

Chapitre V : Dispositifs de récupération de chaleur des fumées.

V.1. Récupération par rayonnement :

Dans ces récupérateurs, le transfert de chaleur se fait principalement par rayonnement. Ces récupérateurs sont spécialement indiqués dans les cas suivants:

- Lorsque la température des fumées est supérieure à 1000 °C.
- Lorsque les composants des fumées sont agressifs ou comportent un taux élevé en particules.

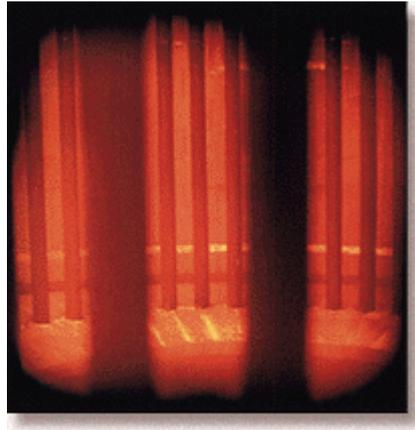


Figure V.1. Récupérateur par rayonnement à cage de tubes travaillant à 1200 °C.

On distingue deux types de récupérateurs par rayonnement : les récupérateurs type double chemise et ceux à cage de tubes.

V.1.a) Type double chemise :

Fabriqués avec deux cylindres concentriques. Le fluide secondaire s'écoule à travers la couronne circulaire, de manière parallèle à l'axe du récupérateur ou hélicoïdalement, en contre-courant ou en courants parallèles. Ces récupérateurs sont appropriés pour des fours de forge dans la sidérurgie, fours à verre, fours à aluminium, etc...

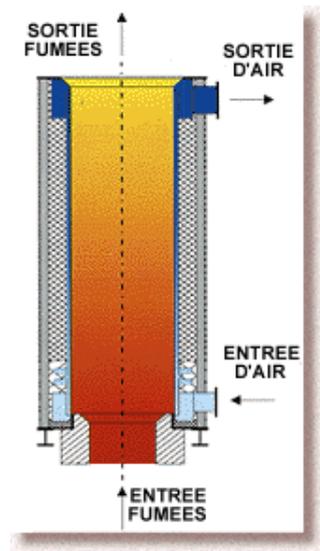


Figure V.2. Schéma d'un récupérateur par rayonnement à double chemise.

V.1.b) Type cage de tubes :

La chemise intérieure est remplacée, dans ces types de récupérateurs, par une cage de tubes arrangés annulairement, par laquelle l'air circule.

Parmi leurs principaux avantages, on trouve:

- Une meilleure distribution de l'air qui produit une température homogène des tubes de la cage.
- Entretien convenable, puisque l'élément d'échange (cage de tubes) est indépendant de la carcasse.

Ces récupérateurs sont installés habituellement dans des fours à fusion de l'industrie verrière.

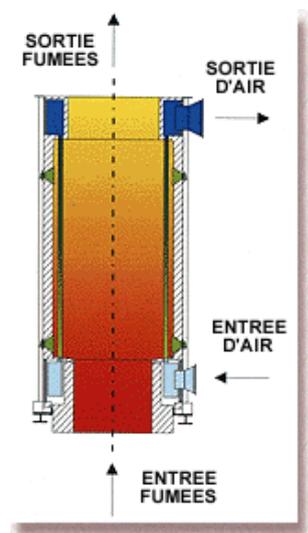


Figure V.3. Schéma d'un récupérateur par rayonnement à cage de tubes.

V.1.c) Installations combinées :

Dans les cas où l'on veut tirer profit au maximum des fumées, il est conseillé d'utiliser des installations composées par deux ou plusieurs récupérateurs connectés en série, comme on peut le voir dans la figure V.4. Avec ce système on évite l'installation d'un seul récupérateur très grand qui donnerait lieu à beaucoup de problèmes de fonctionnalité et d'entretien ainsi qu'à un coût de fabrication plus élevé.

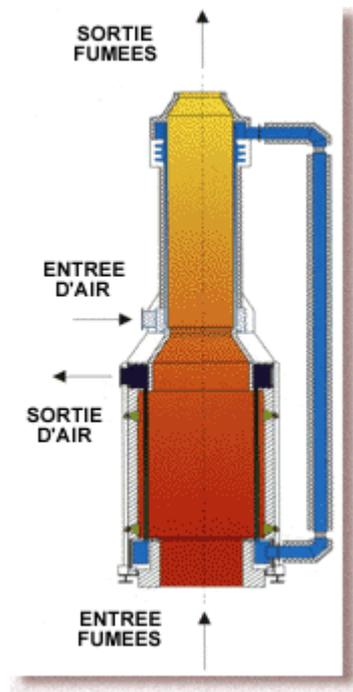


Figure V.4. Installation composée d'un récupérateur à cage de tubes et un autre à double chemise, connectés en série.

V.2. Récupérateurs par convection :

Le transfert de chaleur entre se fait, dans ces récupérateurs, comme leur nom l'indique, par convection. Leur principale caractéristique est le contact total entre les gaz et les tubes composant le récupérateur. Ils sont donc spécialement appropriés pour les cas suivants :

- Pour des températures de travail de moins de 1000 °C.
- Pour des courants gazeux ou de fumées assez propres (sans particules) et sans composants spécialement corrosifs.

Un dimensionnement thermique exact permet d'atteindre le meilleur rapport entre la surface d'échange et la perte de pression, ainsi qu'entre la surface d'échange et l'espace occupé. Tout cela, en même temps que la prise en considération du risque de corrosion.

On distingue principalement deux types de récupérateurs par convection: les récupérateurs type canal et les échangeurs.

V.2.a) Type canal :

Ces récupérateurs peuvent être :

- Des récupérateurs à faisceaux tubulaires aisés pour être introduits dans un canal de fumées horizontal ou vertical (cheminée).
- Ou des récupérateurs à faisceaux tubulaires dans une carcasse intérieurement revêtue, pour les cas où il n'y a pas de canal de fumées préalablement défini (horizontal ou vertical).

En plus, lorsque l'on veut avoir une mise à profit thermique maximale des fumées, on peut chercher des solutions techniques grâce à la combinaison de deux ou plusieurs récupérateurs, en série ou en parallèle. Ces équipements sont spécialement appropriés pour plusieurs secteurs industriels, comme la sidérurgie (fours de recuit, les haut-fourneaux), pour des installations d'incinération et de séchage de boues résultant d'installations d'épuration d'eau, etc...



Figure V.5. Récupérateur par convection type canal.

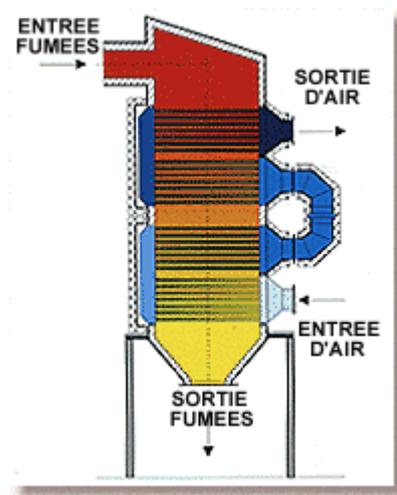
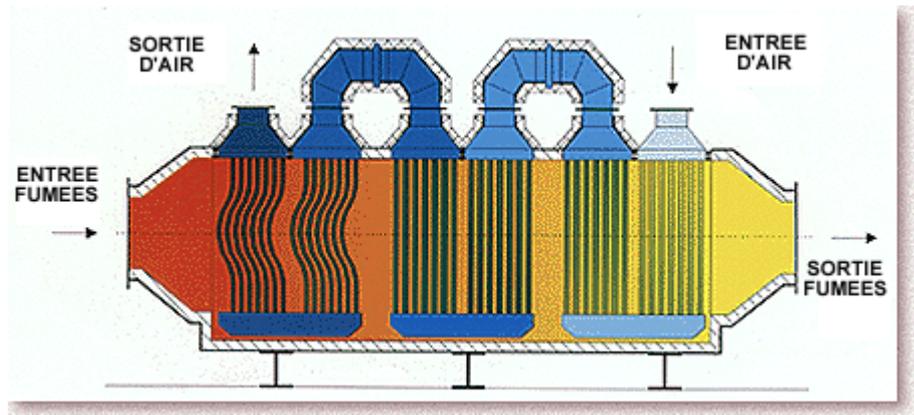


Figure V.6. Schéma d'un récupérateur à quatre faisceaux de tubes avec carcasse.
Fumées verticales / Récupérateur horizontal.



**Figure V.7. Schéma d'un récupérateur type canal à six faisceaux de tubes.
Fumées horizontales / Récupérateur vertical.**

V.2.b) Echangeurs :

Dans un échangeur, comme dans un récupérateur de type canal, le transfert de chaleur se fait aussi par convection. Ces équipements sont caractérisés par une conception beaucoup plus compacte, qui permet un montage rapide et simple.

Le faisceau tubulaire fait corps avec sa carcasse. Pour éviter de possibles ruptures produites par différentes dilatations thermiques entre le faisceau et la carcasse, on installe des compensateurs ou on cintre quelques tubes du faisceau.

Ces équipements sont appropriés :

- Lorsque la température des fumées n'est pas excessivement haute, d'environ 700-750°C.
- Lorsqu'il n'y a pas de canal dans lequel le faisceau tubulaire pourrait être introduit.

Le domaine d'application des échangeurs est très vaste; ils sont spécialement appropriés pour des installations d'incinération de solvants de l'industrie automobile, pour des équipements de co-génération, installations de traitement de surfaces métalliques et plastiques, etc.

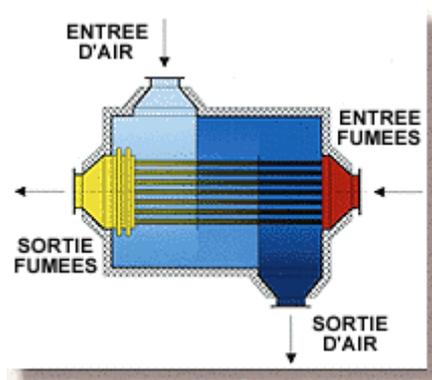


Figure V.8. Schéma d'un échangeur de chaleur à trois pas en contre-courant.

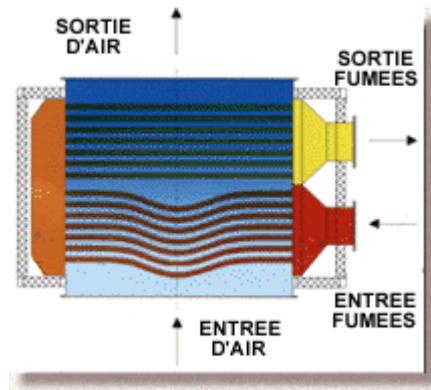


Figure V.9. Schéma d'un échangeur de chaleur à deux pas en courants parallèles.

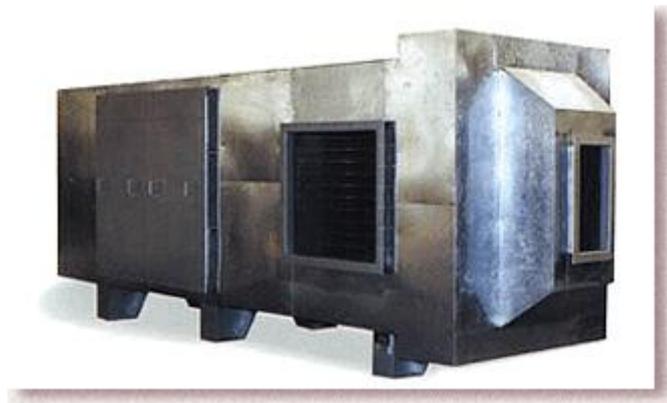


Figure V.10. Echangeur de chaleur à trois pas en contre-courant.

V.3. Récupérateurs combinés par rayonnement-convection

Les récupérateurs de chaleur de ce type sont une alternative très intéressante aux récupérateurs de rayonnement type double chemise et type cage de tubes, parce que leur double système thermique leur procure une grande surface d'échange en occupant un espace moindre.

Ces équipements consistent en une double chemise et un faisceau tubulaire, placé dans le récupérateur, de façon à ce que le fluide secondaire circule en courants parallèles dans un cas, et en contre-courant dans l'autre cas ou vice versa.

Dans la double chemise, l'échange de chaleur se fait principalement par rayonnement tandis que dans le faisceau tubulaire, grâce à la disposition des tubes, l'échange se fait aussi bien par rayonnement que par convection.

Ces récupérateurs sont spécialement appropriés dans les cas suivants:

- Fours de forge.
- Fours de traitement.
- Installations d'incinération de déchets solides.
- Installations de l'industrie chimique en général.

Les récupérateurs de ce type peuvent travailler à des températures de fumées allant jusqu'à 1300°C. Les débits d'air sont compris entre 300 et 32.000 m³/h., bien qu'on puisse atteindre jusqu'à 50.000 m³/h. par équipement, dans des conditions déterminées.

Dans les petits équipements, le faisceau tubulaire a une seule rangée de tubes et un seul cintrage, tandis que dans les plus grands équipements, le faisceau tubulaire est double ou triple et les tubes subissent un double cintrage.

Dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire d'utiliser des compensateurs pour absorber les possibles dilatations. Cependant, il est toujours possible de les installer dans la chemise intérieure ou extérieure du récupérateur. En fonction des données de rendement thermique désiré, etc..., les collecteurs d'entrée et sortie de l'air seront près de l'entrée ou de la sortie des fumées.

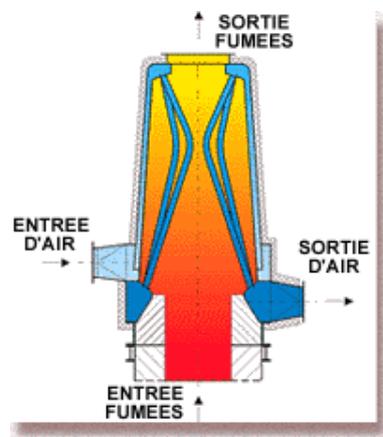


Figure V.11. Schéma d'un récupérateur combiné.

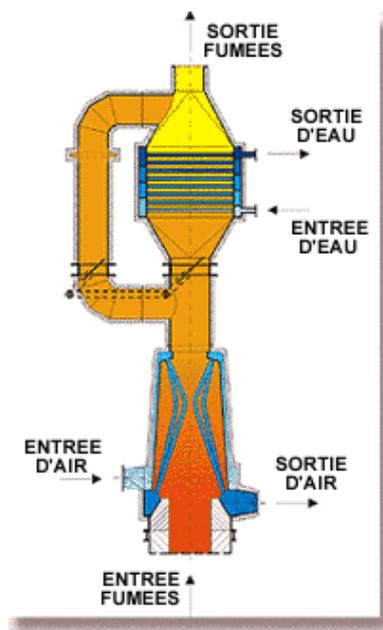


Figure V.12. Schéma d'un récupérateur combiné avec mise à profit des fumées par un échangeur d'eau.

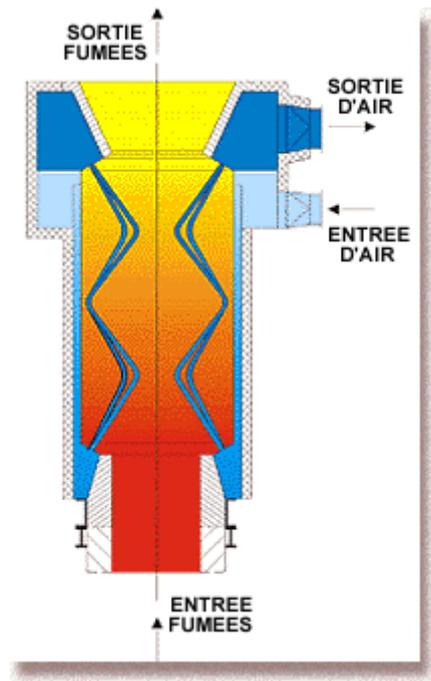


Figure V.13. Schéma d'un récupérateur avec faisceau de tubes et double cintrage.

V.4. Refroidisseurs des fumées :

Le principe de fonctionnement d'un refroidisseur des gaz est le même que dans les équipements décrits ci-dessus, mais dans ce cas on veut seulement refroidir un fluide primaire et pas réaliser une mise à profit thermique au moyen de l'échauffement d'un fluide secondaire.

Habituellement, ces équipements sont installés comme étape préalable à une épuration de fumées, pour éviter qu'elles n'arrivent aux systèmes d'épuration à une température excessivement haute. C'est une alternative à la dilution avec de l'air, qui supposerait un surdimensionnement des systèmes mentionnés.

Avant de concevoir ce type d'équipements, il faut connaître le contenu en poussière des gaz à refroidir ainsi que leur nature. Tout cela afin de concevoir un équipement qui ne s'encrasse pas trop, car cela forcerait à faire des travaux de nettoyage trop fréquemment.

En plus, on doit tenir compte de la capacité de séparer du courant gazeux la poussière contenue dans les zones de tournures ou des élargissements de la section de passage. Cela force à insérer dans la machine des systèmes de ramassage et enlèvement de la poussière pour ne pas empêcher l'échange correct de chaleur.

En résumé, les facteurs à considérer pour un refroidisseur sont les suivants:

- Type de fluide.
- Contenu en poussière.
- Travaux de nettoyage et d'entretien.

En fonction de cela, on pourra établir différentes solutions techniques qui passeront par l'adoption d'une disposition :

- Verticale / Horizontale.
- Modulaire (avec un seul ou plusieurs ventilateurs).
- Un ou plusieurs passages.



Figure V.14. Ensemble de deux refroidisseurs de fumées connectés en série, chacun muni de quatre groupes de refroidissement.

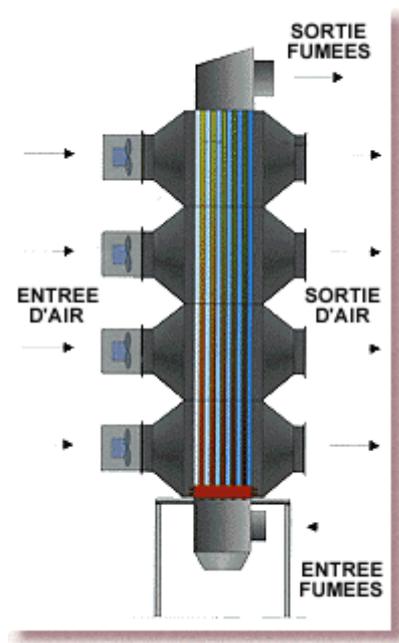


Figure V.15. Schéma d'un refroidisseur de fumées à quatre groupes de refroidissement.