



La ventilation appliquée aux opérations de soudage

1 Aspiration locale

2 Filtration des fumées et des gaz

3 Ventilation générale

La ventilation appliquée aux opérations de soudage

● Le chapitre 2 aborde la ventilation générale comme une technique complémentaire pour diluer les polluants. Ce n'est cependant pas une façon efficace de capter les fumées et les gaz avant qu'ils ne parviennent dans la zone respiratoire des travailleurs. La réglementation est également très précise pour ce qui est des exigences en matière de ventilation générale.

Ouvrages de référence

Pour obtenir plus d'information sur la ventilation appliquée aux procédés de soudage et de coupage, on peut consulter le guide pratique de ventilation n° 7 édité par l'INRS sous la référence ED 668 (Année de publication : 1990). On y trouve certaines exigences de ventilation en fonction des procédés utilisés, du volume du local de travail et de son degré de confinement.

Pour les manières de faire ou les règles de l'art en matière de ventilation, il faut consulter les guides de l'INRS numéro ED 695, ED 703 et TJ 5.

1. Aspiration locale

La ventilation par aspiration locale ou à la source consiste à capter les fumées avant que celles-ci ne se rendent dans la zone respiratoire du travailleur. Il existe trois types de systèmes d'aspiration, selon le débit et la pression engendrés par les unités de ventilation :

- système à haut volume, basse pression (HVBP),
- système à moyen volume, moyenne pression (MVMP),
- système à bas volume, haute pression (BVHP).

Ces trois types de systèmes se distinguent par les caractéristiques de leur unité d'aspiration (voir

tableau 8.1). Ces unités sont classées selon leur capacité d'aspirer un volume d'air à une certaine pression (résistance), qui est engendrée par le passage de l'air dans l'ensemble du système d'aspiration : conduits d'extraction, capteurs, filtres, etc.

Pour choisir le type de système, on détermine d'abord le type de capteur ou de hotte d'aspiration, puis on évalue le débit d'air à extraire à chacun des points de captage et la perte de pression associée à l'ensemble du système d'aspiration. La pression de fonctionnement s'exprime en kilopascals (kPa) ou en millimètres d'eau (1 mm CE = 9,81 Pa).

Tableau 8.1 : Principales caractéristiques des différents types de systèmes d'aspiration

Système	Unité aspirante	Pression de fonctionnement	Type de capteur	Débit d'air
HVBP	Ventilateur	< 5 kPa	Bras de gros diamètre (100 à 200 mm), table, panneau	800 à 5 000 m ³ /h et au-delà
MVBP	Ventilateur centrifuge ou turbine	5 à 15 kPa	Bras ou flexible de petit diamètre (45 à 100 mm)	200 à 700 m ³ /h
BVHP	Turbine	15 à 30 kPa	Torche aspirante	50 à 250 m ³ /h

A. Système à haut volume, basse pression (HVBP)

Les systèmes haut volume, basse pression sont caractérisés par :



- l'utilisation d'une tuyauterie de grand diamètre, soit 100 mm et plus,

- l'utilisation d'un ventilateur,
- l'aspiration à travers une hotte aspirante, d'une table aspirante ou d'un bras de captage.

• Débits recommandés

Le tableau 8.3 indique le débit recommandé pour un bras de captage selon la distance qui le sépare de l'arc et selon la forme de la hotte.

Tableau 8.2 : Indications pour le débit d'air

Distance source/capteur	Conduit simple 	Conduit avec bride ou avec cône 
Jusqu'à 150 mm	600 m ³ /h	450 m ³ /h
150 à 230 mm	1 300 m ³ /h	1 000 m ³ /h
240 à 350 mm	2 100 m ³ /h	1 700 m ³ /h

D'autre part, la vitesse recommandée dans les conduits de ventilation doit être comprise entre 9 et 15 mètres par seconde pour les fumées de soudage, ceci afin d'assurer le transport des fines particules et pour éviter qu'elles ne s'accumulent dans le conduit.

- **Hotte aspirante**

La figure 8.1 représente une hotte fixe placée au-dessus d'une table de travail. Dans le cas du soudage manuel, les fumées et les gaz aspirés circuleront directement dans la zone respiratoire du travailleur, ce qui n'est pas considéré comme du captage à la source. Le travailleur devra être équipé d'une protection respiratoire quelque soit la toxicité des produits utilisés. La hotte aspirante est réservée pour les applications automatiques.

- **Table aspirante**

La figure 8.2 présente deux principes de tables aspirantes et un panneau aspirant.

L'air pollué est aspiré soit à travers des fentes situées sur une cloison verticale à l'extrémité de la table ou sur la face du panneau placé au dessus de la pièce soudée (soudage), soit directement au niveau de la surface de la table par des ouvertures ou une surface grillagée (coupage).

Ces dispositifs d'aspiration fixes permettent le captage des fumées résiduelles et l'air vicié ne passe pas par la zone respiratoire du travailleur. Un inconvénient reste la dimension des tables et panneaux aspirants qui doit être adaptée à la dimension des pièces à souder. L'efficacité de l'aspiration est influencée par la forme de la pièce et des endroits à souder. Le tableau 8.3 montre les avantages et les inconvénients d'un système d'aspiration fixe (hotte de ventilation ou table aspirante).

Tableau 8.3 : Système d'aspiration fixe (hotte de ventilation, table aspirante ou panneau aspirant)

Avantages	Inconvénients
Représente un investissement réduit pour une polyvalence optimale aux opérations connexes au soudage (table aspirante).	Coût énergétique, car exige un grand débit d'air.
Les fumées, poussières et gaz sont aspirés avant d'entrer dans la zone respiratoire du travailleur (table aspirante et panneau aspirant).	La hotte ne peut être utilisée qu'en soudage automatisé sinon la zone respiratoire du travailleur est située dans la zone polluée.
N'exige aucun positionnement de la part du travailleur et permet donc le captage des fumées résiduelles.	Dédié à un type de pièces (dimensions) dans un lieu déterminé.

Nota : La ventilation générale peut parfois causer le déplacement des fumées, poussières et gaz hors du chemin de capture.



Figure 8.1 :
Hotte fixe au-dessus de la table de travail réservée uniquement aux applications automatiques



a) *Panneau aspirant vertical*



b) *Table avec aspiration verticale descendante*



c) *Table aspirante avec fentes d'aspiration face au travailleur*

Figure 8.2 :
Tables aspirantes

• **Bras de captage de grand diamètre**

Les bras de captage de diamètre égal ou supérieur à 100 mm font partie des systèmes de captage de haut volume, basse pression.

Ce genre de capteur est généralement utilisé pour des pièces de petites et moyennes dimensions pour lesquelles les déplacements du bras pour capter les fumées de soudage sont limités.

Les grandes pièces nécessitent un mouvement constant du bras de captage lorsque le soudage progresse et les utilisateurs finissent par s'en lasser.

La figure 8.3 représente l'utilisation d'un bras de captage de 200 mm de diamètre sur un réseau de canalisations desservant 10 postes de soudeurs, donc avec une capacité totale de 1 400 m³/h.

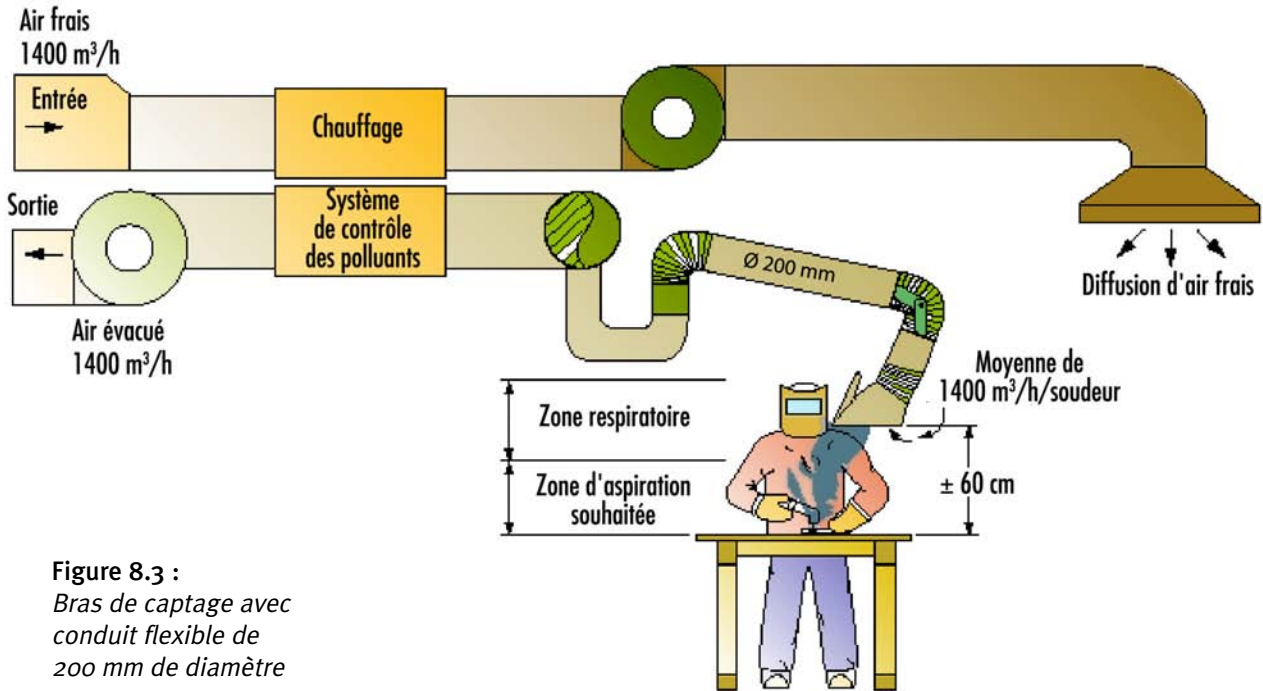


Figure 8.3 :
Bras de captage avec conduit flexible de 200 mm de diamètre

Tableau 8.4 : Bras de captage de diamètre supérieur à 100 mm

Avantages	Inconvénients
Enveloppe de captage importante : <ul style="list-style-type: none"> • 450 mm pour un débit de 1 200 m³/h dans un bras de 160 mm et, • 700 mm pour un débit de 1 700 m³/h dans un bras de 200 mm. 	L'enveloppe de captage doit suivre la zone de soudage à l'initiative du soudeur.
Possibilité d'installer une source d'éclairage sur le capteur pour inciter le soudeur à bien le positionner.	La zone respiratoire du soudeur peut être polluée par les fumées et le gaz s'il positionne sa tête dans l'enveloppe de captage.
L'accès aisé aux réglages des articulations facilite la mise en position du bras.	La structure peut gêner la visibilité de la zone de soudage et la mise en place dans la zone de captage souhaitée.
Facilité d'automatisation de la mise en aspiration synchronisée avec l'opération de soudage.	Sans automatisation, les volumes d'air extrait et de compensation peuvent devenir importants.

B. Système à moyen volume, moyenne pression (MVMP)

Les systèmes moyen volume, moyenne pression sont caractérisés par :

- l'utilisation de bras de captage ou de flexibles de moyen diamètre, soit de 45 à 100 mm,

- l'utilisation d'un ventilateur de type centrifuge comme unité d'aspiration.

Le tableau 8.5 présente les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'un bras de captage ou d'un flexible de diamètre inférieur à 100 mm.

Tableau 8.5 : Bras de captage de diamètre inférieur à 100 mm

Avantages	Inconvénients
Le captage des fumées, poussières et gaz se fait entre la source et la zone respiratoire.	Nécessite un positionnement rigoureux pour être efficace.
La dimension réduite du capteur libère l'accès à la zone de soudage.	
Faible déperdition thermique car faible débit de captage mis en œuvre.	Enveloppe de captage limitée.
Rayon d'action important pour les flexibles avec buse.	L'enveloppe de captage doit suivre la zone de soudage à l'initiative du soudeur.

Nota : Dans la plupart des outillages de bridage ou de conformation de pièces, l'aspiration peut être intégrée à l'outillage si elle est prévue dès sa conception.

C. Système à bas volume, haute pression (BVHP)

Un captage à la source à faible débit par des outils dédiés engendre des pertes de charge importantes et nécessite le principe de bas volume, haute pression.

La principale différence entre un système de bas ou de haut volume réside dans l'unité d'aspiration. Pour pouvoir réaliser une aspiration à haute pression (BVHP), il faut une turbine capable de supporter de grandes pertes de charge. Pour évaluer les pertes de charge du système, il faut tenir compte du type de capteur, de la longueur et de la structure du conduit. Ce type de système peut faire réaliser des économies fort intéressantes.

La méthode BVHP, utilisant des volumes d'air faibles, permet de :

- réduire le coût de l'unité filtrante,
- minimiser les différences de pression dans un bâtiment,

- réduire le débit du volume d'air de compensation, ce qui diminue le coût énergétique (chauffage, climatisation, puissance consommée, etc.).

Différents systèmes de captage peuvent fonctionner en BVHP :

- torche de soudage à captage intégré dite torche aspirante,
- flexible d'un diamètre inférieur à 45 mm et de grande longueur (> 15 m),
- microcapteurs intégrés dans un gabarit ou placés au choix à l'aide d'un aimant.



Figure 8.4 :
Torche aspirante

- **Torche de soudage à captage intégré**

Les premières torches mises sur le marché étaient lourdes et leur débit n'était pas toujours réglé de façon optimale. Aujourd'hui, les fabricants offrent un produit de troisième génération qui semble intégrer plusieurs des qualités techniques requises.

La torche de soudage à captage intégré possède, à proximité de la buse, des orifices par lesquels sont aspirés les fumées sans que soient aspirés les gaz de protection.

La torche fonctionne de la façon suivante : une turbine produit l'aspiration nécessaire et fait circuler l'air pollué à travers un tuyau flexible intégrant le faisceau d'alimentation de la torche.

Avantages et inconvénients

Le captage intégré à la torche de soudage est la meilleure méthode. Il peut être complété par un système de ventilation générale. Il permet de souder de grandes pièces sans avoir à se soucier de déplacer un bras de captage.

Le débit nécessaire pour le captage est plus faible que dans tous les autres systèmes de captage à la source. Par exemple, le débit peut varier entre 70 et 200 m³/h, selon le modèle de torche et le courant requis pour le soudage en mode semi-automatique.

Étant donné le faible débit requis par chacune des torches, les coûts de chauffage de l'air de remplacement sont plus faibles que pour des systèmes avec des bras de captage à haut volume.

Certains modèles de torches sont plus volumineux que d'autres mais pas nécessairement plus lourds. Il faut donc comparer les torches offertes par les différents fabricants. Il faut avoir à l'esprit que l'encombrement d'une torche volumineuse peut gêner si le soudage se fait dans un espace confiné. Il est donc important d'essayer différents modèles avant de faire un choix définitif pour son acceptation par les soudeurs.

Depuis deux ou trois ans, les fabricants ont amélioré de façon significative les torches à captage intégré. Le tableau suivant présente ces principales améliorations.

Tableau 8.6 : Amélioration des torches à captage intégré

Efficacité.	Les nouvelles conceptions de torche permettent d'atteindre une efficacité jusqu'à 80 %.
Flexibilité du faisceau.	Le flexible d'aspiration englobe le faisceau contenant les fils électriques, la gaine guide fil et les gaz, ce qui donne plus de souplesse.
Joint tournant ou à rotule.	Ces joints permettent une torsion du faisceau facilitant la manipulation de la torche.
Aucun ajustement de la buse.	Avec les nouveaux modèles, des capteurs fixes sont intégrés aux torches.
Contrôle de débit.	Possibilité de modifier la puissance d'aspiration pour un soudage en milieu confiné.

- **Conseils pour réussir l'implantation des torches à captage intégré**

1. Choix de la torche à captage intégré

Faire appel à différents fournisseurs afin de bien choisir le modèle de torche qui apporte le plus de confort lors du soudage. Certains fournisseurs sont disposés à prêter une unité mobile avec la torche correspondante. Pendant les essais, les soudeurs concernés doivent être consultés afin de faire connaître leurs impressions.

2. Choix de la turbine (unité d'aspiration)

Bien choisir la turbine qui correspond à la torche. Chaque torche possède ses propres caractéristiques concernant la pression exercée à l'entrée ainsi que le débit requis. Une turbine trop puissante aspire les fumées mais aussi les gaz de protection tandis qu'une turbine trop faible ne peut fournir le débit requis aux orifices de la torche pour capter les polluants.

3. Ergonomie du poste de travail

Une torche aspirante étant plus lourde qu'une torche traditionnelle, il est indispensable de soulager le poids additionnel par un système aérien d'aide complémentaire (potence, support de torche, équilibreur, etc.). Ces dispositifs améliorent notablement la productivité (jusqu'à 30 %), la durée de vie des matériels de soudage et la sécurité du poste de travail.

4. Recommandations du fabricant

Il est nécessaire de suivre les recommandations du fabricant car une différence minime du diamètre des conduits peut faire en sorte de diminuer grandement l'efficacité de la torche. L'entretien nécessaire du système devra également être spécifié par le fabricant ou le fournisseur.

5. Justification des coûts

Évidemment, l'achat d'un tel système paraît coûteux de prime abord, car il faut remplacer les torches traditionnelles par des torches à captage intégré. Cependant, les économies de chauffage permettent de s'attendre à un retour sur investissement très intéressant (150 m³/h extrait pour une torche, 1 200 à 2 000 m³/h pour un bras).

- **Bras de captage de petit diamètre**

Les nouveaux modèles de bras de captage ont des conduits de diamètre plus petit en raison du développement de la technologie du bas volume, haute pression. Les conduits peuvent varier de 4 à 8 cm de diamètre, ce qui facilite le changement de position et nuit moins à la visibilité.



Figure 8.5 :
Bras de captage de 45 mm de diamètre

Tableau 8.7 : Bras de captation d'un diamètre de 5 cm

Avantages	Inconvénients
Le positionnement du capteur est à ± 12 cm de la source d'émission.	Demande une attention particulière pour le positionnement de la buse de captation afin d'obtenir une efficacité maximale.
Les fumées et les gaz sont captés entre la source d'émission et la zone respiratoire, donc il y a élimination de presque tous les risques d'inhalation de produits toxiques.	Ne convient pas vraiment pour le soudage de grandes pièces.
Si les articulations sont externes, celles-ci permettent un ajustement simple et facile d'accès. Les déplacements se font d'une seule main.	
Le débit d'air est d'environ 180 m ³ /h à 220 m ³ /h selon la forme de la buse de captation.	

- **Microcapteurs intégrés au gabarit**

Ces microcapteurs sont en fait des buses d'aspiration de petit diamètre qui sont aménagées directement au niveau du gabarit de positionnement des pièces à souder. Il ne s'agit donc pas de bras de captage devant être déplacés suivant la soudure, mais bien

d'un captage intégré au gabarit qui supporte la pièce à souder. L'efficacité du captage dépend du nombre de capteurs et de leur emplacement en fonction des points à souder. Ce type de système s'adapte bien à une production en série de pièces semblables devant être assemblées sur des positionneurs.

Avantages	Inconvénients
Captation intégrée sans l'intervention du soudeur.	Plus de capteurs, donc un débit total supérieur par poste de travail.
Ne requièrent pas de torche spéciale.	Installation permanente ou presque, inadéquate pour les productions flexibles.
Captent les fumées qui continuent à émaner après la soudage, notamment sur des pièces enduites d'huile ou de graisses.	
Convient à tous les procédés de soudage.	

D. Table d'eau

Les tables d'eau sont surtout utilisées pour la coupe au plasma et au gaz. Ces tables sont très efficaces pour retenir les fumées produites par la coupe du métal. La conception de ces tables est assez simple : il s'agit d'un réservoir d'eau situé sous la table de coupe. Les fumées ainsi soufflées par le jet de coupe sont dirigées dans le bassin d'eau qui retient les particules. En plus d'une très grande efficacité de captage et d'absorption des fumées, le coût d'opération est minime vu l'absence de ventilation d'extraction.

Évidemment, il faut respecter certaines procédures pour nettoyer le réservoir et jeter les métaux qui sont accumulés dans le fond. La fréquence de la vidange d'eau souillée dépend du procédé de coupe utilisé et du degré d'encrassement. L'ajout d'additifs dans l'eau (antibactériens et autres) n'est pas obligatoire si l'entretien du bassin est fait régulièrement.

Il peut se produire sous les pièces à couper une accumulation d'hydrogène principalement en coupage de l'aluminium sous eau. De plus ne pas couper de titane sur cette installation. L'hydrogène étant un gaz inflammable, il existe un certain risque d'ignition, qui pourrait créer une explosion. Il faut donc assurer la dilution de ce gaz par ventilation balayant la surface de l'eau et ne pas laisser de l'aluminium immergé.

En général, pour être efficace, le bassin d'eau doit avoir entre 45 et 50 cm de profondeur. La hauteur du niveau d'eau doit se rapprocher de 5 à 10 cm de la zone de coupe. Lors de la conception du bassin, il ne faut pas oublier d'évaluer la structure de ce dernier pour qu'il soit en mesure de supporter le poids de l'eau. Par exemple, une table de 1,5 mètre de large sur 3,7 mètres de long peut contenir un volume d'eau de 2 800 litres qui pèse près de 2 800 kg, soit près de 3 tonnes.

E. Unité mobile de filtration

Il existe des unités mobiles de filtration des fumées de soudage. Ces unités acceptent généralement jusqu'à deux torches de soudage avec captage intégré ou deux bras de captage.

Les unités de filtration mobiles devraient être utilisées pour des opérations d'entretien ou des travaux de courte durée, à moins d'indications contraires de la part du fabricant, car la capacité des unités filtrantes est faible et requiert un entretien rigoureux. Les filtres habituellement utilisés sont cellulosiques ou polyester. Ils seront réservés aux fumées et poussières sèches. On devrait éviter les filtres électrostatiques à moins d'exceller dans les nettoyages de routine, car ils s'encrassent très rapidement. Il est bon de les réserver au soudage acier carbone sur tôles grasses. Il faut toutefois se souvenir que les gaz ne sont pas filtrés à moins d'utiliser un filtre sélectif au charbon activé.



Figure 8.6 :
Unité mobile de filtration

2. Filtration des fumées et des gaz et des gaz

Il est très important de capter les fumées et les gaz avant qu'ils ne parviennent dans la zone respiratoire des travailleurs. Une fois qu'ils sont captés, il faut savoir quoi en faire, où les diriger ou comment les filtrer pour s'assurer qu'ils ne reviendront pas dans l'environnement de travail.

Il existe différents systèmes de filtration en fonction de la nature, de la forme et de la taille des polluants. Le tableau de la page suivante présente les types de dépoussiéreurs et de systèmes de filtration existants ainsi que des informations pertinentes à leur sujet.

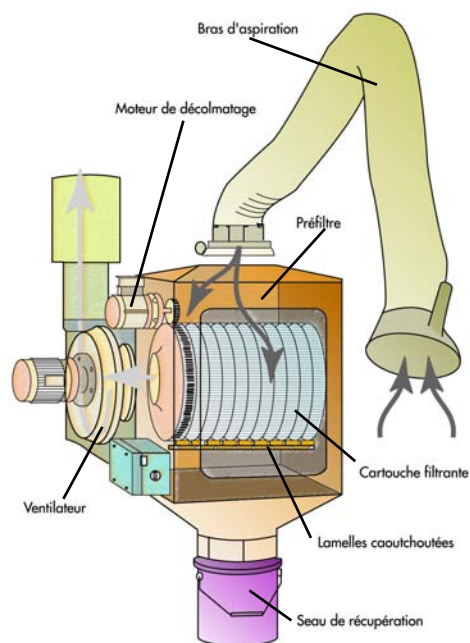


Figure 8.7 :
Système de filtration à cartouche

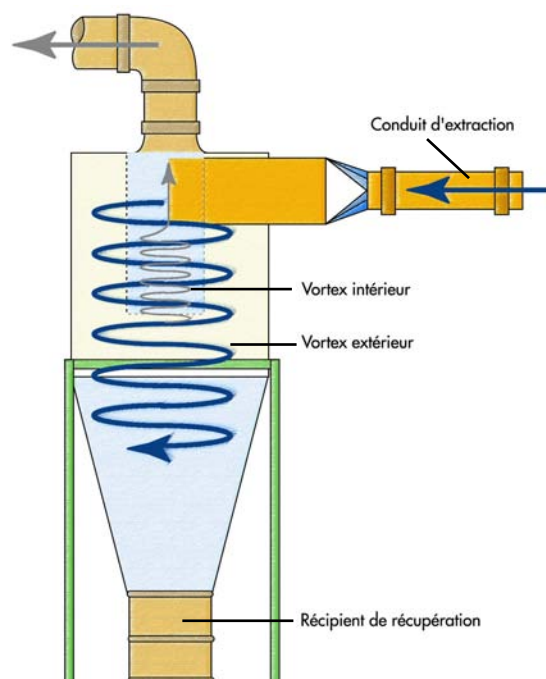


Figure 8.8 :
Dépoussiéreur centrifuge ou cyclone

Tableau 8.8 : Types d'appareils de filtration et informations particulières

Types d'appareils	Types de polluants	Informations
Dépoussiéreur centrifuge ou cyclone	Particules	Surtout utilisé pour les grosses particules (> 50 microns). L'efficacité est de 85 à 90 %. Quelques fournisseurs offrent ce système pour les fumées de soudage mais celui-ci n'enlève que les plus grosses particules et les fumées sont évacuées à l'extérieur de l'usine. L'efficacité est constante et le cyclone ne requiert aucun nettoyage. Exemples d'application : copeaux de bois, brins de scie, retailles de papier, etc.
Dépoussiéreur à sac filtrant	Particules	Ce système ne devrait pas être utilisé si les poussières ont tendance à se colmater. L'efficacité est de 97,5 % à 2 microns et peut être décroissante sur une période de ± 2 ans. Un entretien est requis : une vidange au besoin, le nettoyage des sacs filtrants, etc. Exemples d'application : procédés de caoutchouc, de céramique, etc.
Dépoussiéreur hydraulique	Particules	La capture des particules s'effectue à l'aide de gouttelettes d'eau. Utilisé surtout pour des particules combustibles ou inflammables. L'eau doit cependant être traitée de façon adéquate.
Dépoussiéreur à cartouche	Particules	Beaucoup utilisé pour la filtration des fumées de soudage. L'efficacité est d'environ 99,97 % à 0,5 micron. Les cartouches sont formées de tissus en fibres cellulosiques et en composantes synthétiques traitées chimiquement. Celles-ci sont nettoyées continuellement par un jet d'air. Le système requiert le changement des cartouches au besoin. L'air est admis par l'extérieur de la cartouche et est aspiré vers son centre. Un gâteau se forme et l'efficacité augmente. Un jet d'air pousse les poussières vers le bas. Exemples d'application : particules fines non abrasives telles que les fumées de soudage, les poussières de céramique et de produits chimiques, etc.
Filtre électrostatique	Certains types de brouillards Particules non conductives	À ÉVITER POUR LES APPLICATIONS DE SOUDAGE, car les fumées métalliques sont des particules conductives. Les filtres électrostatiques étaient utilisés par une grande majorité d'utilisateurs d'unités de filtration. Toutefois, leur coût de maintenance élevé et leur fonctionnement « tout ou rien » les désavantagent. Le principe de fonctionnement est l'ionisation. Les fumées sont chargées négativement et sont attirées sur la partie positive d'un champ magnétique. Un filtre haute efficacité peut également améliorer le résultat. Utilisation bien connue pour les brouillards d'huile. Possibilité de filtration à une, deux ou trois passes. L'efficacité est soit de 90 % (1 passe), 99 % (2 passes ou 99,9 % (3 passes), soit nulle.
Épurateur par absorption	Gaz Liquide Brouillard	On fait barboter l'air à filtrer dans un liquide qui absorbe les gaz et les particules. L'efficacité est de ± 99 %. Exemples d'application : solvants, vapeurs toxiques, etc.
Épurateur par adsorption	Certains types de gaz	Une surface solide adsorbante telle que le charbon actif et l'alumine recouverte d'un oxydant chimique peut être utilisée afin d'épurer l'air de certains gaz. On peut utiliser ce principe pour filtrer certains gaz de soudage. L'efficacité et la longévité de l'épurateur varient selon le modèle et l'application.

Une entreprise travaillant conformément à la norme ISO 14001 se doit d'avoir un système de filtration.

Nota : Pour le coupage plasma le volume de particules récupérées dans les filtres à décolmatage peut être d'un mètre cube tous les deux jours. L'utilisation de containers spécifiques de récupération est fortement conseillée (big bag).

3. Ventilation générale

A. Débit d'air requis

- **Réglementation**

L'aération et l'assainissement de l'atmosphère des locaux de travail font l'objet des textes suivants issus du code du travail :

- 1) le plomb métallique et ses composés font l'objet d'une valeur limite d'exposition professionnelle obligatoire de $0,10 \text{ mg/m}^3$. Ils font également l'objet des dispositions figurant aux articles R 231-56 à R 231-56-12, articles R. 231-58-4 à R 231-58-6, du code du travail,
- 2) Pour les autres substances, voir les articles R. 232-5 à R 232-5-14 du code du travail et la circulaire du 14 mai 1985 du ministère du travail, relative à la prévention des cancers d'origine professionnelle (valeurs limites indicatives).

Les valeurs limite d'exposition professionnelle sont données dans la circulaire du 19 juillet 1982 établissant des valeurs indicatives de concentrations admissibles pour plus de 500 substances dangereuses et dans l'arrêté du 30 juin 2004 établissant la liste des valeurs limites d'exposition professionnelle indicatives pour certaines substances.

Le contrôle périodique des installations d'aération et d'assainissement fait l'objet de l'arrêté du 8 octobre 1987 du ministère du travail.

L'aération et l'assainissement des lieux de travail font l'objet d'une note technique du 5 novembre 1990.

Les mesures et contrôles pouvant être prescrits par l'inspecteur du travail font l'objet de l'arrêté du 9 octobre 1987 du ministère du travail.

- **Calcul du volume d'air à évacuer**

Le calcul du débit requis s'établit à partir du volume utile du local ou du bâtiment à ventiler. Ce volume utile correspond à la surface totale de plancher du bâtiment multipliée par la hauteur du plan de travail à laquelle on a additionné 3,7 mètres. Le plan de travail correspond à la surface de plancher où sont situés les travailleurs (la hauteur de ce plan de travail est donc nulle si les travailleurs sont tous au même niveau, soit le plancher du bâtiment).

Si le plafond est plus bas que 3,7 mètres, on doit prendre la hauteur réelle du plafond. Une attention particulière doit être portée aux bâtiments qui possèdent des mezzanines où l'on trouve des postes de travail ; dès qu'il y a un deuxième niveau de travail plus haut que le plancher, il faut ajouter le volume correspondant à cette surface additionnelle de plancher.

- **Bilan de ventilation générale**

Il faut inclure dans le bilan de ventilation générale tous les besoins en ventilation locale également. Les débits des systèmes indépendants de captage à la source seront donc inclus dans le volume d'air total évacué seulement si ces systèmes de captage fonctionnent pendant toute une journée de production normale.

Pour les systèmes ne fonctionnant que quelques heures par jour, leur débit ne peut être inclus dans le bilan.

L'exemple dans l'encadré ci-dessous montre la méthode de calcul pour évaluer la capacité requise du ou des ventilateurs destinés à la ventilation générale de façon à assurer le bilan global (ventilation générale + locale) selon le taux de changement d'air à l'heure spécifié par le code du travail.

B. Débit d'air requis si des bras de captation sont utilisés

Données additionnelles :

- Utilisation de 3 bras de captage à 1 730 m³/h chacun pour toute la période de production.
- Utilisation d'un bras de captage à 1 380 m³/h une à deux heures par jour.

Selon le calcul du débit pour quatre changements d'air à l'heure, nous avons trouvé dans l'exemple précédent 13 840 m³/h. Étant donné que trois bras de captage sur quatre fonctionnent pendant toute la période de production, nous pouvons donc les inclure dans le bilan de ventilation.

Débit requis (Q) =
Débit pour quatre changements d'air/heure
– total des débits de la captation locale

$$Q = 13\,840 \text{ m}^3/\text{h} - 5\,190 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 8\,650 \text{ m}^3/\text{h}$$

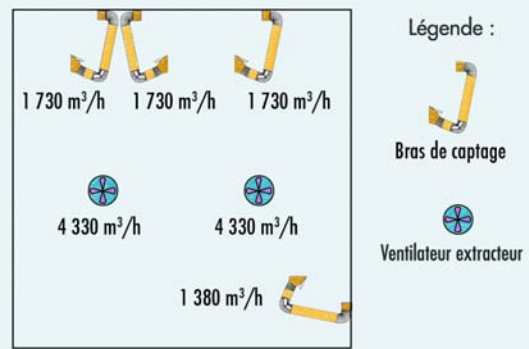


Figure 8.9 :
Système de ventilation générale et locale pour l'évacuation de l'air vicié

La capacité requise pour le débit d'air extrait par les ventilateurs d'évacuation pour l'obtention de 4 changements d'air par heure serait alors de 8 650 m³/h. La valeur a diminué étant donné que les 3 bras de captage évacuent déjà à eux seuls 5 190 m³/h et ce, pendant toute la période de production. Le quatrième bras n'est pas inclus dans le calcul puisqu'il ne fonctionne que quelques heures par jour.

Entrée d'air équivalente et chauffage

Dans un bilan de ventilation, il est important de calculer le débit d'air sortant, mais il est tout aussi important de calculer l'air de remplacement pour bien équilibrer le système. On calcule la quantité d'air de remplacement en soustrayant environ 10 % du débit d'air évacué, ce qui a pour effet de produire une légère pression négative à l'intérieur de l'usine.

Cette faible pression négative permet d'éviter la migration des polluants vers d'autres secteurs, notamment les bureaux.

On retrouve souvent les unités mécanisées avec chauffage d'appoint intégré et diffuseur d'air comme système d'apport d'air frais.

Pendant les périodes froides, les unités de chauffage au gaz ou les unités électriques de l'usine sont utilisées pour maintenir une température stable. Toutefois, l'arrivée d'une grande quantité d'air froid perturbera la température de l'usine. Il est donc important de réduire la différence de température entre l'air frais et celui de l'usine jusqu'au point où la température de l'air frais atteint environ 16° Celsius à la sortie du diffuseur. Cette température peut être atteinte avec un système de chauffage intégré au système d'apport d'air mécanisé. Il existe également des systèmes d'apport d'air mécanisé qui récupèrent la chaleur au niveau du plafond de l'usine, ce qui facilitera le chauffage de l'air introduit par brassage et évitera un surfonctionnement du système de chauffage de l'usine.

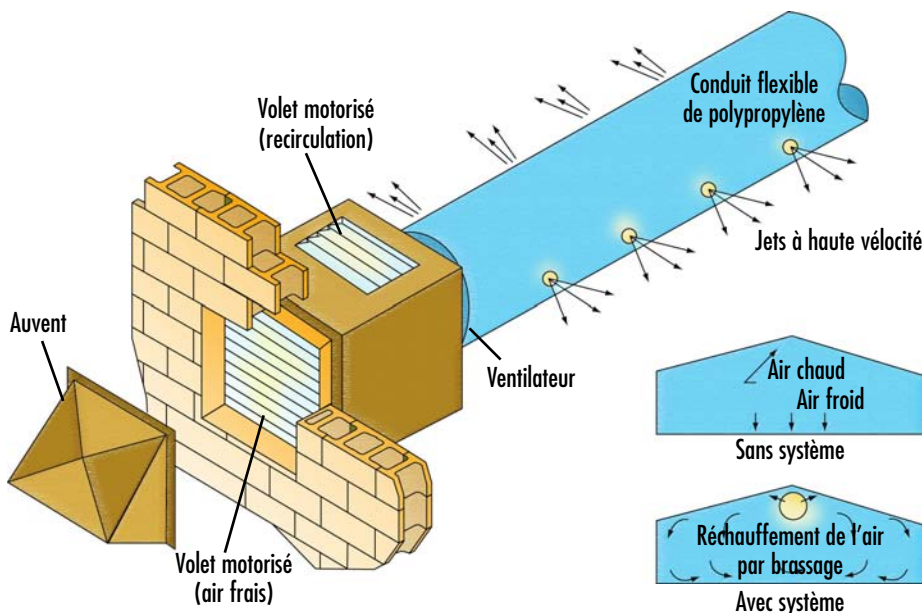


Figure 8.10 :
Système d'apport d'air mécanisé

C. Débit d'air de remplacement (air frais provenant de l'extérieur)

Selon le calcul du débit, pour l'obtention de quatre changements d'air, nous avons trouvé dans l'exemple précédant $13\,840\text{ m}^3/\text{h}$. Afin de réaliser le calcul, on applique un facteur de $0,90$, ce qui correspond à un débit d'air de remplacement 10% moins élevé que le débit d'air extrait.

Débit d'air de remplacement requis =
 $0,90 \times Q_4$ changements d'air
Q requis à l'entrée = $0,90 \times 13\,840\text{ m}^3/\text{h}$
Q requis à l'entrée = $12\,460\text{ m}^3/\text{h}$

La capacité nécessaire pour le débit d'air frais devrait être d'environ $12\,460\text{ m}^3/\text{h}$ (quantité d'air extrait moins environ 10%).

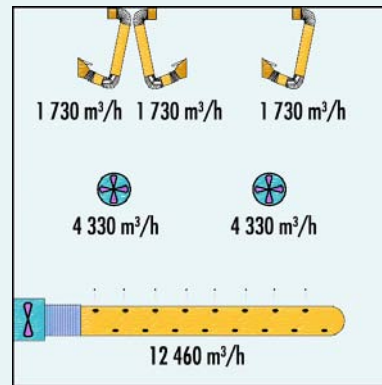


Figure 8.11 :
Organisation du système de ventilation générale complet