

Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les CRAM-CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressants l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les CRAM. Pour les obtenir, adressez-vous au service prévention de la Caisse régionale ou de la Caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collège représentant les employeurs et d'un collège représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et Caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les Caisses régionales d'assurance maladie et les Caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité.

Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.

Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

9.1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides

(peintures, vernis, etc.)

Par un groupe d'ingénieurs
des CRAM et de l'INRS
sous le pilotage
de Gilles Castaing

Sommaire

1. Domaine d'application	5
2. Textes réglementaires - Rappel des risques	6
2.1. Textes réglementaires	6
2.2. Rappel des principaux risques.....	6
3. Principes généraux	7
4. Assainissement de l'atmosphère des cabines d'application	9
4.1. Généralités	9
4.2. Cabines à ventilation verticale.....	9
4.2.1. Cabines fermées	9
4.2.2. Cabines ouvertes.....	11
4.3. Cabines à ventilation horizontale.....	12
4.3.1. Cabines ouvertes.....	12
4.3.2. Cabines fermées	14
4.4. Autres cas.....	15
4.4.1. Cabines à ventilation oblique	15
4.4.2. Cabines de grande longueur à ventilation fractionnée et aires de peinture	15
4.4.3. Cabines de pistelage sans opérateur à l'intérieur.....	15
5. Séchage	16
5.1. Préséchage	16
5.2. Séchage	17
5.3. Sources de chaleur	17
5.3.1. Air chauffé indirectement dans un échangeur.....	17
5.3.2. Air chauffé directement dans une flamme (chauffage en veine d'air).....	17
5.3.3. Rayonnement infrarouge direct	17
5.4. Installations de séchage.....	17
5.4.1. Local à température ambiante.....	17
5.4.2. Fours armoires.....	17
5.4.3. Cabines étuves et cabines mixtes.....	18
5.4.4. Fours tunnels	20
5.5. Asservissements	20
5.5.1. Fours armoires, fours tunnels.....	20
5.5.2. Cabines mixtes	21

6. Filtration de l'air pollué	21
6.1. Filtres secs	21
6.1.1. Matelas de fibres	21
6.1.2. Filtres à choc	21
6.1.3. Matériaux en céramique	21
6.2. Lavage à l'eau	22
6.2.1. Rideaux d'eau	22
6.2.2. Lavage sous caillebotis	22
6.3. Systèmes à claire-voie	22
7. Rejet de l'air pollué	22
8. Traitement de l'air neuf	23
8.1. Introduction de l'air neuf	23
8.1.1. Cabines ouvertes	23
8.1.2. Cabines fermées	23
8.2. Filtration de l'air neuf	23
8.3. Chauffage de l'air neuf	23
8.3.1. Moyens de chauffage	24
8.3.2. Cabines fermées	24
8.3.3. Cabines ouvertes	24
9. Bruit	24
10. Contrôle et entretien des systèmes de ventilation et des installations connexes	24
10.1. Généralités.....	24
10.2. Surveillance du colmatage des filtres par mesure de pression différentielle	25
10.3. Protocole de contrôle de la ventilation des cabines.....	25
10.3.1. Cabines à ventilation verticale.....	25
10.3.2. Cabines à ventilation horizontale	26
Bibliographie	28

Ce document a été établi par un groupe de travail constitué sous l'égide de la CNAM et comprenant des spécialistes en ventilation et nuisances chimiques de la CNAM, des CRAM et de l'INRS.

Il a été préparé dans le but de servir de guide et de document de référence à l'usage des personnes et organisations concernées par la conception, la construction, l'exploitation et le contrôle des installations de ventilation des cabines et postes d'application par pulvérisation de produits liquides (peintures, vernis, etc.). Seuls les points essentiels relatifs à la ventilation et au bruit ont été traités.

En ce qui concerne les nuisances chimiques, l'objectif minimal à atteindre est le maintien de la salubrité des locaux de travail.

Plusieurs organismes ont été consultés :

- Syndicat général des Industries de matériels et procédés pour les Traitements de Surface (SITS) ;
- Syndicat national des entreprises d'Application de Revêtements et Traitements de Surface (SATS) ;
- Fédération Nationale du Commerce et Artisanat de l'Automobile (FNCAA) ;
- Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA).

Ce guide de ventilation sera réexaminé régulièrement et au besoin modifié. Le groupe de travail demande à toute personne ou organisme ayant des avis ou critiques à formuler sur ce document de bien vouloir les lui faire connaître (commentaires à adresser à l'INRS, en faisant référence au groupe de travail Ventilation n° 9.1).

1. Domaine d'application

Les données faisant l'objet du présent guide de ventilation ont pour but la réalisation d'installations d'application et de séchage ou de cuisson de produits liquides (peintures, vernis, etc.) permettant d'assurer

la protection de l'opérateur contre les risques d'intoxication, d'incendie et d'explosion.

Elles s'appliquent aux procédés d'application par pulvérisation dans les cabines ainsi qu'aux procédés de séchage ou de cuisson des produits liquides (peintures, vernis, etc.) dans les fours, cabines, étuves, tunnels, etc.

Pour rendre la lecture du texte plus aisée, on parlera, dans les paragraphes qui vont suivre, de cabines d'application de peinture et vernis ainsi que de peintres. Les analyses et préconisations effectuées restent cependant valables pour d'autres produits liquides appliqués par pulvérisation (colles, encres, etc.) avec éventuellement quelques légères adaptations.

Les opérations de poudrage sont traitées dans le guide pratique de ventilation n° 9.2.

2. Textes réglementaires - Rappel des risques

2.1. Textes réglementaires

- Code du travail, articles R. 4212-1 à R. 4212-7 et articles R. 4222-1 à R. 4222-26 : aération, assainissement des locaux.

- Code du travail, articles R. 4312-4 à R. 4312-18 : règles techniques de conception des cabines de projection par pulvérisation, cabines et enceintes de séchage de peintures liquides, de vernis, de poudres ou de fibres sèches et cabines mixtes (intégration dans le code du travail de décret n°90-53 du 12 janvier 1990).

- Décret n° 47-1619 du 23 août 1947 modifié et circulaires d'application Tr 106/47 du 24 décembre 1947 et TE 24/74 du 13 mai 1974 relatifs à la protection des ouvriers qui exécutent des travaux de peinture ou de vernissage par pulvérisation.

- Arrêté du 3 mai 1990 relatif à l'application du décret n° 90-53 du 12 janvier 1990

et précisant les vitesses de ventilation des cabines de projection destinées à l'emploi de peintures liquides ou de vernis.

- Circulaire DRT n° 90/7 du 9 mai 1990 relative à l'application du décret n° 90-53 du 12 janvier 1990.

- Code du travail, articles R. 4412-1 à R. 4412-164 : mesures de prévention des risques chimiques.

- Arrêté du 11 juillet 1977 fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale.

- Tableaux de maladies professionnelles : 1, 4, 4bis, 10, 10bis, 12, 49, 49bis, 51, 62, 65, 84.

- Code du travail, articles R. 4227-42 à R. 4227-54 et R. 4216-31 : prévention des explosions.

- Décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996 modifié relatif aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible.

- Arrêté du 8 juillet 2003 complétant l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail.

- Arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosible.

- Arrêté du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.

- Circulaire DRT n° 11 du 6 août 2003 commentant l'arrêté du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.

- Réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement :
 - Arrêté type 2940 : Application, cuisson, séchage de vernis, peinture, apprêt, colle, enduit, etc. sur support quelconque.

- Arrêté type 2930 : Ateliers de réparation et d'entretien de véhicules et engins à moteur, y compris les activités de carrosserie et de tôlerie.

- Décret n° 2006-623 du 29 mai 2006 et arrêté du 29 mai 2006 relatifs à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les peintures de retouche de véhicule.

Il est à noter que des normes européennes concernant les prescriptions de sécurité des cabines d'application et de séchage des peintures liquides ont été publiées (NF EN 12215 et NF EN 13355). Elles ne sont pas applicables en France, celle-ci ayant déposé une objection formelle à leur encontre auprès de la Commission européenne.

2.2. Rappel des principaux risques

Les peintures et vernis habituellement utilisés dans l'industrie ou la carrosserie automobile peuvent présenter des risques d'intoxication, d'incendie et d'explosion.

- Le risque d'intoxication chronique ou aiguë est dû :

- aux solvants (hydrocarbures, cétones, esters, alcools, etc.) ;
- aux durcisseurs de certains liants (amines, isocyanates) ;
- aux pigments (composés du plomb, du chrome, etc.) ;
- aux adjuvants (composés dangereux des peintures antisalissures, fongicides, insecticides, etc.).

Les peintures polyuréthanes, utilisées avec un durcisseur à fonction isocyanate, présentent des risques supplémentaires à cause de l'action irritante et sensibilisante du durcisseur qui peut se manifester après inhalation de l'aérosol même en faible quantité (maladie professionnelle n°62) [1] .

- Le risque d'incendie est dû aux solvants et diluants inflammables. Il est d'autant plus important que le point d'éclair de la peinture ou du vernis employé est faible (le point d'éclair est la température minimale à laquelle, dans des conditions d'essais spécifiées, un liquide émet suffisamment de gaz inflammable capable de s'enflammer momentanément en présence d'une source d'inflammation).

Ce risque d'incendie est à craindre surtout dans :

- les locaux de stockage et de préparation des peintures, vernis et diluants ;
- les gaines d'évacuation d'air pollué où des dépôts se forment sur les parois ;
- les récipients et les bennes destinés à recueillir les chiffons, papiers et déchets imprégnés de peintures siccatives qui s'échauffent par oxydation à l'air ;
- les filtres secs colmatés par les dépôts de vieilles peintures.

- Le risque d'explosion est dû aux vapeurs de solvants inflammables. Il faut veiller à maintenir leur concentration dans l'air en dessous du quart de la limite inférieure d'explosivité (LIE) qui est la concentration minimale en volume à partir de laquelle l'explosion du mélange peut se produire.

Pour des raisons environnementales, la teneur en solvants organiques dans les peintures a été fortement abaissée ces dernières années. Parallèlement, on a assisté à un fort développement de peintures en base aqueuse.

Pour ces dernières, les risques d'incendie et d'explosion sont fortement atténués mais des risques toxicologiques résultant de la mise en œuvre de ces peintures sont encore présents, comme les atteintes cutanées (irritation et allergies) et respiratoires (asthme).

3. Principes généraux

Toutes les fois que ce sera techniquement possible, on placera les objets à peindre dans des cabines, tunnels équipés de dispositifs efficaces d'évacuation des vapeurs et aérosols de peinture.

Certains cas où l'utilisation d'une cabine

classique n'est pas techniquement possible (chantiers du bâtiment et des travaux publics, construction ou réparation des navires, peinture à l'intérieur de réservoirs, de caissons ou de carrosseries, etc.) ne sont pas traités dans ce guide mais dans le guide pratique de ventilation n° 9.3.

L'utilisation d'une cabine de peinture est obligatoire à la fois pour assurer la protection respiratoire du peintre contre le risque

d'intoxication et pour éviter la dispersion des aérosols et des vapeurs de solvant dans le reste des ateliers. Elle permet de restreindre la taille du local à pollution spécifique à traiter ; elle sera donc préférentiellement fermée.

La ventilation de la cabine de peinture doit être conçue de telle sorte que l'opérateur à son poste de travail, pendant une application, soit placé dans un flux d'air

ENCADRÉ 1

Prévention du risque d'explosion

Les articles R. 4227-42 à R. 4227-54 et R. 4216-31 du code du travail précisent les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives.

Ils prévoient, entre autres, une classification des emplacements où des atmosphères explosives peuvent être présentes ainsi que les conditions à respecter dans chaque zone :

Zone 0 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 1 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 2 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée, s'il advient qu'elle se présente néanmoins.

La délimitation des zones à risques d'explosion, qui est de la seule responsabilité du chef d'établissement, répond à un double objectif :

- limiter l'étendue de ces zones ;
- mettre en place et utiliser un matériel électrique ou non, adapté à la zone à risque.

Deux **exemples** de délimitation de zones à risques d'explosion en cabine d'application de peintures sont donnés dans les **figures 1 et 2** ci-dessous.

Ils s'accompagnent des commentaires suivants :

- le volume délimité par le cône de pulvérisation de la peinture déposée par un opérateur est classé en zone 0. Dans le cas d'une application automatique par robots, on pourrait classer tout le volume délimité par l'amplitude de chacun des robots en zone 0 ou 1.
- les volumes extérieurs à la cabine de pulvérisation, limités à 1 mètre des ouvertures pourraient être classés en zone 2. Ce classement en zone 2 pourrait même être étendu à tout le volume extérieur de la cabine, dans la limite de 1 mètre, afin de prendre en compte d'éventuels dysfonctionnements du système de ventilation de la cabine. Cela assurerait également l'absence de source d'ignition, d'un matériel électrique ou non électrique, dans ce volume et limiterait la présence du personnel à proximité de la cabine.
- le zonage doit prendre en compte les effets d'une maintenance préventive et curative (changement régulier des filtres, nettoyage des bols électrostatiques des pulvérisateurs par exemple).
- la réglementation concernant les atmosphères explosives ne concerne pas seulement les locaux où sont appliquées et séchées les peintures, mais également les locaux connexes (zones de préparation des peintures, de nettoyage des équipements, de stockage des solvants et peintures, des déchets ...).

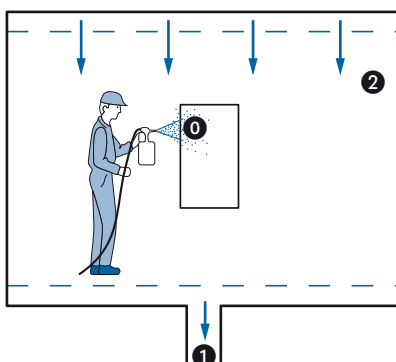


figure 1

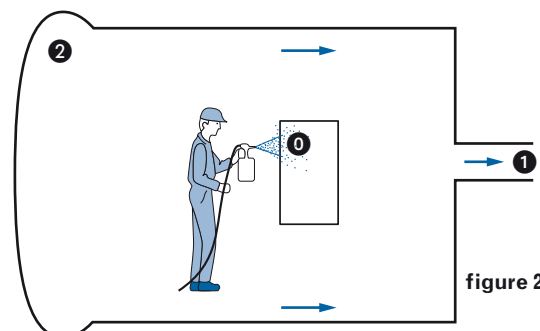


figure 2

homogène non pollué (figures 1 et 2). Ceci devrait permettre à un opérateur de travailler sans avoir recours à un appareil de protection respiratoire⁽¹⁾ [2]. En conséquence, si l'objet à peindre est disposé de telle sorte qu'il oblige l'opérateur à tourner autour, le flux d'air doit être vertical descendant. Si la partie à peindre est située en hauteur, le peintre doit disposer de moyens lui permettant de maintenir ses voies respiratoires au-dessus de l'aérosol de peintures.

Chaque fois que l'objet à peindre pourra, durant toute l'opération, être disposé entre le peintre et un dispositif d'aspiration, on pourra généralement admettre une cabine à flux d'air horizontal. Le système sera d'autant plus efficace que l'opérateur se tiendra dans une position telle que son dos sera parallèle au sens de l'écoulement de l'air (figure 3). Cette disposition n'est cependant pas toujours applicable pour des raisons techniques.

Dans tous les cas, une attention particu-

lière doit être portée à la compensation de l'air extrait par la cabine, sous peine d'altérer gravement ses performances.

(¹) Dans le cas particulier d'emploi de peintures polyuréthanes contenant des isocyanates, produits particulièrement sensibilisants, le port d'un appareil de protection respiratoire à adduction d'air est cependant conseillé. Cette disposition ne doit en aucun cas servir de caution à la non conformité de la ventilation de la cabine de peinture.

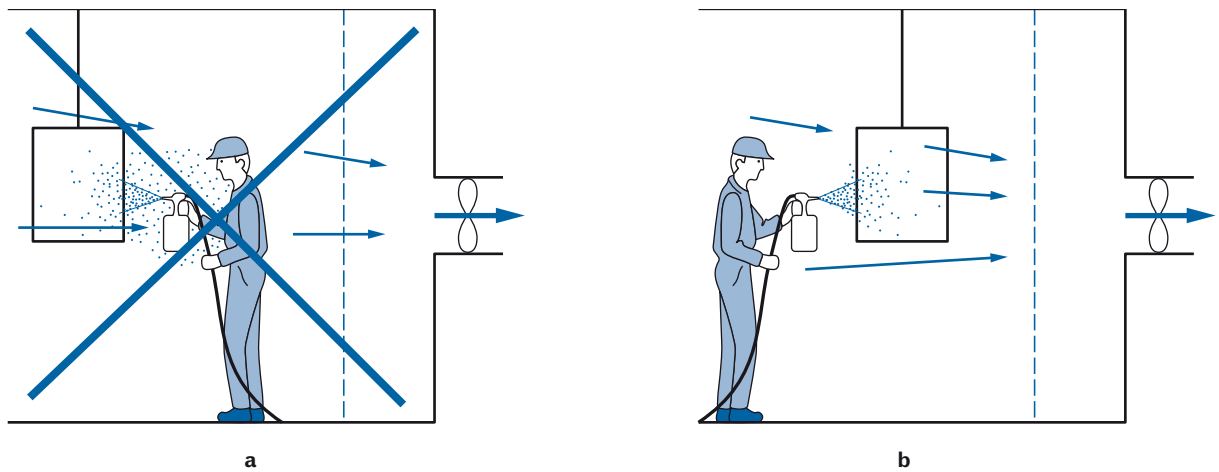


Fig. 1. a) Mauvaise position : l'aérosol et les vapeurs de solvants reviennent vers le peintre. b) Bonne position : le peintre reste dans un courant d'air neuf.

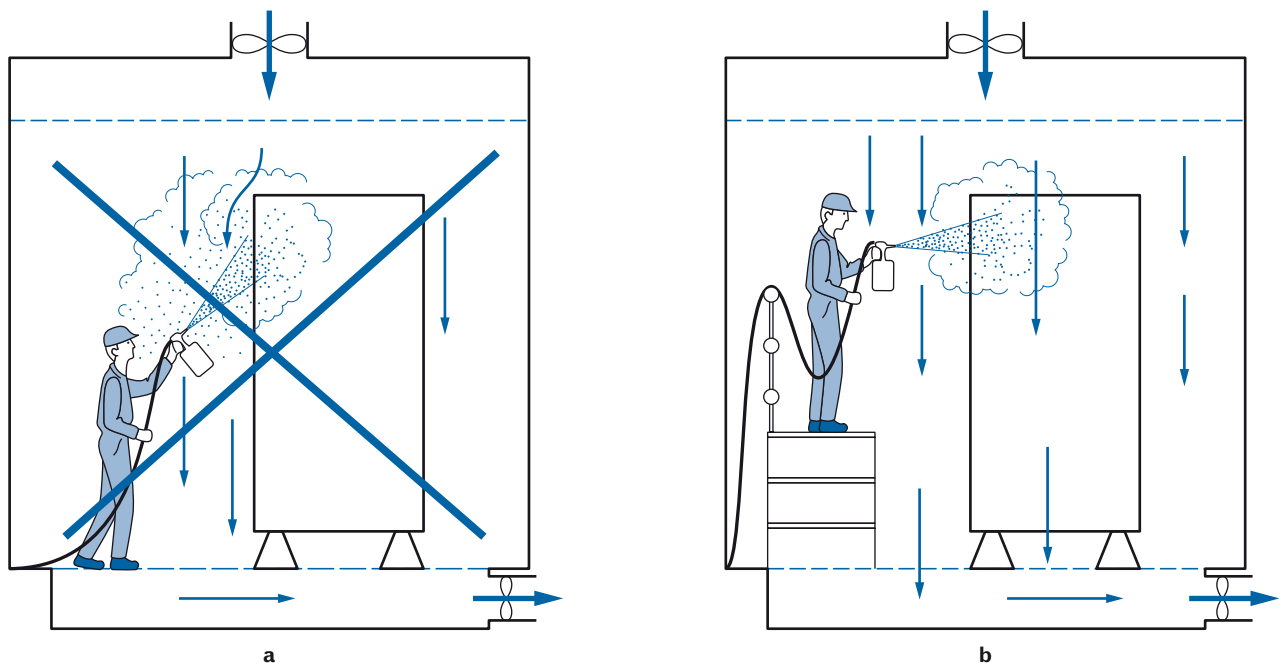
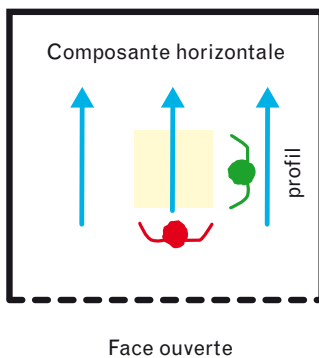


Fig. 2. a) Mauvaise position : l'aérosol est rabattu vers le visage du peintre. b) Bonne position : le peintre reste en dehors de l'aérosol.

4. Assainissement de l'atmosphère des cabines d'application

4.1. Généralités

■ Le poste de peinture peut être une cabine à ventilation verticale ou une cabine à ventilation horizontale. Dans chaque catégorie, il existe des cabines fermées et des cabines ouvertes. La dimension du subjectile, la nature et la fréquence des opérations de peinture doivent guider l'utilisateur vers le choix de l'un ou l'autre de ces matériels, sachant que, dans le cas de subjectiles importants et/ou obligeant le peintre à tourner autour lors de l'application de la peinture, la disposition à préférer est celle de la cabine fermée à ventilation verticale, plus à même d'assurer l'objectif principal : maintenir le peintre dans un flux d'air neuf.



Face ouverte

Fig. 3. Position à adopter dans le cas d'un travail en cabine à flux horizontal. La position de profil est recommandée.

■ Les critères de débit et de renouvellement d'air d'une cabine de peinture ne permettent pas de caractériser l'efficacité de la ventilation. Seules la vitesse de l'air, sa direction et l'homogénéité de sa répartition sont représentatives de la ventilation. L'air introduit doit être préalablement réchauffé à une température permettant des conditions de travail satisfaisantes pour le peintre et adaptée au produit appliqué. Les dispositifs de réchauffage de l'air introduit sont décrits au § 5.3 (certains ne sont pas utilisables lors de la phase d'application).

■ Pour tous les types de cabines, pendant la phase d'application des peintures, il est nécessaire d'asservir le fonctionnement des pistolets de pulvérisation au fonctionnement de la ventilation et, pour les cabines fermées mixtes, à la position du registre dans la gaine de ventilation prévue pour la phase pistolage. Cette disposition permet à l'opérateur de pulvériser dans un flux d'air neuf.

■ En position séchage, un dispositif de sécurité doit agir de façon que l'application de peinture ne soit pas possible.

■ Un dispositif doit rendre impossible le recyclage pendant la phase d'application de la peinture, car l'opérateur doit rester dans un flux d'air neuf (voir § 5.5).

4.2. Cabines à ventilation verticale

4.2.1. Cabines fermées

4.2.1.1. Description et usage

Une cabine de peinture fermée à ventilation verticale est une enceinte ventilée fermée sur toutes ses faces pendant son utilisation. L'opérateur et le subjectile sont placés à l'intérieur. On l'utilise pour la peinture de véhicules, mobiliers, gros appareils, machines, etc.

Lorsque l'opérateur doit évoluer autour de l'objet à peindre, il est nécessaire de prévoir une distance d'environ 1 m entre les parois de la cabine et l'objet. En ce qui concerne la hauteur intérieure de la cabine, une distance de 1 m entre le niveau supérieur du subjectile et le plafond est un minimum à retenir. Des dispositifs permettant d'assurer le respect de cette hauteur minimum (en interdisant l'accès à des subjectiles trop hauts), tels une barre horizontale en travers de l'ouverture ou des portes de hauteur limitée peuvent être utilement prévus dès la conception de la cabine.

Ce type de cabine est bien adapté pour effectuer la peinture des objets qu'on ne peut suspendre ou placer sur un support tournant à cause de leur poids ou de leurs dimensions importantes et qui imposent à l'opérateur de tourner autour (exemple : véhicules, machines). Le peintre peut ainsi rester constamment dans une atmosphère d'air neuf.

L'air parvient dans la cabine par l'intermédiaire d'un caisson (plenum) constituant le plafond de la cabine (figures 4 et 5).

L'air pollué est extrait au niveau du sol.

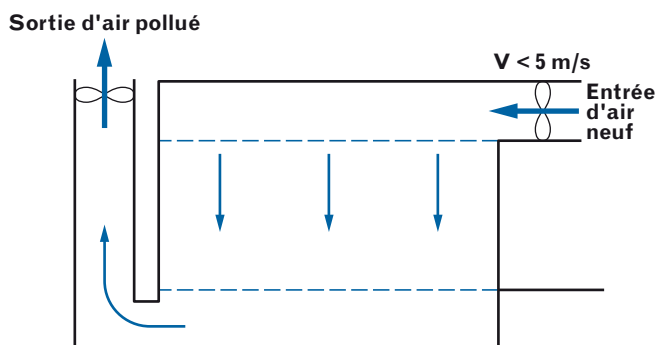


Fig. 4. Principe de ventilation verticale par l'intermédiaire d'un caisson filtrant. La vitesse ne doit pas être trop élevée dans la gaine d'arrivée d'air, avant le plenum.

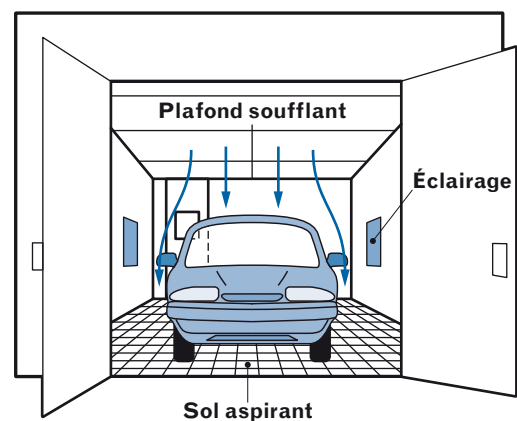


Fig. 5. Cabine de peinture fermée à ventilation verticale.

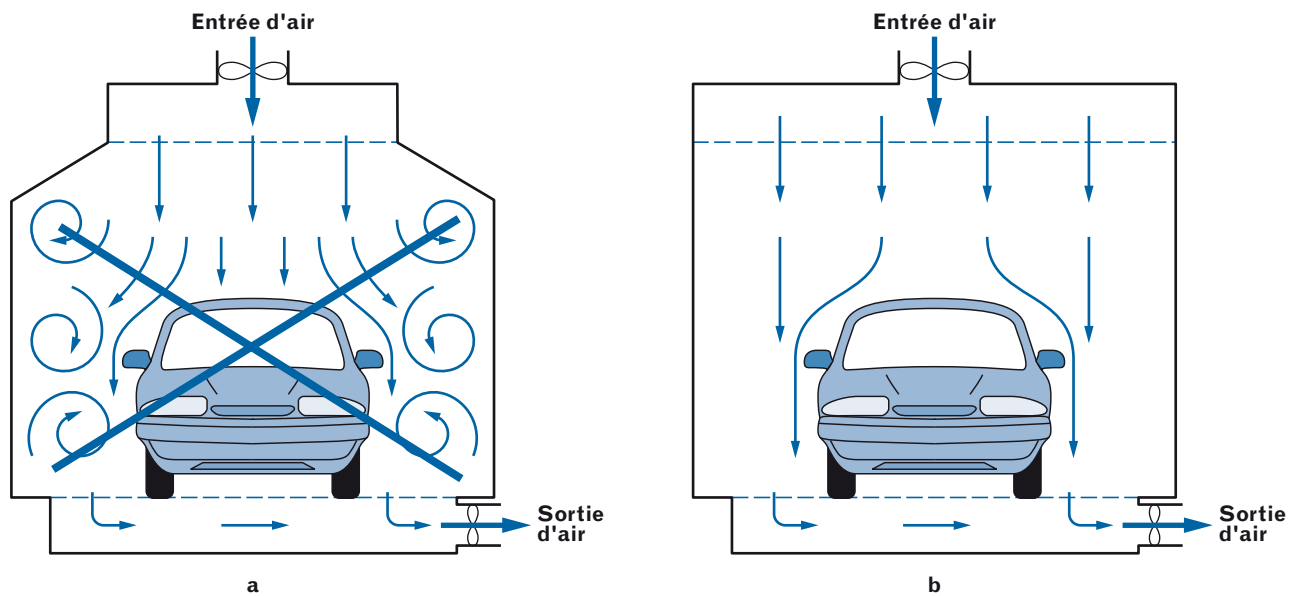


Fig. 6. a) Mauvaise configuration : turbulences importantes dues aux larges pans coupés. b) Configuration acceptable.

4.2.1.2. Vitesse de l'air

Pour que la ventilation protège efficacement le peintre, la vitesse de l'air dans la zone de travail (cabine vide), doit être supérieure à 0,3 m/s. Dans certains cas (objets connus, de forme et de dimensions suffisamment homogènes ou voisines), la vitesse moyenne mesurée avec l'objet en place, doit être d'au moins 0,4 m/s (voir les protocoles de mesure au § 10.3).

Il faut aussi que le flux d'air soit régulier dans le temps et homogène dans l'espace de travail.

Pour atteindre ces buts, un certain nombre de conditions sont recommandées :

■ Au niveau du plafond :

- plenum soufflant constituant la plus grande partie possible du plafond de la cabine (figure 5), ce qui implique de réduire au maximum la largeur des pans coupés (voire de les supprimer) utilisés pour l'éclairage, qui ont le défaut de provoquer des turbulences nuisant à l'évacuation de l'air pollué (figure 6).

- jonction évasée entre la gaine d'arrivée d'air et le plenum ;

- vitesse limitée pour l'air entrant dans le plenum. En effet, il a été observé qu'une vitesse d'air supérieure à 5 m/s à l'entrée dans le plenum provoquait des turbulences et une hétérogénéité du flux d'air à l'intérieur de la cabine ;

- homogénéité de la température de l'air

dans le plenum. En effet, lorsque le dispositif de chauffage est en fonctionnement, une ventilation irrégulière dans le temps a été observée, due à plusieurs causes : mauvaise conception du système de chauffage, régulation de température grossière par tout ou rien, brassage de l'air insuffisant, mouvements de convection, etc.

■ Au niveau du sol :

L'homogénéité du flux d'air ne doit pas être perturbée par le système d'extraction au sol qui peut présenter des configurations variées ; l'extraction sur toute la surface du sol est la solution à privilégier.

Une profondeur suffisante de la fosse ou des caissons d'extraction est un facteur favo-

Cas particulier des fosses de peinture

Le travail de peinture en fosse devra être évité autant que possible, en assurant par exemple le retournement mécanique du subjectile pour effectuer la peinture de sa face inférieure. Le travail sous une charge suspendue doit cependant être exclu.

On peut proposer un certain nombre de mesures de prévention :

- ▶ Proscrire au moyen d'un système de verrouillage la pulvérisation simultanée de produit de revêtement dans la fosse et dans la cabine à l'extérieur de la fosse.

- ▶ La profondeur de la fosse sera adaptée au travail à effectuer et sa largeur ne doit pas être inférieure à 0,80 m. Un moyen d'élévation réglable en fonction de la taille du peintre et de la configuration du subjectile à traiter peut être prévu. Un

escalier doit être prévu à chaque extrémité.

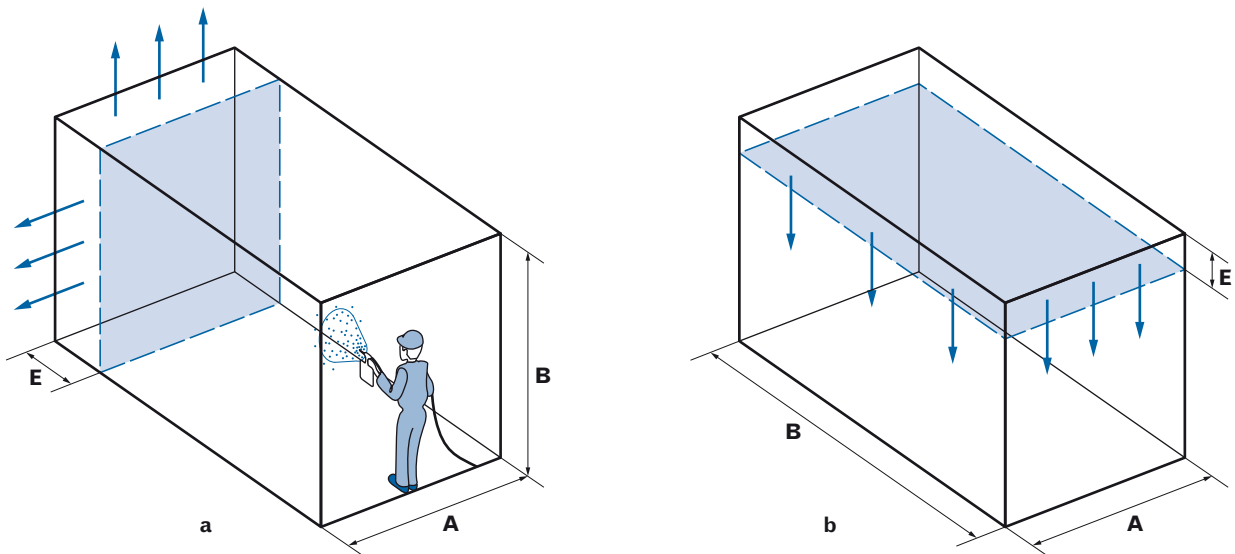
- ▶ Sa ventilation doit être dirigée verticalement, préférentiellement de manière ascendante, et à une vitesse de l'ordre de 0,7 m/s⁽²⁾. La ventilation de la fosse sera effectuée tout en maintenant une ventilation issue du plafond dans la cabine.

- ▶ Lors du travail de pulvérisation en fosse, le peintre doit porter un appareil de protection respiratoire à adduction d'air.

- ▶ Le pistolage doit être asservi à la ventilation et à l'éclairage, le dispositif de commande de l'éclairage devant se situer en dehors de la fosse.

(?) Braconnier R - Simulation numérique des écoulements à l'intérieur de cabines de peinture avec fosse ventilée. Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 2006, 203, pp. 47-65.

Fig. 7. Peinture dans une cabine à ventilation horizontale équipée d'un caisson d'aspiration. b) Cabine à ventilation verticale équipée d'un plenum de soufflage.



EXEMPLE

Les données :

- soit un caisson ou un plenum de dimensions $A \times B \times E$.
- soit $A = 6 \text{ m}$
- soit $B = 1,5 \text{ m}$
- soit Q le débit d'air filtré ($30\,000 \text{ m}^3/\text{h}$).
- soit ΔP la perte de charge du filtre (64 Pa) " donnée fabricant ".
- soit ρ la masse volumique de l'air ($1,2 \text{ kg/m}^3$ à $20 \text{ }^\circ\text{C}$).

Les inconnues :

- soit P_d la pression dynamique dans la section du caisson ou du plenum suivant le sens d'évacuation de l'air (Pa).
- soit V la vitesse d'air dans le caisson ou le plenum (m/s).
- soit E l'épaisseur ou la profondeur du caisson ou du plenum (m).
- soit S la section d'évacuation du caisson ou du plenum perpendiculaire au flux d'air (m^2) ; cette section est imposée par P_d et ΔP .

Le calcul :

- Pour une bonne répartition, il faut : $P_d = \Delta P/5 = 12,8 \text{ Pa}$
- Sachant que la formule de la pression dynamique est la suivante : $P_d = (\rho V^2)/2$,
- La section S devra être : $S = Q/(3600 \times V) = 1,8 \text{ m}^2$
- Donc, pour assurer une bonne répartition, l'épaisseur ou la profondeur du caisson ou du plenum devra être, selon le côté où est effectuée l'évacuation de l'air :
 $E = S/A = 0,3 \text{ m}$ ou $E = S/B = 1,2 \text{ m}$

risant la verticalité du flux d'air à l'intérieur de la cabine.

■ Dans les caissons ou plenums d'aspiration équipés de filtres :

Pour assurer une bonne répartition de l'air dans un caisson ou un plenum d'aspiration équipé de filtres, il faut prévoir une pression dynamique (P_d) égale au cinquième de la perte de charge du filtre (ΔP). La surface filtrante étant connue, on déterminera l'épaisseur du caisson ou du plenum de façon à obtenir la vitesse d'air correspondant à la pression dynamique (P_d) souhaitée (voir *exemple, figure 7*).

4.2.2. Cabines ouvertes

4.2.2.1. Cabines sans toit

Par rapport aux cabines fermées, l'absence de toit permet de laisser passer des subjectiles particulièrement importants manutentionnés par pont roulant (exemple : machines outils) (*figure 8*).

Il ne faut les choisir que dans le cas où une cabine fermée n'est pas utilisable, par exemple pour les matériels volumineux et lourds ou très encombrants nécessairement transportés par un dispositif mécanique. Elles sont équipées d'un dispositif d'aspiration par le sol. Leurs portes doivent empêcher

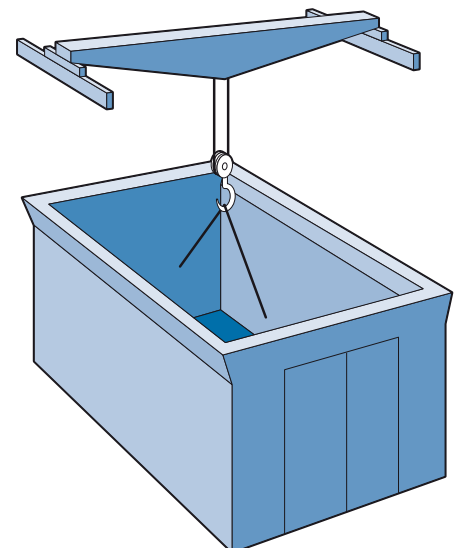


Fig. 8. Cabine ouverte à ventilation verticale.

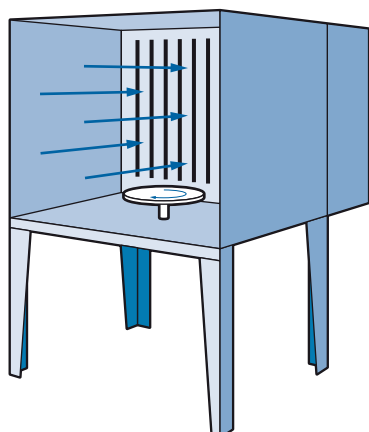


Fig. 9. Cabine ouverte à ventilation horizontale pour peintre placé à l'extérieur.

rativement rester fermées durant la phase d'application.

Elles doivent permettre d'atteindre les mêmes objectifs de ventilation que les cabines fermées. Pour cela, un certain nombre de critères sont nécessaires :

- cloisons de hauteur suffisante en rapport avec les dimensions du sujet à peindre ;
- vitesse de l'air permettant au peintre de travailler dans une atmosphère non polluée ;
- absence totale de toit et évasement des parois latérales (*suivant figure 8*) pour éviter les tourbillons qui prennent naissance dès qu'il y a un changement de la section de la veine d'air ;
- compensation de l'air extrait par une entrée d'air équivalente dans l'atelier et permettant un balayage correct de la zone polluée.

4.2.2.2. Cabines à façade ouverte

On trouve également sur le marché des cabines à ventilation verticale ressemblant aux cabines fermées mais dont une façade est ouverte. Il ne faut les choisir que dans le cas où une cabine fermée n'est pas utilisable, par exemple pour des matériels très encombrants transportés par un dispositif mécanique. La façade ouverte doit être la plus petite possible.

Ces cabines, qui sont équipées d'un dispositif d'aspiration par le sol, doivent permettre d'atteindre les mêmes objectifs de ventilation que les cabines fermées. Les conditions recommandées sont les mêmes que pour les cabines fermées, l'objectif étant

de permettre au peintre de travailler dans une atmosphère non polluée. On veillera à l'équilibre entre les débits d'air soufflés et aspirés pour éviter les entrées d'air par la façade ouverte et maintenir la ventilation verticale descendante.

4.2.2.3. Cabines tunnels

Ce sont des cabines ouvertes à leurs deux extrémités mais, vu leur rapport longueur / largeur important, on peut les assimiler, en ce qui concerne leur ventilation, aux cabines fermées. On cherchera l'équilibre entre les débits d'air soufflés et aspirés pour éviter les entrées ou sorties d'air parasites par les extrémités.

4.3. Cabines à ventilation horizontale

4.3.1. Cabines ouvertes

4.3.1.1. Description

■ Cabines pour peintre placé à l'extérieur

Ce sont des enceintes ventilées de petites dimensions placées à hauteur d'homme (*figure 9*).

Elles sont employées pour la peinture de petits objets peints manuellement à l'unité. L'opérateur est placé à l'extérieur, *devant l'ouverture*. Il doit toujours diriger son pistolet vers l'intérieur de la cabine. L'aérosol de peinture en excès est aspiré par un système de ventilation. L'air de compensation provient de l'atelier dans lequel est installée la cabine.

■ Cabines pour peintre placé à l'intérieur

Ce sont des enceintes ventilées ouvertes

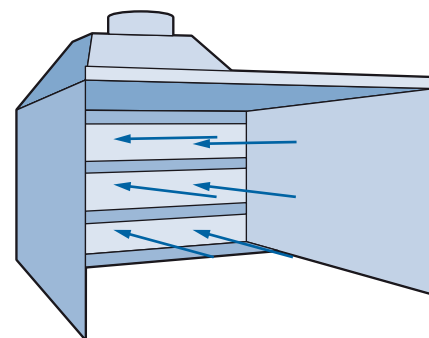


Fig. 10. Cabine ouverte à ventilation horizontale à rideau d'eau.

de dimensions plus grandes que les précédentes (*figure 10*). Leur paroi arrière est équipée d'un filtre sec ou d'un dispositif à ruissellement d'eau et d'ouvertures d'aspiration de l'air pollué.

Lorsque la cabine est utilisée dans une chaîne automatisée, ses parois latérales présentent des découpes ayant la silhouette des objets suspendus à la chaîne de convoyage. Ces silhouettes doivent avoir une surface réduite au minimum pour perturber le moins possible la ventilation. Les équipements de support ou de convoyage de pièces peuvent avoir une influence importante sur la ventilation de la cabine ; leur conception doit en tenir compte.

Par ailleurs, ils ne doivent pas entraîner le risque d'accrocher les tuyaux de peinture ou d'air de pulvérisation, ni ceux d'éventuels EPI à adduction d'air.

4.3.1.2. Usage et prescriptions

Les cabines ouvertes à ventilation horizontale sont généralement utilisées pour des pièces de petites ou moyennes dimensions, par exemple dans l'industrie de l'ameublement. Lorsque l'objet doit être peint sur toutes ses faces, *il doit pouvoir tourner* de façon à ce que le peintre n'ait pas à se déplacer autour, au risque d'inhaler l'aérosol de peinture lorsqu'il se trouve placé entre l'objet et la paroi aspirante. Le plafond de la cabine doit être au moins à 0,30 m au-dessus de l'objet à peindre. En largeur, la cabine doit avoir au minimum 1,20 m de plus que l'objet. La profondeur p et la distance d doivent être suffisantes pour que l'aérosol de peinture ne ressorte pas de l'enceinte ventilée (*figure 11*). On s'efforcera

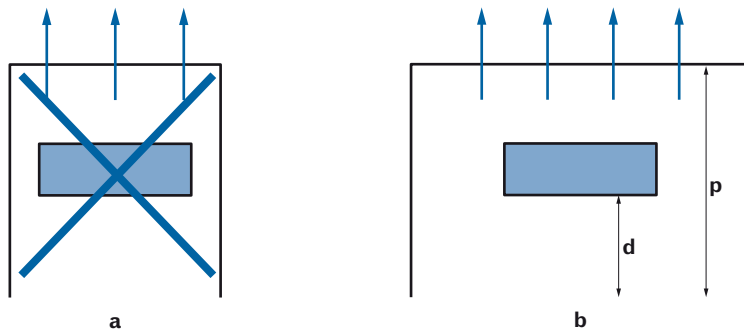


Fig. 11. a) Cabine trop étroite.
b) Cabine bien dimensionnée.

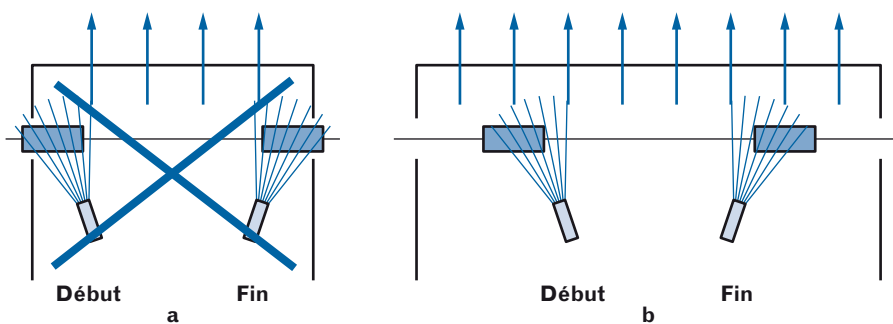


Fig. 12. a) Mauvaise installation.
b) Bonne installation.

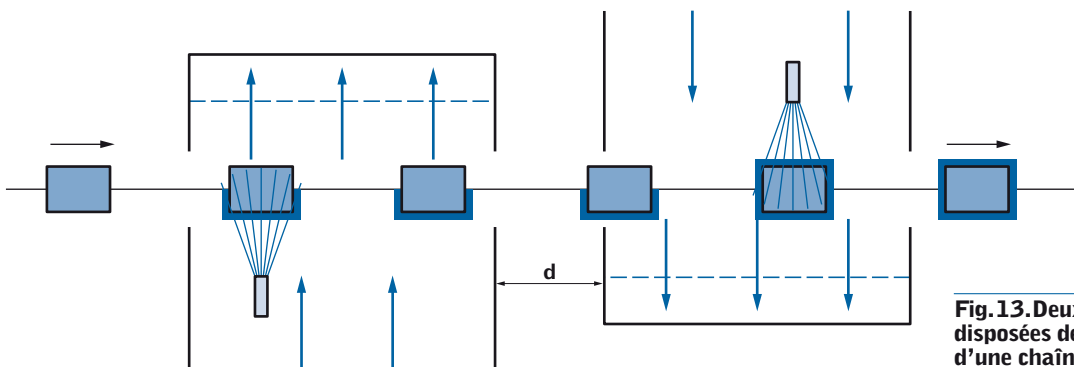


Fig. 13. Deux cabines adjacentes disposées de part et d'autre d'une chaîne de convoyage.

d'assurer une ventilation la plus homogène possible en répartissant les fentes d'extraction d'air sur toute la section de la cabine.

La surface du rideau d'eau ou du média filtrant (filtre sec) doit être compatible avec celle de l'objet à peindre afin que l'aérosol de peinture soit totalement capté en fond de cabine. Dans le cas d'un rideau d'eau, le bac de récupération de l'eau doit être placé au-dessous du niveau du sol de la cabine (enterré dans le cas des cabines pour peindre placées à l'intérieur), ceci dans le but d'éviter la formation de turbulences en partie basse de la cabine.

Lorsque les pièces sont convoyées automatiquement, *elles doivent passer dans la*

cabine, des découpes dans les parois latérales étant ménagées à cet effet.

La largeur de la cabine doit être déterminée à la fois par la vitesse maximale de déplacement et le temps d'application de la peinture.

Une cabine insuffisamment large oblige le peintre à pulvériser en direction des ouvertures de passage des pièces. Une partie de l'aérosol de peinture s'échappe dans l'atelier et pollue l'atmosphère (figure 12).

Lorsqu'un objet doit être peint sur toutes ses faces, plusieurs solutions sont possibles :

- la profondeur de la cabine permet la

rotation de la pièce qui est placée sur un support pivotant ou bien accrochée à un dispositif tournant ;

- la pulvérisation électrostatique peut également être utilisée. Dans ce procédé, l'aérosol recouvre complètement le sujet, préalablement mis à la terre, à condition que son volume soit réduit (ex. : fils, grillage, châssis tubulaires, pièces ajourées, chaises et barreaux en bois, etc.) ;

- dans une installation où le transport des pièces est automatisé, si l'on cherche une production importante, on peut employer deux cabines adjacentes occupées chacune par un peintre placé de part et d'autre de la chaîne (figure 13). La dis-

tance **d** devra être judicieusement calculée pour que les flux d'air des deux cabines ne se perturbent pas et pour limiter les perturbations aérauliques dans la zone de transfert du subjectile d'une cabine à l'autre.

4.3.1.3. Vitesse de l'air

(voir protocole de mesure au § 10)

La vitesse moyenne doit être supérieure ou égale à 0,5 m/s avec aucun point de mesure de vitesse inférieure à 0,4 m/s.

4.3.1.4. Compensation

Alors que dans le cas d'une cabine fermée à ventilation verticale ce paramètre est systématiquement pris en compte (de l'air neuf est automatiquement fourni par l'installation en quantité au moins égale à celle de l'air extrait), il en est autrement dans le cas des cabines ouvertes à ventilation horizontale. Lors de l'installation d'un tel matériel, il est essentiel de prévoir une arrivée d'air de compensation, localisée de telle façon qu'elle ne contrarie pas le fonctionnement de la cabine. Cette compensation, aisée à concevoir pour une petite cabine (peintre à l'extérieur), peut devenir complexe et difficile à réaliser dans le cas de multiplication de ces postes ainsi que dans celui d'une ou de plusieurs grandes cabines ouvertes à ventilation horizontale pour peintre à l'intérieur.

Les flux d'air de compensation traversant l'atelier peuvent également se charger en pollutions diverses avant d'atteindre l'ouverture de la cabine de peinture. L'objectif qui est de maintenir le peintre dans un flux d'air neuf non pollué n'est alors plus atteint.

Ces problèmes de compensation de l'air extrait, les difficultés rencontrées pour les

résoudre de façon satisfaisante et les surcoûts importants ainsi engendrés, doivent conduire à privilégier tant que faire se peut les cabines fermées à ventilation verticale. Elles assurent en effet très souvent une meilleure protection des peintres, mais aussi de meilleurs résultats sur le plan de la qualité du revêtement obtenu (grâce au contrôle de la pollution particulaire de l'air de compensation, filtré avant introduction dans la cabine fermée).

4.3.1.5. Implantation dans l'atelier

Les problèmes de compensation d'air soulevés dans le § 4.3.1.4 doivent être pris en compte lors de l'implantation d'une cabine ouverte à ventilation horizontale.

Il faut également veiller à disposer la cabine ouverte à ventilation horizontale de façon à éviter que les courants d'air produits par les activités de l'atelier (manipulations, circulations, aspirations des autres systèmes de captage...) aient une influence néfaste sur son fonctionnement.

Enfin, la possibilité qu'une explosion ou un incendie se déclare dans une cabine de peinture est à envisager. En conséquence, elle ne doit pas être installée sur le trajet de sortie d'urgence du personnel.

4.3.2. Cabines fermées

4.3.2.1. Description et usage

Dans les cas où l'on ne peut recourir techniquement à la ventilation verticale, une cabine fermée à ventilation horizontale peut être envisagée après consultation du service de prévention de la Caisse régionale d'assurance maladie.

L'air est introduit à travers des filtres secs

disposés sur la totalité de la surface d'une paroi et ressort à l'opposé, à travers d'autres filtres secs ou à travers un système de lavage à l'eau analogue à celui des cabines ouvertes (figure 14).

Ces systèmes de ventilation présentent plusieurs inconvénients :

- lorsque le peintre doit tourner autour du subjectile, il se trouve à un moment donné face à l'arrivée d'air et dans l'atmosphère polluée puisque la paroi aspirante est derrière son dos ;
- le travail d'application devant débiter du côté aspiration et se terminer du côté soufflage, une partie de l'aérosol peut se déposer sur la partie déjà peinte.

Par conséquent, ce mode de ventilation n'est admissible que dans les deux cas suivants :

- le peintre n'a pas à tourner autour du subjectile ;
- le subjectile est placé sur un support permettant sa rotation sur place ou fixé à un support pivotant (figure 14).

De plus, la présence du peintre dans le flux d'air horizontal génère des turbulences. Ces turbulences peuvent induire des retours de vapeurs et d'aérosols de peinture à proximité des voies respiratoires de l'opérateur (figure 15), ce qui limite fortement l'efficacité de ces dispositifs et conduit à leur préférer les cabines fermées à ventilation verticale.

4.3.2.2. Vitesse de l'air

Comme dans le cas des cabines ouvertes à ventilation horizontale, la vitesse moyenne de l'air dans le plan de travail du peintre doit être supérieure ou égale à 0,5 m/s avec aucun point de mesure de vitesse inférieure à 0,4 m/s.

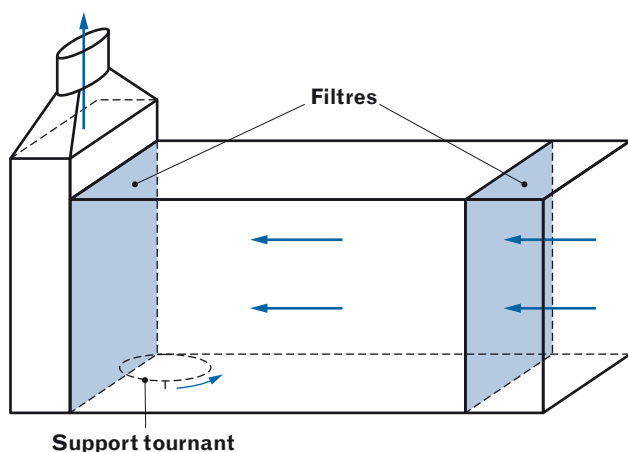


Fig. 14. Cabine fermée à ventilation horizontale ; schéma de principe.

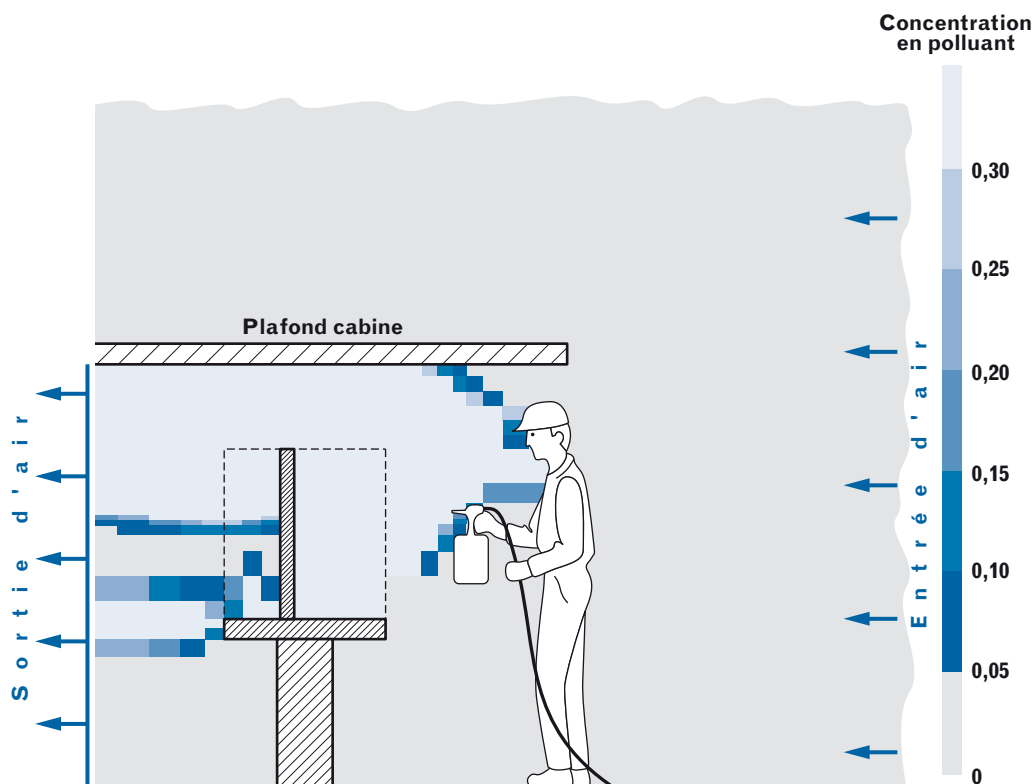


Fig. 15. Retours d'aérosols de peinture à proximité des voies respiratoires de l'opérateur lors d'une opération de peinture en cabine à ventilation horizontale (d'après simulations EOL-3D).

4.4. Autres cas

4.4.1. Cabines à ventilation oblique

Dans une telle installation, l'air est introduit par le plafond à proximité de l'entrée de la cabine et est aspiré à l'autre extrémité, soit par le sol, soit par la paroi verticale à travers un filtre sec ou un système de lavage à l'eau (figure 16).

Des études aérauliques (EOL) confirment que ces systèmes de ventilation conduisent à des écoulements d'air turbulents qui ne permettent pas toujours d'assurer une protection convenable du peintre. Ces cabines ne peuvent donc être tolérées que dans des cas très particuliers après avis du service prévention de la CRAM.

4.4.2. Cabines de grande longueur à ventilation fractionnée et aires de peinture

Ces dispositifs, employés lorsque l'utilisation d'une cabine classique n'est pas tech-

niquement possible (chantiers du bâtiment et des travaux publics, construction ou réparation de navires, peinture à l'intérieur de réservoirs, de caissons ou de carrosseries, etc.) ne sont pas traités dans ce guide et font l'objet du guide pratique de ventilation n° 9,3).

4.4.3. Cabines de pistelage sans opérateur à l'intérieur

Ce sont des enceintes destinées à la pulvérisation avec robots, délimitées par des parois pour constituer un volume d'où les aérosols de peinture et les solvants ne doi-

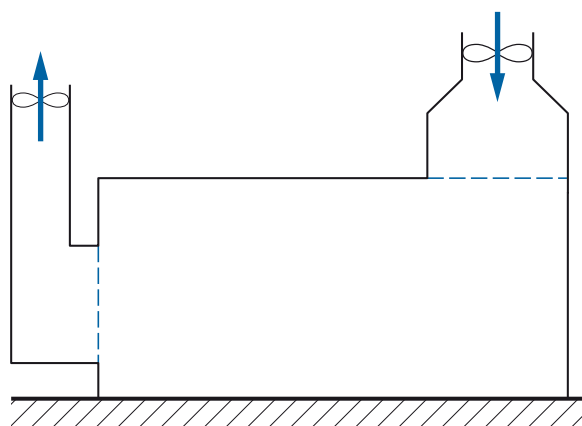


Fig 16. Cabine à ventilation oblique.

ENCADRÉ 2

Prévention des risques dans les locaux annexes des cabines de peinture (box de préparation des peintures, équipements de nettoyage de matériel de pulvérisation...)

Les risques d'intoxication et d'incendie-explosion sont présents non seulement au sein des cabines de pulvérisation ou de séchage de peintures et vernis mais également dans des locaux où peuvent être stockées, manipulées, pulvérisées des peintures et vernis à des fins expérimentales.

S'agissant de locaux à pollution spécifique, les dispositions en matière d'aération et d'assainissement des lieux de travail doivent être respectées (cf. paragraphe 2.1). Des dispositions spécifiques complémentaires peuvent être nécessaires.

Box de préparation des peintures

Il s'agit d'un local fermé dans lequel une ou plusieurs opérations peuvent être exécutées :

- préparation/mélange de produits ;
- pesée ;
- pulvérisation de peintures sur plaques.

On y trouve généralement un stockage des principales teintes utilisées ainsi que des équipements (agitateurs, balance de pesée, poste de pulvérisation, chromamètre, machines de nettoyage des matériels de pulvérisation...).

La norme NFT 35-014 précise les éléments de conception ainsi que les caractéristiques qui leur sont applicables.

En matière de ventilation, les principales recommandations demandées sont les suivantes :

- établir une ventilation naturelle de manière permanente par des ouvertures hautes et basses, diamétralement opposées, non équipées de filtres ;
- extraire l'air pollué par une ventilation mécanique asservie à la présence d'un opérateur. Le débit de cette ventilation, mise en œuvre sous forme de captage localisé, sera au moins égal à 50 renouvellements de volume par heure, ce qui, pour un box de 20 m³, représente 1 000 m³/h.

- concevoir le dispositif de captage de telle sorte que la vitesse moyenne d'air horizontale, mesurée dans le plan d'ouverture, soit supérieure à 0,5 m/s. Cette vitesse pourra être abaissée à 0,3 m/s pour les opérations de pesée.

- assurer de manière mécanique ou naturelle (à travers les grilles), la compensation de l'air extrait, de façon à ce qu'elle favorise un balayage horizontal de l'air intérieur du box.

Il est nécessaire de contrôler annuellement la qualité de la ventilation.

Équipements de nettoyage du matériel de préparation et d'application des peintures

Outre les risques d'intoxication et d'incendie-explosion, il existe sur ces postes de nettoyage des risques d'atteinte cutanée et/ou oculaire du fait d'éclaboussures par les solvants de nettoyage, lors des différentes phases d'utilisation (introduction des produits de nettoyage et des matériels à nettoyer, nettoyage, sortie des matériels nettoyés, vidange, maintenance).

De nombreux équipements existent permettant d'effectuer des lavages d'équipements en manuel ou en automatique. Certains systèmes sont munis de bacs clos de récupération des solvants et des salissures.

Les principales recommandations en matière de ventilation sont les suivantes :

- assurer une ventilation permanente pendant les phases décrites précédemment ;
- privilégier les équipements fermés. A leur ouverture ou pour les équipements toujours ouverts, une ventilation mécanique, par captage localisé, doit assurer une vitesse d'air entrante moyenne de 0,5 m/s dans le plan d'ouverture du dispositif de captage.

vent pas sortir. Pour cela, le débit d'extraction doit être capable de créer dans toutes les ouvertures un flux d'air à 0,5 m/s, dirigé de l'extérieur vers l'intérieur de la cabine et d'assurer une concentration en solvants dans l'enceinte inférieure au quart de la LIE. Comme dans les autres cabines, le pistolage sera asservi à la ventilation.

5. Séchage

On entend par séchage des peintures l'évaporation des solvants et la polymérisation des liants.

Lorsque ces solvants sont inflammables, ils risquent de rendre l'atmosphère exploisible. C'est pourquoi, s'il y a présence, même occasionnelle, de personnel, il est indispensable de prendre pour objectif que la concentration en solvant ne dépasse jamais le dixième de la limite inférieure d'explosivité (LIE) dans la cabine. Dans les volumes où le personnel n'a pas accès, l'objectif à

respecter est que la concentration en solvant ne dépasse jamais le quart de la limite inférieure d'explosivité (LIE).

5.1. Préséchage

On estime que, lorsque le peintre termine l'application, une grande partie des solvants contenus dans la peinture déposée s'est évaporée. Cette évaporation se poursuit pendant les phases de préséchage et de séchage.

Les critères de ventilation énoncés précédemment, en assurant des concentrations

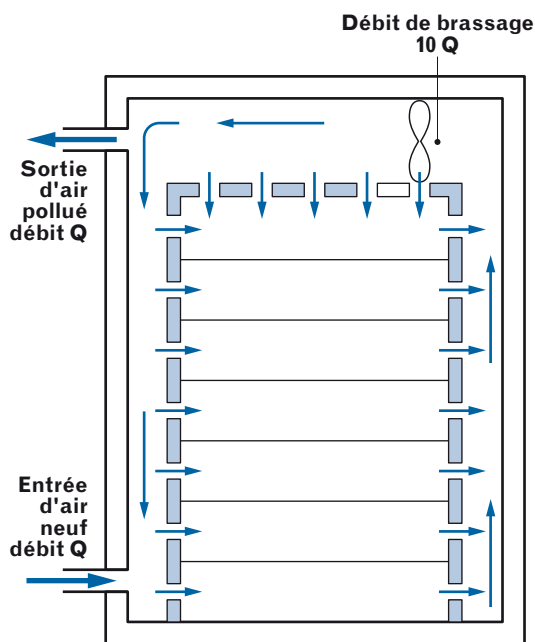


Fig. 17. Principe d'un four armoire.

en polluants inférieures aux valeurs limites d'exposition professionnelle, permettent de se maintenir nettement en dessous du dixième de la LIE.

Durant cette phase de préséchage, on devra maintenir les objets fraîchement peints dans un emplacement équipé d'un dispositif d'évacuation des vapeurs de solvants conformément à l'objet défini ci-dessus. Cet emplacement peut être intégré ou non à la cabine de pulvérisation. Dans le cas d'une chaîne de peinture automatisée équipée d'un convoyeur, la zone située entre la cabine de pulvérisation et l'installation de séchage doit être capotée et équipée de sorte que les vapeurs de solvants soient aspirées et ne se répandent pas dans l'atelier.

Ensuite, les objets sont introduits dans une installation de séchage, par exemple un four armoire, une cabine étuve ou un four tunnel, dans laquelle se produisent selon les peintures :

- l'évaporation complète des solvants, et/ou
- le durcissement de la peinture par polymérisation.

5.2. Séchage

Lors du séchage en l'absence de personnel, l'objectif à respecter est que la concentration en solvant ne dépasse jamais le quart de la limite inférieure d'explosivité (LIE). Lorsque l'installation impose à du personnel de pénétrer régulièrement à l'intérieur, l'ob-

jectif devient le respect des valeurs limites d'exposition professionnelle. Ces mesures de sécurité sont applicables à tous les locaux, enceintes ou installations, utilisés pour le séchage de peintures et vernis.

5.3. Sources de chaleur

5.3.1. Air chauffé indirectement dans un échangeur

Les systèmes de chauffage de l'air indirects, par échangeur, sont ceux qui offrent le plus de sécurité lorsqu'ils sont maintenus en bon état. La source de chaleur primaire est généralement un gaz chaud (combustion de fuel ou de gaz combustible, vapeur d'eau), ou un liquide chaud (eau chaude, fluide caloporteur).

5.3.2. Air chauffé directement dans une flamme (chauffage en veine d'air)

Dans ce procédé, l'air à réchauffer passe dans la flamme d'un brûleur spécial placé dans la gaine de ventilation. La possibilité qu'une atmosphère chargée de vapeurs de solvants vienne au contact des flammes crée un risque d'explosion, et une perturbation au niveau de l'entrée d'air peut entraîner un refoulement d'air vicié dans l'installation.

Ceci conduit à exiger un certain nombre de spécifications indispensables. Le fonctionnement en sécurité de ces matériels passe par le respect des prescriptions du

document de l'INRS ND 1406 [3] et de la norme NF EN 746-2.

Par ailleurs, afin d'éviter des perturbations au niveau de l'homogénéité des vitesses de l'air soufflé à travers le plenum dans la cabine, il est recommandé d'utiliser des brûleurs adaptés au fonctionnement en cabine de séchage (évitant notamment que le volume d'air présente un gradient de température trop élevé).

5.3.3. Rayonnement infrarouge direct

Trois sortes d'appareils peuvent fournir un rayonnement infrarouge :

- panneaux radiants chauffés au gaz, à flammes nues ; les flammes de gaz chauffent une paroi métallique qui émet le rayonnement infrarouge ;
- panneaux radiants fixes chauffés au gaz par combustion catalytique sans flamme ;
- tubes radiants électriques en silice ou autres.

Leurs possibilités d'utilisation sont précisées ci-après, en fonction des installations de séchage ou selon les conditions d'utilisation.

5.4. Installations de séchage

5.4.1. Local à température ambiante

Dans les cas où un séchage rapide de la peinture n'est pas nécessaire, le séchage peut être réalisé dans une zone à température ambiante dans les conditions suivantes :

- la peinture est prévue pour pouvoir sécher à température ambiante, ce qui n'est pas le cas de toutes les peintures ;
- une ventilation générale de la zone doit être établie ;
- aucun travailleur ne doit être présent dans la zone de séchage.

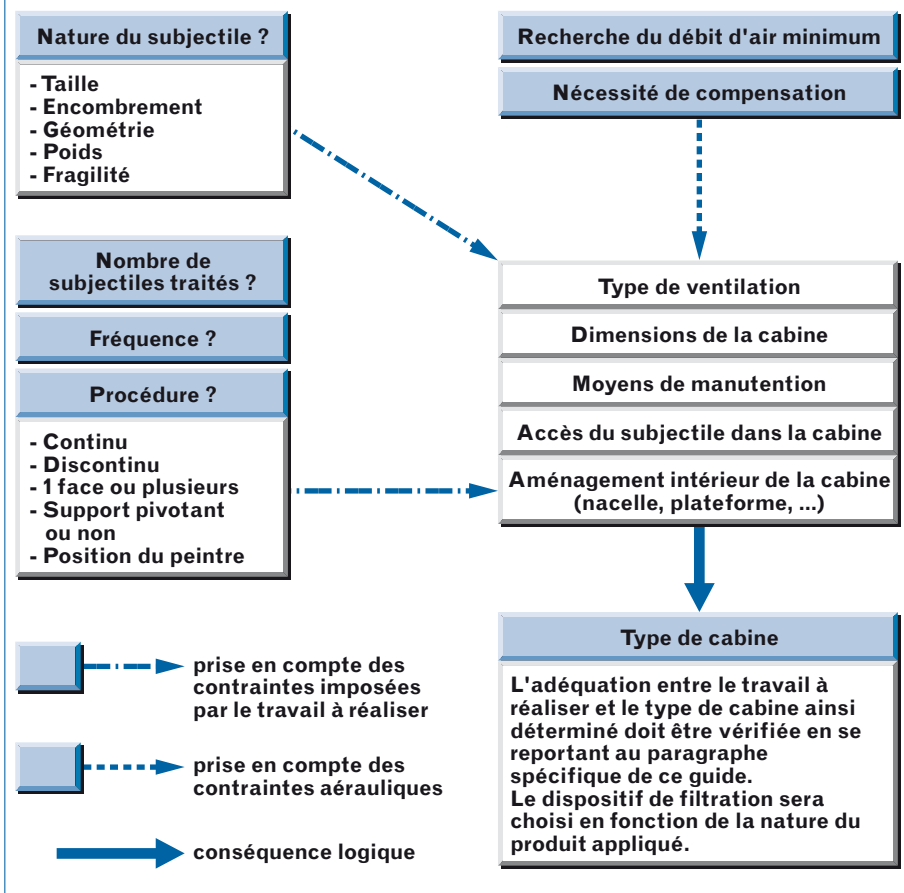
Si une partie du local est occupée par des travailleurs, on isolera la zone de séchage. Une méthode d'isolement peut être la disposition de cloisons autour de cette zone afin d'éviter les perturbations pouvant venir des portes ou fenêtres ouvertes et toute migration de polluants vers la partie occupée.

5.4.2. Fours armoires (figure 17)

La source de chaleur est en général de l'air chauffé par l'un des moyens cités aux

ENCADRÉ 3

Démarche à suivre pour choisir une cabine adaptée au travail à réaliser



lement adjacentes aux cabines d'application. Les risques d'explosion sont les mêmes que ceux des fours armoires (voir § 5.4.2) ;

- les **cabines fermées mixtes**, utilisées successivement pour l'application et le séchage (exemple : cabines de réparation de carrosseries d'automobiles).

L'air peut être chauffé indirectement dans un échangeur thermique.

L'air chaud peut également provenir d'un système de chauffage en veine d'air.

La ventilation en phase application a été traitée précédemment.

En phase séchage, pour éviter tout risque d'explosion, un débit d'air minimal ou un système d'épuration doit assurer que la concentration ne dépasse jamais le quart de la LIE. Le débit d'air neuf minimal ne doit en aucun cas être inférieur au dixième du débit de la phase application. Il sera porté à 20 % du débit de la phase d'application dans le cas de l'utilisation d'un brûleur en veine d'air [3]. L'obtention de ce débit minimal doit être assurée par la mise en place d'une butée ou de tout autre système empêchant la fermeture totale de l'entrée d'air neuf et de la sortie d'air pollué. Un dispositif de sécurité empêche le fonctionnement du pistolet de pulvérisation.

paragraphe précédents. Le chauffage ne doit pas produire de risque.

La température, généralement réglable, peut monter jusqu'à 200 °C et plus pour la cuisson de certaines peintures. Lors de la phase de séchage, il faut veiller à rester en deçà de la température d'auto-inflammation des solvants, en prévoyant une marge de sécurité (ne pas dépasser des valeurs égales aux 9/10 de la température d'auto-inflammation diminuée en outre d'au moins 10 °C). Ces fours sont souvent équipés de plateaux pour supporter les pièces à sécher.

Les vapeurs de solvants sont évacuées et/ou détruites en permanence. Une ventilation naturelle peut être admise dans le cas où elle garantit que la concentration en vapeurs de solvants ne dépassera jamais le quart de la LIE. Lorsqu'une accumulation de vapeurs de solvants peut avoir lieu dans des zones mortes du four ou dans des pièces creuses, on doit adopter la ventilation forcée. Dans ce cas, le débit de brassage interne doit être au moins 10 fois supérieur à celui de l'air extrait afin d'assurer une

bonne homogénéité à l'intérieur de l'armoire. L'air extrait doit être remplacé en permanence par un même débit d'air neuf.

Le calcul du débit d'air à extraire, assurant une concentration en solvants dans l'air inférieure au quart de la LIE, est présenté dans l'encadré 4.

La phase d'évaporation maximale des solvants dans un four armoire à circulation d'air se situe dans les premières minutes. La courbe de la *figure 18* montre qu'après application de la peinture, 70 % au moins des solvants s'évaporent au cours de la première minute et environ 90 % dans les deux premières minutes [4].

5.4.3. Cabines étuves et cabines mixtes

Deux sortes de cabines étuves peuvent être utilisées :

- les **cabines étuves** utilisables uniquement pour le séchage : elles sont habituel-

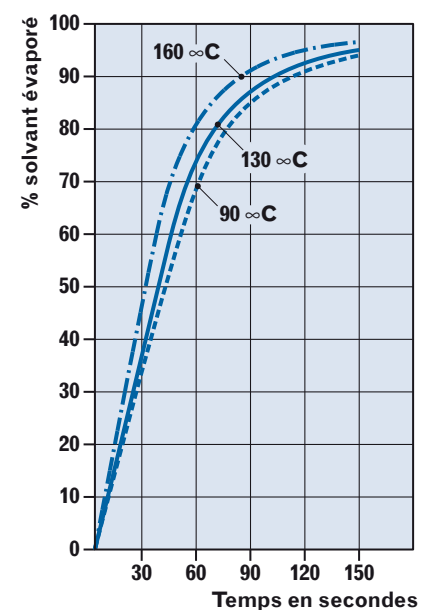


Fig. 18. Courbes d'évaporation en cas d'application de peinture ou de vernis à la surface des pièces.

La chaleur peut encore être fournie par rayonnement infrarouge :

- Soit par des thermoréacteurs catalytiques.

Les thermoréacteurs catalytiques sont des radiateurs à rayonnement infrarouge, constitués d'une chambre de détente du gaz combustible et d'un panneau radiant composé d'un matériau poreux imprégné d'un catalyseur. L'hydrocarbure gazeux arrive au contact du support catalytique où il subit une oxydation avec production de dioxyde de carbone (CO₂) et de vapeur d'eau, accompagnée d'un dégagement de chaleur sans flamme.

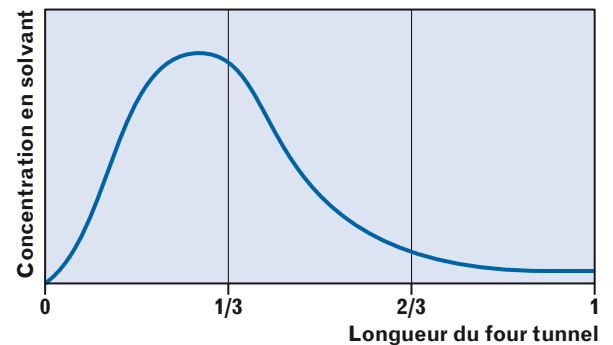
Pendant son fonctionnement en régime normal, le panneau radiant peut atteindre, en surface, une température de 600 °C mais des essais effectués [8, 9] ont montré que certains thermoréacteurs catalytiques seuls (sans relais combustible : chiffon par exem-

ple), n'enflamment pas les solvants utilisés habituellement dans les peintures.

Il appartient au fournisseur de ce type de matériel de s'assurer de sa conformité aux exigences ATEX, selon le zonage déterminé (cf. *encadré 1* Prévention du risque d'explosion).

- Soit par d'autres dispositifs à rayonnement infrarouge (tubes quartz, panneaux chauffés par une flamme de gaz). Ils présentent des risques (exemple : inflammation en cas de pulvérisation accidentelle sur un panneau chauffé à température élevée) et par conséquent ne peuvent pas être

Fig 19. Evolution de la concentration des vapeurs de solvants dans un four tunnel linéaire.



ENCADRÉ 4

Méthode de calcul de la ventilation des fours de séchage des peintures (fours en continu et en discontinu)

Cette méthode s'applique aux fours, équipés d'un dispositif de ventilation

Pour obtenir le débit d'air, il suffit de connaître la consommation de peinture et la quantité des solvants inflammables contenus dans la peinture au moment de l'emploi, c'est-à-dire après dilution éventuelle.

1. Fours tunnels

Base de calcul : 150 m³/h d'air par kg de solvant à évaporer par heure, le poids de solvant étant celui que contient la peinture consommée. Ce débit est valable pour toute température.

2. Fours armoires

L'application de la règle de sécurité, imposant de ne pas dépasser le quart de la limite inférieure d'explosivité du mélange de vapeurs explosibles, conduit, dans le cas particulier des fours armoires, à des débits de ventilation très élevés (par exemple, de l'ordre de 8000 m³/h pour un four de 5 m³ dans lequel on évapore, à 160 °C, 1 kg de solvant par charge unitaire).

Tout en maintenant un niveau de sécurité suffisant pendant la courte période (de l'ordre de 5 minutes) qui suit le chargement du four où la vitesse d'évaporation est maximale, des débits de ventilation plus faibles sont proposés.

Le *tableau I* a été établi :

- en imposant un coefficient de sécurité minimal égal à 2, pendant cette période initiale, sachant qu'ensuite, ce coefficient croît rapidement au fur et à mesure que la vitesse d'évaporation décroît ;
- en prenant en compte la quantité de solvant évaporée au préséchage (1) ;
- en supposant que le séchage s'effectue à 160 °C (température particulièrement élevée correspondant à des vitesses d'évaporation initiales élevées (2), et que le chauffage s'effectue par convection d'air ou par rayonnement infrarouge.

TABLEAU I

DÉBIT D'AIR DE VENTILATION DES FOURS ARMOIRES EN M³/H - (t° : 160 °C)

Volume du four en m ³	1	2,5	5	10	15	20	25
Poids de solvant liquide à évaporer (avant préséchage) en kg/h							
0,25	730	470	180	-	-	-	-
0,50	1 700	1 350	940	360	-	-	-
1	-	3 200	2 700	1 880	1 250	720	360
1,5	-	-	4 500	3 600	2 820	2 100	1 550
2,0	-	-	6 400	5 400	4 600	3 760	2 900
3,0	-	-	10 000	9 000	8 100	7 200	6 500

(1) La durée nécessaire à la mise en peinture de l'ensemble des pièces d'un chargement, l'éventuel temps d'attente qui peut séparer la fin de l'opération de peinture du chargement des pièces dans le four armoire, ont pour conséquence un "préséchage" de ces pièces entraînant une réduction de la quantité de solvant restant à éliminer. On peut estimer à 25 % en poids cette quantité de solvant évaporée pour un préséchage d'une durée de 10 minutes.

(2) Le coefficient de sécurité varie en sens inverse de la température.

admis dans une cabine où sont effectués des travaux de pulvérisation de peintures à solvants inflammables.

5.4.4. Fours tunnels

Ce sont des fours de longueur variable, adaptée à la taille des objets à sécher. On les emploie habituellement dans une chaîne de peinture en continu, les subjectiles étant transportés automatiquement par convoyeur. Leur longueur peut atteindre 15 m ou plus.

La *figure 19* représente l'évolution de la concentration en vapeurs de solvants dans un four tunnel linéaire. C'est dans le premier tiers du four qu'on observe la concentration la plus élevée, elle diminue ensuite rapidement.

Sources de chaleur

Toutes les sources de chaleur sont utilisables à condition que la ventilation du four tunnel maintienne la concentration en vapeurs de solvants au-dessous du quart de la LIE.

Ventilation

L'installation doit être réalisée de telle sorte que l'air pollué ne sorte pas par les extrémités du tunnel. L'effet thermique créé par le chauffage entraîne en effet un fort mouvement ascensionnel de l'air chaud qui va avoir tendance à s'échapper à l'extérieur en partie haute des extrémités du tunnel, l'appel d'air correspondant provoquant en général une introduction d'air frais par le bas (*figure 20*). Les vitesses d'échappement sont très importantes, et calibrer une ventilation pour être en mesure de contrer ce phénomène conduirait à des dimensionnements particulièrement élevés.

Plusieurs solutions permettent de faciliter la maîtrise de ce problème, notamment :

- la configuration dite « en canopé » qui consiste à disposer la zone de séchage dans une partie du tunnel en surélévation, de telle manière que les entrées et les sorties du convoyeur dans l'installation soient situées en contrebas (*figure 21*). Ainsi, l'air chaud pollué est cantonné dans la forme en dôme au-dessus du système, d'où il peut être facilement évacué par une cheminée.

- la mise en place de portes aux extrémités du tunnel, ce qui peut limiter les échappements de vapeurs de solvants hors de l'installation. Cette disposition est préférable à l'ouverture béante d'un tunnel de séchage horizontal, bien que des émissions d'air pollué soient inévitables lors de l'ouverture des portes.

- la mise en place, aux extrémités, de sas en dépression.

Le débit de ventilation d'un four tunnel peut être calculé au moyen de la méthode présentée précédemment dans l'*encadré 4*.

5.5. Asservissements

5.5.1. Fours armoires, fours tunnels

Le chauffage ne doit pas pouvoir être mis en marche sans que la ventilation et/ou qu'un dispositif d'aspiration fonctionne. Tout arrêt normal ou accidentel de ces dispositifs doit entraîner l'arrêt simultané du chauffage.

Dans une installation de peinture en continu, il y a un risque d'incendie si le

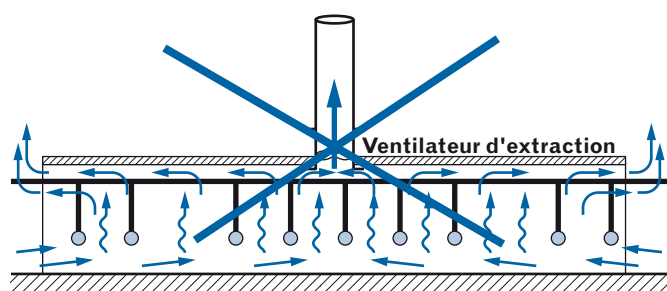


Fig. 20. Tunnel de séchage horizontal (échappement aux extrémités).

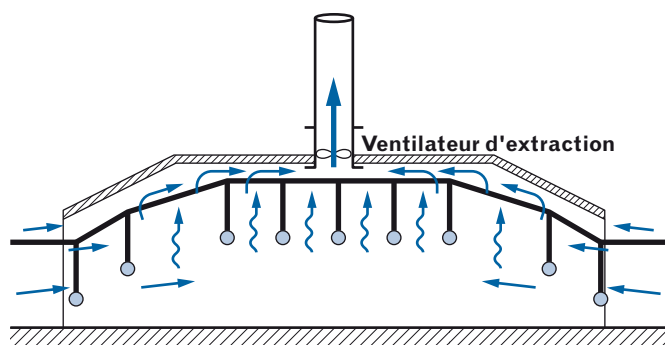


Fig. 21. Tunnel de séchage en « canopé » (absence d'échappement aux extrémités).

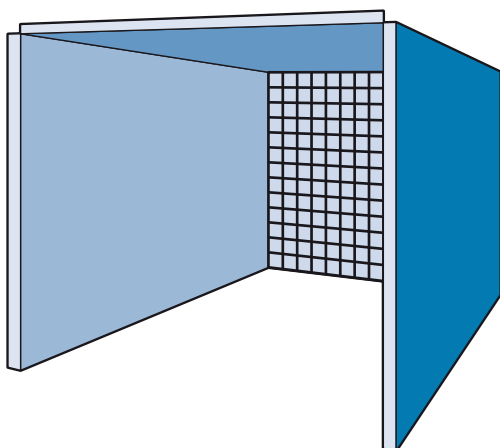


Fig. 22. Cabine ouverte à ventilation horizontale équipée d'un système de filtration par matelas de fibres.

convoyeur s'arrête accidentellement car, après l'évaporation complète des solvants, le liant du film de peinture subit une surchauffe qui peut aller jusqu'à l'inflammation. C'est pourquoi tout arrêt du convoyeur doit entraîner l'arrêt du chauffage sans commander l'arrêt de la ventilation.

En cas de chauffage direct, les séquences de fonctionnement assureront un pré et un post balayage de l'enceinte.

5.5.2. Cabines mixtes

Les mesures de prévention citées au § 5.5.1. sont applicables. En outre, dans les cabines mixtes, en position séchage, un dispositif de sécurité doit empêcher le fonctionnement du pistolet de pulvérisation.

6. Filtration de l'air pollué

Trois systèmes de filtration sont utilisés : filtre sec, rideau d'eau, claire-voie. Ces dispositifs sont sans efficacité sur l'épuration des vapeurs de solvants, qui seront traitées conformément à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement.

6.1. Filtres secs

Ils sont utilisés dans les cabines ouvertes et fermées. Les filtres secs peuvent être constitués de matelas de matériaux en fibres non tissées de catégorie de réaction au feu

M1 (selon la norme NF P 92-507) ou de filtres multicouches en papier ou en carton plissé ignifugé (filtres à chocs).

Pour connaître l'état d'encrassement des filtres, on doit installer un appareil de contrôle permettant de déterminer le moment où l'on doit changer le filtre pour respecter les conditions de ventilation minimales des cabines, définies précédemment. Ce peut être par exemple un indicateur de pression différentielle.

6.1.1. Matelas de fibres

L'aérosol est aspiré à travers un panneau filtrant comportant plusieurs épaisseurs de fibres de verre ou de résines synthétiques (figure 22).

Les fibres de verre généralement utilisées sont des fibres de verre à usage spécial de type 475.

Il est à noter que le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) les a classées comme cancérigènes possibles pour l'homme (groupe 2B).

Par contre, l'Union européenne a décidé de les classer en cancérigènes de catégorie 3 (substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation suffisante). Ce classement n'est pas encore adopté réglementairement.

Ces matériels peuvent présenter une assez bonne efficacité lorsqu'ils sont neufs, mais ils se colmatent progressivement. Ils perdent alors leur efficacité et deviennent une source d'incendie. Leur nettoyage n'étant pas possible, il est nécessaire de les remplacer périodiquement.

L'utilisation de filtres secs est contre indiquée dans les cabines où l'on met en œuvre des peintures ou vernis nitrocellulosiques, à cause de la grande facilité avec laquelle le filtre encrassé peut s'enflammer.

6.1.2. Filtres à choc

Généralement, le rideau de filtration est constitué de carton ignifugé préformé de doubles plis en accordéon, avec toute une série de trous disposés en chicane procurant un très haut pouvoir d'interception.

Les brouillards de peinture sont transportés de telle sorte qu'ils traversent plusieurs fois le filtre avant d'être évacués, les différents changements de direction induits entraînant le dépôt et l'adhésion des particules sur les surfaces du filtre. Ce type de filtre présente l'intérêt de n'offrir que peu de résistance à l'air, le gros diamètre des trous permettant de maintenir une perte de charge variant peu quel que soit le degré d'encrassement du filtre. La vitesse de passage sur ce type de filtre est limitée à 1 m/s.

On trouve aujourd'hui des filtres constitués de plusieurs couches de papier Kraft autoextinguible. L'efficacité de ces filtres peut être améliorée par ajout d'une couche finale en fibres non tissées de polyester.

6.1.3. Matériaux en céramique

Ce sont des corps creux en céramique (anneaux, cylindres ou autres corps de formes variées à surfaces convexes et concaves, du type anneaux de Raschig) placés dans des paniers disposés sous le caillbotis des cabines ou dans le caisson d'aspiration du ventilateur. L'air pollué passe à travers la couche de ce matériau et les matières solides se déposent en surface.

La filtration n'est efficace que si la couche de céramique est suffisante. Lorsque le matériau est encrassé, il doit être nettoyé, ce qui présente des risques (utilisation de solutions caustiques ou de solvants dangereux).

En pratique, ce procédé est peu adapté à la filtration en cabine de peinture, le dépôt de peinture bouchant et agglomérant très vite les corps creux. Ceci les rend inefficaces et favorise la création de circulations d'air préférentielles nuisant à l'homogénéité du flux d'air de ventilation.

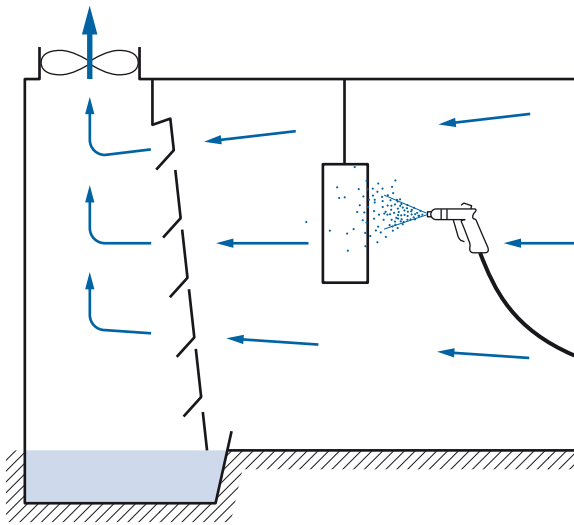


Fig. 23. Cabine à ventilation horizontale équipée d'un rideau d'eau.

6.2. Lavage à l'eau

Les dispositifs utilisant le lavage à l'eau évitent le colmatage sans supprimer les nettoyages périodiques. L'emploi d'agents flocculants ou, dans certains cas, de champs électriques favorise la sédimentation des matières solides qui doivent être évacuées régulièrement. Il est à noter que ces systèmes ne sont pas vraiment des systèmes d'épuration et qu'une partie des aérosols peut être entraînée dans les conduits de ventilation.

6.2.1. Rideaux d'eau (figure 23)

Ils peuvent être utilisés dans les cabines à ventilation horizontale ouvertes ou fermées.

Une nappe d'eau coule le long d'un plan vertical ou légèrement incliné. Une pompe ou la poussée de l'air aspiré assure la remontée de l'eau et le recyclage. *La multiplication des cascades est indispensable pour obtenir un flux d'air homogène.* Derrière le rideau d'eau, il peut y avoir un laveur où l'eau est pulvérisée pour débarrasser l'air pollué des particules solides qui vont se décanter dans un ou plusieurs bacs situés en partie basse.

6.2.2. Lavage sous caillebotis

Ce système peut être utilisé dans les cabines à ventilation verticale ouvertes ou fermées. On génère sous le caillebotis des

surfaces d'eau en mouvement aux endroits où la peinture serait appelée à se déposer. La disposition adoptée doit assurer une répartition homogène du flux d'air, éviter la formation de dépôt dans la fosse et minimiser le relargage éventuel de solvants notamment lors des arrêts de l'installation.

6.3. Systèmes à claire-voie

On les trouve dans les cabines ouvertes à ventilation horizontale bon marché (figure 24).

Ils sont constitués d'un assemblage de tôles métalliques sur lesquelles l'aérosol en excès se trouve projeté. Cependant, une partie n'est pas retenue et se dépose plus loin, dans la gaine d'extraction, sur les pales du ventilateur, et se trouve évacuée dans l'atmosphère extérieure, contribuant donc à la pollution de l'environnement. L'encrassement des tôles du double fond et des gaines est très rapide. L'efficacité initiale de l'aspiration diminue vite si un nettoyage fréquent n'est pas effectué. En outre, l'accumulation des vieilles peintures constitue un risque d'incendie dans toute la gaine encrassée.

Les systèmes de traitement par claire-voie de l'air pollué sont donc déconseillés et doivent être réservés à des opérations occasionnelles.

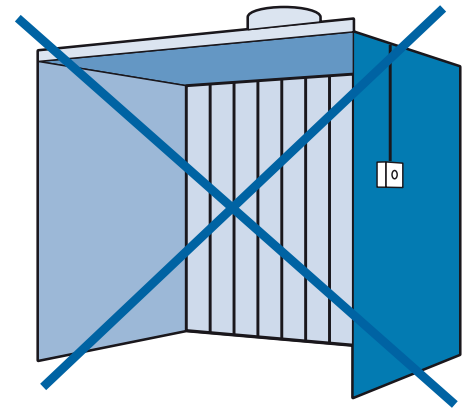


Fig. 24. Cabine ouverte à ventilation horizontale équipée d'un système à claire-voie.

7. Rejet de l'air pollué

Le rejet de l'air pollué extrait des cabines et postes de peinture doit obéir à plusieurs exigences essentielles. Les règles de rejet s'inspirent de celles en vigueur pour les cheminées de combustion.

- L'efficacité du rejet doit être indépendante des conditions météorologiques, ce qui implique en pratique l'utilisation de la formule du rejet à axe vertical, seule configuration indépendante de l'aérodynamique. En effet, dans un lieu donné, les vents ne soufflent dans la direction dominante qu'une partie de l'année. Ils contraignent le reste du temps les rejets en façade, en pignon ou en toiture par des coudes ou des crosses fixes, en leur faisant subir des contre-pressions préjudiciables au bon fonctionnement des systèmes de ventilation.

- Les règles de protection de l'environnement doivent être respectées.

- Les concentrations ou flux de polluants atmosphériques à ne pas dépasser, qui peuvent induire une nécessité d'épuration des rejets ne sont pas traitées dans ce document.

- La configuration choisie doit faciliter la dilution et la diffusion dans l'atmosphère des polluants résiduels acceptables et doit éviter leur retombée rapide. Ceci implique :

- des conduites de rejet à axe vertical ainsi que l'absence de chapeau ou d'obsta-

cle à leur débouché (il existe des solutions pour la protection contre le risque d'introduction d'eau de pluie ne générant pratiquement pas de perte de charge) ;

- une altitude de rejet minimum sensiblement supérieure aux obstacles et bâtiments environnants,
- une vitesse d'éjection suffisante nécessitant parfois une accélération par un cône ou convergent.

Le respect de ces conditions permet également, en éloignant au mieux les polluants du sol, d'éviter leur reprise par les entrées d'air neuf de compensation.

8. Traitement de l'air neuf

8.1. Introduction de l'air neuf

Pour que la ventilation fonctionne effectivement, il est indispensable qu'un débit d'air neuf soit apporté en compensation de l'air extrait des cabines.

Cet air neuf doit être pris à l'extérieur de l'atelier dans une zone non polluée. Il faut veiller à ne pas recycler involontairement de l'air pollué rejeté en localisant correctement les prises d'air de compensation, en tenant compte de la force et de la direction des vents dominants, du relief, des bâtiments environnants, etc. (figure 25).

8.1.1. Cabines ouvertes

■ Sur le plan quantitatif, l'air neuf doit être introduit dans l'atelier à un débit égal à la somme des débits extraits pour toutes les cabines.

■ Sur le plan qualitatif, cette entrée d'air ne doit pas être une cause de gêne pour le personnel ni une cause de perturbation de la ventilation des cabines (ce peut être le cas lorsque le dispositif d'introduction d'air est placé latéralement à proximité de la cabine). Il est conseillé d'installer un système d'introduction d'air neuf débitant un flux de même direction (et de vitesse limitée) que le flux entrant dans la cabine, asservi au fonctionnement de celle-ci. L'organisation de l'entrée de l'air de compen-

sation (direction et débit) est d'autant plus nécessaire que les systèmes extracteurs sont nombreux. Une même introduction d'air peut servir de compensation à plusieurs cabines.

En amont de la cabine, le flux d'air neuf ne doit pas traverser une zone où l'atmosphère est polluée.

8.1.2. Cabines fermées

Dans ce cas, la compensation doit faire partie intégrante du fonctionnement du système. L'air neuf doit être pris à l'extérieur de l'atelier dans une zone non polluée.

8.2. Filtration de l'air neuf

La filtration de l'air neuf, lorsqu'elle est techniquement nécessaire, a pour fonction de retenir la poussière contenue dans l'air extérieur afin d'obtenir, par exemple, un revêtement de peinture très lisse. On doit employer à cet effet des matériaux filtrants de catégorie de réaction au feu M1.

Lorsqu'ils existent, les filtres du plénum, fixés sur des cadres métalliques aisément démontables dans le plafond des cabines

à ventilation verticale, doivent être remplacés dès que leur colmatage provoque une baisse du débit d'air telle que la ventilation de la cabine ne satisfait plus aux exigences précisées au § 4.2. On peut contrôler ce colmatage au moyen d'un indicateur de pression différentielle, par exemple un tube en U contenant un liquide coloré (cf. § 10.2).

Afin de ralentir son encrassement, il est souhaitable d'équiper la gaine d'aspiration d'air neuf d'un préfiltre.

8.3. Chauffage de l'air neuf

En période froide, l'air neuf doit être réchauffé. La puissance calorifique à installer peut être calculée par la formule suivante :

$$P = Q \cdot C_p (t_i - t_e) = 1,2Q (t_i - t_e)$$

avec :

P = puissance (en kW)

Q = débit d'air (en m^3/s)

C_p = chaleur spécifique volumique de l'air ($\sim 1,2 \text{ kJ}/m^3 \cdot ^\circ\text{C}$)

t_i = température intérieure souhaitée (en $^\circ\text{C}$)

t_e = température extérieure minimale (en $^\circ\text{C}$)

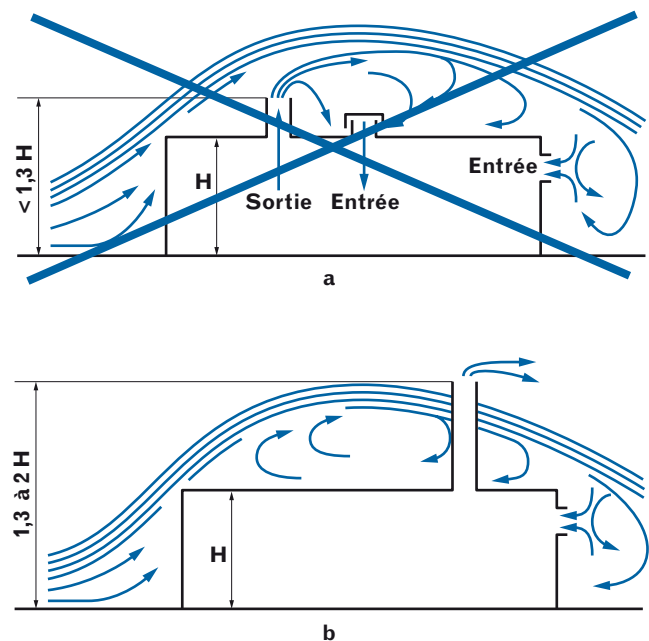


Fig. 25. Rejeter l'air pollué en dehors des zones d'entrée d'air neuf (d'après l'ACGIH)
a) Recyclage des polluants dû à une hauteur de cheminée insuffisante et à une entrée d'air dans un mur
b) Hauteur de cheminée suffisante (cas des bâtiments bas sans obstacle environnant sur un terrain approximativement plat).

8.3.1. Moyens de chauffage

(voir § 5.3)

8.3.2. Cabines fermées

(voir § 5.4.3)

8.3.3. Cabines ouvertes

Il ne faut pas oublier que certains appareils à rayonnement infrarouge, à cause de leur proximité, peuvent faire courir des risques d'inflammation (voir § 5.4.3).

9. Bruit

Pour réduire la gêne occasionnée par les installations de ventilation, il est recommandé que le niveau de bruit au poste de travail soit le plus bas possible. Une valeur de 75 dB(A) est techniquement réalisable (ventilation et éventuel rideau d'eau en fonctionnement).

L'installation d'une cabine de peinture dans un atelier peut créer un problème de bruit pour les travailleurs autres que les peintres. Les ventilateurs, qui sont souvent la source importante du bruit de la cabine, doivent, dans la mesure du possible, être placés à l'extérieur de l'atelier ou faire l'objet d'un isolement acoustique approprié.

Pour diminuer le bruit on peut employer différents moyens [5], notamment :

- ventilateurs centrifuges à turbine de grand diamètre tournant à faible vitesse et dont les caractéristiques acoustiques sont bien définies ;
- encoffrement absorbant des ventilateurs adapté à leurs caractéristiques acoustiques ;
- silencieux acoustiques interposés entre la sortie du générateur d'air chaud et l'entrée d'air dans le caisson de soufflage ou entre les ventilateurs d'extraction et les fosses d'extraction ou les deux à la fois.

10. Contrôle et entretien des systèmes de ventilation et des installations connexes

10.1. Généralités

Le contrôle d'une installation doit être effectué au moment de sa première mise en marche et périodiquement, le premier contrôle périodique intervenant dans les premiers mois suivant la mise en service.

Lors de la première mise en marche, les techniques de contrôle doivent être suffisamment précises pour permettre de réceptionner l'installation en comparant ses caractéristiques à celles du cahier des charges.

En cours de fonctionnement, les techniques doivent être simples pour que l'utilisateur puisse apprécier rapidement l'état de fonctionnement de la ventilation.

Tous les renseignements concernant l'installation sont à consigner dans un registre :

- les plans de l'installation avec les points de mesure ;
- les calculs théoriques fournis par l'installateur ;

- les valeurs mesurées lors de la réception ;
- le calendrier d'entretien ;
- les opérations d'entretien effectuées et leurs dates (exemple : changement des médias filtrants) ;
- les modifications effectuées.

Le contrôle des installations ne doit pas se limiter à celui des paramètres de ventilation mais doit également inclure :

- Le contrôle des circuits d'air (vérification de l'étanchéité des gaines et de l'échangeur, bon fonctionnement des registres) ;
- Le contrôle des appareils de chauffage.

L'entreprise utilisatrice doit assurer sur tous ces points :

- une surveillance du bon état par une personne compétente de son personnel ;
- un entretien périodique par une personne qualifiée qui peut être le fabricant ou l'installateur.

Les opérations d'entretien et les réparations seront reportées sur le registre précédent.

Un résumé des contrôles relatifs à la ventilation est présenté dans le *tableau II*. Ils sont à faire à la mise en route de l'installation et périodiquement par la suite [6].

TABLEAU II

Contrôles à effectuer	Méthodologie	Moyens à mettre en œuvre
Propreté des gaines	Trappes de visite	Nettoyage
Ecoulement d'air	Visualisation des mouvements de l'air	Fumigène
Fonctionnement des ventilateurs	Vitesse de rotation Puissance consommée	Stroboscope ou tachymètre Wattmètre
Colmatage des filtres (entrée et sortie d'air)	Pression différentielle Pression statique	Manomètre différentiel Dispositif manométrique
Débit de soufflage et d'aspiration	Détermination du champ de vitesses d'air aux bouches de soufflage	Anémomètre ou tube de Pitot (NF X 10-112)
Vitesse de l'air		Anémomètre NFT 35-009* Arrêté du 3 mai 1990

* Cette norme est abrogée mais les dispositions techniques décrites pour le mesurage de la vitesse d'air sont toujours applicables.

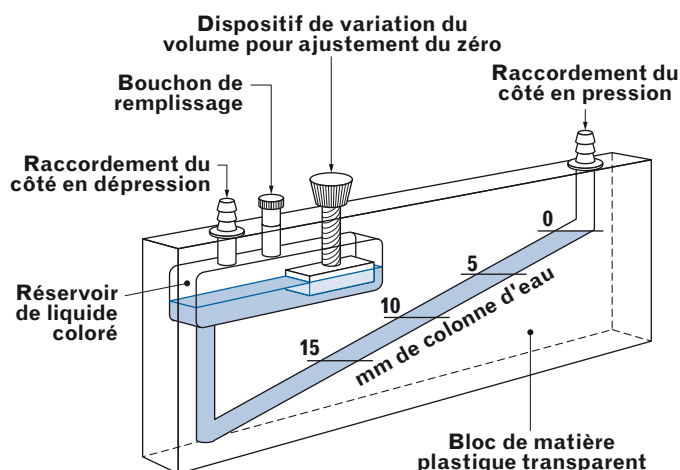


Fig. 26. Principe de manomètre à colonne de liquide incliné. (Peut être équipé d'une cellule électronique pour déclenchement d'alarme).

10.2. Surveillance du colmatage des filtres par mesure de pression différentielle

L'évaluation de l'installation par la simple mesure des pressions statiques qui peuvent varier avec de nombreux paramètres, ne peut être effectuée que par un spécialiste.

Le colmatage des différents filtres (plafond, sol) peut être mesuré par des indicateurs de pression différentielle [7]. Les seules mesures fiables permettant de déclencher une alarme sont en effet les mesures de pression différentielle, avant et après un filtre, car on sait dans quelle fourchette il doit fonctionner. En outre, cette information est particulièrement intéressante pour l'exploitant car il peut, sans faire appel à un spécialiste, procéder au remplacement de l'élément concerné conformément à la notice d'instruction. Il est cependant à noter que la perte de charge occasionnée par certains filtres de sols tels les matelas de fibres, pratiquement nulle à l'état neuf, n'augmente brutalement qu'à l'approche du colmatage total alors que certaines zones ne laissent déjà plus passer l'air de ventilation depuis longtemps. Il est donc nécessaire de procéder régulièrement à un examen visuel de ces filtres pour en remplacer les zones visiblement colmatées.

On rencontre principalement deux types de manomètres différentiels :

- Les manomètres à membrane, les prises de pression étant raccordées de part et d'autre d'une membrane souple circulaire. Pour

obtenir une précision satisfaisante (0,5 daPa) il est nécessaire d'utiliser des appareils de diamètre supérieur à 110 mm.

- Les manomètres à colonne de liquide inclinée sont des tubes en forme de U remplis d'un liquide coloré. Une branche est reliée par un tube à l'amont du filtre, l'autre à l'aval. Pour plus de précision, la branche où l'on place l'échelle graduée est inclinée et l'autre remplacée par un réservoir (figure 26). Ce type d'appareil, d'une grande simplicité, offre ainsi une bonne précision sans risque de dérive, et ne requiert pas d'étalonnage.

L'indicateur de pression différentielle est à installer à un endroit visible par l'utilisateur, par exemple sur le tableau de commande de la cabine.

Pour éviter le déclenchement du système d'alarme en cours de travail, il est conseillé

à l'utilisateur d'examiner l'indicateur avant chaque arrêt de travail, c'est-à-dire à un moment où le régime de ventilation est bien établi.

10.3. Protocole de contrôle de la ventilation des cabines

Les pertes de performance dues par exemple au colmatage des filtres secs doivent être surveillées de façon continue afin que la vitesse de l'air dans la cabine satisfasse toujours aux conditions minimales de ventilation définies ci-après.

Les mesures devront être effectuées à l'aide d'un anémomètre procurant une mesure directionnelle et capable d'indiquer des vitesses d'air comprises entre 0,10 et 1 m/s \pm 0,05 m/s.

Lorsque la ventilation est stable, une intégration des mesures sur 60 secondes est convenable. Lorsqu'elle est instable, une intégration sur 60 secondes peut donner des résultats différents d'un moment à l'autre ; il est donc conseillé dans ce cas d'intégrer pendant 200 secondes.

10.3.1. Cabines à ventilation verticale

Cabines pour véhicules de tourisme ou petits utilitaires

On détermine 10 points de mesure répartis autour du véhicule, 3 de chaque côté, 2 à l'avant et 2 à l'arrière, à 0,50 m des parois du véhicule et à 0,90 m au-dessus du sol de la cabine (figure 27).

La moyenne des mesures de vitesse en ces 10 points doit être supérieure ou égale à 0,40 m/s et aucune des mesures inférieure à 0,30 m/s.

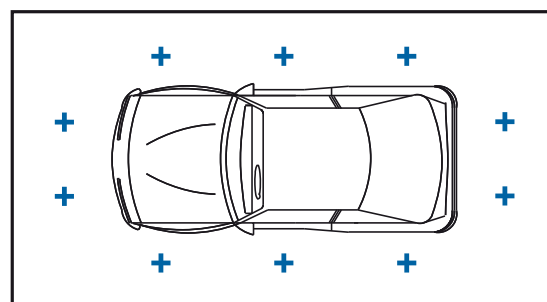


Fig. 27. Répartition des points de mesure de la vitesse d'air dans une cabine à ventilation verticale pour véhicules de tourisme.

Cabines pour véhicules de grande longueur (camions, autocars, autobus, etc.)

On effectue des mesures réparties autour du véhicule, à 0,50 m des parois de celui-ci et à 1,50 m au-dessus du sol de la cabine ; 2 points de mesure à l'avant et 2 à l'arrière ; sur les côtés, la distance entre les points est comprise entre 1,50 m et 2 m.

La moyenne des vitesses mesurées doit être supérieure ou égale à 0,40 m/s et aucune des mesures inférieure à 0,30 m/s.

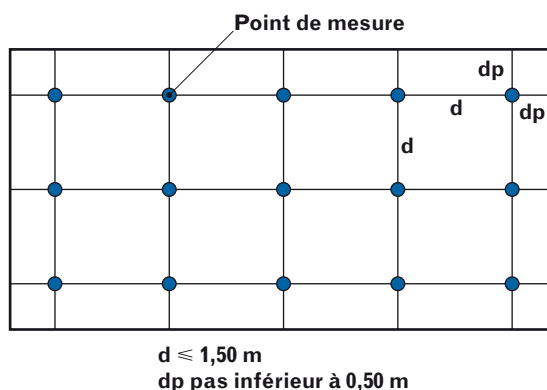


Fig. 28. Répartition des points de mesure de la vitesse d'air dans une cabine à ventilation verticale pour subjectiles divers .

Cabines pour subjectiles industriels divers

Les mesures sont effectuées en cabine vide, à 0,90 m du sol de la cabine, pas à moins de 0,50 m des parois de la cabine. Pour situer l'emplacement des points de mesurage, un quadrillage est établi à partir du centre géométrique du sol de la cabine, sans dépasser 1,50 m entre chaque point (figure 28).

Aucun des points de mesurage ne doit donner un résultat inférieur à 0,30 m/s.

10.3.2. Cabines à ventilation horizontale

Les mesures sont effectuées dans la cabine vide.

On effectue des mesures en 9 points au minimum, régulièrement répartis dans la section de la cabine, 3 en hauteur et 3 en largeur (figure 29).

La moyenne des mesures de vitesse doit être supérieure ou égale à 0,5 m/s avec aucune des mesures inférieure à 0,4 m/s.

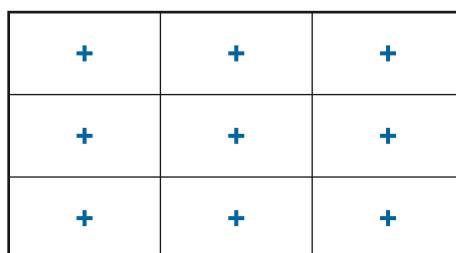


Fig. 29. Répartition des points de mesure de la vitesse d'air dans une cabine à ventilation horizontale.

Le plan dans lequel les mesures sont faites est situé :

- quand le peintre travaille à l'intérieur de la cabine, dans son plan d'évolution ;
- quand il travaille devant l'ouverture de la cabine, dans le plan d'ouverture.

ENCADRÉ 5

Bases pour le cahier des charges d'une cabine de peinture

Le cahier des charges d'une cabine de peinture doit permettre à l'acheteur d'une telle installation de formaliser ses exigences sur le plan des performances techniques et des critères d'hygiène et de sécurité. Un certain nombre de points doivent être précisés notamment en ce qui concerne son comportement au feu, sa ventilation, la filtration, le chauffage, les asservissements, l'éclairage et le bruit.

Les points essentiels sont listés dans le texte qui suit. On pourra également se référer au questionnaire-type pour appel d'offres proposé par la norme NF T 35-008.

Description générale de l'installation

- Destination de la cabine.
- Type (ventilation verticale ou horizontale, fermée ou ouverte).
- Dimensions utiles (fonction de la taille des subjectiles prévus).
- Accès et issues de secours (fonction de la taille et du poids des subjectiles ainsi que des dispositifs nécessaires pour leur manutention).

Comportement au feu

- Éléments de construction incombustibles (parois, plafonds, portes, rideaux roulants).
- Catégorie de réaction au feu M0 ou M1 pour les conduits de ventilation, les filtres secs, les calorifugeages.
- Stabilité au feu de la cabine (minimum 1/2 h).

Ventilation

- Prises d'air de compensation (nombre, localisation).
- Vitesses de l'air de ventilation dans la cabine (selon les protocoles de la norme NFT 35-009).
- Ventilateurs de soufflage et d'extraction (nombre, type, débit, puissance, vitesse de rotation).
- Caisson de soufflage (hauteur, surface, jonction avec la gaine d'arrivée d'air, dispositif d'homogénéisation des vitesses d'air sur l'ensemble de la surface, possibilité d'installation de filtres).
- Extraction (dimensions des fosses, raccordement avec la gaine d'extraction).
- Dispositif d'alarme visuel et sonore d'insuffisance de ventilation.

Chauffage Séchage

- Puissance utile et installée (fonction de la température extérieure moyenne et de la température intérieure désirée selon les phases de travail).
- Type (échangeur, veine d'air, catalytique).
- Taux de recyclage de l'air pendant la phase d'étuvage.
- Présence d'un volet de recyclage motorisé.

Filtration de l'air neuf

- Préfiltres.
- Type de filtres.
- Efficacité des filtres.
- Surface de soufflage du plenum ou du caisson.

Filtration de l'air pollué

- Type de filtres secs (matelas de fibres, filtres à chocs).
- Système humide (configuration et nombre de cascades).

Évacuation de l'air pollué

- Contraintes environnementales particulières à respecter (teneurs limites).
- Filtration, adsorption des solvants.
- Configuration du dispositif de rejet (hauteur des cheminées d'extraction).

Asservissements

- de la pulvérisation à la ventilation.
- de la pulvérisation à la position du volet de recyclage.
- du chauffage à la ventilation.
- du chauffage au convoyage.

Installations électriques

- Armoire de commandes (extérieure ou intérieure avec mesures compensatoires).
- Dispositif de mise à la terre.

Éclairage

- Niveau d'éclairage artificiel en service.
- Utilisable en atmosphère explosible ou changement des tubes réalisable de l'extérieur de la cabine.

Bruit

- Niveau sonore maximum à l'intérieur de la cabine, ventilation et éventuel rideau d'eau en fonctionnement (dB(A)).
- Niveau sonore maximum à l'extérieur de la cabine, ventilation et éventuel rideau d'eau en fonctionnement (dB(A)).

BIBLIOGRAPHIE

Documents édités par l'INRS, disponibles auprès des Caisses régionales d'assurance maladie

1. Les maladies professionnelles. Paris, INRS, 2008, TJ 19, 77 p.
 2. Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation. Paris, INRS, 2002, ED 780, 56 p.
 3. Le chauffage en veine d'air. Utilisation dans les cabines de peinture. Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 1983, 110, pp. 25-29.
 4. Sécurité dans la conception des installations de séchage des peintures et vernis. Die Berufsgenossenschaft, 7, juillet 1977, pp. 289-296. Traduction INRS n° 48-78.
 5. ASSELINEAU M. et coll. - Aide au choix d'équipements silencieux. Cas des ventilateurs. Vandœuvre INRS, 1998, coll. Notes Scientifiques et Techniques, NS 169.
 6. Guide pratique de ventilation n° 0. Principes généraux de ventilation. Paris, INRS, 1989, ED 695, 37 p.
 7. LE BOT J.Y. - Contrôle pratique de l'encrassement des filtres d'un système de ventilation, cas des cabines de peinture fermées. Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 1988, 132, pp. 409-413.
 8. DANGREAU J. et coll. - Les appareils à combustion catalytique. Compte rendu d'essais en atmosphères explosives. Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 1972, 68, pp. 261-270.
 9. DANGREAU J. et coll. - Les appareils à combustion catalytique. 2^e série d'essais en atmosphères explosives. Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 1974, 76, pp. 401-412.
- Guide pratique de ventilation n° 9.2 - Cabines d'application par projection de peintures en poudre. Paris, INRS, 2004, ED 928, 23 p.
- Guide pratique de ventilation n° 9.3 - Pulvérisation de produits liquides. Objets lourds et encombrants. Paris, INRS, 2003, ED 906, 26 p.
- Guide pratique de ventilation n° 10. - Le dossier d'installation de ventilation. Paris, INRS, 2007, ED 6008, 23 p.
- Peintures en phase aqueuse (ou peintures à l'eau). Composition, risques toxicologiques, mesures de prévention. Paris, INRS, 2005, ED 955, 17 p.
- Peintures en solvants. Composition, risques toxicologiques, mesure de prévention. Paris, INRS, 2005, ED 971, 20 p.

Normes

- NF EN 746-1.** Equipements thermiques industriels – Partie 1 : Prescriptions générales de sécurité pour les équipements thermiques industriels, juin 1997.
- NF EN 746-2.** Equipements thermiques industriels – Partie 2 : Prescriptions de sécurité concernant la combustion et la manutention des combustibles, juin 1997.
- NF EN 746-3.** Equipements thermiques industriels – Partie 3 : Prescriptions de sécurité pour la génération et l'utilisation des gaz d'atmosphère, juin 1997.
- NF EN 1539.** Séchoirs et fours dans lesquels se dégagent des substances inflammables – Prescriptions de sécurité, juillet 2000.
- NF T 35-004.** Installations d'application et de séchage des peintures et vernis – Cabines d'application et cabines mixtes. Application par pulvérisation – Méthodes de mesurage des rejets à l'atmosphère, fév. 1990.
- NF T 35-008.** Installations d'application et de séchage des peintures et vernis – Cabines d'application et cabines mixtes – Questionnaire-type pour appel d'offres, août 1986.
- NF T 35-009.** Installations d'application et de séchage des peintures et vernis – Cabines d'application. Conception, caractéristiques de fonctionnement et méthodes de mesurage, nov. 1989.
- Cette norme est abrogée mais les dispositions techniques décrites pour le mesurage de la vitesse d'air sont toujours applicables selon l'arrêté du 3 mai 1990.
- NF T 35-014.** Installations d'application et de séchage des peintures et vernis – Box de préparation des peintures. Conception, caractéristiques de fonctionnement, 2004.
- NF P 92-507.** Sécurité contre l'incendie. Bâtiment. Matériaux d'aménagement. Classement selon leur réaction au feu, fév. 2004.
- NF X 10-112.** Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées – Méthode d'exploration du champ des vitesses pour des écoulements réguliers au moyen de tubes de Pitot doubles, sept. 1977.

Ces normes peuvent être obtenues à l'adresse suivante :

Association française de normalisation (AFNOR)
11, rue Francis de Pressencé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
www.boutique.afnor.org

Pour commander les films (en prêt), les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service prévention de votre CRAM ou CGSS.

Services prévention des CRAM

ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
CS 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@cram-alsace-moselle.fr
www.cram-alsace-moselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.cram-alsace-moselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 89 21 62 20
fax 03 89 21 62 21
www.cram-alsace-moselle.fr

AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 36
fax 05 57 57 70 04
documentation.prevention@cramaquitaine.fr

AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
48-50 boulevard Lafayette
63058 Clermont-Ferrand cedex 1
tél. 04 73 42 70 76
fax 04 73 42 70 15
preven.cram@wanadoo.fr

BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs, 39 Jura,
58 Nièvre, 70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
ZAE Cap-Nord
38 rue de Cracovie
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 70 51 32
fax 03 80 70 51 73
prevention@cram-bfc.fr
www.cram-bfc.fr

BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
drpcdi@cram-bretagne.fr
www.cram-bretagne.fr

CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintrailles
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@cram-centre.fr

CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
4 rue de la Reynie
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 79 00 64
cirp@cram-centreouest.fr
www.cram-centreouest.fr

ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne,
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
prevention.atmp@cramif.cnamts.fr

LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@cram-lr.fr

MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
tél. 0820 904 231 (0,118 €/min)
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@cram-mp.fr

NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
service.prevention@cram-nordest.fr

NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 79 30
bedprevention@cram-nordpicardie.fr
www.cram-nordpicardie.fr

NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 21
fax 02 35 03 58 29
catherine.lefebvre@cram-normandie.fr
dominique.morice@cram-normandie.fr

PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 0821 100 110
fax 02 51 82 31 62
prevention@cram-pl.fr

RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère, 42 Loire,
69 Rhône, 73 Savoie, 74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 96 96
fax 04 72 91 97 09
preventionrp@cramra.fr

SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse Sud,
28 Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@cram-sudest.fr

Services prévention des CGSS

GUADELOUPE

Immeuble CGRR, Rue Paul-Lacavé, 97110 Pointe-à-Pitre
tél. 05 90 21 46 00 - fax 05 90 21 46 13
lina.palmon@cgs-guadeloupe.fr

GUYANE

Espace Turenne Radamonthe, route de Raban,
BP 7015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 - fax 05 94 29 83 01

LA RÉUNION

4 boulevard Doret, 97704 Saint-Denis Messag cedex 9
tél. 02 62 90 47 00 - fax 02 62 90 47 01
prevention@cgs-reunion.fr

MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes, 97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 - 05 96 66 51 32 - fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgs-martinique.fr

COLLECTION DES GUIDES PRATIQUES DE VENTILATION

0. Principes généraux de ventilation	ED 695
1. L'assainissement de l'air des locaux de travail	ED 657
2. Ventilation des cuves et baignoires de traitement de surface	ED 651
3. Mise en œuvre manuelle des polyester stratifiés	ED 665
4. Postes de décochage en fonderie	ED 662
5. Ateliers d'encollage de petits objets (chaussures)	ED 672
6. Captage et traitement des aérosols de fluides de coupe	ED 972
7. Opérations de soudage à l'arc et de coupage	ED 668
8. Espaces confinés	ED 703
9. 1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides	ED 839
9. 2. Cabines d'application par projection de peintures en poudre	ED 928
9. 3. Pulvérisation de produits liquides. Objets lourds ou encombrants	ED 906
10. Le dossier d'installation de ventilation	ED6008
11. Sérigraphie	ED6001
12. Deuxième transformation du bois	ED 750
13. Fabrication des accumulateurs au plomb	ED 746
14. Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine	ED 768
15. Réparation des radiateurs automobiles	ED 752
16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires	ED 760
17. Emploi des matériaux pulvérulents	ED 767
19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement	ED 820



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00
Fax 01 40 44 30 99 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

Édition INRS ED 839

2^e édition • septembre 2008 • 2 000 ex. • ISBN 978-2-7389-1701-0

