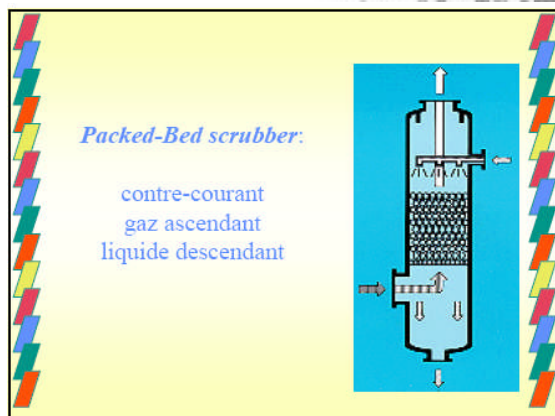


Figure I.5

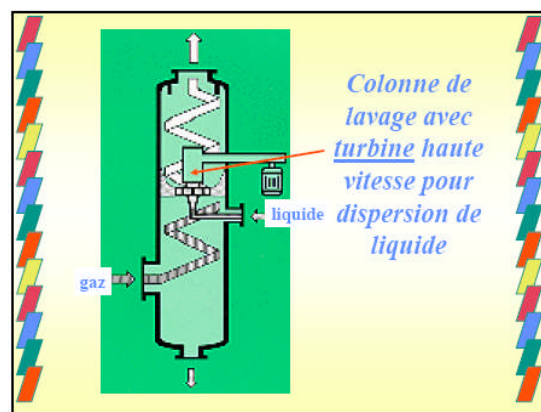


Figure I.6

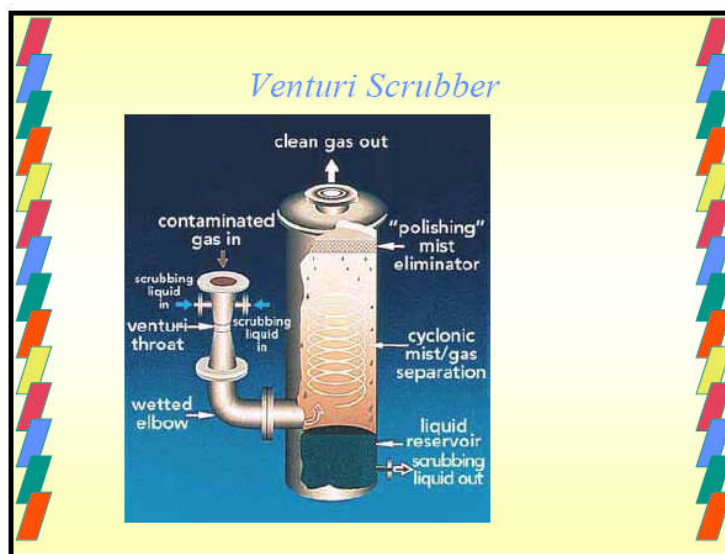


Figure I.7

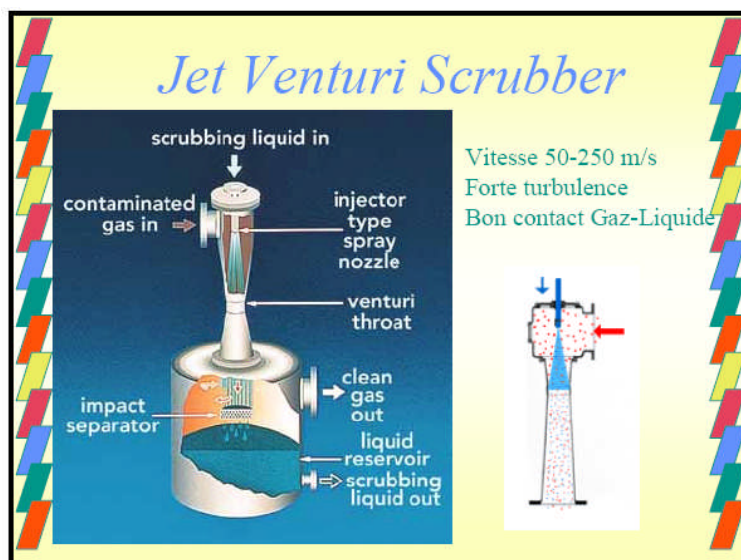


Figure I.8

I.7.3-Dépoussiéreur a couches poreuses :

Le système dépoussiéreur à sacs filtrants est un autre dispositif de limitation post-combustion des PM et est constitué de plusieurs couches de filtrage et d'un dispositif de nettoyage. Le rendement des dépoussiéreurs à sacs filtrants varie selon la taille, l'uniformité et la résistivité électrique des particules, ainsi que la quantité de tissu utilisée et la fréquence de nettoyage des filtres. Une chaudière fonctionnant à température élevée nécessitera un matériau spécial comme tissu de filtrage. Les dépoussiéreurs à sacs filtrants ont des rendements qui dépassent souvent 99 %. [9]

Les principaux types des dépoussiéreurs peureux sont représentés sur la figure (I.9):

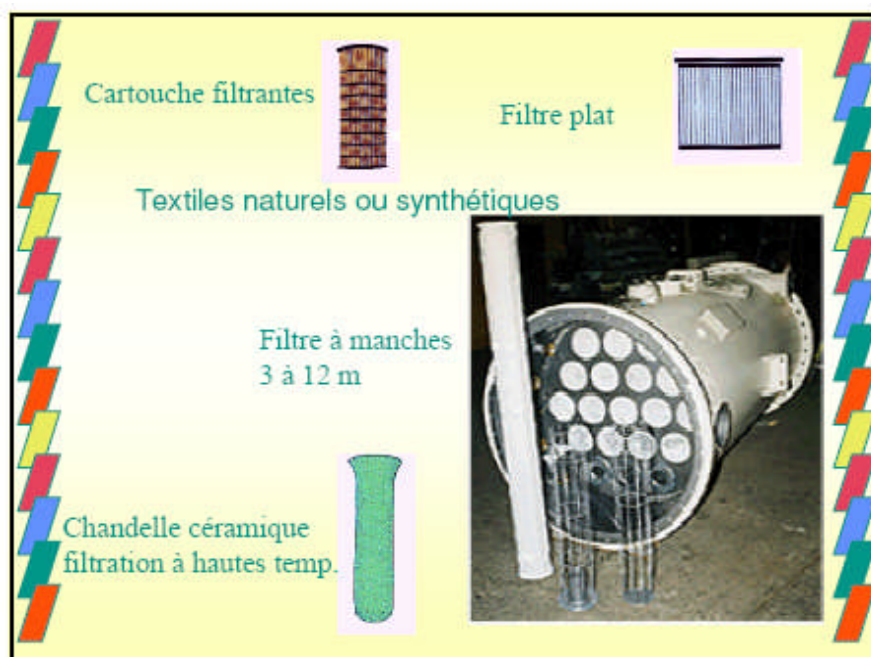


Figure (I.9)

Les filtres à manche sont les plus connue Figure (I.10)

Ces appareils de contrôle de matières très fines sont très performants pour arrêter les substances chimiques qui peuvent être associés à des particules, et aussi toute vapeur qui s'adsorbe sur les particules dans le gaz.

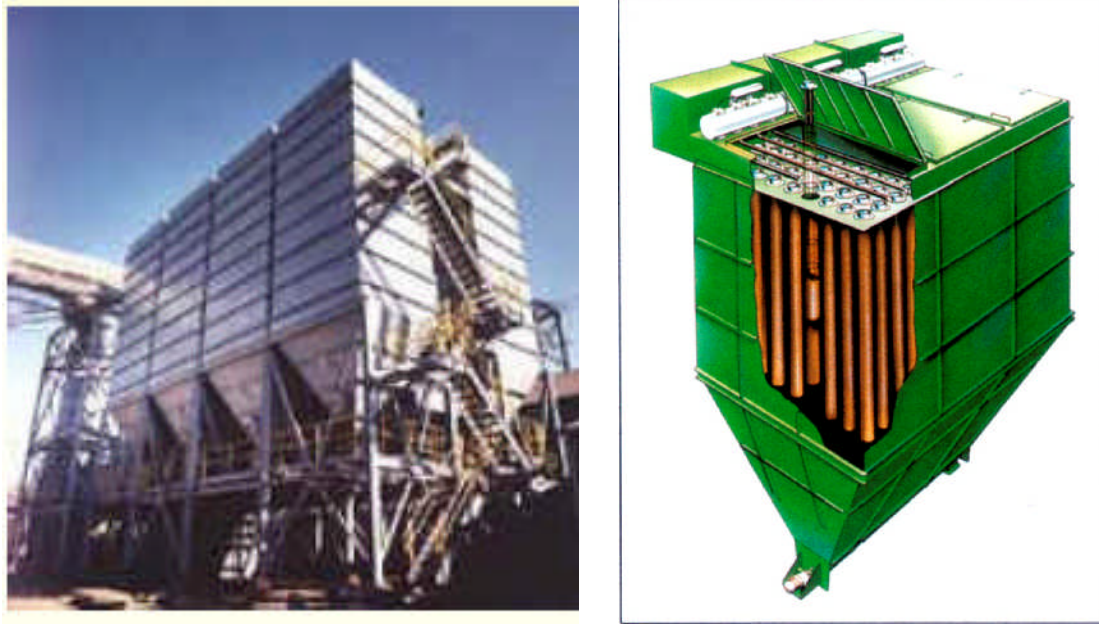


Figure I.10:Schéma d'un filtre en tissu

I.7.4 -Dépoussiéreurs électriques (filtre électrostatique) :

Les dépoussiéreurs électriques (DE) sont couramment utilisés pour réduire les émissions de PM des chaudières, des fours et des moteurs. Ils sont composés de plaques métalliques électriquement chargées qui attirent les particules chargées, ce qui nettoie les gaz de combustion qui s'échappent de la cheminée. Les rendements de collecte varient selon la taille et la qualité du DE, mais dépassent parfois 99 %.

I.7.4.1 -Les deux principes types des dépoussiéreurs électrostatiques :

I.7.14.1.1- L'électrofiltre sec:

Le système dépoussiéreur à sacs filtrants est un autre dispositif de limitation post-combustion des PM et est constitué de plusieurs couches de filtrage et d'un dispositif de nettoyage. Le rendement des dépoussiéreurs à sacs filtrants varie selon la taille, l'uniformité et la résistivité électrique des particules, ainsi que la quantité de tissu utilisée et la fréquence de nettoyage des filtres. Une chaudière fonctionnant à température élevée nécessitera un matériau spécial comme tissu de filtrage. Les dépoussiéreurs à sacs filtrants ont des rendements qui dépassent souvent 99 % figure (I.11).



Figure I.11: l'électrofiltre sec

I.7.4.1.2 - L'électrofiltre humide:

Les filtres électrostatiques par voie humide utilisent des liquides, généralement de l'eau, pour laver les plaques de collecte de polluants. Les systèmes fonctionnent mieux lorsque les gaz qui entrent sont refroidis ou humidifiés figure (I.12).

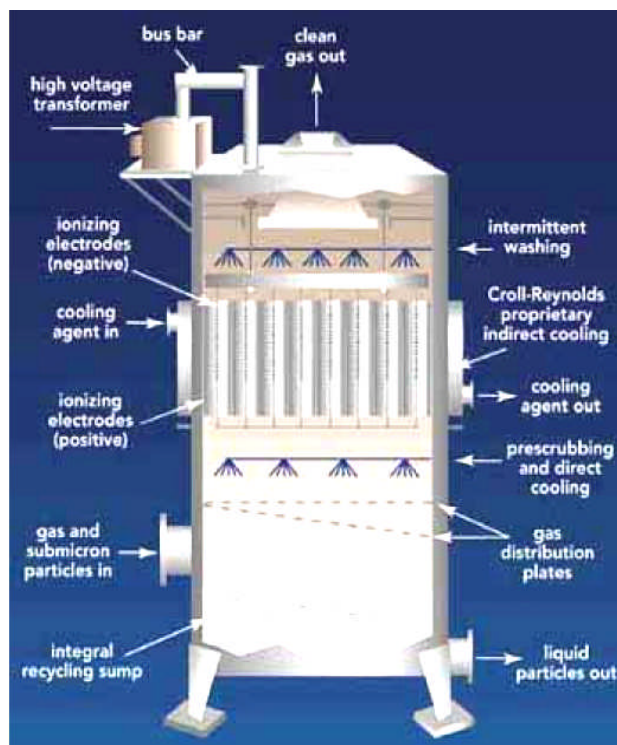


Figure I.12: l'électrofiltre humide

I.8 - Méthodes de nettoyage des filtres :

Il ya quatre (04) méthodes les plus connue [10].

- 1)- secouement mécanique (figure (I.13)).
- 2)- injection d'air a contre –courant écrasement du filtre (figure (I.14)).
- 3)-jets d'air plus dilatation du filtre (figure (I.15)).
- 4)-nettoyage automatique par moteur vibreur (figure (I.16)).

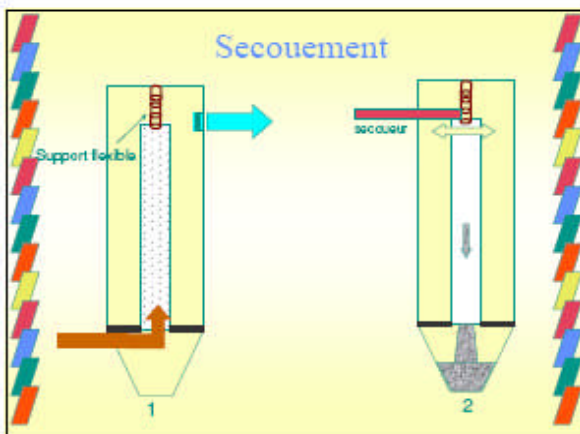


Figure I.13

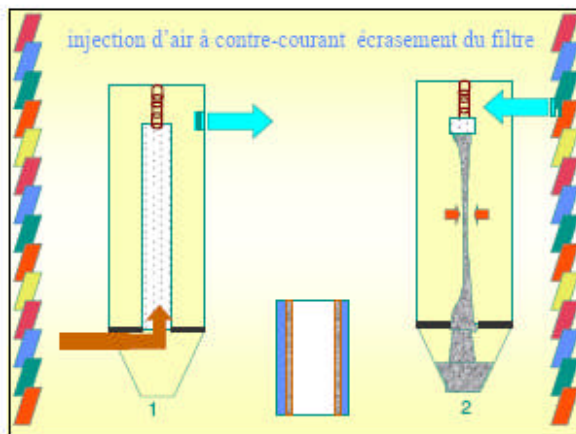


Figure I.14

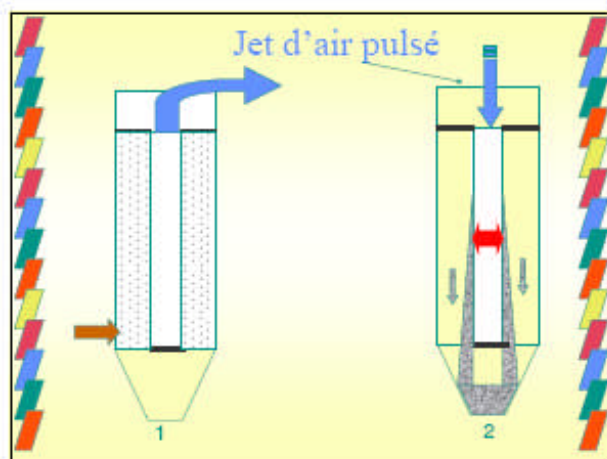


Figure I.15

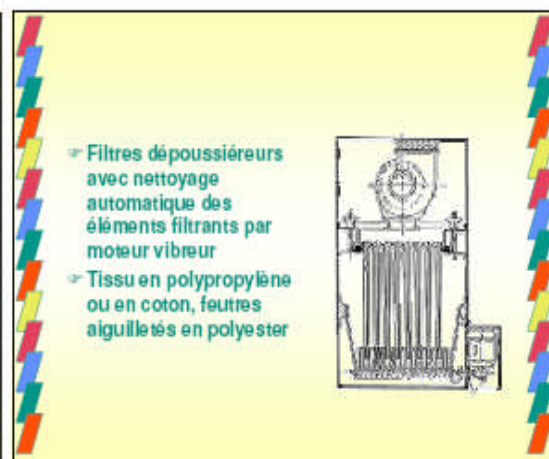


Figure I.16

I.9-Un tableau de Comparaison des systèmes pour l'arrêt des poussières: [11]

Types de systems	Concentration des émissions typiques dépoussières	Avantages	Inconvénient
Cyclone et multi cyclone	Cyclones: 200-300 mg/m ³ Multi cyclones: 100-150 mg/m ³	Robuste, plutôt simple et fiable Utilisé dans l'incinération des déchets	Pour le dépoussiérage préliminaire seulement Consommation d'énergie assez élevée (comparée à l'électrofiltres)
Filtre électrostatique "voie sèche"	< 5-25 mg/m ³	Puissance nécessaire relativement faible. Peut utiliser une température des gaz de 150°C - 350°C mais en fait, limité à 200°C par l'apparition des PCDD/PCDF (cf. colonne droite)	Formation de PCDD/PCDF si utilisé entre 200°C et 450°C
Filtre électrostatique "voie humide"	< 5 mg/m ³	Peu atteindre de faibles concentrations de polluants	Plutôt utilisé pour le post-dépoussiérage. Génère de l'eau polluée. Panache de fumée plus évidente
Filtres à manche	< 5 mg/m ³	Les dépôts de résidu agissent comme un filtre additionnel et comme un réacteur à absorption	Consommation d'énergie assez élevée (comparé au filtre électrostatique). Sensible à la condensation et à la corrosion

I.10 - Description du filtre électrostatique ou électrofiltre :

Les gaz de combustion traversent le filtre électrostatique parcouru par un champ électrique à haute tension. Les particules se chargent électrostatiquement et vont se déposer sur les plaques de l'électrofiltre où elles se déchargent et tombent dans une trémie. Les particules sont ensuite acheminées par un système de transport pneumatique qui les amène au traitement des résidus solides (TRS). De plus, un frappeage périodique des plaques de l'électrofiltre permet d'évacuer la poussière qui y reste collées.

L'électrofiltre est basé sur le fait que des particules, ayant une certaine charge, sont attirées par une électrode collectrice de la charge opposée. Cette méthode a été largement utilisée dans l'industrie depuis son invention par F. G. Cottrell en (1910). On utilise un moyen préalable pour donner une charge électrostatique aux particules, et à l'aide d'un champ électrostatique, on précipite ces particules chargées sur une paroi collectrice ou un média collecteur maintenu sous tension électrique de signe opposé.

Il existe principalement deux classes de structures de filtres électrostatiques : ceux à un étage et ceux à deux étages. Il existe également deux variantes de moyens de précipitation électrostatique : celle à électrodes chargées sous tension générée extérieurement par alimentation électrique et celle à auto-chargement électrostatique, chargées par le frottement d'air.

Les électrofiltres un étage :

Ils sont réalisés selon la variante à auto-chargement, selon laquelle leur média filtrant accumule une charge électrostatique du fait du passage du flux d'air à travers le média qui les constitue. Ils utilisent généralement les Particules qui sont Préalablement chargées électrostatiquement du fait du frottement avec l'air. Ils sont à faible coût et à faible efficacité.

Les électrofiltres à deux étages :

Également appelés précipitateurs électrostatiques, ont une complexité, un coût et une efficacité accrues. Ils comportent un étage de charge électrique par effet couronne des particules et un étage de précipitation. Dans l'étage de charge électrique, l'air passe à travers une zone d'ionisation constituée d'un ou plusieurs fils portés à haute tension électrique pour générer un champ électrostatique intense,

Au sein duquel les particules sont chargées électriquement par ionisation. Puis le flux d'air comprenant les particules chargées passe à travers un second étage de collection.

On distingue deux types de filtres électrostatiques à deux étages, suivant la structure de l'étage collecteur de particules chargées (à plaques ou à média filtrant).

Selon le premier type de filtre électrostatique, à plaques parallèles mais champ électrique transversal au flux (utilisé principalement dans le traitement des effluents gazeux industriels), le collecteur est formé d'une pluralité parallèle alternée de plaques portées sous forte tension électrique et de plaques mises à la terre, orientées parallèlement au flux d'air [12]. Les particules chargées sont déviées perpendiculairement au trajet du flux du fait du champ électrique transversal, perpendiculaire aux plaques et donc au flux. De ce fait, elles sont précipitées sur les plaques.

Selon un second type de filtre électrostatique, à média filtrant, l'étage collecteur est constitué d'une ou plusieurs grilles ou électrodes poreuses (généralement mises sous tensions électriques alternées) et séparées par des plaques d'un média collecteur poreux filtrant. La grille et les plaques sont situées perpendiculairement au flux d'air. Le champ est sensiblement longitudinal ou faiblement incliné vis-à-vis du trajet du fluide. Ce type d'électrofiltres est utilisé principalement pour un usage domestique, notamment dans le domaine de l'air conditionné et du chauffage.

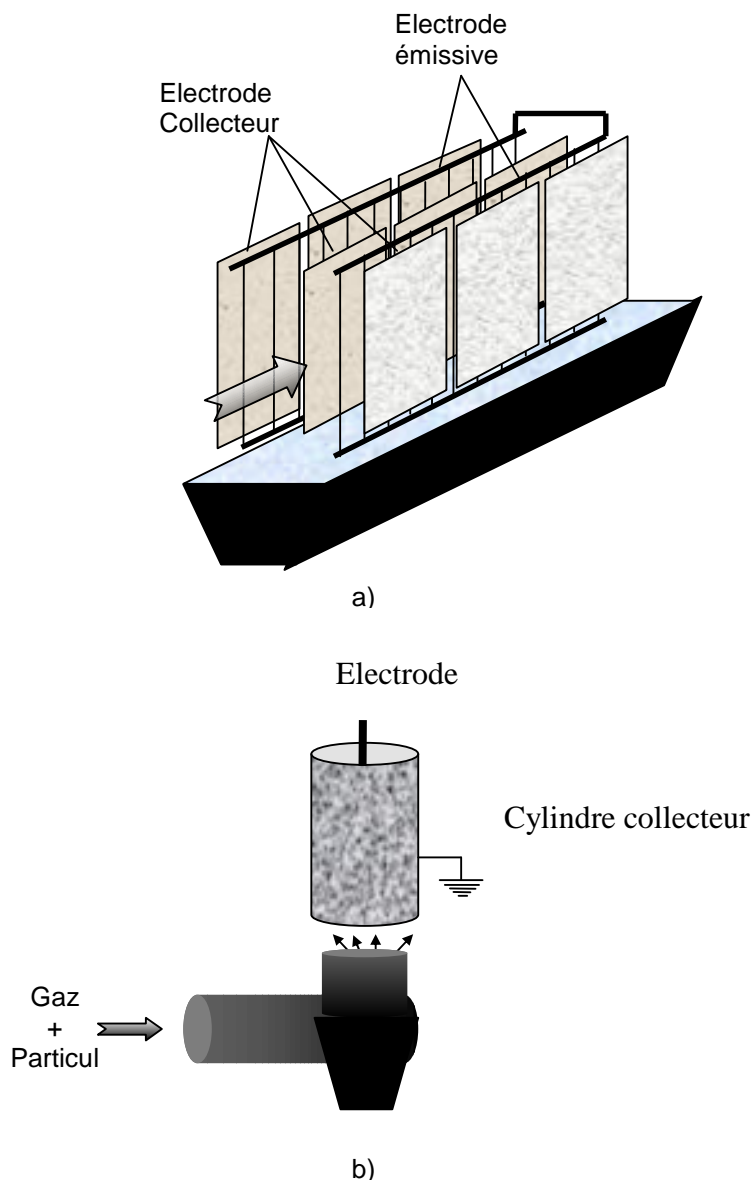
I.11- Le champ d'application des filtres électrostatiques :

Les dispositifs de dépoussiérage électrostatique peuvent libérer des gaz transportant des particules solides de leur charge tant grossière que très fine (jusqu'à $<1 \mu\text{m}$) avec une efficacité exceptionnel et une puissance spécifique consommée très réduite (pour une pression de gaz environ de 1.5 m bar). Ces particules solides (de poussière) peuvent avoir une composition chimique très différente et être présentes dans les concentrations allant de 1 g/m^3 à 1000 g/m^3 et plus.

Elles peuvent être séparées jusqu'à une teneur en poussière des quantités de gaz brut de plusieurs millions de m^3 de manière économique et efficace.

Dans l'industrie du ciment, les filtres peuvent être utilisés dans les systèmes suivants de l'équipement de l'usine (figure (I.17)) :

- Fours à ciment à voie sèche.
- Fours à chaux.
- Séchoirs refroidisseurs CLINKRE.
- Broyeurs farine crue.
- Broyeurs ciment...etc.



a) type plan-plan .

b) type fil-cylindre .

Figure I .17: Schéma des deux types d'électrofiltre

Certains types de poussières présentent une résistivité spécifique plutôt élevée que la poussière, et pour cette raison doivent subir un traitement préalable avant d'être soumis à des forces électrostatiques. Ce ci est par exemple valable pour les gaz d'échappement des fours à voie sèche, où la température des gaz doit être réduite à environ 150 C° grâce à l'injection d'eau dans une tour de refroidissement.

Les électrodes de décharges rigides sont fabriquées à partir de tubes ovales acier équipés d'émetteurs soudés fixés parallèlement au courant des gaz. L'axe le plus long de tube ovale est orienté perpendiculairement à l'écoulement gazeux. D'après le principe de moindre résistance, les oscillations possibles de l'électrode de décharge sont dans la direction de l'axe le plus petit de tube ovale. C'est-à-dire parallèlement à l'écoulement gazeux. Les oscillations ne réduisent donc pas les distances de tension vers les plaques de précipitation, ce qui évite tout amorçage.

Les plaques de précipitation sont en tôle laminée, et sont suspendues de façon excentrique par rapport au toit de l'électrofiltre

I.12- Conception mécanique :

Les électrofiltres sont fabriqués en tôles standard de 3 à 30 m de large et avec des plaques de précipitation de 4 à 15 m de hauteur l'espacement des rues peut être de 250, 300 ou 400 mm.

L'électrofiltre de type F s'adresse principalement à des écoulements gazeux moyens, à des volumes très importants, c'est-à-dire d'environ 50 à 50 m³/sec par chambre de précipitation.

L'électrofiltre de type C s'adresse principalement à des écoulements gazeux faibles, à des volumes moyens, c'est-à-dire d'environ 10 à 50 m³/sec.

Un électrofiltre peut être construit en un ou plusieurs casings en parallèle, que l'on appelle «chambre». Chaque chambre comporte généralement plusieurs chambres en série. La longueur de ces chambres va de 2 à 5,4 m en modules espacés de 0,5 ou 0,45 m, en fonction du type d'électrofiltre (Figure (I.18) et Figure (I.19)).

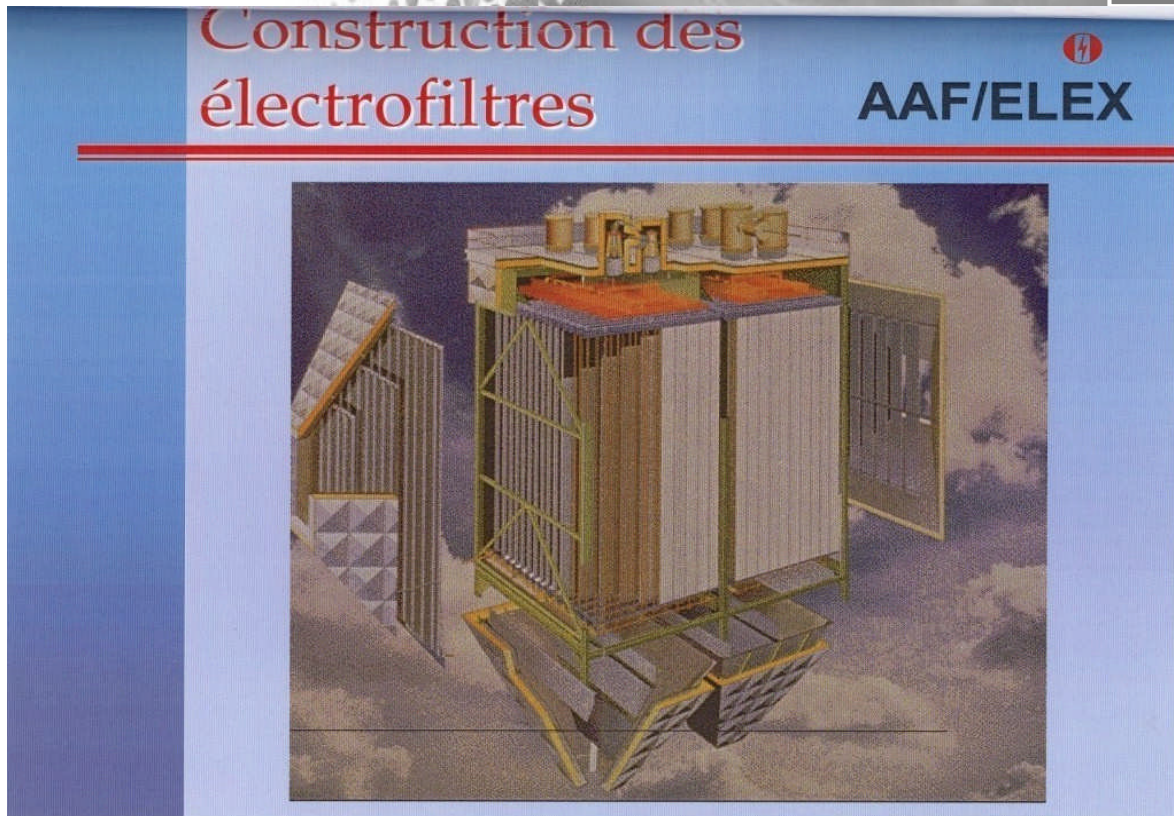


Figure I.18 : construction des électrofiltre

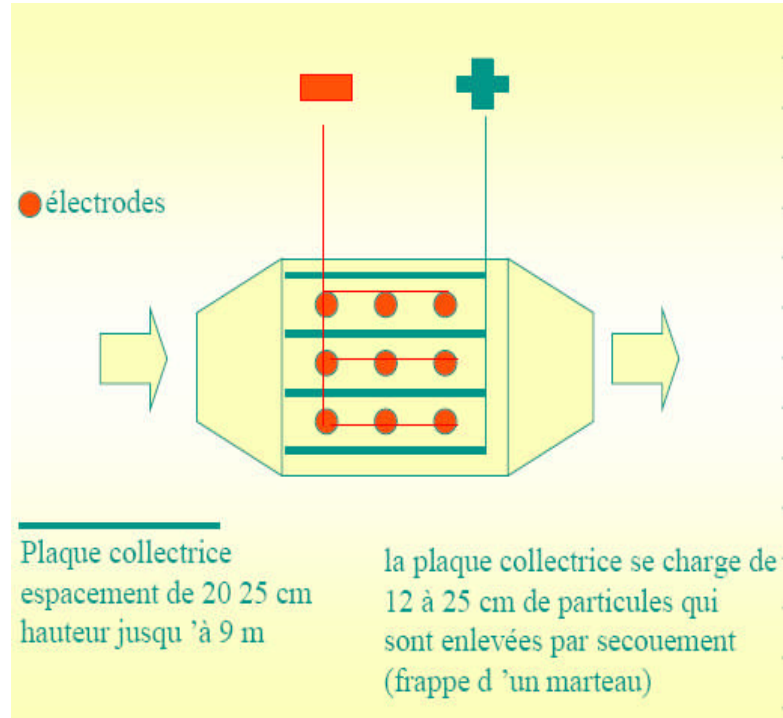


Figure I.19: Disposition des plaques

Les chambres installées en série peuvent eux-mêmes être divisés en plusieurs sections en parallèle isolée électriquement (Figure (I.20)).

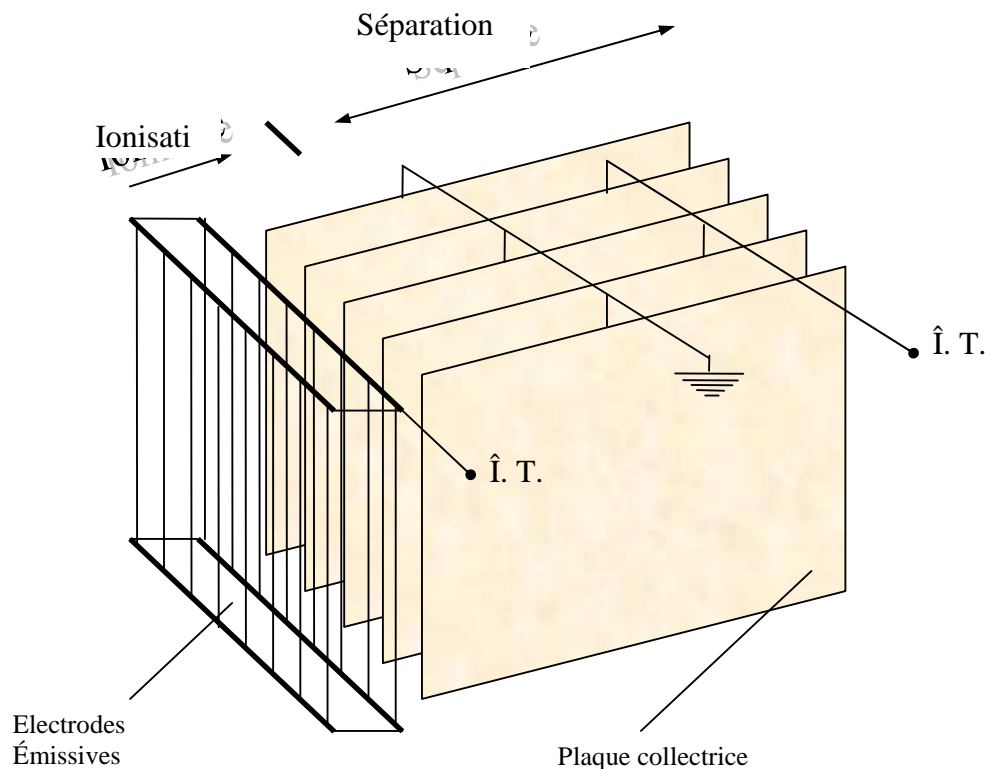


Figure I.20: Disposition des électrodes dans un électrofiltre

Le casing est en plaques d'acier pouvant résister à des températures spécifiées, ainsi qu'au vent et à la neige. Les installations de l'électrofiltre peuvent également renforcées contre les tremblements de terre. Si nécessaire, les casings sont équipés de doubles portes de visite à accès aisé. Les intérieures sont hermétiques et les portes extérieures résistent aux intempéries et sont isolées.

Selon le modèle choisi, l'électrofiltre est équipé d'un système de support à rouleaux, d'un système de palier à glissement ou d'un système de support pendulaire afin de faire en sorte qu'une contrainte thermique de l'électrofiltre soit réduite.

Les trémies situées à la base de l'électrofiltre sont de type auge longitudinale, à fond plat ou pyramidal. Selon le procédé ces trémies peuvent être chauffées électriquement. Le système d'extraction de la poussière pour les trémies longitudinales est généralement une chaîne traîne ou une vis transporteuse, alors que les trémies pyramidales évacuent la poussière par l'intermédiaire d'une écluse rotative. Les trémies à fond plat sont habituellement équipées de raclettes. Les systèmes de récupération de la poussière de type pneumatique sont également disponibles. Les cônes d'entrée et de sortie de l'électrofiltre sont de fabrication standard, mais varient selon les applications.

Le système de décharge est constitué d'un cadre rigide de poutres et de rues, les électrodes de décharge étant suspendues à ce cadre. Chaque système de décharge électriquement indépendant est soutenu par les tiges en acier inoxydable installées dans des boîtes chauffés et thermiquement isolées situées sur le toit de l'électrofiltre.

Les isolateurs sont équipés de garniture hermétique permettant l'expansion thermique entre l'isolateur et le toit.

Deux sort d'électrodes de décharges hélicoïdales ou rigides, peuvent être installées dans l'électrofiltre de type F alors que de l'électrofiltre de type C ne peut être équipé que d'électrodes rigides.

Les électrodes de décharges hélicoïdales acier sont des fils d'inoxidable lisses et étirés à froid livrés sous forme de serpentins. Durant le Montage, les serpentins sont étirés et installés à l'aide d'outils spéciaux afin de garantir la tension uniforme de chaque électrode. Les extrémité sont équipées de crochets renforcés qui, avec les attaches spéciales soudées au cadre, forment une liaison flexible évitant les fractures dues à la fatigue.

Des écrans de distribution des gaz sont installés à l'entrée et à la sortie pratiquement de tous les électrofiltres afin de garantir une distribution régulière et un écoulement gazeux aérodynamiquement équilibré à l'intérieure de l'électrofiltre. Lorsque la poussière est collante, les écrans sont équipés de dispositifs vibrants ayant pour objet de décoller les dépôts solides. Le cône d'entrée peut posséder jusqu'a trois écrans de distribution des gaz en fonction du dispositif d'entrée.

I.12.1 -Les barres de frappe :

Les barres de frappe sont constituées de deux barres plates parallèles reliées par entretoise, une par plaque de précipitation. Une enclume est installée à l'extrémité de chaque barre de frappe. Ce montage évite d'installer une connexion fixe entre la plaque de précipitation et les barres de frappages. Chaque plaque, qui est suspendue de façon excentrique, fait pression sur son entretoise intermédiaire, fournisse ainsi un contact étroit pour la transmission du choc.

Ce mode de suspension permet également l'expansion thermique de chacune des plaques de précipitation. Les barres de frappages ne se déplacent pas verticalement malgré l'expansion thermique des plaques et leur position par rapport au marteau balancier demeure inchangée. Les marteaux frappent donc toujours à l'endroit correct sur les barres, ce que résulte en une production et une transmission optimale de la force du choc. Le système de frappe offre une degré très élevée de fiabilité opérationnel et très durable.

Comme les plaques de précipitation, les électrodes de décharge sont heurtées successivement par les marteaux balanciers installés sur les tiges horizontales. Les marteaux heurtent les poutres à impact, qui transfèrent la force de l'impact aux électrodes, cela permet de décoller la petite quantité de poussière précipitée sur les électrodes à décharge positive [13].

Les mécanismes d'entraînement des marteaux pour les plaques de précipitation et les électrodes de décharge sont installés à l'extérieur du casing d'électrofiltre. Une garniture à anneau de glissement ne nécessite aucune entretien est installée autour du pas casing de l'électrofiltre.

I.12.2- Commande des systèmes de frappe :

La commande du système de frappe constitue en termes de fonction un sous système qui est entièrement intégré dans la commande de l'alimentation haut tension.

La commande des systèmes de frappe est constituée principalement de fonction à double temporisation ou les temps de fonctionnement et de pause peuvent être réglés individuellement. Chaque temporisation menue d'une sortie par un relais auxiliaire qui peut commander les moteurs des système de frappe des électrodes émissive et collectrices ou les valeurs d'écrans de la répartition de gaz. La marche des moteurs peut être déterminée par des ordres de pause ou de marche forcée.

I. 13- Conception électrique:

L'efficacité de captation d'un électrofiltre dépend de nombreux facteurs. Le paramètre essentiel est l'obtention d'un champ électrique aussi élevé que possible pour générer l'effet couronne et attirer les particules chargées vers les plaques de captation.

Cette tension correspondant au champ électrique générer, est appelée limite, car à partir d'une certaine valeur apparaissent des arcs plus ou moins importants.

Le maintien de la valeur de l'alimentation à cette limite est le rôle du régulateur. Celui-ci devra discerner entre les petits arcs, et les arcs importants qui vont chuter à zéro la tension, donc le champ électrique. Cependant cette tension limitée n'est pas constante, néanmoins dépend de condition de fonctionnement de l'électrofiltre. Le régulateur devra donc adapter son seuil pour suivre les variations (modification) [1].

L'invention se rapporte à un générateur volumique de champ électrostatique chaotique assurant une amplification locale du champ électrostatique, pour soumettre un fluide chargé de particules d'aérosol à l'action d'un champ électrostatique à forte variation locale d'amplitude et d'orientation. Un générateur de champ électrostatique selon l'invention est du type connu : un module électrostatique influencé, constitué d'un matériau poreux, deux électrodes d'influence électrostatique placées en vis-à-vis, écartées les unes des autres, de part et d'autre du module électrostatique, une source de courant électrique, au moins deux conducteurs reliant les bornes de la source aux électrodes et un moyen de mise en surpression du fluide pour assurer son écoulement à travers des électrodes et du module électrostatique.

Dans certaines applications, on peut adjoindre en amont du générateur un ionisateur pour préalablement charger électriquement les particules et accroître leur interaction avec le champ électrostatique généré [12].

Le module électrostatique est constitué par assemblage d'une pluralité d'ailettes à portions longilignes, constituées d'un matériau diélectrique ou semi-conducteur. Les ailettes possèdent une section transversale fine, peu large, d'épaisseur très inférieure à leur dimension longitudinale, et comprennent au moins un bord latéral de fuite allongé et effilé. Les ailettes sont physiquement et électriquement reliées entre elles par chacune de leurs extrémités pour constituer un réseau

Tridimensionnel diélectrique. Le réseau peut avoir, dans les trois directions, soit une maille strictement répétitive, soit une maille quasi répétitive (quasi-réseau). Les ailettes sont associées et regroupées géométriquement pour constituer une multiplicité de cellules élémentaires (mailles du réseau). Les ailettes intérieures au module électrostatique sont majoritairement communes à plusieurs cellules élémentaires.

La majorité des ailettes associées, appartenant à une même cellule intérieure au module électrostatique, entourent tangentiellement, par au moins l'une de leurs faces longitudinales latérales, une surface élémentaire englobant un volume cellulaire vide élémentaire.

I.14- L'alimentation haute tension de l'électrofiltre :

Une unité de commande haute tension appelée PIACS DC (precipitator intégral automatique system) est utilisée pour la commande automatique de l'alimentation haute tension et du système de frappe de filtre électrostatique.

L'alimentation haute tension est composée d'une armoire de contrôle équipé d'un PIACS DC ainsi qu'une cuve haute tension qui contient un transformateur / redresseur haute tension (T/R) immergé dans l'huile (figure(I.21)).

L'unité de commande prend en compte la régulation de la valeur moyenne du courant de filtre par un système de régulation à boucle de courant fermée.

Le courant est mesuré à l'aide d'un shunt de courant (signal mA) le courant du filtre et la puissance d'alimentation sont réglés par le biais de deux thyristors antiparallèles qui commandent la tension alternative qui est appliquée sur le transformateur haute tension. La tension secondaire de ce dernier est redressée par un pont redresseur monophasé. La polarité positive (ou négative) est appliquée directement sur le filtre électrostatique [1].

L'alimentation en puissance est limitée par étincelles qui apparaissent normalement dans un électrofiltre. Celles-ci sont détectées à l'aide de la tension de filtre qui est mesurée par un diviseur de tension (signal KV) en dehors d'une détection d'étincelles sûr. L'une des tâches importantes du PIACS DC est de rétablir rapidement le niveau de tension après une étincelle sans blocage inutile du courant de filtre et sans que de nouvelles étincelles ne se produisent. Ces fonctions assurées par une carte d'interface, ainsi que par une carte à base d'un microprocesseur.

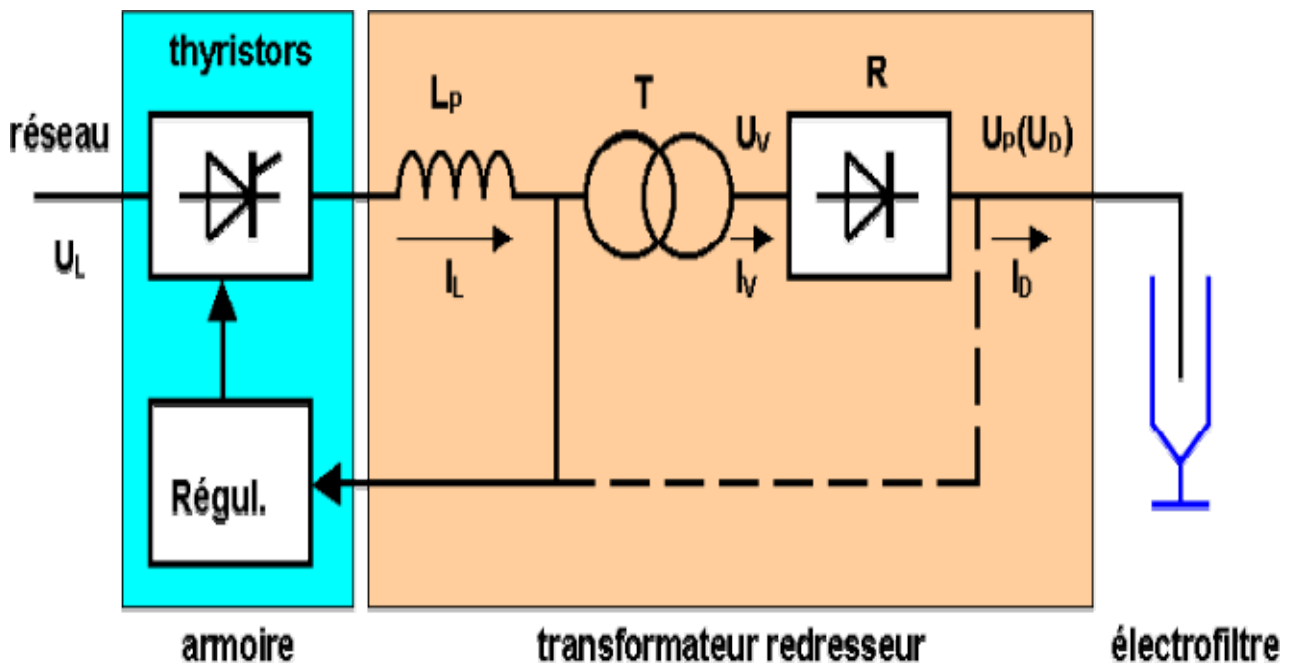


Figure I.21:Schéma d'alimentation haute tension.

Le rôle de PIACS DC est donc de déterminer à tout moment l'angle d'allumage des thyristors dans chaque demi-période de la fréquence de réseau. Cet ordre d'allumage est transmis comme signal de fréquence à une carte de commande d'angle d'allumage qui la convertit en train d'impulsion d'allumage aux gâchettes des 2 thyristors du réseau antiparallèle. La communication opérateur - électrofiltre se fait par l'intermédiaire de clavier de commande /et de l'afficheur.

Le PIACS DC renferme en outre une série d'autres fonctions importantes qui sont incorporées dans l'unité de commande et qui sont décrites dans le paragraphe suivant

II .14.1- Stratégie de commande de l'alimentation haute tension :

La stratégie de commande de l'alimentation haute tension est basée sur le contrôle de différents paramètres :

- Le contrôle d'énergie par le biais de l'alimentation intermittente.
- La détection de la contre émission avec passage automatique au régime intermittent.
- Le rétablissement accéléré de la tension de filtre après étincelle.
- La mesure directe de la valeur moyenne minimum et maximum de la tension de filtre.
- Le réenclenchement automatique par le CPU (par exemple lors d'une interruption de réseau temporaire).
- Jouer sur les paramètres optimaux.
- Le réglage accéléré de courant (*fast ramp mod*).

Cette stratégie est utilisée conjointement avec le frappage de la plaque collectrice.

I.15-Le principe de fonctionnement :

Le filtre électrostatique utilise des forces électriques pour séparer les particules de poussière de gaz à nettoyer. Il fonctionne comme suit :

Le gaz est conduit vers une chambre qui contient des rideaux constitués de plaque d'acier vertical, appelées électrodes collectrices. Ces électrodes collectrices divisent la chambre en plusieurs passages parallèles de gaz (rangées). Les électrodes de décharge sont situées entre les rangées de plaque collectrices.

Normalement , l'espacement entre les électrodes de décharge et collectrices varie entre 125 et 200 mm, et la tension appliquée entre elles est de 15 à 110 KV à courant continue positif (négatif) en fonction des conditions relatifs à l'espacement , au gaz et à la poussière. Lorsque le courant de haute tension est appliqué au système des électrodes de décharge, une ionisation ou une décharge en couronne se produit près de la surface des électrodes de décharge.

Les ions négatifs s'attachent aux particules de poussière qui se trouvent près des électrodes, donnant une charge aux particules (figure (I.22)).

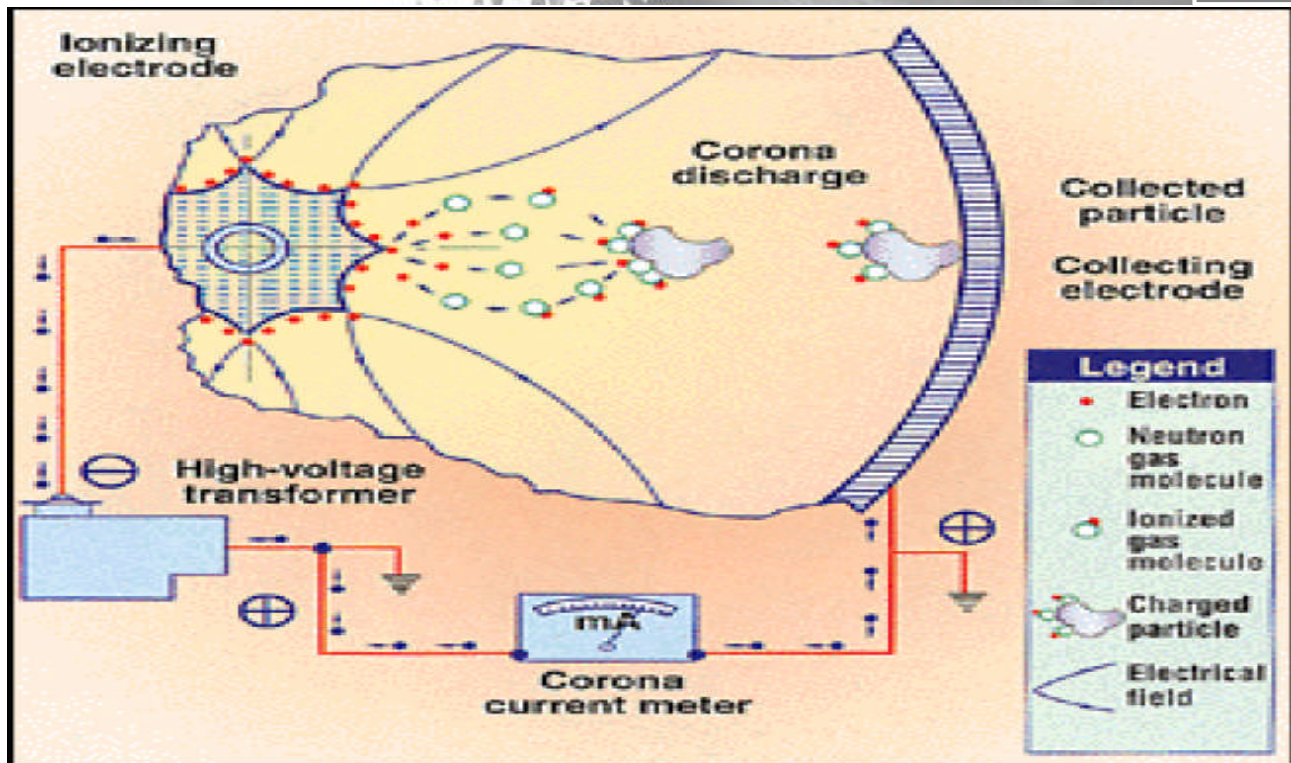


Figure I.22: Micanisme gouvernant l'effet couronne

I .16 –conclusion:

Les principaux polluants sont surveillés de façon permanente dans l'air ambiant, soit à l'aide d'analyseurs en continu, soit à l'aide de systèmes de mesure ponctuelle, qui fournissent des informations intégrées sur des périodes données. Il s'agit des oxydes de soufre et principalement le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO_x , comprenant NO et NO_2), le monoxyde de carbone (CO), l'ozone (O_3), le plomb (Pb) et les particules en suspension également connues sous le nom de particules ou fumées noires. Ces polluants sont le plus souvent considérés comme traceurs (indicateurs) d'une pollution plus globale.

Afin de mieux comprendre quelles peuvent être les conséquences sanitaires des différents polluants auxquels tout individu peut être exposé il importe de connaître les milieux d'exposition (Air extérieur, air intérieur), les principales pathologies induites, ainsi que la nocivité propre à chaque polluant, lorsque cette dernière est connue. Outre ses conséquences sanitaires directes la pollution atmosphérique a des impacts économiques et sociaux indésirables : absentéisme scolaire, professionnel, dépenses de santé, ainsi que des conséquences sur la qualité de vie [2].