



Carrosserie

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

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés... Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment 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, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications éditées par l'INRS auprès des entreprises.

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).

© INRS, 2021.

Édition : Nadia Luzeaux (INRS)

Mise en pages : Valérie Latchague Causse

Schémas : Jean-André Deledda

Carrosserie

Ce document a été établi par un groupe de travail comprenant des experts en ventilation et nuisances chimiques des Carsat, de la Cramif et de l'INRS :

- Annabelle Guilleux (INRS, pilote du groupe),
- Claude Mialon (Centre interrégional de mesures physiques Auvergne, Carsat Auvergne),
- Philippe Brouté, Samuel Morin (Centre interrégional de mesures physiques de l'Ouest, Carsat Bretagne),
- Christian Bonnet, Virginie Durgeaud (Centre interrégional de contrôles physiques, Carsat Centre-Val de Loire),
- Thierry Vilmont (Centre interrégional de mesures physiques, Carsat Centre-Ouest),
- Emmanuel Marteau, Dorothee Le Souëf (Centre de mesures physiques, Cramif),
- Eric Lopez (Centre interrégional de mesures physiques, Carsat Languedoc-Roussillon),
- Didier Durrieu (Département Risques professionnels, Carsat Midi-Pyrénées),
- Gilles Duhoux (Centre interrégional de mesures physiques de l'Est, Carsat Nord-Est),
- Alain Soyez (Centre de mesures physiques, Carsat Hauts-de-France),
- Yann Deglicourt, Nicolas Tifine (Laboratoire interrégional de chimie, Carsat Rhône-Alpes).

Le groupe de travail remercie M. Philippe Bellanné (ADI Ingénierie des procédés industriels), M. Philippe Estèves (Institut des métiers Clermont-Ferrand), M. François Legay (Fédération des industries des peintures, encres, couleurs, colles et adhésifs. Préservation du bois - Fipec), M. Philippe Monlong (Omia), M. Pascal Thobie (Cetim), MM. Romain Guichard, Jean-Pierre Leclerc, Stéphane Malard et Benoît Sallé (INRS), pour le partage de leur expérience professionnelle et leur relecture attentive de ce document.

Sommaire

1. Description de l'activité	6
1.1. Étapes de réparation	6
1.2. Produits chimiques mis en œuvre.....	6
1.3. Dangers pour la santé.....	7
1.4. Risques d'incendie et d'explosion	7
2. Démarche générale de prévention	8
2.1. Substitution	8
2.2. Mesures organisationnelles.....	8
2.3. Principes de ventilation	8
2.4. Prévention des risques d'incendie et d'explosion	10
3. Ventilation des postes	11
3.1. Nettoyage des surfaces.....	11
3.2. Ponçage – Égrenage.....	12
3.3. Préparation des produits appliqués	14
3.4. Application de mastic	20
3.5. Application d'apprêt, de peinture et de vernis.....	21
3.6. Séchage des produits	21
3.7. Réparation des éléments par apport de matière thermoplastique.....	21
3.8. Découpe à la disqueuse et meulage	21
3.9. Soudage	22
3.10. Stockage des produits.....	22
3.11. Nettoyage des outils.....	23
3.12. Élimination des déchets.....	24

Exemples de conceptions et de réalisations27

Exemple 1 : Réalisation d'enceintes de préparation de surface	28
Exemple 2 : Réalisation d'enceintes de préparation de surface et d'un laboratoire de préparation de peinture	30
Exemple 3 : Réaménagement d'un laboratoire de préparation avec poste de pesée et de mélange ventilé	32
Exemple 4 : Réalisation d'une poubelle ventilée dans un laboratoire de préparation	33
Exemple 5 : Mise en place d'un réseau haute dépression pour outils aspirants.....	34

Annexe – Dangers pour la santé des agents chimiques utilisés ou émis dans les ateliers de carrosserie36

Bibliographie38

Introduction

Le secteur de la carrosserie comprend trois branches : la réparation de carrosseries existantes, la construction de carrosseries de véhicules légers, de véhicules industriels ou de remorques et l'équipement des ateliers. Ce guide pratique de ventilation s'adresse aux acteurs de la première branche et de la troisième branche (la carrosserie-réparation de véhicules légers et la conception d'équipements), ainsi qu'aux chargés de prévention qui accompagnent ces entreprises. Il se concentre sur la correction des surfaces des véhicules ; les activités de redressage de structures ne sont donc pas traitées dans ce guide.

Pour chaque poste de travail de l'atelier, ce document propose une analyse des principaux risques liés à la présence d'agents chimiques dangereux dans l'atmosphère des locaux de travail et formule des recommandations sur leur prévention par la mise en place de dispositifs de ventilation. Son objectif est de constituer une aide à l'équipement des ateliers de carrosserie.

1. Description de l'activité

1.1. Étapes de réparation

Le travail du carrossier-réparateur consiste essentiellement à corriger l'aspect de surface des carrosseries endommagées sur les véhicules légers.

De façon schématique, l'activité de carrossier-réparateur peut être décomposée en plusieurs étapes (figure n° 1) :

- nettoyage/dégoudronnage des surfaces à réparer,
- réparation de la carrosserie (ponçage, masticage),
- réparation des éléments plastiques,
- peinture (apprêtage, égrenage, peinture, vernissage).

À tous ces stades, des produits chimiques peuvent être utilisés (nettoyants, peintures...) et libérés dans l'atmosphère de l'atelier. Des agents chimiques peuvent également être émis dans l'atmosphère de l'atelier par différentes opérations (ponçage, découpe, soudage...).

1.2. Produits chimiques mis en œuvre

Nettoyage / Dégoudronnage de la carrosserie

Quel que soit le type de véhicule, toutes les interventions sont précédées d'un nettoyage, voire d'un dégoudronnage des surfaces à réparer. Ces opérations peuvent nécessiter l'utilisation de solvants organiques, issus majoritairement de produits pétroliers. Des produits dits « à l'eau » sont également proposés pour cette activité, néanmoins ils peuvent contenir plus de 30 % de solvants organiques. Enfin, des produits lessiviels peuvent également être employés : leur composant principal est le plus souvent une base forte associée à des tensioactifs, ils peuvent aussi contenir des biocides en tant qu'agents de conservation.

Préparation et application de mastic

Les mastics sont employés pour reboucher des perforations ou des rayures profondes sur la carrosserie ou les éléments en plastique. Ces formulations pâteuses peuvent contenir

des fibres de verre en tant que renforts.

Les mastics peuvent être à base :

- de polyester, ils contiennent du styrène et des solvants organiques et sont utilisés avec un durcisseur de type peroxyde organique ;
- d'acrylate, le « séchage » a lieu par irradiation aux ultraviolets (UV) ;
- d'époxy (plus rarement), ils sont utilisés avec un durcisseur contenant des amines aliphatiques.

Préparation et application d'apprêt

Plusieurs types d'apprêts sont utilisés suivant la réparation à accomplir. Il s'agit soit d'apprêts polyuréthane (composés d'une base et d'un durcisseur isocyanate), soit d'apprêts époxy (monocomposants ou bicomposants avec un durcisseur aminé). Certains apprêts anticorrosion contiennent des composés du zinc.

Préparation et application de peinture et vernis

Pour la réparation de véhicules légers, les peintures utilisées sont essentiellement à base aqueuse (hydrodiluable).



Figure n° 1. Réparations de carrosserie sur véhicule léger

Ces peintures, mélanges de pigments et de polymères, contiennent une part plus ou moins importante de solvants organiques dans leur composition : il s'agit d'alcools et d'éthers de glycols. Les formules à basse teneur en solvants organiques (dites généralement à basse teneur en composés organiques volatils ou COV) contiennent également des biocides et des tensioactifs.

Les vernis sont généralement des produits bicomposants constitués d'une base et d'un durcisseur porteur de fonctions isocyanates, mélangés immédiatement avant leur application. Les solvants organiques utilisés pour ces deux composants sont des solvants pétroliers aromatiques, des esters d'alcools ou d'éthers de glycols, des cétones.

Nettoyage des outils d'application

Comme pour le nettoyage de la carrosserie, il existe pour le nettoyage des outils d'application (spatules, pistolets...), des produits à base de solvants organiques et des produits aqueux, le choix entre ces produits étant dicté par le type de salissure à détacher (mastic, peinture à l'eau...). Les solvants organiques utilisés sont les mêmes que ceux des produits à éliminer : solvants pétroliers aromatiques, esters d'alcools ou d'éthers de glycols, cétones. Les produits « à l'eau » contiennent par ailleurs des alcools et des éthers de glycols, ainsi que des agents tensioactifs, ils peuvent également contenir des bases fortes.

1.3. Dangers pour la santé

De nombreux agents chimiques dangereux sont utilisés ou émis dans l'atmosphère lors d'une opération de réparation de carrosserie. Ils résultent de l'utilisation de solvants organiques volatils, de la pulvérisation de produits de revêtements à base de résines diverses et de l'émission de particules de ponçage, de découpe...

Les voies d'exposition aux agents chimiques dangereux dans ces ateliers sont principalement la voie cutanée et la voie respiratoire. Une exposition par voie digestive est moins fréquente et sera essentiellement la conséquence de la déglutition des produits inhalés ou du port de mains ou d'objets souillés à la bouche.

Les effets sur la santé de ces expositions dépendent des propriétés toxicologiques et physico-chimiques des agents chimiques, mais aussi de la nature et de l'intensité de l'exposition, ainsi que de la fréquence et de la durée d'exposition. Ces effets peuvent apparaître dans un temps court suivant l'exposition (toxicité aiguë) ou à la suite d'expositions répétées sur une longue période (toxicité chronique).

Les solvants organiques affectent le système nerveux central et peuvent provoquer des dommages irréversibles en cas d'exposition répétée.

Les résines peuvent être à l'origine de manifestations allergiques cutanées (eczémas) ou respiratoires (rhinites, asthme).

L'inhalation répétée de particules peut notamment entraîner une atteinte des poumons, dont la sévérité dépend de la toxicité des particules, de leur taille, de la quantité inhalée ainsi que de la fréquence et de la durée d'exposition.

L'annexe « Dangers pour la santé des agents chimiques utilisés ou émis dans les ateliers de carrosserie » fait le point sur les effets sur la santé des agents chimiques dangereux les plus couramment rencontrés en carrosserie-réparation.

Note

De nombreux produits utilisés en carrosserie-réparation sont irritants, certains sont même corrosifs. Il est important de noter que l'irritation, voire la lésion de la peau et des muqueuses, peut accroître le passage d'autres substances dangereuses dans l'organisme et, par ce biais, favoriser en particulier l'apparition d'allergies.

1.4. Risques d'incendie et d'explosion

Les carrosseries concentrent de nombreuses matières combustibles qui, en présence d'une source d'inflammation, peuvent provoquer un incendie, voire une explosion lorsque leur concentration dans l'atmosphère atteint un certain niveau [1, 2].

Ces matières combustibles se retrouvent sur l'intégralité des postes de travail :

- solvants inflammables lors du nettoyage des surfaces à réparer et de celui des outils de réparation ;
- poussières combustibles lors du ponçage des surfaces et de l'égrenage de l'apprêt ;
- produits solvantés (mastics, apprêts, peintures, vernis...) lors de la préparation, de l'application et du séchage des produits ;
- produits solvantés dans le local de stockage ;
- déchets d'activités (restes de produits, chiffons souillés...) stockés dans un local dédié ou dans les poubelles ;
- dépôts d'aérosols de peinture séchés sur les filtres de la cabine de peinture ;
- dépôts de poussières combustibles pouvant se former dans les conduits d'évacuation d'air pollué ;
- remise en suspension de poussières combustibles dans le dépoussiéreur...

La présence de matières oxydantes (dont les peroxydes organiques, amorceurs de mastics polyester, par exemple) peut favoriser l'apparition d'un incendie et l'aggraver.

Les sources d'inflammation peuvent être multiples :

- décharge électrostatique ;
- matériel électrique ;
- surface chaude (échauffement suite à une opération de soudage ou de meulage, équipement de séchage radiant par exemple) ;
- réaction chimique exothermique (lors du contact de deux produits incompatibles, par exemple le mélange

d'une base avec un durcisseur ou un amorceur) ;

- projection de particules chaudes (lors d'opérations de découpe par disceuse ou meulage).

2. Démarche générale de prévention

La prévention de l'inhalation d'agents chimiques dangereux s'appuie sur la démarche générale de prévention des risques chimiques.

2.1. Substitution

Le risque que présente un produit dangereux pour la santé et la sécurité du personnel doit être supprimé. Quand la suppression de ce risque ne peut être réalisée, ce dernier est réduit au minimum par la substitution du produit dangereux, lorsque cela est techniquement possible. Le substitut est soit un autre produit, soit un procédé non dangereux ou moins dangereux.

Dans tous les cas, la substitution d'un produit dangereux par un autre, qui l'est moins, n'exonère pas de la mise en place de mesures de prévention telles qu'un dispositif de captage à la source, si un risque d'émission de polluants dans l'atmosphère subsiste.

2.2. Mesures organisationnelles

Séparation des activités à risques chimiques

Afin de limiter le nombre de personnes qui pourraient être exposées aux produits chimiques dangereux, il convient de séparer physiquement les activités de l'atelier des activités de bureau et d'accueil des clients.

Ce principe s'applique également au stockage. Les produits chimiques

doivent être entreposés dans un local dédié.

Enfin, dans ce même esprit, il est conseillé d'optimiser le parcours des véhicules et des produits chimiques de façon à réduire les risques d'exposition chimique (laboratoire de préparation des peintures contigu à la cabine de peinture...).

Adaptation des méthodes de travail

Une réflexion sur les méthodes de travail doit être engagée.

Par exemple, il est conseillé de commander les produits chimiques dans des contenants de taille adaptée à l'activité pour éviter tout transvasement.

Le recours à un mélangeur automatique peut également avoir un intérêt suivant l'activité de la carrosserie.

Mesures d'hygiène

En présence de produits chimiques, des mesures d'hygiène strictes doivent être appliquées.

Les vêtements de ville et les vêtements de travail ne doivent pas être mélangés (vestiaires à compartiments séparés). Des douches doivent être installées, afin que les opérateurs puissent se laver avant de remettre leurs vêtements de ville.

Par ailleurs, aucun aliment ni aucune boisson ne doit être apporté au poste de travail et il est indispensable de se laver les mains soigneusement avant chaque pause.

Enfin, il est recommandé de maintenir les postes de travail ordonnés et en bon état de propreté, pour éviter les contaminations.

Formation / Information

L'implication de l'ensemble des salariés, techniciens et administratifs, dans la démarche de prévention est essentielle à sa réussite. Pour cela, il est nécessaire, dans un premier temps, de les sensibiliser et de les informer sur les risques auxquels ils peuvent être exposés sur leur lieu de travail, puis de les associer à l'évaluation des risques,

à la définition et à la mise en place des mesures de prévention. Enfin, les salariés doivent être formés au respect des consignes de travail et de sécurité et à l'utilisation des moyens de protection mis à leur disposition.

Les sessions d'information et de formation doivent être renouvelées périodiquement et à chaque modification de poste de travail.

2.3. Principes de ventilation [3]

Le niveau d'exposition le plus bas possible doit être recherché en donnant la priorité aux mesures de prévention collective. En cas d'exposition à un produit dangereux émis dans l'atmosphère, les dispositifs de captage à la source sont à privilégier, quelle que soit la forme physique des agents chimiques (liquides volatils, poudres...). Une ventilation générale complémentaire de l'aspiration locale peut s'avérer nécessaire pour éliminer les polluants résiduels non captés à la source.

Captage à la source

La ventilation par captage à la source consiste à capter les polluants (vapeurs, aérosols...) au plus près de leur source d'émission, pour éviter qu'ils se dispersent dans l'atmosphère du local de travail et soient inhalés par les personnes s'y trouvant.

La salubrité de l'atmosphère du local de travail ne peut donc être assurée que si toutes les sources de pollution sont traitées par ce moyen.

Disposition des systèmes de captage

Pour être efficace, un dispositif de captage doit être positionné au plus près de la source d'émission des polluants. Il doit envelopper au maximum la zone de production des polluants, utiliser leurs mouvements naturels ou leur sens de projection et les capter en induisant, à proximité de leur zone d'émission, des vitesses d'air suffi-

santes et uniformément réparties dans toute la zone de captage. De plus, à aucun moment, les voies respiratoires de l'opérateur ne doivent se trouver entre la source d'émission de polluants (vapeur de solvant, poussière de ponçage, aérosol de peinture...) et le point d'extraction.

Rejet de l'air extrait

L'air extrait doit être rejeté à l'extérieur des bâtiments, en tenant compte de l'implantation de la carrosserie et des règles de protection de l'environnement.

L'efficacité du rejet doit être indépendante des conditions météorologiques. Une attention particulière doit être portée au positionnement du rejet par rapport aux points d'entrée d'air neuf (bouches d'aération...) et aux ouvertures du bâtiment (fenêtres, portes...), ainsi qu'à la direction du vent dominant, pour éviter la réintroduction de polluants à l'intérieur du bâtiment.

Des dispositions spécifiques sont prévues par la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement et par les règlements sanitaires départementaux. En particulier, selon les concentrations ou flux de polluants dans l'air extrait par l'installation de ventilation, l'épuration des rejets peut être imposée.

Le recyclage de l'air extrait est à proscrire¹.

Suivant l'activité de la carrosserie, la mise en place d'un système de récupération d'énergie sur le rejet d'air peut s'avérer opportune.

Compensation d'air

Le volume d'air extrait doit être compensé par l'apport d'un volume équivalent d'air neuf, prélevé à l'extérieur des locaux, en dehors des zones polluées. L'air neuf doit être tempéré et introduit à basse vitesse de façon à ne pas provoquer de courants d'air gênants, tout en assurant une bonne homogénéité des flux d'air et de la température dans le local. Les courants d'air peuvent en effet perturber le captage des polluants et constituer une source d'inconfort thermique.

En général, l'air de compensation est introduit à une vitesse inférieure à 0,5 m/s, afin d'atteindre une vitesse résiduelle inférieure à 0,2 m/s dans la zone d'occupation. Plus la surface d'introduction d'air est importante, plus la vitesse du flux d'air introduit est réduite.

Maintien en dépression des locaux à pollution spécifique

Pour éviter le passage de polluants d'une pièce à l'autre, il est important de maintenir les locaux à pollution spé-

ENCADRÉ 1

Niveau sonore des installations de ventilation

Le fonctionnement des installations de ventilation génère souvent du bruit. Celui-ci est non seulement source d'inconfort, mais peut altérer l'audition au-delà d'une certaine exposition. Il convient donc de limiter les effets sonores de ces installations.

Le niveau sonore dû à l'installation de ventilation doit être inférieur à 72 dB(A) au poste de travail. Cette installation ne devrait pas majorer de plus de 2 dB(A) le niveau sonore existant.

Afin d'atténuer le bruit produit par les installations de ventilation, les moyens suivants peuvent, par exemple, être mis en œuvre :

- respecter les règles de conception des réseaux aérauliques pour limiter les phénomènes de turbulence (ces règles sont détaillées dans le guide pratique de ventilation ED 695 [3]) ;
- optimiser la vitesse de l'air dans les conduits en assurant une vitesse suffisante pour transporter les polluants tout en limitant le niveau sonore généré (pour le transport de vapeurs : de l'ordre de 7 m/s dans les conduits ; pour le transport de particules : de l'ordre de 20 m/s [9, 10]) ;
- dimensionner les motoventilateurs de façon appropriée à l'installation ;
- placer les motoventilateurs à l'extérieur des locaux de travail (la préservation de l'environnement peut alors exiger la mise en place de silencieux et d'écrans spécifiques) ;
- préférer les motoventilateurs centrifuges à aubes profilées et à basse vitesse de rotation (vitesse de rotation ne dépassant pas 1500 tr/min) ;
- monter les motoventilateurs sur un socle lourd désolidarisé de la structure porteuse par des dispositifs anti-vibratiles et désolidariser le réseau des motoventilateurs en plaçant des manchons anti-vibratiles sur les tuyauteries aval et amont de ces derniers ;
- encoffrer les motoventilateurs ;
- réaliser un découplage vibratoire des conduits par rapport à la structure du bâtiment (installation de suspentes ou de colliers anti-vibratiles), suspendre les conduits à la structure par des dispositifs élastiques ;
- assurer l'étanchéité de chaque raccordement de tuyauterie.

Note

Des dispositifs d'aspiration par effet Venturi sont proposés pour des installations de taille réduite (automates de nettoyage...). D'une installation facile, car ils utilisent la source d'air comprimé déjà présente dans les locaux de travail, ces dispositifs génèrent cependant souvent un niveau de bruit très élevé en raison des vitesses d'air induites. Par ailleurs, leur efficacité énergétique est faible, ce qui entraîne un coût de fonctionnement élevé par rapport à un dispositif mettant en œuvre un motoventilateur. Il est par conséquent conseillé de porter son choix sur des dispositifs de captage dans lesquels l'aspiration est générée par un motoventilateur.

¹ Pour rappel, la ventilation générale par balayage (passage de l'air d'un local vers d'autres locaux contigus, sans qu'il y ait recyclage de l'air) depuis un local à pollution non spécifique vers un local à pollution spécifique est, quant à elle, autorisée.

cifique² en dépression par rapport aux locaux à pollution non spécifique³ (bureaux, locaux sociaux, salles d'accueil des clients...).

L'élimination des passages d'air permanents ou occasionnels tels que les fuites ou les ouvertures des portes (mise en place de portes d'accès à fermeture automatique) permet également d'assurer le bon fonctionnement des systèmes de captage.

La mise en dépression de chaque local à pollution spécifique est assurée par les dispositifs d'aspiration à la source (ventilation de la zone de préparation de surface, aspiration du local de préparation de peinture, ventilation de la cabine de peinture...) et la ventilation générale.

2.4. Prévention des risques d'incendie et d'explosion

La ventilation des postes de travail doit permettre de maintenir les concentrations atmosphériques de matières combustibles (vapeurs, poussières ou aérosols liquides) à la plus faible valeur possible. Ces concentrations doivent rester inférieures à 25 % de la limite inférieure d'explosivité des matières ; ce seuil est abaissé à 10 % de la limite inférieure d'explosivité si des personnes travaillent dans cette atmosphère [4].

L'installation de ventilation, en elle-même, ne doit pas générer de sources d'inflammation pour les polluants qu'elle véhicule (continuité électrique, motoventilateur « anti-étincelles »...).

En complément d'une ventilation permanente (tant qu'un risque d'accumulation de vapeurs, de poussières ou d'aérosols liquides combustibles existe au poste de travail), toutes les sources d'inflammation doivent être éliminées dans la mesure du possible et un système de détection incendie doit également être envisagé. Lorsqu'une détection incendie est mise en place, il est nécessaire d'organiser la

gestion des alarmes et de prévoir les actions à mener en cas d'alarme [5].

Ces mesures complémentaires spécifiques sont détaillées poste par poste au chapitre 3 « Ventilation des postes ».

Par ailleurs, des mesures de conception et d'aménagement des locaux de travail doivent être prises pour prévenir les incendies et limiter leurs conséquences [5].

ENCADRÉ 2

Prévention des risques d'incendie et d'explosion lors de la mise en place et l'utilisation d'un motoventilateur pour le captage d'air pollué par des poussières combustibles ou des vapeurs inflammables [11, 6]

Dans les carrosseries, la présence de solvants inflammables et l'émission de poussières combustibles peuvent générer localement des atmosphères explosibles. Ces zones à risque doivent être identifiées et classées en fonction de la fréquence et de la durée de présence d'une atmosphère explosible.

L'action de prévention doit s'attacher, en premier lieu, à éviter l'apparition de telles zones en agissant sur les combustibles (solvants inflammables et poussières combustibles) et le comburant (l'oxygène de l'air). Lorsque, malgré ces premières mesures, des zones à risque d'explosion persistent, l'action visera à éliminer les sources d'inflammation, notamment par l'utilisation de matériels adéquats, conformes à la réglementation relative à la conception des appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible, issue de la directive 2014/34/EU [12], transposée en droit français par les articles R. 557-1-1 et suivants du Code de l'environnement.

Dans les installations de ventilation, l'accumulation de vapeurs inflammables ou de poussières combustibles peut rendre explosible l'atmosphère de certains conduits, tels que le conduit d'extraction de l'air d'une cabine de peinture ou d'une enceinte de préparation, le conduit d'extraction de l'air d'un laboratoire de préparation ou le conduit d'extraction de l'air d'une centrale d'aspiration haute dépression. Ainsi, même si les installations de ventilation dans leur intégralité ne sont pas forcément destinées à être disposées et utilisées dans une atmosphère explosible, certains de leurs éléments, comme les motoventilateurs d'extraction de l'air, lorsqu'ils sont situés dans le flux d'air pollué, sont concernés par le risque d'explosion. Afin de ne pas constituer des sources d'inflammation, ces équipements doivent être conçus en respectant les exigences formulées par la réglementation. La catégorie du matériel à mettre en œuvre (1G, 2G, 3G, 1D, 2D, 3D) dépendra du résultat de l'analyse des risques effectuée par le constructeur de l'installation de ventilation à l'aide, notamment, des informations fournies par l'utilisateur et des débits mis en œuvre. Il s'agira au minimum d'un matériel de catégorie 3. En fonction des manipulations et des débits mis en œuvre, un niveau de sécurité plus élevé pourra s'avérer nécessaire. Il est ainsi essentiel pour le carrossier d'indiquer avec précision les caractéristiques des produits et matériaux qu'il compte utiliser (même à faible fréquence) dans le cahier des charges pour l'acquisition d'une installation de ventilation.

2. Locaux à pollution spécifique : locaux dans lesquels des substances dangereuses ou gênantes, autres que celles qui sont liées à la seule présence humaine, sont émises sous forme de gaz, vapeurs, aérosols solides ou liquides. Les locaux pouvant contenir des sources de micro-organismes potentiellement pathogènes et les locaux sanitaires sont aussi considérés comme des locaux à pollution spécifique.

3. Locaux à pollution non spécifique : locaux dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine, à l'exception des locaux sanitaires.

3. Ventilation des postes

3.1. Nettoyage des surfaces

a) Risques d'exposition

Les éléments à réparer sont le plus souvent dégraissés / dégoudronnés manuellement, au chiffon. De ce fait, il existe un risque important d'exposition de l'opérateur par voie respiratoire et contact cutané.

En outre, en raison de l'inflammabilité des solvants et de leur volatilité, les produits de dégraissage et de dégoudronnage peuvent également être à l'origine d'incendies.

b) Mesures de prévention

Durant le nettoyage et jusqu'au séchage complet des éléments nettoyés, il est nécessaire de capter les vapeurs de solvants au plus près du point d'application des produits. En pratique, le véhicule ou l'élément à dégraisser / dégoudronner est placé sur un caillebotis aspirant, entouré d'une paroi sur toute sa périphérie. L'introduction d'air neuf de compensation, répartie sur toute la surface du plafond, permettra de maintenir les voies respiratoires de l'opérateur dans un flux d'air propre vertical descendant. Par ailleurs, les débits d'aspiration et d'introduction d'air doivent être tels que l'enceinte⁴ se trouve à l'équilibre ou en légère dépression par rapport à l'atelier.

Le chauffage de l'air de compensation doit être prévu pour les périodes froides.

c) Réalisation technique

Dispositif de captage enveloppant pour le nettoyage des éléments à réparer

L'aspiration par le sol a lieu sur toute la surface de l'enceinte, à travers un caillebotis métallique résistant aux

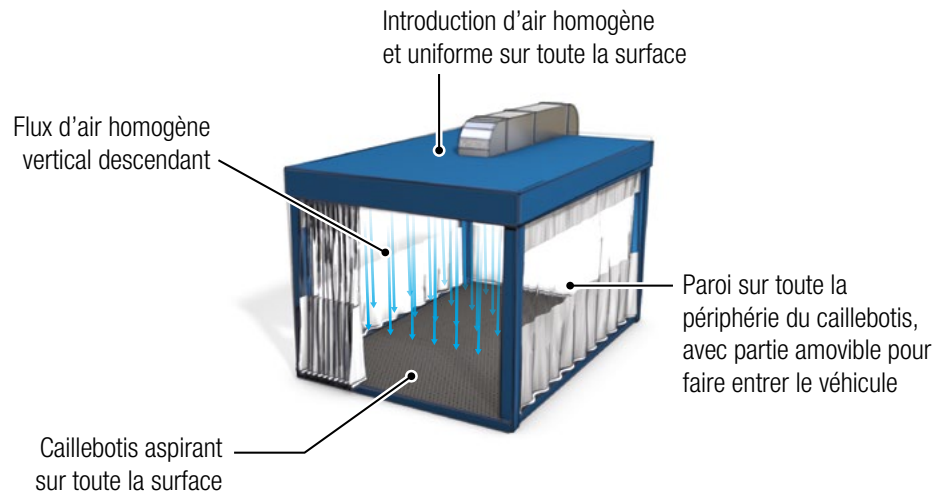


Figure n° 2. Dispositif de captage enveloppant pour le nettoyage des éléments à réparer

produits susceptibles de le souiller. Les parois encerclant le caillebotis peuvent être, par exemple, des parois dites « souples » ; une certaine rigidité est cependant nécessaire pour bloquer les courants d'air perturbateurs. À l'image d'une enceinte en panneaux rigides, les parois « souples » doivent être jointives et former une enceinte close.

L'introduction d'air doit être homogène et doit couvrir uniformément toute la surface du caillebotis (par exemple plenum soufflant, gaines tex-

tiles sous plafond...). À l'intérieur de l'enceinte ainsi formée, le flux d'air doit être homogène, vertical, unidirectionnel et dirigé vers le bas. La vitesse moyenne de ce flux d'air doit être d'au moins 0,3 m/s dans l'enceinte inoccupée avec aucun point inférieur à 0,25 m/s. La *figure n° 2* illustre ce dispositif. Les spécifications de l'équipement de mesure et le protocole de mesure des vitesses d'air pour cette enceinte sont présentés respectivement dans l'*encadré 3* et dans l'*encadré 4* (page suivante).

ENCADRÉ 3

Spécification de l'équipement de mesure des vitesses d'air

L'équipement de mesure des vitesses d'air doit posséder les caractéristiques suivantes :

- plage de mesure comprise entre 0,2 et 0,8 m/s ;
- précision $\leq 0,05$ m/s sur sa plage de mesure ;
- constante de temps ≤ 1 s (prise au minimum d'une mesure par seconde) ;
- calcul automatique de moyenne (au minimum une moyenne effectuée par minute) ou système d'enregistrement des données (pour exploitation et calcul ultérieurs de moyennes) ;
- dispositif de compensation pour les anémomètres sensibles aux variations de température (tels que les anémomètres à fil chaud) ;
- incertitude sur la mesure inférieure à 10 % sur la plage 10 °C – 40 °C à 0,3 m/s ;
- appareil directionnel, l'incertitude sur la mesure doit être inférieure à 10 % sur la plage +/- 30°.

L'équipement utilisé doit avoir été calibré dans l'année précédant la mesure. Seule la valeur corrigée, à l'aide de la courbe de calibrage, doit être retenue pour déterminer la vitesse du flux d'air.

⁴ Enceinte : volume délimité par des parois, mises en place pour aider au confinement d'une source de pollution.

Rejet de l'air extrait à l'extérieur des locaux

Pour tous les dispositifs de captage, l'air extrait sera rejeté à l'extérieur des locaux après traitement éventuel (cf. 2.3).

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie

En dépit de la ventilation forcée, le poste de nettoyage de surface reste une zone à risques. Il est donc important de mettre en œuvre des mesures complémentaires pour éviter une inflammation par décharge électrostatique :

- prévoir des vêtements de travail et des équipements de protection individuelle dissipateurs (vêtements en coton, chaussures antistatiques...);
- travailler avec des produits en contenants fermés (distributeurs de solvants, « pissettes »...) et en petites quantités...

Il pourrait également être envisagé de mettre à la terre la surface à nettoyer et les équipements.

Par ailleurs, pendant le nettoyage ou en présence de produits inflammables, toute autre activité susceptible de générer une inflammation (par exemple, utilisation de matériel électrique) doit être proscrite à ce poste de travail.

3.2. Ponçage – Égrenage

a) Risques d'exposition

Le ponçage des surfaces et l'égrenage de l'apprêt sont réalisés dans la plupart des cas à l'aide d'outils portatifs ; ils peuvent être complétés par un ponçage manuel. Ces travaux génèrent une quantité importante de poussières qui peuvent être inhalées par l'opérateur. La composition de ces poussières dépend du matériau poncé. Il s'agit ici principalement de poussières de matériaux plastiques (polystyrène, polyuréthane, polyester, polyacrylate, polyépoxyde...).

ENCADRÉ 4

Protocole de mesure des vitesses d'air dans l'enceinte ventilée de nettoyage des éléments à réparer

Conditions de mesure

Les mesures doivent être réalisées :

- dans l'enceinte vide (non occupée par un véhicule) ;
- en conditions de fonctionnement habituelles (si un dispositif de chauffage de l'air neuf existe, celui-ci doit être en fonctionnement pendant les mesures). Seule la composante verticale du flux d'air doit être retenue pour la mesure.

Points de mesure

Préalablement à la prise de mesures, un contrôle visuel de la ventilation à l'aide d'un fumigène doit être réalisé. La révélation par le fumigène d'aberrations (inversion des flux d'air, captage déficient...) rend inutile toute mesure : dans ce cas, l'enceinte n'est pas conforme aux recommandations du présent guide pratique de ventilation.

Les points de mesure se situent sur un plan horizontal, 1 mètre au-dessus du sol de l'enceinte, répartis sur toute sa surface.

Les points sont choisis comme suit :

- le plan de mesure est divisé en rectangles égaux de côtés compris entre 1,0 m et 1,5 m ;
- le centre de chaque rectangle constitue un point de mesure ;
- il doit être tenu compte des obstacles éventuels (aucune mesure ne doit avoir lieu au-dessus ou en dessous d'une table élévatrice, par exemple), si possible, les mesures se feront à distance de tout obstacle et des parois de l'enceinte, en visant idéalement une distance d'éloignement de 0,5 m.

b) Mesures de prévention

Seule l'utilisation d'outils aspirants permet un captage efficace des poussières émises par cette activité. Pour le ponçage manuel, des cales aspirantes doivent être utilisées.

Les outils aspirants (ponceuses, cales...) doivent être raccordés à un réseau haute dépression. Ce réseau permettra également d'effectuer le dépoussiérage des éléments de carrosserie et du sol par l'intermédiaire d'un embout adapté.

En outre, afin d'éviter la remise en suspension des poussières résiduelles tombées au sol en marchant dessus, il est recommandé d'effectuer ces opérations sur caillebotis à affleurement du sol. La poussière accumulée sous le caillebotis doit être aspirée régulièrement : au minimum à la fin de chaque journée de travail.

De façon pratique, le ponçage peut être réalisé au même poste que celui utilisé pour le nettoyage de la carros-

serie dans la mesure où le caillebotis aspirant est équipé d'un média filtrant permettant d'arrêter les poussières de ponçage et qu'aucune autre activité n'est réalisée simultanément dans cette enceinte (risque d'incendie et d'explosion).

c) Réalisation technique

Tous les outils portatifs doivent être raccordés à une installation d'aspiration haute dépression dédiée. *L'encadré 5* rappelle les spécificités d'une telle installation.

Outils aspirants

Tant pour les ponceuses que pour les cales aspirantes, le débit appliqué doit entraîner efficacement les poussières émises par chaque outil et assurer leur transport dans le réseau de dépoussiérage. Un débit extrait de chaque outil de l'ordre de 80 m³/h permet généralement d'atteindre cet objectif. Néanmoins, ce débit recommandé est purement théorique et ne peut garantir, à lui seul, l'efficacité de captage des

ENCADRÉ 5

Réseau d'aspiration haute dépression [13]

Le captage des poussières sur les machines portatives exige une installation d'aspiration spécifique mettant en œuvre de faibles débits avec des pertes de charge élevées.

Les poussières de matières organiques (peinture, mastic...) et de certains métaux (aluminium...) en suspension dans l'air, sont susceptibles de former des atmosphères explosibles ; il est donc impératif d'intégrer les résultats de l'évaluation des risques d'explosion et d'incendie lors de la conception de l'installation.

Le réseau d'aspiration doit être conçu de façon à faciliter le raccordement des ponceuses et embouts de nettoyage, à limiter les pertes de charge et éviter les dépôts et les bourrages. Une vitesse d'air suffisante doit être induite dans les conduits du réseau afin de transporter les poussières : au minimum 16 m/s, lorsque l'installation est exclusivement utilisée pour transporter les poussières de ponçage. Dans le cas où l'installation est utilisée à la fois pour le ponçage et pour le nettoyage des sols, la vitesse de transport doit être supérieure à 23 m/s.

La centrale d'aspiration, quant à elle, doit être installée hors des zones de travail, à l'extérieur, protégée des intempéries. Elle est dimensionnée en tenant compte :

- du nombre de ponceuses et d'outils de nettoyage en fonctionnement simultané ;
- du débit et de la perte de charge de chaque ponceuse ;
- des pertes de charge du réseau.

Le décolmatage automatique des filtres, par air comprimé à contre-courant, doit être prévu. Une attention particulière doit être portée au système de récupération des poussières : la vidange des dispositifs de récupération des poussières doit être aisée et exclure toute remise en suspension des poussières.

Suivant le débit d'air aspiré par l'installation de ventilation, une compensation d'air est à envisager, afin de ne pas engendrer de courants d'air perturbateurs dans le local de travail.

polluants. En revanche, l'expérience permet d'affirmer qu'avec ce débit et une optimisation du dispositif de captage, l'efficacité maximale peut être obtenue (voir encadré 6).

Caillebotis

Le caillebotis doit être réalisé dans un matériau résistant aux produits susceptibles de le souiller. Son nettoyage par aspiration doit être possible sans retrait des grilles.

Rejet de l'air extrait à l'extérieur des locaux

Pour tous ces dispositifs, l'air extrait sera rejeté à l'extérieur des locaux après traitement adapté (cf. 2.3).

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'explosion

L'explosivité des poussières de ponçage doit être prise en compte dans la conception et le choix de l'équipement de dépoussiérage. Le motoventilateur de la centrale d'aspiration doit se trouver en aval des filtres (côté « air propre »). La centrale d'aspiration doit être placée, de préférence, à l'extérieur des bâtiments, sous abri.

ENCADRÉ 6

Conseils pour la réduction des pertes de charges lors du captage des poussières sur outils portatifs

Par le choix des outils et des flexibles de raccordement, il est possible de minimiser les pertes de charge du réseau.

Ainsi, concernant la partie flexible du réseau, il est conseillé :

- de limiter sa longueur ;
- d'utiliser des conduits flexibles lisses à l'intérieur, avec une arrivée d'air comprimé externe au conduit ;
- de sélectionner, soit des flexibles dits « coniques » avec une augmentation du diamètre sur toute sa longueur à partir de l'outil, soit des flexibles « bi-section » avec un petit diamètre à partir de l'outil, puis un diamètre plus important jusqu'au réseau fixe.

Note

Les diamètres des flexibles sont à déterminer en fonction des débits mis en œuvre de façon à garantir le transport des particules (poussières) générées par l'outil.

• **Exemple de flexible « conique »** pour ponceuse orbitale : conduit de 5 m de longueur avec un diamètre d'entrée de 25 mm et diamètre de sortie de 30 mm ou un diamètre d'entrée de 29 mm et un diamètre de sortie de 38 mm.

• **Exemple de flexible « bi-section »** pour ponceuse orbitale : diamètre de 29 mm sur 0,5 m à partir de l'outil, puis 38 mm.

Concernant les ponceuses, il est recommandé :

- de choisir la ponceuse la moins résistive possible (par exemple avec une faible restriction de diamètre dans l'embout de raccordement de la ponceuse au réseau) ;
- d'utiliser une grille abrasive, à défaut de vérifier que l'abrasif est bien adapté au plateau (concordance des dimensions et des perforations),
- de privilégier les plateaux de ponceuse multiperforés.

3.3. Préparation des produits appliqués

a) Risques d'exposition

Généralement, mastic, apprêt, peinture et vernis nécessitent le mélange de différents composants réactifs quelques minutes avant leur application. De plus, parfois, les peintures doivent être testées avant d'être appliquées sur la carrosserie (essais de teinte). Outre les vapeurs de solvants ou de diluants réactifs volatils, l'opérateur peut être exposé aux aérosols de produits de revêtements générés lors de leur homogénéisation et de leur pulvérisation. Il existe également un risque de contact cutané direct avec ces produits lors de ces opérations largement manuelles.

Enfin, la manipulation des produits inflammables peut causer un incendie.

b) Mesures de prévention

Afin d'éviter tout déversement ou exposition accidentels lors du transport interne des produits, il est conseillé de prévoir la préparation des produits à proximité de leur lieu d'application.

La pesée et le mélange des produits (mastic, apprêt, peinture, vernis...) doivent avoir lieu à un poste muni d'un dispositif de captage à la source des vapeurs et des aérosols. Un bac de rétention des déversements accidentels (coulures, égouttures, rupture ou renversement de récipients...) doit prévenir tout épandage de produits dangereux hors de la zone de pesée et de mélange.

Les pots de teinte, avec ou sans agitateur, doivent être entreposés sur rétention, couvercles hermétiquement fermés, à proximité immédiate du poste de pesée et de mélange.

Les autres produits nécessaires au travail quotidien (verniss, solvants ou nettoyants, de préférence en bidons de volume inférieur à 5 L) doivent être placés, bouchons et couvercles hermétiquement fermés, dans une zone ventilée. En fin de journée, ces produits

doivent être de nouveau entreposés dans leur emballage d'origine fermé dans le local ou l'armoire de stockage dédiés (cf. 3.10).

Pour tous les produits stockés, même temporairement, dans le laboratoire de préparation, les mêmes règles que celles énoncées au chapitre 3.10, s'appliquent pour la séparation des produits incompatibles et la rétention des fuites éventuelles.

Les déchets de préparation (chiffons, fonds de godets...) doivent être gérés dans les conditions décrites au chapitre 3.12.

Le recours à un colorimètre permet de réduire fortement le nombre d'essais de teinte. Lorsque, malgré l'utilisation d'un colorimètre, un essai de teinte doit être conduit, les aérosols et les vapeurs émis par la pulvérisation doivent être captés au plus près de leur émission. Ceci n'est possible que si la pulvérisation a lieu dans un espace confiné et ventilé. Les essais de teinte sont donc réalisés de préférence dans la cabine de peinture (cf. 3.5), à défaut une enceinte ventilée dédiée doit être prévue pour cette opération dans le laboratoire de préparation.

En toutes circonstances, la ventilation du laboratoire de préparation doit être conçue de telle manière qu'aucun polluant ne puisse s'échapper vers l'atelier. Ce lieu doit donc bénéficier d'une ventilation permanente.

c) Réalisation technique

Afin de répondre aux exigences énoncées plus haut, deux stratégies de ventilation peuvent être envisagées :

- une conception du laboratoire de préparation avec une ventilation verticale descendante ;
- une conception du laboratoire de préparation avec une ventilation à flux horizontal.

Laboratoire de préparation à ventilation verticale descendante

Le laboratoire de préparation à ventilation verticale descendante est

conçu comme une cabine à flux vertical descendant : soufflage d'air neuf tempéré sur l'intégralité du plafond et sol aspirant sur toute sa surface. Le laboratoire doit être conçu de façon à ce que la vitesse moyenne du flux d'air dans la section ventilée soit supérieure ou égale à 0,3 m/s avec aucun point inférieur à 0,25 m/s laboratoire vide ; le contrôle périodique des vitesses d'air pourra être fait dans le laboratoire aménagé selon les mêmes critères de vitesse. *L'encadré 7* présente le protocole de mesure des vitesses d'air du laboratoire. Dans cette configuration, la ventilation du laboratoire permet de capter les vapeurs et aérosols générés au poste de pesée et de mélange. Cette solution permet de traiter l'intégralité des sources de pollution sans recours à d'autres dispositifs de captage localisés. Dans cette configuration, si des essais de teinte doivent être réalisés, ceux-ci doivent avoir lieu dans la cabine de peinture (cf. 3.5).

Laboratoire de préparation à ventilation horizontale

Dans ce laboratoire, les postes de travail ventilés doivent être disposés le long d'une même paroi pour assurer l'homogénéité des flux d'air. Un dispositif de compensation en air neuf tempéré doit se trouver sur la paroi opposée, en regard des postes de travail ventilés. Un dispositif mécanisé d'introduction d'air permet de maîtriser l'uniformité de cette compensation.

Toutes les sources de pollution, l'automate de nettoyage des pistolets, les poubelles..., doivent bénéficier de leur propre dispositif de captage.

Poste de pesée et de mélange

Ce poste consiste en une enceinte à façade ouverte, bénéficiant d'une ventilation à flux d'air horizontal entrant grâce à un dossier aspirant occupant l'intégralité de la surface arrière de l'enceinte. La vitesse du flux d'air doit être supérieure ou égale à 0,3 m/s en tout point du plan d'ouverture de l'enceinte, au point d'émission de polluant le plus éloigné du dossier.

L'encadré 7 présente le protocole de mesure des vitesses d'air d'une telle enceinte.

Lorsque le calcul des mélanges est réalisé à l'aide d'un ordinateur, un emplacement propre et séparé physi-

quement des postes de manipulation doit être réservé à ce matériel informatique.

Les postes doivent être disposés en tenant compte de ce type de matériel et permettre de visualiser l'écran et

d'utiliser l'ordinateur à partir du poste de pesée et de mélange.

Le poste de pesée et de mélange doit être assez spacieux pour contenir tous les équipements et les produits nécessaires à ces opérations : au minimum 1 m de largeur. Le plan de travail doit permettre de contenir et de récupérer tout déversement.

Enfin, le système de ventilation doit être installé de telle manière qu'il n'engendre aucun phénomène vibratoire susceptible de perturber la pesée (désolidarisation du ventilateur de la structure du laboratoire, montage du ventilateur sur plots anti-vibratiles, raccordement à l'aide de manchettes souples...).

Essais de teinte

Il est conseillé de réaliser les essais de teinte dans la cabine de peinture (cf. 3.5).

À défaut, un poste de travail muni d'un dispositif de captage enveloppant doit être prévu. Il pourra s'agir d'une enceinte à façade ouverte, bénéficiant d'une ventilation à flux d'air horizontal entrant grâce à un dossier aspirant occupant l'intégralité de la surface arrière de l'enceinte. L'enceinte doit être assez profonde pour qu'à tout moment de l'application, le pistolet, dirigé vers l'aspiration, reste à l'intérieur de l'enceinte. La vitesse moyenne du flux d'air dans son plan d'ouverture doit être d'au moins 0,5 m/s avec aucun point inférieur à 0,4 m/s. L'encadré 7 présente le protocole de mesure des vitesses d'air d'une telle enceinte.

À noter :

Lorsqu'un poste de pesée et de mélange et un poste d'essai de teinte sont présents dans le laboratoire de préparation, une attention particulière doit être portée à leur conception pour éviter les turbulences. L'exigence de vitesse d'air la plus élevée sera donc retenue et appliquée pour le poste essai de teinte et le poste de pesée et de mélange : au moins 0,5 m/s en moyenne dans le plan d'ouverture avec aucun point inférieur à 0,4 m/s.

Stockage des pots de teinte

Les pots de teinte présents dans le laboratoire de préparation doivent être

ENCADRÉ 7

Protocole de mesure des vitesses d'air dans le laboratoire de préparation

Le matériel de mesure utilisé doit répondre aux spécifications indiquées dans l'encadré 3

Laboratoire de préparation à ventilation verticale descendante

Conditions de mesure

Les mesures doivent être réalisées :

- obligatoirement dans l'enceinte vide à la réception de l'installation, le contrôle périodique des vitesses d'air pourra être fait laboratoire aménagé ;
 - en conditions de fonctionnement habituelles (si un dispositif de chauffage de l'air neuf existe, celui-ci doit être en fonctionnement pendant les mesures).
- Seule la composante verticale du flux d'air doit être retenue pour la mesure.

Points de mesure

Préalablement à la prise de mesures, un contrôle visuel de la ventilation à l'aide d'un fumigène doit être réalisé. La révélation par le fumigène d'aberrations (inversion des flux d'air, captage déficient...) rend inutile toute mesure : dans ce cas, l'enceinte n'est pas conforme aux recommandations du présent guide pratique de ventilation.

Les points de mesure se situent sur un plan horizontal, 1 mètre au-dessus du sol de l'enceinte, répartis sur toute sa surface.

Les points sont choisis comme suit :

- le plan de mesure est divisé en rectangles égaux de côtés compris entre 1,0 m et 1,5 m ;
- le centre de chaque rectangle constitue un point de mesure ;
- il doit être tenu compte des obstacles éventuels (aucune mesure ne doit avoir lieu au-dessus ou en dessous d'une table, par exemple) ; si possible, les mesures se feront à distance de tout obstacle et des parois de l'enceinte, en visant idéalement une distance d'éloignement de 0,5 m.

Enceinte de pesée et de mélange et enceinte d'essai de teinte d'un laboratoire de préparation à ventilation horizontale

Conditions de mesure

Les mesures doivent être réalisées :

- dans l'enceinte vide ;
 - en conditions de fonctionnement habituelles (si un dispositif de chauffage de l'air neuf existe dans le laboratoire, celui-ci doit être en fonctionnement pendant les mesures).
- Seule la composante horizontale du flux d'air doit être retenue pour la mesure.

Points de mesure

Préalablement à la prise de mesures, un contrôle visuel de la ventilation à l'aide d'un fumigène doit être réalisé. La révélation par le fumigène d'aberrations (inversion des flux d'air, captage déficient...) rend inutile toute mesure : dans ce cas, l'enceinte n'est pas conforme aux recommandations du présent guide.

Les points de mesure se situent sur un plan vertical à l'extrémité de l'enceinte, au point d'émission de polluant le plus éloigné du dossier aspirant. Les points de mesures sont régulièrement répartis sur le plan de mesure :

- deux points sur la hauteur de l'enceinte,
- deux points ou plus sur la largeur de l'enceinte selon les dimensions du poste.

maintenus sur rétention et fermés de façon hermétique. Les pots de teinte qui ont déjà été ouverts doivent être placés sur rétention dans une armoire ventilée. Cette armoire doit être main-

tenue en dépression ; une différence de pression de l'ordre de 20 à 30 Pa permet généralement d'éviter la libération de polluants hors de l'armoire.

Stockage des autres produits d'usage quotidien

Dans la journée, les autres produits utilisés dans le laboratoire de préparation doivent être conservés, également

Figure n° 3. Exemples de conception d'un laboratoire de préparation à ventilation horizontale

LABORATOIRE DE PRÉPARATION AVEC POSTE D'ESSAI DE TEINTE

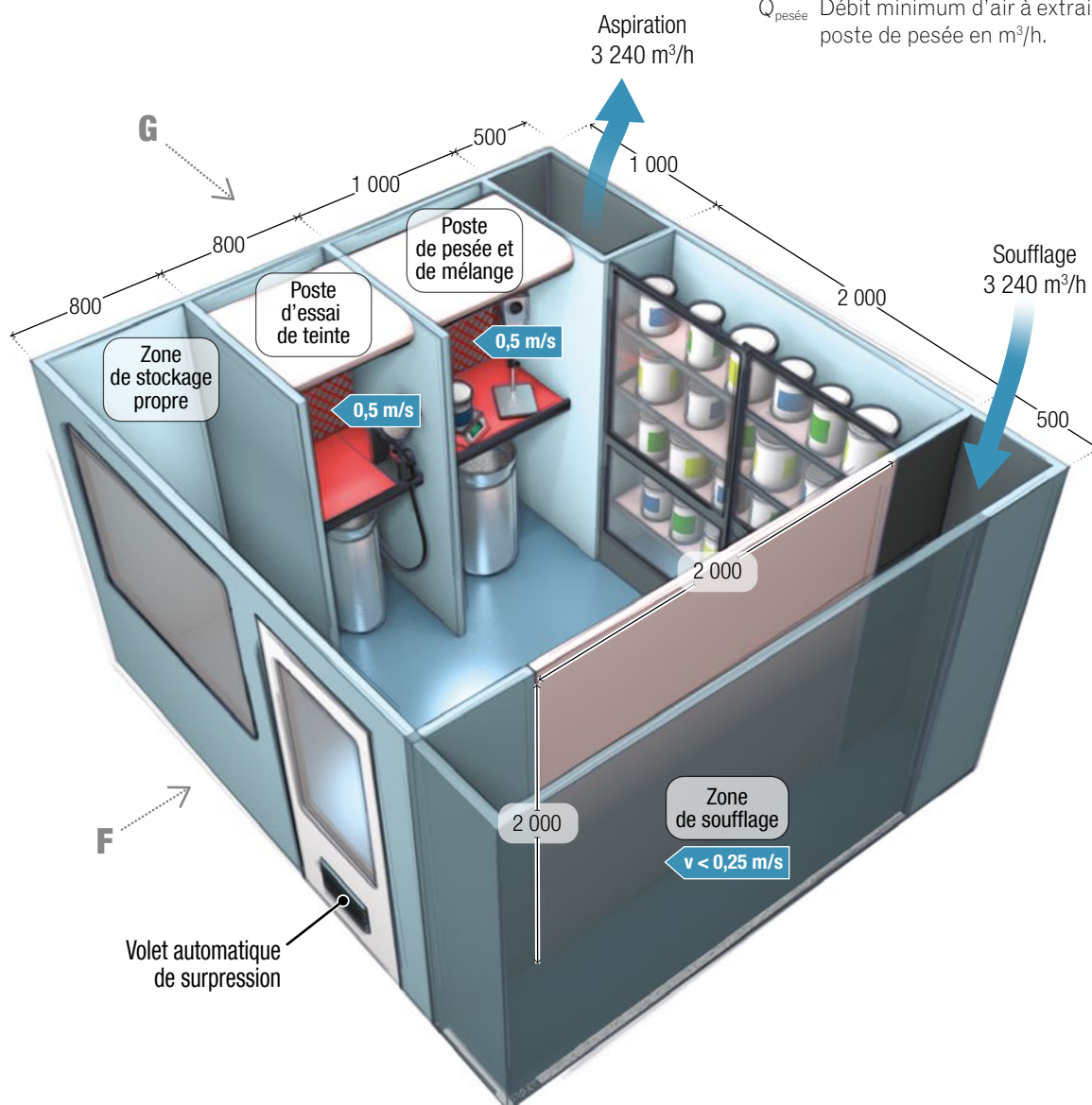
D'après les critères définis sur l'illustration ci-dessous, dans cette configuration, lorsque le laboratoire de préparation est utilisé, le débit minimum d'extraction à assurer est de 3 240 m³/h. En l'absence d'opérateur à l'intérieur du laboratoire de préparation, le débit minimum de ventilation résiduelle à assurer pour maintenir la dépression est de l'ordre de 800 m³/h, en choisissant une mise en dépression de 30 Pa.

Une compensation d'air mécanisée à basse vitesse, à l'opposé des postes ventilés, permet d'assurer l'homogénéité et l'uniformité du flux d'air. Le débit du flux d'air de compensation est réglé de façon à être sensiblement égal au débit d'air extrait du laboratoire. Une surface d'introduction de l'air de 2 m x 2 m permet d'obtenir une vitesse du flux d'air de compensation de l'ordre de 0,2 m/s, vitesse assez basse pour limiter les sensations de « courant d'air ».

Calcul du débit minimum d'extraction lorsque le laboratoire de préparation est utilisé

a) au poste de pesée

- $S_{\text{pesée}}$ Surface ventilée du poste de pesée (comprenant la surface d'extraction de l'air au niveau de la poubelle) en m².
- V Vitesse minimale requise en tout point du plan d'ouverture en m/s.
- $Q_{\text{pesée}}$ Débit minimum d'air à extraire du poste de pesée en m³/h.



sur rétention et en tenant compte des incompatibilités de stockage, dans une enceinte ventilée. À défaut leurs émanations doivent être captées à la source.

En fin de journée, les produits doivent être replacés dans l'armoire ventilée du laboratoire de préparation (voir § précédent) ou dans le local de stockage (cf. 3.10.)

La *figure n° 3* propose une représentation d'un laboratoire de préparation à ventilation horizontale.

$$S_{\text{pesée}} = \text{largeur} \times (\text{hauteur du poste de pesée} + \text{hauteur du bandeau aspirant sous plan de travail pour la poubelle}) \\ = 1 \text{ m} \times (0,8 \text{ m} + 0,2 \text{ m}) = 1 \text{ m}^2.$$

$$Q_{\text{pesée}} = V \times S_{\text{pesée}} = 0,5 \text{ m/s} \times 1 \text{ m}^2 \times 3\,600 \\ = 1\,800 \text{ m}^3/\text{h}.$$

b) au poste d'essai de teinte

S_{teinte} Surface ventilée du poste d'essai de teinte (comprenant la surface d'extraction de l'air au niveau du bac à solvant ou autre) en m^2 .

V Vitesse minimale requise en tout point du plan d'ouverture en m/s .

Q_{teinte} Débit minimum d'air à extraire du poste d'essai de teinte en m^3/h .

$S_{\text{teinte}} = \text{largeur} \times (\text{hauteur du poste d'essai de teinte} + \text{hauteur du bandeau aspirant sous plan de travail pour le bac à solvant ou autre}) = 0,8 \times (0,8 + 0,2) = 0,8 \text{ m}^2.$

$$Q_{\text{teinte}} = V \times S_{\text{teinte}} \\ = 0,5 \text{ m/s} \times 0,8 \text{ m}^2 \times 3\,600 \\ = 1\,440 \text{ m}^3/\text{h}.$$

c) Débit total Q_{total} d'air extrait du laboratoire de préparation

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{pesée}} + Q_{\text{teinte}} \\ = 1\,800 \text{ m}^3/\text{h} + 1\,440 \text{ m}^3/\text{h} \\ = 3\,240 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Calcul du débit de ventilation résiduelle en l'absence d'opérateurs

Une dépression de 30 Pa est retenue comme base de calcul.

Il est considéré que les fuites ont lieu tout autour de la porte du laboratoire : 10 mm en bas de porte et 5 mm en haut et sur les côtés de la porte.

Q_{fuite} Débit d'air à extraire en m^3/h

V_{fuite} Vitesse de l'air dans les fuites en m/s

S_{fuite} Surface de fuite en m^2

P_d Pression dynamique en Pa (égale à la dépression retenue de 30 Pa)

ρ Masse volumique de l'air humide au niveau de la mer, à pression atmosphérique normale et à 20 °C (1,2 kg/m^3)

$$Q_{\text{fuite}} = V_{\text{fuite}} \times S_{\text{fuite}}$$

Relation entre la pression dynamique et la vitesse de l'air [3] :

$$P_d = \frac{(\rho \cdot V_{\text{fuite}}^2)}{2}$$

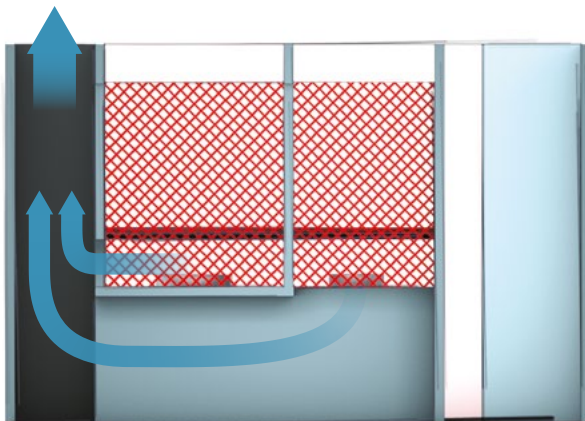
$$V_{\text{fuite}} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_d}{\rho}}$$

$$V_{\text{fuite}} = \sqrt{\frac{2 \times 30}{1,2}}$$

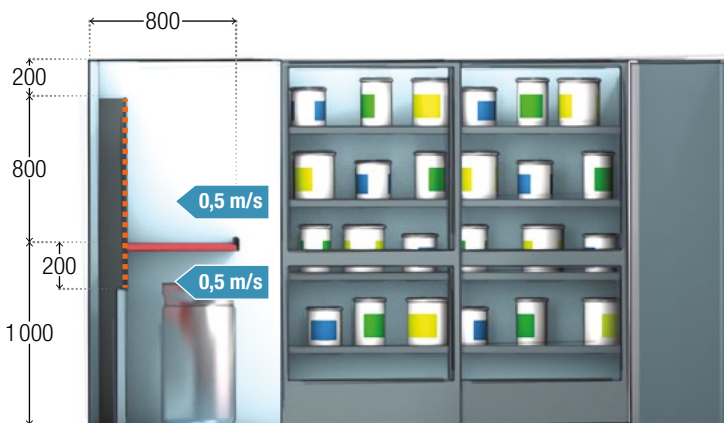
$$V_{\text{fuite}} \approx 7 \text{ m/s}$$

$$S_{\text{fuite}} = (0,01 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}) + (0,005 \text{ m} \times 2 \text{ m}) \\ + (0,005 \text{ m} \times 2 \text{ m}) + (0,005 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}) \\ = 0,032 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{fuite}} \approx 7 \text{ m/s} \times 0,032 \text{ m}^2 \times 3\,600 \\ \approx 800 \text{ m}^3/\text{h}$$



Vue suivant G de l'intérieur de plénum d'aspiration



Vue suivant F au niveau du poste d'essai de teinte

Figure n° 3 (suite). Exemples de conception d'un laboratoire de préparation à ventilation horizontale

LABORATOIRE DE PRÉPARATION SANS POSTE D'ESSAI DÉTENTE AVEC AUTOMATE DE NETTOYAGE

D'après les critères définis sur l'illustration ci-dessous avec cette configuration, trois possibilités d'utilisation du laboratoire existent :

- 1) pesée seule ;
- 2) nettoyage seul avec l'automate ;
- 3) pesée concomitante au nettoyage avec l'automate.

- **En configuration 1)** : le débit minimum d'extraction à assurer est de l'ordre de 1 300 m³/h.

- **En configuration 2)** : le débit minimum d'extraction à assurer est de l'ordre de 650 m³/h.

- **En configuration 3)** : le débit minimum d'extraction à assurer est de l'ordre de 1 950 m³/h.

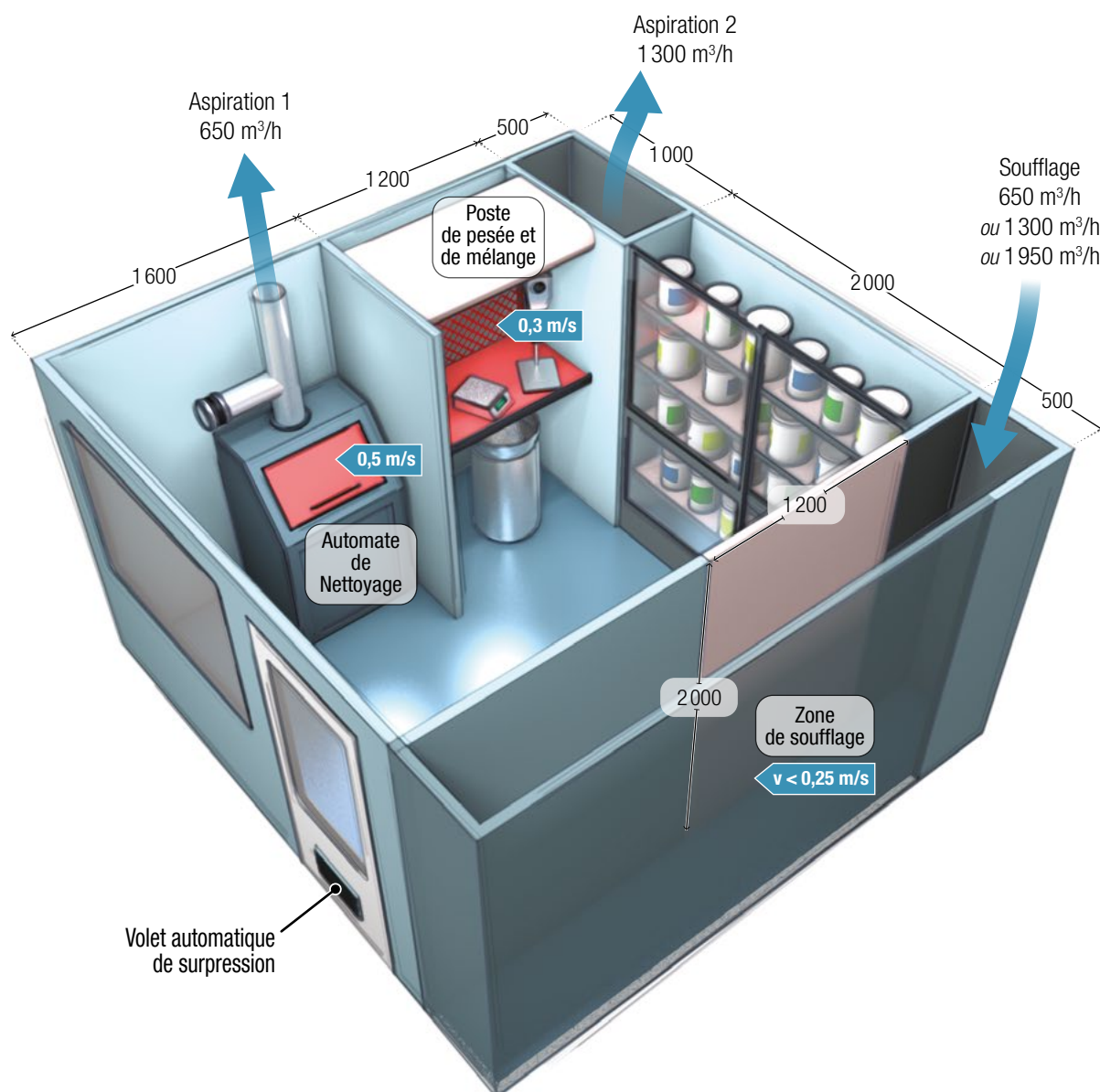
Une compensation d'air mécanisée à basse vitesse à l'opposé des postes ventilés permet d'assurer l'homogénéité et l'uniformité du flux d'air. Le débit du flux d'air de compensation est réglé de façon à être sensiblement égal au débit d'air extrait du laboratoire, quelle que soit son utilisation (compensation à débit variable). Une surface d'introduction de l'air de 2 m par 1,2 m permet d'obtenir une vitesse du flux d'air de compensation de l'ordre de 0,2 m/s, vitesse assez basse pour limiter les sensations de « courant d'air ».

En l'absence d'opérateur à l'intérieur du laboratoire de préparation et sans utilisation de l'automate de nettoyage, le

débit minimum de ventilation résiduelle à assurer est de l'ordre de 650 m³/h, lorsqu'une mise en dépression du laboratoire de 19 Pa est retenue comme base de calcul.

Le recours à un motoventilateur avec un variateur de vitesse permet d'asservir le débit d'air extrait à l'utilisation du laboratoire, par exemple :

- l'allumage de la lumière commande la ventilation du poste de pesée (réduction de la ventilation après temporisation à la coupure de la lumière) ;
- la mise en route de l'automate commande sa ventilation, indépendamment de la présence ou non d'opérateur (i.e. de l'éclairage du laboratoire).



Concernant l'automate de nettoyage, une soupape permet d'assurer le bon fonctionnement du motoventilateur au démarrage, en évitant une dépression excessive dans l'enceinte de nettoyage. Elle permet également d'ouvrir la porte de l'automate facilement. Par ailleurs, une ouverture temporisée de la porte en deux temps limiterait les perturbations et permettrait d'éviter un appel d'air pollué à l'ouverture.

Calcul du débit minimum d'extraction en configuration 1), pesée seule

- $S_{\text{pesée}}$ Surface ventilée du poste de pesée (comprenant la surface d'extraction de l'air au niveau de la poubelle, la hauteur d'extraction au niveau de la poubelle étant 0,2 m) en m^2 .
- V Vitesse minimale requise en tout point du plan d'ouverture en m/s .
- $Q_{\text{pesée}}$ Débit minimum d'air à extraire du poste de pesée en m^3/h .

$$S_{\text{pesée}} = \text{largeur} \times (\text{hauteur du poste de pesée} + \text{hauteur du bandeau aspirant sous plan de travail pour la poubelle}) = 1,2 \text{ m} \times (0,8 \text{ m} + 0,2 \text{ m}) = 1,2 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{pesée}} = V \times S_{\text{pesée}} = 0,3 \text{ m/s} \times 1,2 \text{ m}^2 \times 3600 = 1296 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcul du débit minimum d'extraction en configuration 2), nettoyage seul avec l'automate

- S_{automate} Surface d'ouverture de l'automate (ouverture de 0,8 m de large sur 0,4 m de haut) en m^2 .
- V Vitesse minimale requise en tout point du plan d'ouverture en m/s .
- Q_{automate} Débit minimum d'air à extraire de l'automate en m^3/h .
- $S_{\text{automate}} = \text{largeur} \times \text{hauteur de la porte de l'automate} = 0,8 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} = 0,32 \text{ m}^2$
- $Q_{\text{automate}} = V \times S_{\text{automate}} = 0,5 \text{ m/s} \times 0,32 \text{ m}^2 \times 3600 = 576 \text{ m}^3/\text{h}$

Calcul du débit minimum d'extraction en configuration 3), pesée concomitante au nettoyage avec l'automate

Q_{total} Débit total d'air extrait du laboratoire de préparation

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{pesée}} + Q_{\text{automate}} = 1296 \text{ m}^3/\text{h} + 576 \text{ m}^3/\text{h} = 1872 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcul du débit de ventilation résiduelle en l'absence d'opérateurs

Une dépression de l'ordre de 20 Pa est retenue comme base de calcul. Comme dans l'exemple précédent, il est considéré que les fuites ont lieu tout autour de la porte du laboratoire : 10 mm en bas de porte et 5 mm en haut et sur les côtés de la porte.

Q_{fuite} Débit d'air à extraire en m^3/h

V_{fuite} Vitesse de l'air dans les fuites en m/s

S_{fuite} Surface de fuite en m^2

P_d Pression dynamique en Pa

ρ Masse volumique de l'air humide au niveau de la mer, à pression atmosphérique normale et à 20 °C (1,2 kg/m^3)

$$Q_{\text{fuite}} = V_{\text{fuite}} \times S_{\text{fuite}}$$

Relation entre la pression dynamique et la vitesse de l'air [3] :

$$P_d = \frac{\rho \cdot V_{\text{fuite}}^2}{2}$$

$$V_{\text{fuite}} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_d}{\rho}} \quad V_{\text{fuite}} = \sqrt{\frac{2 \times 20}{1,2}}$$

$$V_{\text{fuite}} \approx 5,8 \text{ m/s}$$

$$S_{\text{fuite}} = (0,01 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}) + (0,005 \text{ m} \times 2 \text{ m}) + (0,005 \text{ m} \times 2 \text{ m}) + (0,005 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}) = 0,032 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{fuite}} \approx 5,8 \text{ m/s} \times 0,032 \text{ m}^2 \times 3600 \approx 668 \text{ m}^3/\text{h}$$

À la vue de ces résultats, de façon pratique et en fonction des caractéristiques des motoventilateurs, les débits minimum suivants peuvent être retenus pour le réglage de l'installation de ventilation :

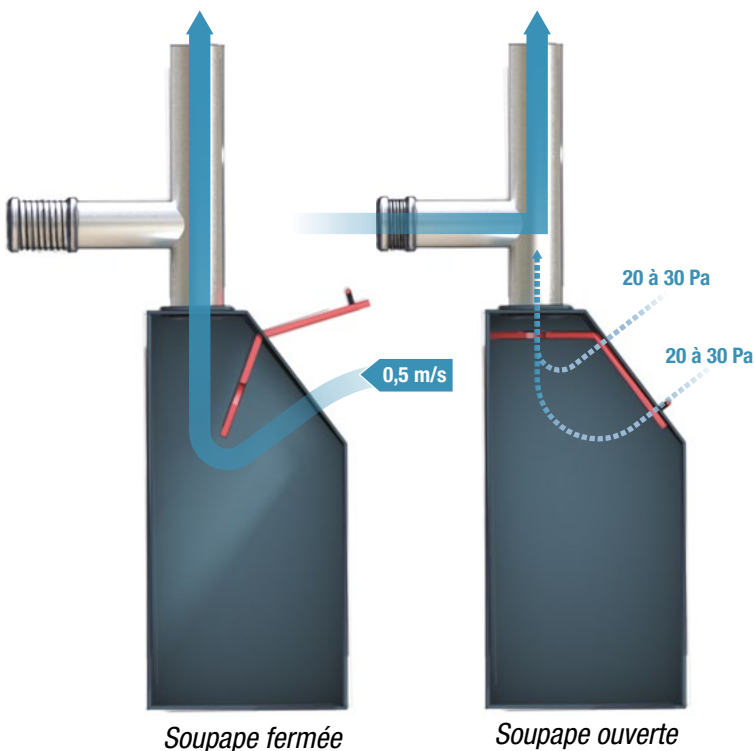
$$Q_{\text{réglage pesée}} = 1300 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{réglage automate}} = 650 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{réglage pesée + automate}} = 1950 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{réglage hors utilisation}} = Q_{\text{fuite}} = 650 \text{ m}^3/\text{h}$$

(soit une dépression de 19,1 Pa, ce qui reste acceptable)



Ventilation résiduelle en l'absence d'opérateurs

Lorsqu'aucun opérateur n'est présent dans le laboratoire, une diminution de la vitesse de ventilation peut être tolérée en conservant une légère dépression du laboratoire par rapport aux locaux adjacents. Une différence de pression de l'ordre de 20 à 30 Pa pourra être retenue comme base de calcul, l'essentiel étant que le laboratoire de préparation soit en permanence en dépression dans toutes les sections communiquant avec l'extérieur. Le débit résiduel⁵ de ventilation doit être au minimum de l'ordre de 500 m³/h.

La variation de débit peut être réalisée, selon les équipements présents dans le laboratoire, grâce à un motoventilateur bi-vitesse ou à un variateur de vitesse permettant d'asservir le débit d'air extrait à l'utilisation du laboratoire (par exemple, à l'éclairage). Une autre solution consiste à mettre en œuvre deux motoventilateurs : par exemple, un en fonctionnement permanent et le second en fonctionnement avec l'éclairage. Dans tous les cas, la ventilation ne peut être réduite qu'après temporisation à la coupure de la lumière. L'allumage de l'éclairage du laboratoire annule immédiatement la diminution de ventilation tolérée en l'absence d'opérateurs.

Rejet de l'air extrait à l'extérieur des locaux

Pour tous les dispositifs de captage, l'air extrait sera rejeté à l'extérieur des locaux après traitement éventuel (cf. 2.3).

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie et d'explosion

En dépit de la ventilation forcée, le poste de préparation des produits

5. Valeur calculée à partir de la méthode exposée dans la brochure INRS ED 6058 « Evaluation de la vitesse d'évaporation et de la concentration d'un composé organique volatil dans l'atmosphère d'un local de travail. Aide-mémoire technique », pour le déversement d'acétate d'éthyle sur une surface d'étalement de 4 m², afin que la concentration en solvant soit inférieure au dixième de la limite inférieure d'explosivité.

reste une zone à risques. La manipulation des produits sous dispositif de captage à la source et la surveillance permanente du fonctionnement de l'installation de ventilation sont essentielles à la prévention des risques d'incendie et d'explosion et toutes les sources possibles d'inflammation doivent être supprimées des zones à risques. La prévention d'une inflammation par décharge électrostatique passe, entre autres, par :

- une mise à la terre des équipements ;
- des vêtements de travail et des équipements de protection individuelle dissipateurs (vêtements en coton, chaussures antistatiques...).

Il pourrait également être envisagé de prévoir des revêtements de sol dissipateurs (sol métallique, résine chargée en matériaux conducteurs...).

L'utilisation d'équipements électriques dans le laboratoire de préparation ne doit pas exposer à un risque d'explosion. La ventilation du laboratoire doit être conçue de telle sorte qu'à aucun moment des vapeurs de produits combustibles ne puissent s'accumuler au niveau de ces équipements et être enflammées par une décharge électrique ou électrostatique (abaissement de la concentration de vapeurs inflammables à la plus faible valeur possible, cf. 2.4.), à défaut ces équipements doivent être protégés contre le risque d'explosion [6].

Si l'air du laboratoire de préparation doit être réchauffé, ce conditionnement doit être assuré par le dispositif de compensation d'air. Il est déconseillé d'avoir recours à un appareil de chauffage d'appoint. Si toutefois un tel appareil est utilisé, il doit être compatible avec une atmosphère à risque d'explosion et conçu en matériaux résistants aux produits utilisés dans le laboratoire.

Lorsque des prises électriques pour le branchement des appareils (agitateur, colorimètre...) sont prévues à l'intérieur du laboratoire de préparation, ces prises doivent être compatibles avec

une atmosphère à risque d'explosion et conçues en matériaux résistants aux produits utilisés dans le laboratoire.

Une attention particulière doit être également portée :

- à la compatibilité des produits, pour éviter les échauffements involontaires de matières (veiller à éliminer les bases et les durcisseurs dans des récipients fermés distincts) ;
- et au rangement du laboratoire (éliminer régulièrement les contenants usagés, vider les poubelles au moins une fois par jour, en fin de journée de travail...).

3.4. Application de mastic

a) Risques d'exposition

Lors de son application et jusqu'à son séchage complet, le mastic libère des vapeurs de solvant ou de diluant réactif qui peuvent être inhalées par les opérateurs. Par ailleurs, le mastic étant appliqué manuellement il existe un risque accru de contact cutané.

Enfin, le mastic, qui est un mélange de matières combustibles, voire comburantes, peut constituer un foyer d'incendie.

b) Mesures de prévention

Comme lors du nettoyage des surfaces à réparer, lors de l'application du mastic et jusqu'à son séchage complet, il est nécessaire de capter les vapeurs de solvants au plus près du point d'application des produits.

Ceci est réalisé grâce à un dispositif identique à celui décrit pour le nettoyage des surfaces à réparer.

c) Réalisation technique

Se référer au chapitre 3.1.

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie

Les mêmes mesures qu'au poste de nettoyage s'appliquent ici (cf. 3.1d).

3.5. Application d'apprêt, de peinture et de vernis

a) Risques d'exposition

L'application de produits liquides par pulvérisation expose à un risque important d'inhalation d'aérosols et de contact cutané direct.

Par ailleurs, tant que les produits de revêtement appliqués n'ont pas été séchés, ils dégagent dans l'atmosphère des substances volatiles (solvants, monomères...) qui peuvent être inhalées par les opérateurs et peuvent exposer à des risques d'incendie et d'explosion.

b) Mesures de prévention

Les aérosols et les vapeurs doivent être captés au plus près de leur source d'émission. En pratique, ceci n'est possible que par l'utilisation d'une cabine d'application par pulvérisation. Cette cabine est munie d'un caillebotis aspirant et d'un plafond soufflant de l'air neuf sur toute sa surface.

c) Réalisation technique

Se référer au paragraphe concernant les cabines à ventilation verticale du guide INRS « Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides » [7].

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie

La prévention du risque d'incendie passe avant tout par le respect des préconisations d'utilisation, de conception, de contrôle et d'entretien des cabines de peinture exposées dans le guide « Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides » [7].

3.6. Séchage des produits

a) Risques d'exposition

Lors du séchage des produits appliqués (mastic, apprêt, peinture, vernis...), une quantité importante de substances volatiles est dégagée dans

l'atmosphère et peut être inhalée par le personnel présent. Par ailleurs, lorsqu'il s'agit de substances volatiles inflammables, elles peuvent générer une atmosphère explosible.

b) Mesures de prévention

Afin de prévenir l'inhalation de substances dangereuses et les risques d'incendie et d'explosion, le séchage des produits appliqués doit avoir lieu dans une enceinte ventilée.

c) Réalisation technique

Enceinte pour le séchage de mastic

Le séchage doit avoir lieu dans une enceinte ventilée, par exemple celle utilisée pour l'application décrite au chapitre 3.1.

Enceinte pour le séchage de l'apprêt, de la peinture et du vernis

Les caractéristiques d'une telle enceinte sont décrites au chapitre correspondant du guide « Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides » [7].

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie

La prévention du risque d'incendie passe avant tout par le respect des préconisations d'utilisation, de conception, de contrôle et d'entretien des cabines de peinture exposées dans le guide « Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides » [7].

3.7. Réparation des éléments par apport de matière thermoplastique

a) Risques d'exposition

Le chauffage au pistolet thermique des baguettes d'apport en divers plastiques (polypropylène, polyamide, polycarbonate, copolymère acrylonitrile-butadiène-styrène ou ABS, polytéréphtalate de butylène ou PBT,

polyéthylène haute densité) peut exposer l'opérateur à des produits de dégradation, voire des fumées de combustion en cas d'erreur de manipulation.

b) Mesures de prévention

Le captage des gaz et éventuelles fumées de combustion doit s'effectuer au plus près de leur source d'émission. Ceci est réalisé grâce à un dispositif identique à celui décrit pour le nettoyage des éléments à réparer.

c) Réalisation technique

Se référer au chapitre 3.1

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie

Le pistolet thermique constitue une source d'inflammation. Cette activité ne doit donc pas être réalisée en présence de produits inflammables.

3.8. Découpe à la disqueuse et meulage

a) Risques d'exposition

Lors de la découpe ou du meulage d'éléments de carrosserie, généralement en acier, des particules de composition diverse (métal, polymères, pigments organiques et inorganiques...) sont émises et peuvent être inhalées.

Par ailleurs, la projection de particules incandescentes expose à un risque de blessures et de brûlures.

b) Mesures de prévention

Pour éviter le contact avec des projections incandescentes et l'inhalation de poussières, ces particules doivent être captées au plus près de leur source d'émission. Seule l'utilisation d'outils munis de carters aspirants, lorsque techniquement possible, permet un captage efficace de ces particules. Ce dispositif doit alors être raccordé à un réseau haute dépression dédié pour la

collecte de ces particules. Ce réseau peut également être conçu pour le nettoyage par aspiration des particules issues de la découpe et du meulage déposées sur les éléments de carrosserie ou tombées au sol, par l'intermédiaire d'un embout adapté.

Afin d'éviter la remise en suspension des poussières tombées au sol, il est recommandé d'effectuer ces opérations sur un caillebotis dédié affleurant au sol. La poussière accumulée sous le caillebotis doit être aspirée régulièrement : au minimum à la fin de chaque journée de travail.

c) Réalisation technique

L'aspiration pour ces outils portatifs est générée par une centrale haute dépression dédiée. L'*encadré 5* rappelle les spécificités d'une telle installation.

Outils aspirants

La conception du carter aspirant doit tenir compte du sens de projection des particules. Le débit appliqué doit entraîner efficacement les particules émises par l'outil et assurer leur transport dans le réseau de dépoussiérage. Un débit extrait de l'ordre de 100 m³/h par outil permet généralement d'atteindre cet objectif. Néanmoins, ce débit recommandé est purement théorique et ne peut garantir, à lui seul, l'efficacité de captage des polluants. En revanche, l'expérience permet d'affirmer qu'avec ce débit et une optimisation du dispositif de captage, l'efficacité maximale peut être obtenue.

Caillebotis

Le nettoyage du caillebotis par aspiration doit être possible sans retrait des grilles.

Rejet de l'air extrait à l'extérieur des locaux

L'air extrait par les dispositifs de captage sera rejeté à l'extérieur des locaux après traitement adapté (cf. 2.3).

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie et d'explosion

Les outils de découpe projettent à grande vitesse des particules métalliques incandescentes qui constituent autant de sources d'inflammation. Le réseau d'aspiration doit donc être dédié à cette activité, réalisé en matériaux incombustibles et équipé d'un piège à étincelles.

Par ailleurs, la découpe doit avoir lieu sur un caillebotis en matériau incombustible, dans une zone séparée du reste de l'atelier, grâce à des parois en matériaux incombustibles.

De même, les éléments découpés sont fortement échauffés par ces opérations et constituent également des sources d'inflammation. Les matériaux combustibles (papiers, chiffons, plastiques, graisse, produits de revêtement, solvants de nettoyage...) doivent donc être exclus de la zone de découpe.

Enfin, des moyens d'extinction doivent se trouver à proximité de la zone de découpe dans un endroit facilement accessible.

3.9. Soudage

Les risques d'exposition aux fumées de soudage, la démarche et les mesures techniques de prévention sont détaillés dans le guide INRS « Opérations de soudage à l'arc et de coupage » [8].

3.10. Stockage des produits

a) Risques d'exposition

L'entreposage des produits chimiques utilisés en carrosserie (nettoyants, mastics, peintures, vernis...) représente une source d'exposition chimique possible par inhalation et contact direct avec la peau. Ce risque d'exposition est amplifié lorsque les

contenants des produits ont déjà été ouverts.

b) Mesures de prévention

Les produits utilisés en carrosserie contiennent le plus souvent des substances volatiles, il est par conséquent nécessaire de les conserver dans un local dédié et ventilé en permanence. La ventilation doit permettre de confiner les éventuelles émanations, d'éviter la formation d'une atmosphère explosible en cas de déversement d'un produit inflammable et de maintenir la concentration atmosphérique en polluants au niveau le plus faible possible.

Par ailleurs, afin de limiter les conséquences d'un déversement accidentel (rupture d'un récipient, récipient souillé après l'utilisation du produit...), tous les contenants doivent être placés sur un bac de rétention. Les produits incompatibles entre eux doivent bénéficier de bacs de rétention séparés et ne pas se trouver superposés les uns aux autres.

Enfin, le choix des aménagements du local doit faire l'objet d'une attention particulière : étagères stables, en matériau incombustible, résistantes à une charge suffisante pour supporter le poids des produits et résistantes chimiquement.

À noter

L'espace de stockage des produits chimiques n'est en général pas conçu pour les opérations de transvasement. Tout transvasement de produit chimique doit avoir lieu dans une enceinte ventilée, telle que celle décrite pour le poste de pesée et de mélange des produits (cf. 3.3).

c) Réalisation technique

L'installation de ventilation doit maintenir le local de stockage en dépression par rapport aux locaux adjacents. Une différence de pression de l'ordre de 20 à 30 Pa pourra être retenue comme base de calcul, l'essentiel étant que le local soit en permanence en dépression dans toutes les sections communiquant avec l'extérieur. Le débit de ventilation est à détermi-

ner en fonction des produits stockés, il doit être au minimum⁶ de l'ordre de 500 m³/h.

L'extraction et l'introduction d'air de compensation doivent être placées de façon à assurer le balayage intégral du volume du local, en évitant la formation de « zones mortes », et évacuer le plus rapidement possible les polluants.

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie

L'accumulation de produits inflammables (solvants, peintures...) expose à un risque d'incendie. En dépit de la ventilation forcée, le local de stockage reste une zone à risques. Toutes les sources possibles d'inflammation doivent être supprimées de ce local. La prévention d'une inflammation passe, entre autres, par :

- une mise à la terre des rayonnages ;
- un éclairage adapté ;
- un chauffage adapté, si nécessaire (voir 3.3d) ;
- l'absence d'interrupteurs et de prises électriques à l'intérieur du local...

Un revêtement de sol dissipateur de charges électrostatiques (sol métallique, résine chargée en matériaux conducteurs...) peut également être envisagé.

Une attention particulière doit être également portée :

- à la compatibilité des produits, pour éviter les échauffements involontaires de matières (rangements et bacs de rétention séparés...);
- au rangement (local exclusivement dédié au stockage de produits, zone du local réservée aux contenants usagés...);

6. Valeur calculée à partir de la méthode exposée dans la brochure INRS ED 6058 « Evaluation de la vitesse d'évaporation et de la concentration d'un composé organique volatil dans l'atmosphère d'un local de travail. Aide-mémoire technique », pour le déversement d'acétate de n-butyle sur une surface d'étalement de 4 m², afin que la concentration en solvant soit inférieure à la valeur limite d'exposition professionnelle sur 15 minutes.

– à la propreté du local (nettoyage des égoutures et des bacs de rétention).

3.11. Nettoyage des outils

a) Risques d'exposition

Le nettoyage des outils d'application (pistolets, spatules...) peut exposer le personnel aux résidus des produits appliqués ainsi qu'aux produits de nettoyage mis en œuvre. Les voies d'exposition possibles sont principalement la voie cutanée, par contact direct des produits avec la peau, et la voie respiratoire, par inhalation des vapeurs de produits volatils ou des aérosols générés pendant le nettoyage, par exemple lors du brossage des outils ou de la projection de produits de nettoyage sur ces outils.

Enfin, suivant l'inflammabilité des produits de nettoyage employés, ces opérations peuvent exposer à un risque d'incendie.

b) Mesures de prévention

La prévention d'une exposition par inhalation repose sur le confinement de ces opérations et le captage des vapeurs et des aérosols au plus près de leur source d'émission.

Le recours à des automates de nettoyage fermés et ventilés permet de limiter la manipulation des outils souillés et des produits de nettoyage et de capter les vapeurs et aérosols émis, à condition qu'ils assurent l'intégralité des étapes du nettoyage (séchage des outils compris), sans nécessiter de manipulation des outils entre les phases de nettoyage et de séchage. Si un nettoyage ou un séchage manuels des outils s'avèrent nécessaires, ils doivent avoir lieu dans une enceinte ventilée.

c) Réalisation technique

Critères techniques à prendre en compte pour le choix d'un automate de nettoyage

Il est recommandé de porter son choix sur un automate dont l'enceinte

de nettoyage est fermée et ventilée, dont le système d'interverrouillage interdit l'ouverture en cours de cycle de nettoyage. Lors de ce cycle, une ventilation permanente doit permettre d'assurer une dépression de l'ordre de 20 à 30 Pa dans l'enceinte de nettoyage.

À l'issue du cycle de nettoyage, une temporisation permettra de prolonger le fonctionnement du motoventilateur pour continuer d'assainir l'intérieur de l'enceinte. Afin de capter toute vapeur ou aérosol émanant de l'automate à l'ouverture de la porte, la vitesse moyenne du flux d'air entrant dans le plan d'ouverture de l'enceinte doit être supérieure ou égale à 0,5 m/s avec aucun point inférieur à 0,4 m/s, tant que la porte est ouverte.

Poste de nettoyage et de séchage manuels

Le poste de nettoyage et de séchage manuels doit être conçu comme une cabine ouverte ventilée à ventilation horizontale, dont le plan d'ouverture est réduit au maximum, afin de limiter les risques de projection. La vitesse moyenne du flux d'air entrant dans le plan d'ouverture doit être d'au moins 0,5 m/s avec aucun point inférieur à 0,4 m/s. Le collecteur des effluents liquides de nettoyage doit être maintenu fermé ; à défaut il doit être muni d'un dispositif de captage enveloppant fonctionnant en permanence.

Ces opérations peuvent avoir lieu dans le laboratoire de préparation sur un poste ventilé respectant les critères de vitesse d'air mentionnés : vitesse moyenne du flux d'air entrant dans le plan d'ouverture d'au moins 0,5 m/s avec aucun point inférieur à 0,4 m/s.

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie

Aucun point de l'automate ou du poste de nettoyage manuel ne doit constituer une source potentielle d'inflammation.

Afin de limiter les quantités de produits inflammables présents à ce poste de travail, il est recommandé de privilégier les collecteurs d'effluents

de faible volume (par exemple, cinq litres au maximum).

3.12. Élimination des déchets

a) Risques d'exposition

Tous les postes de travail précédemment cités peuvent générer des déchets :

- chiffons d'essuyage et consommables souillés (godets, spatules à usage unique...);
- poussières de ponçage ;
- restes de produits (nettoyants, mastics, apprêts, peintures, vernis...);
- effluents de nettoyage (issus du nettoyage manuel ou automatique des pistolets).

Ces déchets sont susceptibles de libérer des vapeurs ou des poussières qui peuvent être inhalées par le personnel présent dans les locaux de travail.

b) Mesures de prévention

Lorsque les poubelles ne sont pas placées dans une enceinte ventilée, elles doivent être de préférence munies d'un dispositif spécifique de ventilation. Toutes les poubelles doivent être vidées régulièrement, au minimum une fois par jour en fin de journée de travail.

Les poussières résiduelles de ponçage sont aspirées régulièrement et au minimum à la fin de chaque journée de travail, grâce à l'embout de nettoyage relié au réseau haute dépression (voir 3.2). Ces poussières sont collectées par un dispositif de récupération, situé en dehors des locaux de travail. Le système de vidange des récupérateurs de poussières doit être conçu de façon à éviter toute remise en suspension des poussières : récupération des déchets dans un réceptacle fermé muni d'un sac ou un fût à usage unique, évacué sans transvasement, par exemple.

Les restes de produits chimiques sont, de préférence, à garder dans leur

emballage d'origine fermé. Ce dernier est en effet adapté à leur conservation et à leur transport. Les effluents de nettoyage sont conservés dans des conteneurs de stockage et de transport fermés, recommandés par le fournisseur des produits nettoyants. Les déchets liquides ou pâteux ainsi conditionnés doivent être stockés dans un local ventilé en permanence jusqu'à leur enlèvement par une entreprise spécialisée dans le traitement des déchets chimiques dangereux.

c) Réalisation technique

Poubelle ventilée

L'intégralité de la poubelle ventilée est fabriquée dans un matériau résistant aux produits chimiques utilisés dans l'atelier, tel que l'acier inoxydable.

Le système d'extraction des polluants est placé sur la partie supérieure de la poubelle, afin de capter les vapeurs émises par les déchets, l'air extrait est rejeté à l'extérieur du bâtiment après traitement éventuel. La vi-

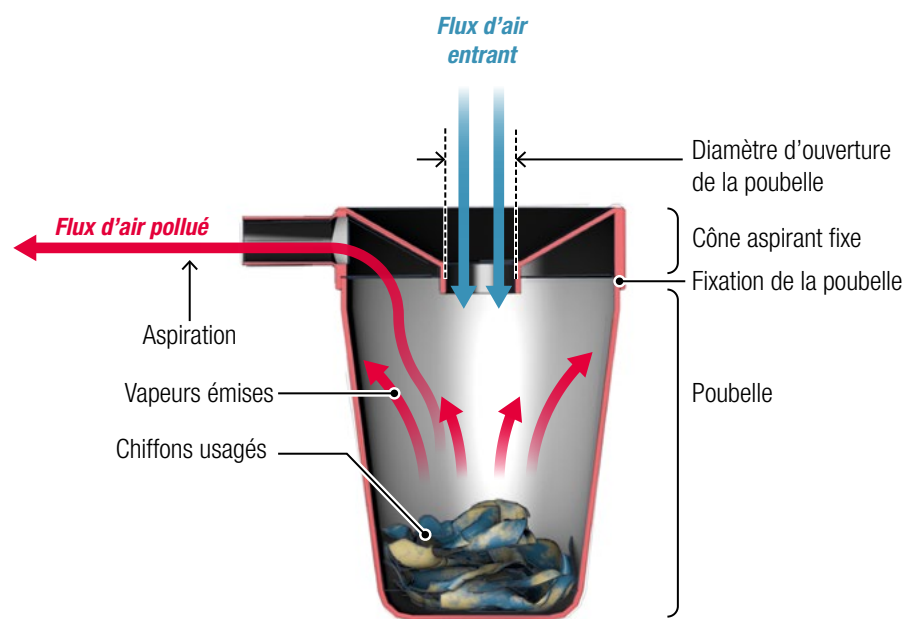
tesse du flux d'air doit être supérieure ou égale à 0,3 m/s en tout point du plan d'ouverture de la poubelle. La *figure n° 4* illustre un tel dispositif.

Équipement de nettoyage par aspiration

Pour l'aspiration des poussières de ponçage, un embout de nettoyage est raccordé au réseau haute dépression en lieu et place des ponceuses. Des prises d'aspiration supplémentaires peuvent être prévues sur ce même réseau afin d'assurer le nettoyage du reste de l'atelier.

Stockage des déchets chimiques liquides et pâteux

Les déchets chimiques liquides et pâteux (restes de peintures, vernis, solvants...) doivent être stockés dans les mêmes conditions que les produits chimiques jusqu'à leur enlèvement. Une zone du local de stockage des produits neufs, par exemple, peut être réservée au stockage de ces déchets.



Dimensionnement :

- diamètre d'ouverture = 300 mm, soit surface d'ouverture $\approx 0,07 \text{ m}^2$,
- vitesse d'air dans le plan d'ouverture = 0,3 m/s,
- ➔ débit d'aspiration = 76 m³/h.

Figure n° 4. Exemple de poubelle ventilée avec anneau aspirant

d) Mesures complémentaires de prévention du risque d'incendie

Les déchets constituent des foyers d'inflammation qui peuvent être à l'origine d'un incendie. Par exemple, un fort échauffement peut se produire lorsqu'une base (mastic, vernis...) et son durcisseur se retrouvent en contact.

Par ailleurs, l'accumulation de vapeurs inflammables ou la mise en suspension de poussières combustibles peuvent générer une atmosphère explosible.

Le lieu de stockage des déchets est donc particulièrement sensible à l'égard des risques d'incendie et d'explosion.

Ainsi, en plus de la ventilation forcée, des mesures spécifiques s'imposent :

- poubelles fabriquées dans un matériau difficilement combustible et, au minimum, dissipateur pour prévenir une décharge électrostatique ;
- séparation physique des déchets incompatibles ;
- vidage des poubelles, dès qu'elles sont pleines et, au minimum en fin de journée de travail...

À noter

Un emballage qui a été vidé contient toujours une petite quantité résiduelle de produit. Lorsque le produit contenu est inflammable, une atmosphère explosible peut se former à l'intérieur de cet emballage à partir des résidus. Les mesures de prévention contre le risque d'explosion doivent donc être appliquées lors de la manipulation de ces emballages, réputés « vides » [1].

Exemples de conceptions et de réalisations

Exemple 1	Réalisation d'enceintes de préparation de surface.	28
Exemple 2	Réalisation d'enceintes de préparation de surface et d'un laboratoire de préparation de peinture.	30
Exemple 3	Réaménagement d'un laboratoire de préparation avec poste de pesée et de mélange ventilé.	32
Exemple 4	Réalisation d'une poubelle ventilée dans un laboratoire de préparation.	33
Exemple 5	Mise en place d'un réseau haute dépression pour outils aspirants.	34

Exemple 1

Réalisation d'enceintes de préparation de surface

Contexte

Cette concession automobile dispose d'un atelier de carrosserie initialement dépourvu d'équipements dédiés à la préparation des véhicules avant peinture : nettoyage, ponçage et masticage. De nouveaux aménagements ont été envisagés permettant d'offrir de meilleures conditions de travail.

Solution retenue

L'entreprise a choisi d'investir dans une solution intégrée permettant d'effectuer l'ensemble des tâches au même endroit. Une zone de préparation constituée de trois emplacements séparés a été prévue (*photos 1 et 2*).

L'équipement rassemble les caractéristiques suivantes :

- plénum soufflant,
- caillebotis aspirant,

- compensation d'air avec chauffage en période froide,
- réseau haute dépression pour connecter les outils aspirants (ponceuses orbitales, cales),
- rejet extérieur de l'air filtré (zones de préparation et réseau d'aspiration haute dépression),
- rideaux de séparation à commande électrique,
- élévateurs ciseaux encastrés,
- panneau mobile de séchage infrarouge.

Cette solution intègre des plénums soufflants au-dessus de chaque zone de préparation assurant une compensation tempérée de l'air extrait par le caillebotis. Ce dispositif, allié aux rideaux frontaux et latéraux, favorise un écoulement de l'air homogène sur l'ensemble de la zone de travail.

Les trois zones de préparation sont ventilées simultanément : le débit disponible de 32 000 m³/h est réparti de manière égale entre les trois zones.

Pour les tâches le nécessitant (voir préconisations du présent guide), ce débit peut être canalisé sur une seule zone au choix.

Pour le raccordement des outils aspirants, notamment des ponceuses, chacune des zones bénéficie de deux prises de connexion au réseau haute dépression et à l'air comprimé. Les ponceuses orbitales fournies possèdent un plateau multiperforé et l'entreprise utilise des disques à grille abrasive (*photos 3 et 4*).

Résultats

Les vitesses d'air mesurées (selon le protocole de mesure décrit à l'encadré 4 du guide), lorsque le débit est réparti sur l'ensemble de l'installation, sont de 0,17 m/s en moyenne (permettant uniquement le ponçage simultané de trois véhicules à l'aide d'outils aspirants). Pour chaque zone, utilisée

© Yann Deglicourt / Carsat Rhône-Alpes 2015



Photo 1. Vue d'ensemble des trois zones de préparation.

© Yann Deglicourt / Carsat Rhône-Alpes 2016



Photo 2. Vue d'une zone transformée en enceinte de préparation.

isolément, les vitesses mesurées sont au-delà de l'objectif avec une vitesse moyenne à 0,43 m/s. Néanmoins, les mesures aérauliques, confirmées par les tests au fumigène, ont montré un manque d'homogénéité du flux d'air descendant, ainsi que des perturbations aux passages entre les rideaux en raison de la dépression générée par la ventilation (*tableau 1*).

Commentaires

Lors de la réception de l'installation, un certain nombre de remarques ont été rapportées à l'installateur :

- une alarme sonore et visuelle en cas de dysfonctionnement de l'installation de ventilation devrait être présente ;
- la répartition du flux d'air et la gestion de la dépression sont à optimiser ;
- les caillebotis auraient dû couvrir une plus grande surface de chaque

zone de travail, afin de réduire les perturbations aérauliques et d'assurer un flux d'air vertical descendant le plus homogène et unidirectionnel possible.

Ces points (hormis la modification du caillebotis) ont été corrigés par l'installateur et de nouvelles mesures aérauliques ont montré une meilleure homogénéité des flux d'air (*tableau 2*).

TABLEAU 1

Répartition des vitesses d'air (en m/s) dans une des enceintes de préparation utilisée isolément, avant modification			
← Vers le fond de l'enceinte		Vers l'entrée de l'enceinte →	
0,49	0,41	0,62	0,21
0,68	0,58	0,59	0,26
0,51	0,29	0,26	0,31
Vitesse moyenne dans l'enceinte : 0,43			

TABLEAU 2

Répartition des vitesses d'air (en m/s) dans une des enceintes de préparation utilisée isolément, après modification			
← Vers le fond de l'enceinte		Vers l'entrée de l'enceinte →	
0,32	0,39	0,29	0,57
0,55	0,31	0,69	0,52
0,50	0,35	0,44	0,41
Vitesse moyenne dans l'enceinte : 0,44			

© Yann Deglicourt /Carsat Rhône-Alpes 2017

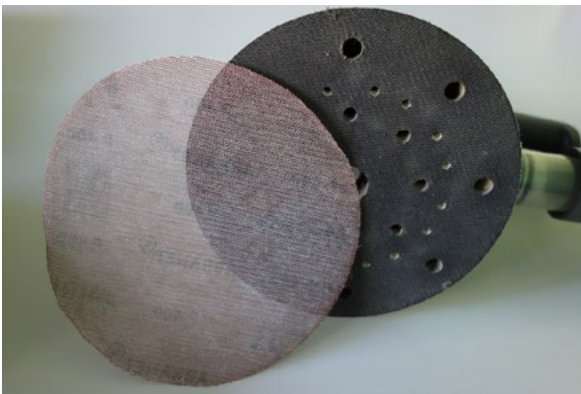


Photo 3. Ponceuse orbitale à plateau multiperforé avec disque en grille abrasive

© Claude Mialon /Carsat Auvergne 2009

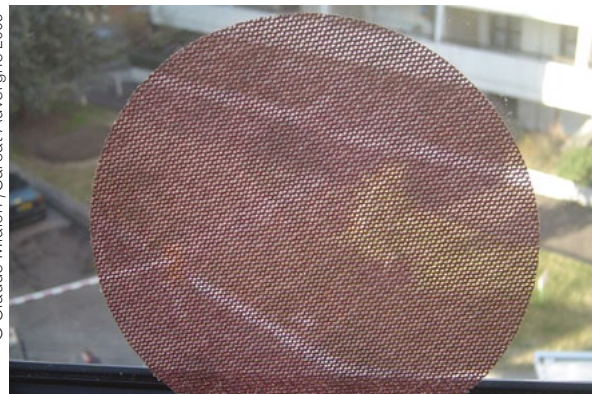


Photo 4. Grille abrasive

© Yann Deglicourt /Carsat Rhône-Alpes 2016



Photo 5. Cale aspirante

Exemple 2

Réalisation d'enceintes de préparation de surface et d'un laboratoire de préparation de peinture

Contexte

Pour sa nouvelle implantation, le chef d'entreprise de cette carrosserie a cherché à intégrer les mesures de prévention des risques chimiques associés à son activité dès la conception du bâtiment.

La zone de préparation de surface et le laboratoire de préparation de peinture ont été conçus en tenant compte des pratiques du carrossier. En particulier, la zone de préparation devait permettre le nettoyage (utilisation de solvants), le ponçage et le masticage ; le laboratoire devait également permettre le stockage des peintures, vernis et diluants utilisés quotidiennement. Aucun essai de teinte (test sur plaque) ne devait y être réalisé. Sur

ces deux zones devaient également se trouver des poubelles recueillant les déchets produits dans la journée (chiffons souillés, consommables usagés).

Solution retenue

Les trois enceintes de préparation de surface tout comme le laboratoire ont été conçus telles des cabines à ventilation verticale descendante, avec plénum soufflant de l'air neuf tempéré sur l'intégralité du plafond et caillbotis aspirant sur toute la surface du sol, l'air extrait étant rejeté à l'extérieur du bâtiment.

Caractéristiques des enceintes de préparation de surfaces

Les enceintes sont fermées sur leurs côtés par des rideaux souples. Elles sont munies d'un élévateur-ciseau encastré. Des connexions à un réseau haute dépression sont disponibles pour le raccordement des outils aspirants.

Caractéristiques du laboratoire de préparation de peinture

Le système de ventilation fonctionne selon deux modes, enclenchés par l'interrupteur d'éclairage :

- présence d'opérateur (caractéristiques aérauliques d'une cabine d'application par pulvérisation de produits liquides [7]) ;

© Polo Garat pour l'INRS 2011



Photo 1. Enceintes de préparation de surface

© Polo Garat pour l'INRS 2011

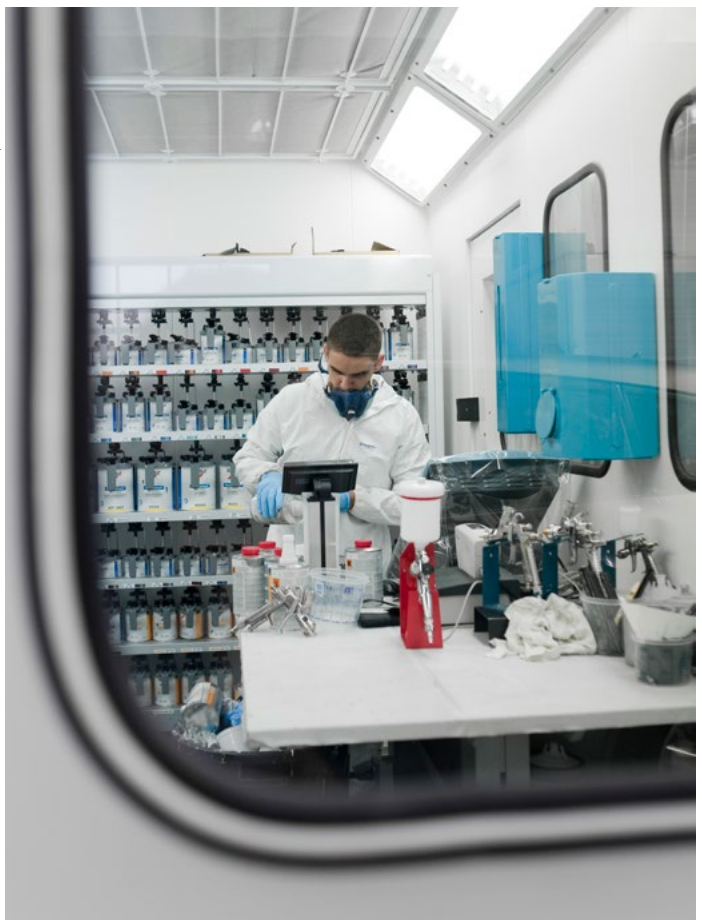


Photo 2. Laboratoire de préparation de peinture

– absence d'opérateur (vitesse réduite).

Les teintes sont rangées sur une étagère en fond de laboratoire. La pesée a lieu sur une table de préparation. Le nettoyage des outils est réalisé à l'extérieur du laboratoire de préparation dans un automate de nettoyage ventilé.

Résultats

La vitesse moyenne du flux d'air dans les enceintes de préparation de surface est supérieure à 0,4 m/s avec aucun point inférieur à 0,3 m/s (*tableau 1*), mesures effectuées selon le protocole de mesure décrit dans l'encadré n° 4 du présent guide).

Dans le laboratoire de préparation de peinture, les mesures de vitesse ont été réalisées en différents points répartis sur l'ensemble de la zone d'aspiration du laboratoire selon le protocole de mesure d'une cabine de peinture à ventilation verticale [7]. Les relevés de vitesses (*tableaux 2 et 3*) dans les deux modes de fonctionnement et la visualisation au fumigène montrent une bonne efficacité du dispositif de ventilation du laboratoire de préparation.

Commentaires

Au niveau des enceintes de préparation de surface, la vitesse des flux d'air verticaux descendants permet d'entraîner l'ensemble des vapeurs et

des poussières résiduelles non captées par les outils aspirants.

Dans le laboratoire de préparation de peinture, une simulation aérodynamique a montré que les vapeurs émises lors de la pesée sont aspirées efficacement malgré « l'écran » que constitue la table. Par ailleurs, le débit d'air extrait en l'absence d'opérateur est supérieur à 2 500 m³/h.

TABLEAU 1

Répartition des vitesses d'air (en m/s) dans les enceintes de préparation n° 2 et n° 3 (enceinte n° 1 non mesurée)				
← Vers le fond de l'enceinte			Vers l'entrée de l'enceinte →	
0,50	0,50	0,60	0,45	0,60
0,35	0,50	0,40	0,60	0,35
Vitesse moyenne dans l'enceinte n° 2 : 0,47				
← Vers le fond de l'enceinte			Vers l'entrée de l'enceinte →	
0,55	0,45	0,55	0,40	0,40
0,65	0,65	0,65	0,50	0,45
Vitesse moyenne dans l'enceinte n° 3 (avec table élévatrice) : 0,53				

TABLEAU 2

Répartition des vitesses d'air (en m/s) dans le laboratoire de préparation en mode « présence d'opérateur »		
← Vers le fond de l'enceinte	Vers l'entrée de l'enceinte →	
0,30	0,30	0,32
0,34	0,31	0,30
Vitesse moyenne dans le laboratoire : 0,31		

TABLEAU 3

Répartition des vitesses d'air (en m/s) dans le laboratoire de préparation en mode « absence d'opérateur »		
← Vers le fond de l'enceinte	Vers l'entrée de l'enceinte →	
0,10	0,10	0,15
0,15	0,15	0,10
Vitesse moyenne dans le laboratoire : 0,12		

Exemple 3

Réaménagement d'un laboratoire de préparation avec poste de pesée et de mélange ventilé

Contexte

L'évaluation des risques chimiques dans cette concession automobile disposant d'un atelier de carrosserie a mis en avant la nécessité d'améliorer le laboratoire de préparation des peintures. En effet, celui-ci était constitué d'un box équipé d'une simple VMC : aucun captage à la source des composés émis par les mélanges de peinture n'était possible. Une recherche d'aménagement a donc été engagée avec l'étude de différentes solutions techniques.

Solution retenue

Le choix s'est porté sur une solution d'aménagement réalisée sur mesure et adaptée au local existant.

Le cahier des charges de l'entreprise prévoyait notamment les éléments suivants :

- asservissement de la ventilation à l'éclairage du laboratoire,
- création d'une entrée d'air de compensation à l'opposé du dispositif aspirant,

- temporisation permettant le fonctionnement de la ventilation après la sortie de l'opérateur pendant une durée permettant d'assurer au minimum le renouvellement d'un volume d'air.

Un fournisseur a proposé un ensemble comprenant :

- un dossier aspirant de 45 cm de haut au-dessus d'une table d'un mètre de large,
- un second dossier de 45 cm de haut au-dessus d'une table de 45 cm de large,
- un dossier positionné plus bas et dédié à la poubelle,
- une rétention sur le plan de travail principal pour les opérations de mélange,
- une capacité d'aspiration de 1 400 m³/h pour l'ensemble de l'installation avec un objectif minimal de vitesse d'air de 0,3 m/s,
- une table pour le matériel informatique,
- une grille d'entrée d'air de compensation en partie basse de la porte.

Dans la solution finalement retenue, la temporisation a été remplacée par une vitesse basse lorsque la lumière est éteinte. Ceci assure le renouvellement permanent de l'air du laboratoire et sa mise en dépression par rapport au reste de l'atelier.

Résultats

Au niveau du plan de travail, les vitesses d'air mesurées en phase d'utilisation (lumière allumée) sont de l'ordre de 0,25 m/s en moyenne aux points d'émission des polluants. Les tests au fumigène montrent une bonne orientation du flux d'air. Au niveau de la poubelle, le constat est le même avec cependant des vitesses inférieures à 0,20 m/s ce qui rend ce captage très sensible aux courants d'air.

La mise en dépression par rapport à l'extérieur est assurée dans les deux régimes de ventilation.

Commentaires

Le concept de cette installation de ventilation permet d'apporter une solution aux besoins identifiés au niveau du laboratoire de préparation des peintures. L'espace de travail est suffisant pour effectuer aisément les opérations de pesée et de mélange. La source de pollution permanente que représente la poubelle a été considérée et traitée. D'après l'entreprise, le bruit généré par cette nouvelle installation n'impacte pas le confort de travail de l'atelier.

Cependant, il semble que le dimensionnement du ventilateur n'ait pas suffisamment pris en compte les pertes de charge générées par l'installation ce qui induit des vitesses d'air en retrait par rapport aux objectifs. Un confinement plus important des zones d'aspiration (avec l'ajout d'écrans latéraux et supérieurs) permettrait d'améliorer le captage des polluants.



© Yann Deglicourt/Carsat Rhône-Alpes 2017

Photo 1. Poste de pesée et de mélange, incluant le captage des polluants émanant de la poubelle

Exemple 4

Réalisation d'une poubelle ventilée dans un laboratoire de préparation

Contexte

Le laboratoire de préparation des peintures d'un atelier de carrosserie bénéficiait uniquement d'un poste de préparation avec dossier aspirant. La présence de déchets solvantés créait une pollution du laboratoire, accrue par le fait que la ventilation mécanique cessait en l'absence d'opérateur.

Solution retenue

Une armoire de stockage de sécurité incendie ventilée [1], pour les produits d'usage quotidien, ainsi qu'une poubelle ventilée ont été mises en place. Les dispositifs de captage fonctionnent en permanence, même en l'absence d'opérateur.

Un débit de 60 m³/h permet la mise en dépression de l'armoire de stockage.

La poubelle a été réalisée par l'atelier de carrosserie. Elle consiste en un caisson percé sur le dessus et muni d'un dispositif d'aspiration dans sa partie supérieure. Un sac poubelle est fixé de manière étanche sur ce dispositif (*figure 1 et photo 1*). Un débit de 110 m³/h permet la mise en dépression de la poubelle, après réduction de son diamètre d'ouverture.

Ces deux captages sont raccordés à un réseau spécifique fonctionnant en permanence.

Résultats

Les tests au fumigène ont montré l'efficacité de ces deux dispositifs de captage.

Le rangement systématique des produits dans l'armoire ventilée et l'élimination des déchets dans la poubelle ventilée ont permis d'éliminer les deux sources de pollution résiduelle.

Commentaires

Le fonctionnement permanent de ces deux captages contribue à la mise en dépression du laboratoire de préparation.

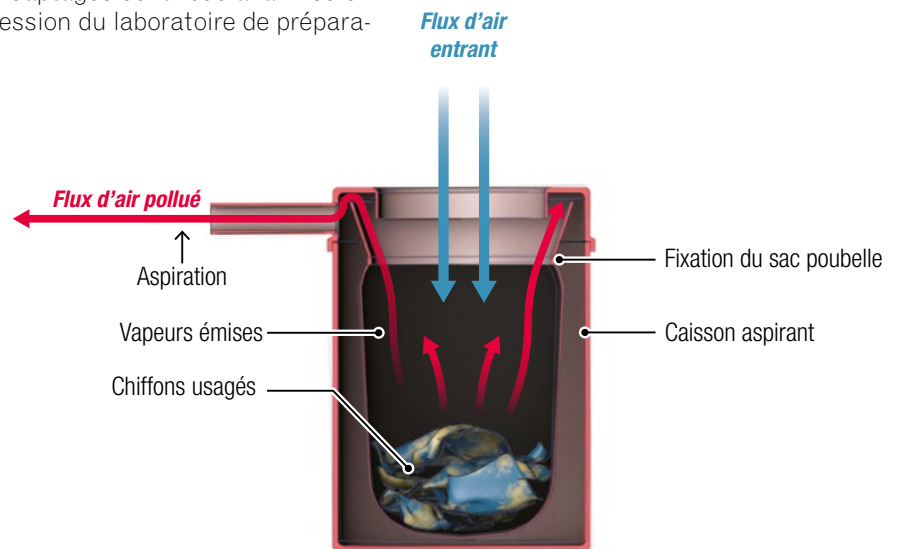


Figure 1. Principe de fonctionnement de la poubelle ventilée



Photo 1. Poubelle ventilée après réduction de son diamètre d'ouverture.

Exemple 5

Mise en place d'un réseau haute dépression pour outils aspirants

© Samuel Morin / Carsat Bretagne 2017



© Samuel Morin / Carsat Bretagne 2017



Photo 1 et 2. Vues du réseau

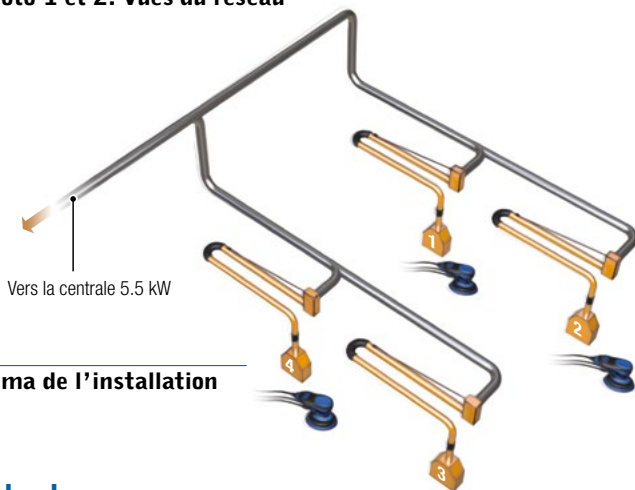


Schéma de l'installation

Contexte

Afin de réduire l'exposition des carrossiers aux poussières générées lors des opérations de ponçage, l'entreprise a décidé de mettre en place un réseau d'aspiration sur lequel sont raccordés des outils aspirants.

Solution retenue

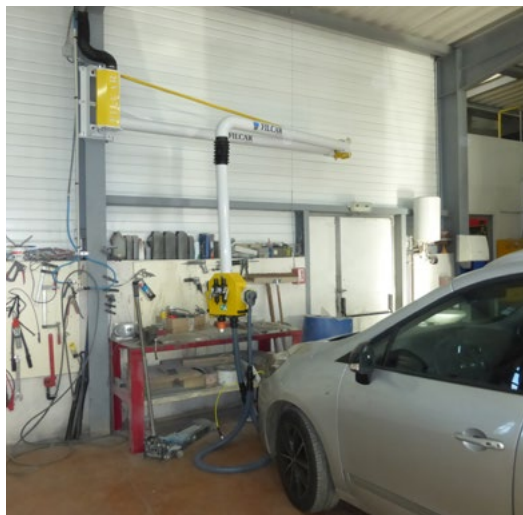
Il s'agit d'un réseau haute dépression équipé d'un ventilateur d'une puissance de 5,5 kW. Il comporte 2 branches qui desservent 4 boîtiers multi-énergies. Ces boîtiers disposent de 2 connexions pour le raccordement d'outils aspirants.

Ce réseau a été conçu pour l'utilisation simultanée de 3 ponceuses aspirantes, chacune sur 1 boîtier distinct. L'objectif est d'assurer un débit de 80 m³/h sur chaque ponceuse.

© Samuel Morin / Carsat Bretagne 2017



Photo 3. Boîtier multi-énergies



© Samuel Morin / Carsat Bretagne 2017

Photo 4. Raccordement du boîtier sur le réseau



© Samuel Morin / Carsat Bretagne 2017

Photo 5. Ponceuse aspirante avec conduit bi-section

Le raccordement des ponceuses aux boîtiers est effectué via un conduit souple bi-section d'une longueur de 3,7 m, construit comme suit : 0,7 m en diamètre intérieur 29 mm et 3 m en diamètre intérieur de 38 mm.

Les salariés utilisent plusieurs types de ponceuses : a, b et c. Après filtration, l'air extrait est rejeté à l'extérieur du bâtiment.

Résultats

Des mesures ont été réalisées avec 3 ponceuses connectées simultanément, une sur chacun des boîtiers multi-énergies n^{os} 1, 2 et 4, (voir tableau 1).

L'installation a également été contrôlée en raccordant une ponceuse à

chaque boîtier, soit 4 ponceuses en simultané, (voir tableau 2).

Commentaires

La conception du réseau permet d'obtenir des débits de 80 m³/h sur chaque équipement avec trois ponceuses raccordées en simultané.

Les résultats obtenus avec quatre ponceuses utilisées en simultané sont également satisfaisants.

Les mesures ont par contre montré que selon le type de ponceuse utilisé les débits pouvaient être fortement réduits.

La ponceuse de marque c ne permet pas d'obtenir des débits suffisants.

Avec la ponceuse de marque b, les débits sont jugés satisfaisants mais

restent inférieurs aux débits relevés sur les ponceuses de marque a.

Il a donc été recommandé de ne plus utiliser la ponceuse de marque c et de remplacer à terme la ponceuse de marque b par une ponceuse moins résistive telle que celle de la marque a.

Il est également à noter que ces résultats dépendent aussi de la longueur et du diamètre du conduit de raccordement utilisé entre la ponceuse et le boîtier multi-énergies. Un changement de ces conduits (longueur plus importante, réduction des diamètres...) aurait un impact sur les débits mis en œuvre.

TABLEAU 1

Résultat des mesures de contrôle des caractéristiques de l'aspiration au niveau des boîtiers 1,2 et 4, avec 3 ponceuses aspirantes connectées simultanément.					
Boîtier	Ponceuse étudiée	Perte de charge outil + flexible (Pa)	Débit (m ³ /h)	Ponceuses connectées (dans l'ordre boîtier 1, boîtier 2, boîtier 4)	Résultat
1	Marque c	8 600	70	c + b + a	Non satisfaisant
	En remplaçant marque c par marque a	6 600	102	a + b + a	Satisfaisant
2	Marque b	7 100	85	a + b + a	Satisfaisant
4	Marque a	6 500	98	a + b + a	Satisfaisant

TABLEAU 2

Résultat des mesures de contrôle des caractéristiques de l'aspiration au niveau des boîtiers 1,2, 3 et 4 avec 4 ponceuses aspirantes connectées simultanément.					
Boîtier	Ponceuse étudiée	Perte de charge outil + flexible (Pa)	Débit (m ³ /h)	Ponceuses connectées (dans l'ordre boîtier 1, boîtier 2, boîtier 4)	Résultat
1	Marque c	5 800	59	c + b + a + a	Non satisfaisant
	En remplaçant marque c par marque a	5 100	92	a + b + a + a	Satisfaisant
2	Marque b	5 300	74 (avec a sur 1)	a + b + a + a	Acceptable
3	Marque a	5 000	86 (avec a sur 1)	a + b + a + a	Satisfaisant
4	Marque a	4 700	83 (avec a sur 1)	a + b + a + a	Satisfaisant

Annexe

Dangers pour la santé des agents chimiques utilisés ou émis dans les ateliers de carrosserie

Solvants organiques [15]

Outre les risques d'irritation de la peau et des muqueuses liés à leurs propriétés dégraissantes, les solvants organiques provoquent des atteintes neurologiques plus ou moins marquées suivant la substance et l'importance de l'exposition (essentiellement par inhalation). Ainsi, plus la substance est volatile, plus le risque d'atteinte neurologique est important. Une exposition à de fortes concentrations de vapeurs peut entraîner maux de tête, somnolence et vertiges, associés ou non à des nausées. Lorsque que l'exposition est répétée, des troubles mentaux organiques peuvent apparaître, ils se traduisent par une détérioration intellectuelle, des troubles de l'humeur, de la personnalité et du comportement. Par ailleurs, plusieurs solvants possèdent une toxicité dite spécifique, qui peut être à l'origine de maladies graves. Parmi ces solvants à toxicité spécifique figurent le n-hexane, pouvant porter atteinte aux nerfs périphériques, les solvants halogénés, tels que le dichlorométhane, qui une fois dans l'organisme est notamment dégradé en monoxyde de carbone, le toluène, susceptible d'altérer l'audition, certains éthers de glycols, pouvant provoquer des atteintes hématologiques (sur les cellules du sang) ou encore sur la fertilité masculine ou le développement fœtal...

Tensioactifs [16]

De par leurs propriétés détergentes, les tensioactifs utilisés dans les produits de carrosserie dégraissent la peau et les muqueuses. L'effet global sur la santé des formulations contenant des tensioactifs est variable et dépend des autres ingrédients présents dans les produits.

Bases [17, 18]

La toxicité de ces produits (hydroxyde de sodium, hydroxyde de potassium, par exemple) découle de leurs propriétés corrosives. En cas de contact direct avec la peau ou les muqueuses oculaires, ils entraînent des brûlures plus ou moins sévères dont la gravité augmente avec la concentration, la durée de l'exposition et le retard à la décontamination. Si ces produits sont pulvérisés, l'inhalation des aérosols entraîne une irritation intense des voies respiratoires, des muqueuses oculaires et digestives. Un œdème pulmonaire est possible en cas d'exposition prolongée à des produits contenant des bases fortes concentrées.

Biocides [19]

Ces substances sont souvent irritantes, nombre d'entre elles peuvent provoquer des réactions allergiques cutanées ou respiratoires. Parmi les biocides rencontrés, ceux de la fa-

mille des isothiazolinones sont particulièrement allergisants.

Styrène [20]

Le styrène est irritant pour la peau et les muqueuses. L'exposition au styrène peut provoquer une atteinte du système nerveux central (ébréité, altération de la vision, de l'audition...). Des effets cancérigènes sont suspectés.

Peroxydes organiques [21]

Les peroxydes organiques sont des oxydants puissants. Ils sont irritants, voire parfois caustiques, pour la peau et les muqueuses. Certains peuvent être à l'origine de réactions allergiques cutanées.

Acrylates [19]

Les préparations contenant des acrylates ou des méthacrylates sont irritantes pour la peau et les muqueuses et peuvent provoquer des réactions allergiques.

Résines époxydes [22]

Plus les résines époxydes sont de bas poids moléculaire, plus elles sont irritantes. Elles sont aussi susceptibles de provoquer des réactions allergiques cutanées (eczémas) ou respiratoires (rhinites, asthme).

Amines aliphatiques [19]

Tout comme les résines époxydes, les amines de bas poids moléculaire sont particulièrement irritantes, voire corrosives. La plupart peut également être à l'origine de réactions allergiques.

Isocyanates [19, 23 à 26]

Les isocyanates (4,4'-diisocyanate de diphenylméthane, diisocyanate de tolylène, diisocyanate d'hexaméthylène...) sont de puissants allergènes cutanés et respiratoires. Les monomères possèdent de plus une toxicité générale notable. Certains monomères sont classés en tant que cancérigènes suspectés dans l'Union européenne.

Polymères [27]

Les résines totalement polymérisées possèdent généralement une toxicité très faible. La présence de monomères qui n'ont pas polymérisé ou d'additifs peut cependant influencer sur les propriétés toxicologiques des polymères. Par ailleurs, s'ils sont exposés à des températures supérieures à leur domaine de stabilité, les polymères peuvent subir une dégradation thermique. De nombreux produits de dégradation thermique des polymères sont dangereux pour la santé.

Pigments et charges

Les pigments les plus employés dans les peintures pour véhicules légers sont les noirs de carbones [28], le dioxyde de titane [29], les oxydes de fer et les pigments organiques. Des pigments métalliques ou nacrés peuvent également être utilisés (poudre d'aluminium, mica...). Le sulfate de baryum [30], le carbonate de calcium, le talc, le kaolin, les gels de silices sont des charges courantes. Les pigments et les charges aux effets les plus préoccupants pour la santé (composés de métaux lourds, dérivés de certaines amines aromatiques...) ont été largement substitués. Le dioxyde de titane fait l'objet d'une attention croissante. En effet, des études sur les animaux ont mis en évidence une cancérogénicité des particules de dioxyde de titane par inhalation à forte dose. Les effets cancérigènes pulmonaires observés chez l'animal n'ont pas été confirmés par les études épidémiologiques publiées à ce jour. Celles-ci présentent toutefois des limites et nécessiteraient des données complémentaires [29].

Poussières de ponçage de mastic ou de peinture [31]

Le ponçage est effectué sur des produits qui ont été polymérisés (« secs »). Ainsi, le risque toxicologique associé aux poussières de ponçage est surtout lié à la taille des par-

ticules. En particulier, les particules dont la taille est inférieure à 10 µm peuvent pénétrer au-delà du larynx ou dans les voies aériennes non ciliées. Les poussières pénétrant au niveau des alvéoles pulmonaires peuvent s'y accumuler, créant ainsi une surcharge pulmonaire à l'origine de différentes maladies.

Par ailleurs, les poudres, de par leur forme physique, peuvent provoquer une irritation de la peau et des muqueuses (démangeaisons, maux de gorge, yeux « qui piquent »...).

Particules métalliques

Le contact avec des particules métalliques incandescentes peut provoquer des blessures et des brûlures. En cas d'inhalation répétée de particules métalliques fines (diamètre inférieur à 5 µm), des pathologies de surcharge des poumons ou des intoxications générales sont par ailleurs théoriquement possibles [32].

Fumées de soudage [33]

Les fumées de soudage, composées d'un mélange de gaz et de poussières, peuvent, selon leur composition, leur concentration et la durée d'exposition, présenter des effets locaux (atteinte des poumons...) et généraux (fièvre des métaux...), à plus ou moins long terme et être à l'origine de pathologies professionnelles ; des effets cancérigènes sont possibles.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Les mélanges explosifs. Gaz et vapeurs, INRS, ED 911.
- [2] Les mélanges explosifs. Poussières combustibles, INRS, ED 944.
- [3] Principes généraux de ventilation. INRS, coll. Guide pratique de ventilation, ED 695.
- [4] Circulaire du 9 mai 1985, relative au commentaire technique des décrets n° 84-1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984.
- [5] Incendie et lieu de travail. Prévention et lutte contre le feu, INRS, ED 990.
- [6] « ATEX 2014/34/EU GUIDELINES » – Guide to application of the directive 2014/34/EU of the European Parliament and of the Council of 26 february 2014 on the harmonisation of the law of the Member States relating to equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres, 3rd edition, may 2020.
- [7] Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides. INRS, coll. Guide pratique de ventilation. ED 839.
- [8] Opérations de soudage à l'arc et de coupage. INRS, coll. Guide pratique de ventilation. ED 668.
- [9] Cadiergues R. – MEMOCLIM 2006-1. Le mémento du génie climatique (tome 1). Sedit éditeur, 2006.
- [10] Cadiergues R. – MEMOCLIM 2006-2. Le mémento du génie climatique (tome 2), Sedit éditeur, 2006.
- [11] Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (Atex). Guide méthodologique. INRS, ED 945.
- [12] Directive 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (refonte).
- [13] Installations d'aspiration de poussières pour des machines à bois portatives et pour le nettoyage. INRS, coll. Aide-Mémoire Technique, ED 6052.
- [14] NF EN 14470-1 – Armoires de stockage de sécurité incendie. Partie 1 : armoires de stockage de sécurité pour liquides inflammables.
- [15] Les solvants organiques. INRS, coll. Fiche solvants, ED 4220.
- [16] Crépy M.-N. – Dermatoses professionnelles aux détergents. *Documents pour le médecin du travail*. Fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle TA 72.
- [17] Hydroxyde de sodium et solutions aqueuses. INRS, fiche toxicologique n° 20.
- [18] Hydroxyde de potassium et solutions aqueuses. INRS, fiche toxicologique n° 35.
- [19] Crépy M.-N. – Dermatoses professionnelles chez les peintres. *Documents pour le médecin du travail*, fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle, TA 79.
- [20] Styrène. INRS, fiche toxicologique n° 2.
- [21] Les peroxydes et leur utilisation. INRS, Note documentaire ND 2162.
- [22] Crépy M.-N. – Dermatoses professionnelles aux résines époxy. *Documents pour le médecin du travail*, fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle, TA 66.
- [23] Rosenberg N. – Affections respiratoires professionnelles allergiques chez les peintres. INRS, *Documents pour le médecin du travail*, Fiche d'allergologie-pneumologie professionnelle, TR 43.
- [24] 4,4'-Diisocyanate de diphenylméthane. INRS, fiche toxicologique n° 129.
- [25] Diisocyanate de tolylène. INRS, fiche toxicologique n° 46.
- [26] Diisocyanate d'hexaméthylène. INRS, fiche toxicologique n° 164.
- [27] Base de données « Plastiques, risque et analyse thermique », INRS.
- [28] Noir de carbone. INRS, fiche toxicologique n° 264.
- [29] Dioxyde de titane. INRS, fiche toxicologique n° 291.
- [30] Baryum et composés. INRS, fiche toxicologique n° 125.
- [31] A propos des fiches toxicologiques. INRS, fiche toxicologique n° 0.
- [32] Base de données « Tableaux de maladies professionnelles », INRS.
- [33] Les fumées de soudage et des techniques connexes. INRS, coll. Aide-mémoire technique, ED 6132.

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur ■
www.inrs.fr

Pour commander les publications de l'INRS au format papier ■

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS. Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.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. Cuves et baignoires de traitement de surface	ED 651
3. Mise en œuvre manuelle des polyesters 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	ED 6008
11. Sérigraphie	ED 6001
12. Seconde 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
18. Sorbonnes de laboratoire	ED 795
19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement	ED 820
20. Postes d'utilisation manuelle de solvants	ED 6049
21. Ateliers de plasturgie	ED 6146
22. Laboratoires d'anatomie et de cytologie pathologiques	ED 6185
23. Amiante. Aéraulique des chantiers sous confinement	ED 6307
24. Carrosserie	ED 6406



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6406

1^{re} édition • mars 2021 • 2 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2645-6

▶ L'INRS est financé par la Sécurité sociale - Assurance maladie / Risques professionnels ◀

www.inrs.fr

YouTube

