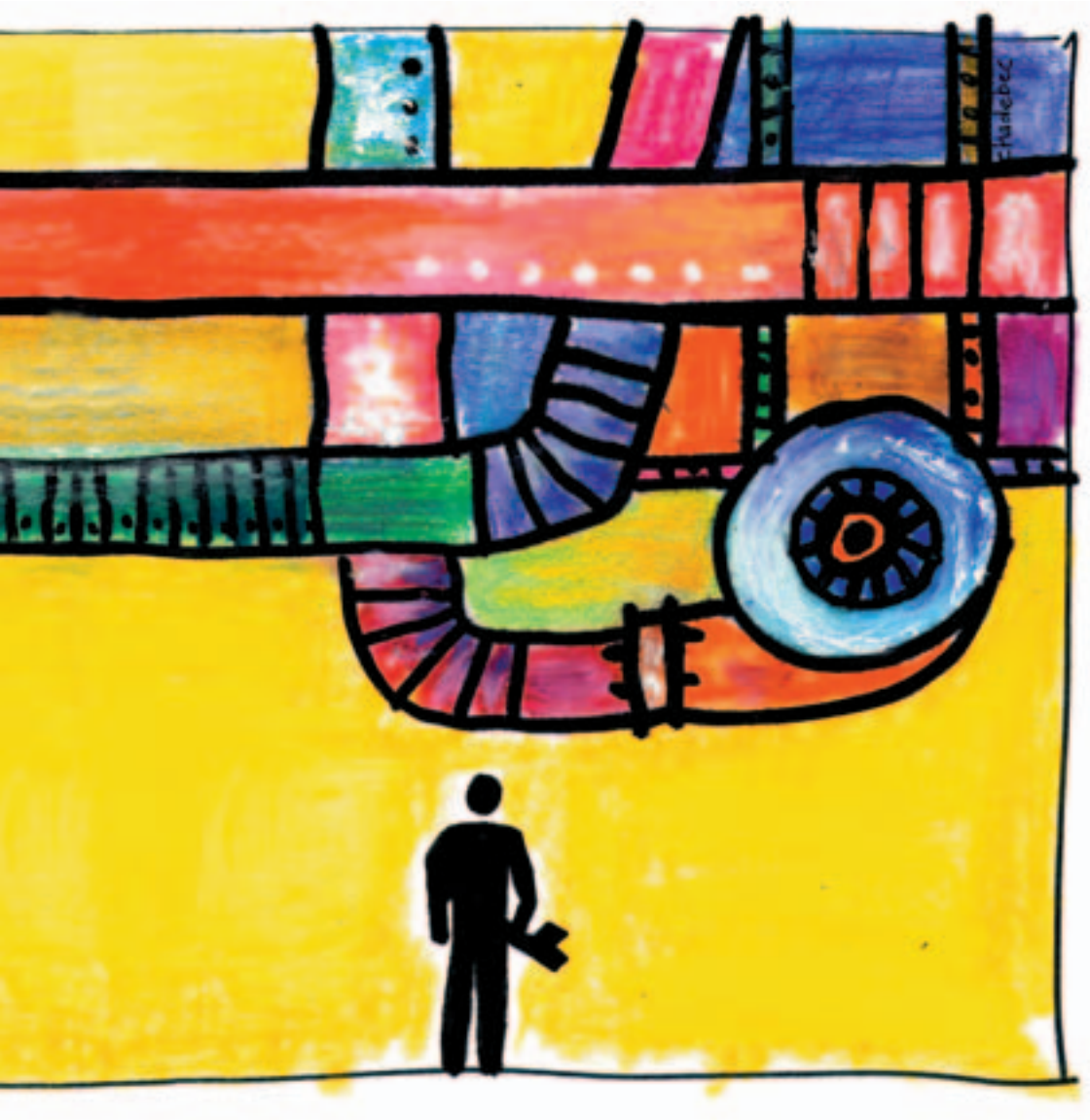




**Décapage, dessablage,
dépolissage au jet libre en cabine**

SOMMAIRE

1. DOMAINE D'APPLICATION	2
2. RISQUES	2
2.1. Intoxication	2
2.2. Incendie-explosion	3
2.3. Autres risques	3
3. TECHNIQUE	3
3.1. Principales activités concernées	3
3.2. Eléments constitutifs d'une installation	3
3.2.1. La sableuse	3
3.2.2. La cabine de traitement	4
3.3. Principe de fonctionnement d'une installation de grenailage par surpression ..	4
3.3.1. Circuit de l'abrasif	4
3.3.2. Assainissement de l'air de la cabine	4
4. VENTILATION	4
4.1. Objectifs - Conception - Choix	4
4.2. Caractéristiques des dispositifs d'extraction et d'introduction d'air	5
4.2.1. Cabine avec introduction d'air par le plafond	6
4.2.2. Cabine avec introduction d'air sur une paroi verticale	6
4.3. Débits d'air extrait	6
4.4. Air de compensation et chauffage	6
4.5. Dépoussiérage	6
4.6. Rejet de l'air pollué	6
4.6.1. Rejet à l'extérieur	6
4.6.2. Rejet à l'intérieur des locaux (recyclage de l'air)	7
4.7. Cas des opérateurs à l'extérieur de l'enceinte de grenailage	8
4.7.1. Cabines manuelles	8
4.7.2. Grenailleuses à turbine	8
4.7.3. Installations automatiques	9
4.8. Métallisation	9
4.9. Protection individuelle	9
4.9.1. Cagoule à adduction d'air	9
4.9.2. Vêtements de travail	10
4.9.3. Protection auditive	10
5. CONTRÔLE - MAINTENANCE - ENTRETIEN	10
5.1. Contrôle des critères aérauliques	10
5.2. Maintenance - Entretien	11
5.2.1. Nettoyage de la cabine	11
5.2.2. Intervention sur épurateur et conduits	11
5.2.3. Opérations de soudage - découpe au chalumeau	11
6. PROBLÈMES PARTICULIERS	11
6.1. Incendie-explosion	11
6.2. Bruit	12
6.3. Eclairage	13
6.3.1. Niveau d'éclairement souhaité	13
6.3.2. Eléments de calcul d'un système d'éclairage	13
6.3.3. Luminaires	13
6.4. Asservissement	13
6.5. Autres équipements	13
Bibliographie	13
ANNEXE I : Critères de ventilation	14
ANNEXE II : Contrôle de la ventilation - Données techniques	15

Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine

Document établi par un groupe de travail constitué sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie (CNAM), comprenant des spécialistes en ventilation et nuisances chimiques de la CNAM, des Caisses régionales d'assurance maladie et de l'INRS

Guide for ventilation practice. 14 – Free-jet blasting in blasting chambers

Contents :

- Field of application
 - Risks : poisoning ; fire and explosion ; other risks
 - Technical aspects : main activities concerned ; equipment used (blasting apparatus, chamber) ; operating principle of high-pressure blasting equipment (circulation of abrasive ; inside air purification)
 - Ventilation : aims, design, choice ; characteristics of air exhaust and supply devices (chamber with air intake in roof, in wall) ; air exhaust rates ; make-up air and heating ; dust control ; rejection of polluted air outside premises, air recirculation ; case of operators outside blasting chamber (cabinets, impellers) ; automatic devices ; metallising ; personal protection (air-fed helmets, work clothes, ear protectors)
 - Inspection and maintenance (cleaning of chamber, maintenance of air purifier and ducts, welding and cutting)
 - Particular problems : fire and explosion ; noise ; lighting (required lighting ; lighting calculations ; lighting fixtures) ; servo-systems (blasting/closing of doors, blasting/ventilation and lighting).
- Free-jet blasting / Blasting chamber / Jet cleaning / Abrasive / Dust / Ventilation / Control / Maintenance system

Au sommaire :

- domaine d'application ;
- risques : intoxication ; incendie-explosion ; autres risques ;
- technique : principales activités concernées ; éléments constitutifs d'une installation (la sableuse, la cabine de traitement) ; principe de fonctionnement d'une installation de grenaillage par surpression (circuit de l'abrasif ; assainissement de l'air de la cabine) ;
- ventilation : objectifs - conception - choix ; caractéristiques des dispositifs d'extraction et d'introduction d'air (cabine avec introduction d'air : par le plafond, sur une paroi verticale) ; débits d'air extrait ; air de compensation et chauffage ; dépoussiérage ; rejet de l'air pollué (à l'extérieur, à l'intérieur des locaux = recyclage de l'air) ; cas des opérateurs à l'extérieur de l'enceinte de grenaillage (cabines manuelles, grenailleuses à turbine) ; installations automatiques ; métallisation ; protection individuelle (cagoule à adduction d'air, vêtements de travail, protection auditive) ;
- contrôle ; maintenance ; entretien (nettoyage de la cabine, intervention sur épurateur et conduits, opérations de soudage - découpe au chalumeau) ;
- incendie-explosion ; bruit ; éclairage ; niveau d'éclairage souhaité ; éléments de calcul d'un système d'éclairage ; luminaires ; asservissement ; autres équipements.

Grenaillage / Décapage / Dessablage / Dépolissage / Cabine / Nettoyage au jet / Abrasif / Poussière / Ventilation / Contrôle / Maintenance / Entretien

Ce document se veut un guide et un texte de référence à l'usage des personnes et organisations concernées par la conception, la construction, l'exploitation et le contrôle des installations de ventilation des cabines de décapage, dessablage et dépolissage au jet libre. Seuls les points essentiels relatifs à la ventilation ont été traités.

Il a été élaboré après consultation du Centre d'études techniques industrielles aéronautiques et thermiques (CETIAT), du Syndicat national des fabricants installateurs de matériel pour le revêtement et le traitement de surface (SITS), de l'Institut de traitement par impact (ITI), du Centre d'études techniques des industries mécaniques (CETIM) et de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS).

En ce qui concerne les nuisances chimiques, l'objectif à atteindre est double : le maintien de la salubrité des locaux de travail en dehors de l'enceinte de grenaillage et l'assainissement de l'air de la cabine après cessation de l'activité de grenaillage.

Des critères de ventilation sont proposés pour faciliter l'atteinte de cet objectif sur la base des données actuellement disponibles. Ces critères sont susceptibles d'évoluer en fonction de l'expérience acquise au cours de leur mise en œuvre, de résultats d'études nouvelles ou de modifications apportées sur le plan réglementaire.

Ce guide sera donc réexaminé régulièrement et au besoin modifié. Toute personne ou organisme ayant des avis ou critiques à formuler pourra les faire connaître. Les commentaires seront adressés à l'INRS en faisant référence au groupe de travail n° 14.

1. DOMAINE D'APPLICATION

Ce document traite du **grenaillage au jet libre en cabine**. De plus quelques points essentiels concernant les machines à turbines sont évoqués à la fin de ce guide. Les machines à vecteur liquide ne sont pas visées.

L'opérateur peut être situé à l'extérieur ou à l'intérieur de la cabine. Lorsque les dimensions de la pièce à traiter le permettent, la solution de la cabine avec opérateur à l'extérieur (cabine équipée d'un télémanipulateur – enceinte manuelle de type boîte à gants) doit être choisie de préférence. Lorsque l'utilisation d'une installation automatique de grenaillage est techniquement envisageable, cette solution doit être privilégiée. En revanche, la projection au jet libre en dehors d'une cabine pour les pièces industrielles doit être proscrite. Chaque fois que la pièce peut être traitée en cabine, il faut impérativement choisir ce type d'installation.

Quelques définitions

Abrasif est le nom donné à tout projectile utilisé dans le grenaillage. L'utilisation d'abrasifs contenant plus de 5 % de silice libre est interdite lorsque l'opérateur est à l'intérieur de la cabine. De plus, les emballages des produits utilisés comme abrasifs qui contiennent plus de 5 % de silice libre doivent porter un étiquetage spécial.

Le **grenaillage** est l'ensemble des opérations de traitement par impact, quelle que soit la nature de l'abrasif utilisé.

La **cabine de grenaillage** est une enceinte entièrement close dans laquelle est effectué le grenaillage par un opérateur situé à l'intérieur ou à l'extérieur.

On appelle **contaminant** le produit issu de la pièce grenaillée (déchet de peinture, oxyde, etc.) qui se dépose sur les grains d'abrasif ou se mélange à eux en les polluant.

2. RISQUES

2.1. Intoxication

Les risques pour la santé sont liés à l'exposition aux poussières. D'une manière générale, l'inhalation de poussières, même sans toxicité particulière, peut provoquer une pneumoconiose de

surcharge. De plus certains types de poussières possèdent une toxicité spécifique.

Ainsi, l'inhalation de la silice qui provient du sable de moulage et du noyautage dans le cas du décapage de pièces de fonderie et éventuellement de l'abrasif peut engendrer une pneumoconiose particulièrement grave, la silicose.

L'exposition à l'oxyde de fer provoque une autre forme de pneumoconiose, la sidérose. Beaucoup de métaux possèdent une toxicité propre : le plomb, le cadmium, le nickel par exemple.

Les poussières proviennent du fractionnement de l'abrasif et des particules enlevées sur la pièce. Dans ce dernier cas, elles sont constituées du matériau

TABLEAU I
Nature et caractéristique des abrasifs

Produits	Forme et calibre Principales caractéristiques	Principales applications
Grenaille d'acier coulé et traité	– ronde : 0,2 à 2,8 mm – angulaire : 0,2 à 2,2 mm Abrasive et résistante	Dessablage, décalaminage, décapage, préparation surfaces avant peinture, précontrainte
Acier bas en carbone	– ronde : 0,2 à 2 mm Non agressive, résistante	Décalaminage mécanique, nettoyage avant étirage et peinture
Fil coupé	– fil coupé : 0,6 à 2,2 mm Résistant	Décalaminage spécifique ; toutes applications
Grenaille de fonte et hématite	– ronde : 0,2 à 7 mm – angulaire : 0,2 à 2,8 mm Mordante	Décapage et préparation de surfaces avant peinture, métallisation ou caoutchoutage
Oxyde de fer fritté	– ronde : 0,2 à 2 mm – angulaire : 0,2 à 1,6 mm Pouvoir décapant élevé ; inerte à l'eau	Décapage, nettoyage ; lestage
Grenaille d'acier inoxydable	– ronde : 0,1 à 1,8 mm Douce, non agressive	Décalaminage de métaux non ferreux et inoxydable ; satinage et dépolissage
Grenaille d'aluminium	– ronde : 0,3 à 1,6 mm Douce ; efficace	Satinage, dépolissage, décapage, ébavurage des métaux non ferreux ; nettoyage, précontrainte
Billes de verre	– ronde : ≤ 0,8 mm – angulaire Souple, rapide, résistante	Décapage de moules, satinage, dépolissage ; nettoyage
Corindon brun	– angulaire : 0,1 à 3 mm Extra-dur, mordant	Décapage, préparation de surfaces avant peinture, métallisation sans contamination ferreuse
Céramique	– ronde Résistance aux chocs et à l'usure ; ne contamine pas les produits traités	Précontrainte - Formage - Nettoyage - Satinage
Scories (1)	– angulaire : 0,25 à 2 mm Abrasif perdu (conçu pour ne pas être récupéré)	Préparation de surfaces

(1) L'utilisation de cet abrasif est tolérée. Il y a production importante de poussières par fragmentation de l'abrasif.

de base de la pièce ou de matériaux de recouvrement (zinc des objets galvanisés, peintures, etc.). Lorsque des matériaux composites sont traités, il y a émission de fibres utilisées comme renfort ou comme charge (fibre de verre...).

Afin de tenir compte des dépôts sélectifs des poussières dans les voies respiratoires liés à leurs dimensions, les hygiénistes ont l'habitude de distinguer plusieurs fractions des poussières dans l'air ambiant (NF EN 481).

2.2. Incendie-explosion

Les poussières susceptibles d'entraîner un risque d'incendie et d'explosion appartiennent aux catégories suivantes :

- poussières de métaux tels que l'aluminium, le magnésium, le titane, le zirconium, le tantale... ;
- poussières d'abrasifs d'origine végétale (agicides : noyaux de pêche ou d'abricots concassés...) ou synthétique (polyéthylène...) ;

- poussières de matières plastiques ;
- poussières issues du décapage de métaux recouverts de peinture, caoutchouc, etc.

Ces poussières peuvent s'accumuler en certains points de l'installation ; or l'inflammation de ces couches nécessite une faible énergie. 10 mJ peuvent suffire dans certains cas. Lorsque l'inflammation est déclenchée, elle peut se propager en feu couvant (combustion lente) et entraîner une explosion si la concentration en poussières fines est suffisante (20 à 30 g/m³ pour des poussières de diamètre inférieur à 200 µm). L'explosion peut se produire au moment de la mise en route de la ventilation, par exemple.

2.3. Autres risques

La *projection d'abrasif* expose l'opérateur à des lésions de la peau et des yeux ; en particulier, en cas de défaut de fonctionnement du dispositif d'arrêt du grenaillage. D'autres risques mécaniques sont liés à l'installation : par

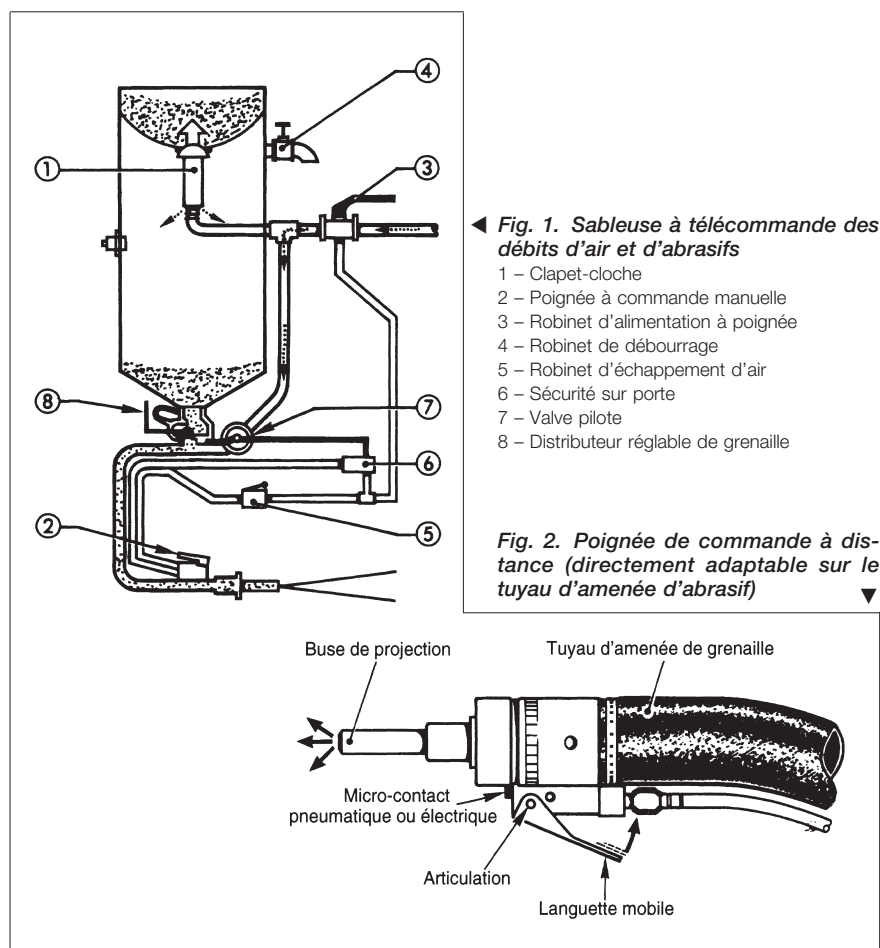
exemple pour les machines manuelles à manche, coincement par retombée de la face avant mobile lors d'une défaillance du vérin d'équilibrage.

Le **bruit** important, engendré par les opérations de grenaillage, expose l'opérateur à des risques de surdité irréversible.

En complément de ces risques spécifiques, il convient de citer les risques généraux suivants :

- chutes de plain-pied, qui sont particulièrement aggravées par la présence d'abrasif répandu sur le sol ;
- chutes de hauteur ;
- risques liés à la manutention ;
- risques liés aux pièces en mouvement ;
- risques électriques.

Tous ces risques sont associés aux différentes phases de travail : introduction des pièces, grenaillage, sortie de pièces, nettoyage de la cabine, opérations d'entretien (changement d'éléments filtrants, évacuation des poussières de l'épurateur, etc.).



3. TECHNIQUE

3.1. Principales activités concernées

Le tableau I indique la nature de l'abrasif et ses principales caractéristiques en fonction de l'application.

D'autres types d'abrasifs peuvent être utilisés : les agicides (noyaux d'abricots concassés), la glace hydrique ou carbonique, les matières plastiques.

3.2. Eléments constitutifs d'une installation

3.2.1. La sableuse (fig. 1 et 2)

La sableuse est l'élément de projection de l'abrasif. Les grains à projeter sont contenus dans un réservoir (appelé improprement sableuse) sous une pression égale à celle du gaz comprimé vecteur. Ils sont propulsés dans un tuyau jusqu'à une buse dans laquelle ils sont accélérés.

Le mélange air/abrasif se fait au bas du réservoir à l'aide d'une tuyère comportant un système de fermeture et de variation du débit de la grenaille.

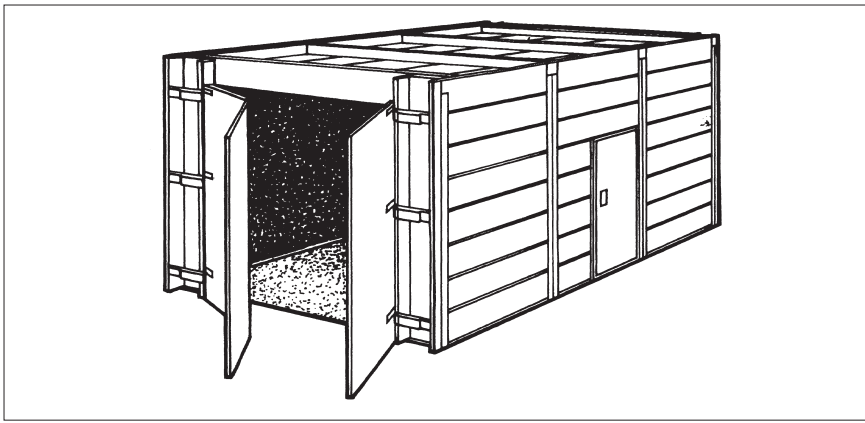


Fig. 3. Exemple de cabine

3.2.2. La cabine de traitement (fig. 3)

Le grenaillage doit se faire dans une enceinte fermée. La projection d'abrasifs à des vitesses élevées (85 à 130 m/s) présente des dangers, qui nécessitent la protection du personnel.

Les enceintes de grenaillage doivent être adaptées à la dimension des pièces et assurer l'isolement du traitement.

Les faces internes de l'enceinte de grenaillage doivent être protégées des projections par des plaques antiabrasion généralement en caoutchouc. Les matériaux de protection sont choisis en fonction des chocs subis.

La surface de récupération de la grenaille doit être la plus grande possible par rapport à la surface de la cabine.

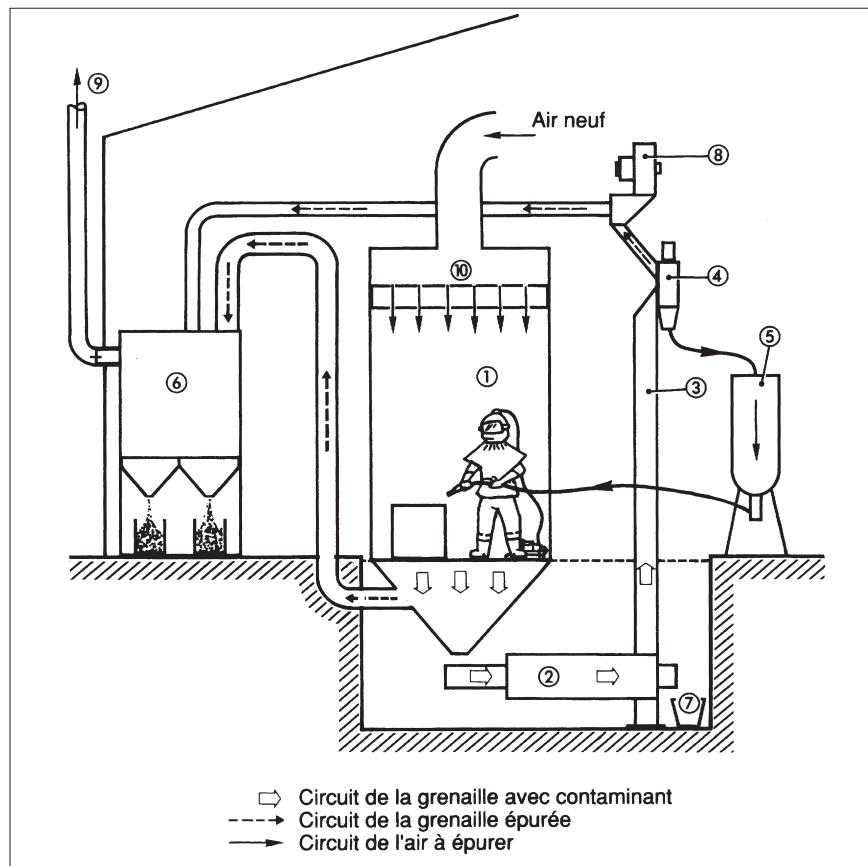


Fig. 4. Schéma d'une installation

- 1 – Cabine de grenaillage
- 2 – Vis de transport
- 3 – Élevateur
- 4 – Épurateur de l'abrasif

- 5 – Sableuse
- 6 – Extracteur et épurateur de l'air
- 7 – Evacuation des gros déchets
- 8 – Tiroir de nettoyage
- 9 – Rejet extérieur
- 10 – Aération de la cabine

3.3. Principe de fonctionnement d'une installation de grenaillage par surpression (fig. 4)

3.3.1. Circuit de l'abrasif

La *projection* s'effectue à l'aide d'une sableuse sous pression d'air comprimé qui donne sa vitesse à l'abrasif. Celui-ci est conduit par un tuyau souple jusqu'à la lance, manipulée par l'opérateur.

L'abrasif projeté est ensuite récupéré pour être épuré et recyclé. La *récupération* est effectuée par trémie unique, multi-trémie ventilées, racleurs, etc. Le transport est réalisé par un élévateur pneumatique, à vis ou à godets, des vis sans fin, des tapis à secousses, etc.

L'abrasif est séparé des gros déchets par un crible ou un trommel. L'*épuración* des déchets de petite taille (grains de sable) ou des contaminants se fait par déviateur dynamique relié au filtre, épurateur magnétique, crible vibrant calibré ou autre.

3.3.2. Assainissement de l'air de la cabine

Il se fait par ventilation forcée avec introduction d'air propre et extraction d'air empoussiéré relié au dépoussiéreur (batterie de filtres).

4. VENTILATION

4.1. Objectifs - Conception - Choix

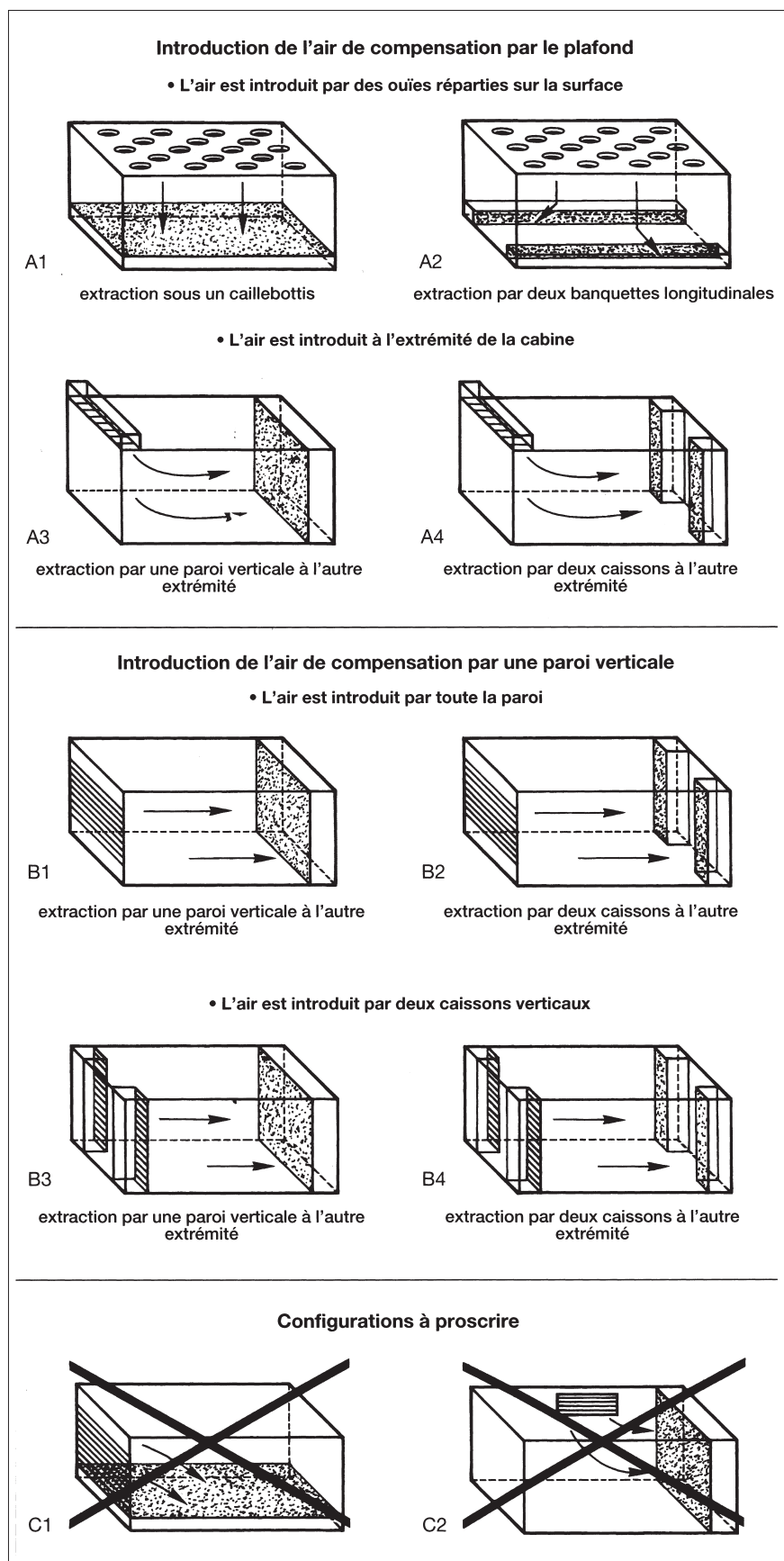
- La protection respiratoire de l'opérateur travaillant à l'intérieur de la cabine étant assurée par le port d'une cagoule alimentée en air neuf, la ventilation d'une cabine de grenaillage doit remplir les 3 fonctions suivantes :

- assurer une visibilité suffisante dans la cabine pendant le grenaillage en limitant les niveaux de concentration de poussières ;
- réaliser le plus rapidement possible, l'assainissement de la cabine après cessation de l'activité de grenaillage ;
- protéger l'environnement de la cabine et notamment les salariés qui occupent les postes de travail situés à proximité.

La ventilation de la cabine constitue donc vis-à-vis de celle-ci, une ventilation générale qui permet l'évacuation des polluants.

- L'ensemble du système de ventilation à l'intérieur de la cabine doit comprendre un dispositif d'extraction de l'air empoussiéré et un dispositif d'introduction d'air de compensation.

TABLEAU II



Pour être efficace, la ventilation doit s'exercer sur tout le volume de la cabine en évitant les zones sous-ventilées. Ceci implique de placer les dispositifs d'extraction de l'air empoussiéré et d'introduction de l'air de compensation en positions opposées (de préférence sur 2 parois opposées) dans le but d'obtenir un déplacement vertical ou horizontal de l'air dans la zone de travail.

Le tableau II présente des types de cabine satisfaisants et illustre par deux exemples les configurations à proscrire.

- La ventilation choisie doit conférer à l'air un déplacement vertical descendant, plus favorable à l'évacuation de poussières. Ceci est obtenu par extraction de l'air empoussiéré au sol et introduction d'air de compensation répartie sur toute la surface du plafond (config. A1 et A2).

Cette configuration est particulièrement recommandée pour les cabines de grande longueur (> 15 m) et devient impérative lorsque 2 opérateurs occupent simultanément la cabine.

4.2. Caractéristiques des dispositifs d'extraction et d'introduction d'air

Pour réaliser un balayage de tout le volume de la cabine, les dispositifs d'extraction de l'air empoussiéré et d'introduction de l'air de compensation sont à placer de préférence sur 2 parois opposées. Les configurations C1 et C2 sont à proscrire car chacune laisse subsister une importante zone mal ventilée à une des extrémités de la cabine.

Les surfaces des dispositifs d'introduction et d'extraction de l'air doivent être suffisantes à la fois pour bien balayer la zone de travail et pour éviter à l'opérateur une sensation d'inconfort liée à des vitesses d'air trop importantes à leur proximité.

L'extraction de l'air empoussiéré doit toujours être réalisée mécaniquement (ventilateur extracteur). Par contre, l'introduction de l'air de compensation peut se faire :

- soit naturellement, par la dépression créée dans la cabine par le dispositif d'extraction. L'air est alors prélevé dans l'atelier où se situe la cabine ;
- soit mécaniquement, au moyen d'un ventilateur. L'air est alors prélevé dans l'atelier où se situe la cabine ou directement à l'extérieur.

Toutes les dispositions doivent être prises pour que la cabine ne se trouve jamais en surpression.

4.2.1. Cabine avec introduction d'air par le plafond

L'introduction d'air est généralement réalisée :

- soit par des ouïes réparties sur toute la surface du plafond, l'extraction de l'air empoussiéré est alors réalisée au sol sous le caillebotis (config. A1) ou par des banquettes longitudinales placées de part et d'autre de la largeur de la cabine (config. A2) ;
- soit localisée à une extrémité du plafond, l'extraction de l'air empoussiéré étant alors réalisée sur la paroi verticale en situation opposée, sur une grande partie de sa surface (config. A3) ou par 2 caissons verticaux (config. A4). Cette dernière configuration est généralement retenue pour obtenir une cabine traversante (présence de portes à chaque extrémité).

Il est souhaitable que la surface des dispositifs d'introduction soit déterminée pour que la vitesse de passage de l'air n'excède pas 2 m/s. Les surfaces totales d'extraction de l'air empoussiéré sont à calculer de façon que la vitesse d'air au niveau de la surface d'extraction soit de l'ordre de 2 m/s.

4.2.2. Cabine avec introduction d'air sur une paroi verticale

L'introduction de l'air est généralement réalisée :

- soit par des fentes (munies de chicanes) aménagées dans les portes sur une grande partie de leur surface, l'extraction de l'air empoussiéré est alors réalisée sur la paroi opposée sur une grande partie de sa surface (config. B1) ou par 2 caissons verticaux (config. B2) ;
- soit par 2 caissons verticaux placés sur une paroi verticale, l'extraction de l'air empoussiéré est alors réalisée sur la paroi opposée sur une grande partie de sa surface (config. B3) ou par 2 caissons verticaux (config. B4).

Dans les deux cas, l'extraction par des caissons verticaux est généralement retenue pour obtenir une cabine traversante.

Les surfaces d'introduction sont telles que la vitesse de passage de l'air n'excède pas 1 m/s, du fait que la distance entre le dispositif d'introduction et la zone d'évolution de l'opérateur est ici plus réduite que dans le cas précédent. Les surfaces totales d'extraction de l'air empoussiéré sont à calculer de façon que la vitesse d'air soit de l'ordre de 2 m/s au niveau de la surface d'extraction.

4.3. Débits d'air extrait

Le débit surfacique (débit par unité de section à ventiler) à extraire de la cabine en fonction du type de ventilation et du niveau de pollution doit être au minimum de :

- 400 m³/h par m² de section à ventiler pour un déplacement vertical de l'air dans la zone de travail (config. A1 et A2). La section à ventiler est égale au produit de la longueur par la largeur de la cabine ;
- 1 000 m³/h par m² de section à ventiler pour un déplacement horizontal de l'air dans la zone de travail (config. A3, A4 à B4). La section à ventiler est égale au produit de la largeur par la hauteur de la cabine.

Ces valeurs sont à augmenter de l'ordre de 40 % dans les cas suivants :

- pour les opérations reconnues particulièrement polluantes comme le dessablage ;
- lorsqu'il y a présence de produits toxiques (chrome, nickel, cadmium, etc.) ;
- pour les cabines de grande longueur (> 15 m) lorsque le déplacement de l'air est horizontal.

Remarque

Des mesures pratiques réalisées avec l'INRS dans des installations représentatives ont confirmé que les valeurs préconisées permettent d'atteindre les objectifs fixés. Dans ces installations, les temps nécessaires pour revenir au niveau de la pollution particulaire initiale après les opérations de greffage sont de l'ordre de 100 à 120 s.

4.4. Air de compensation et chauffage

En période froide, l'air introduit dans la cabine doit être tempéré pour éviter une sensation d'inconfort à l'opérateur. Dans ce but, une température minimale de l'air de 15 °C est conseillée (ne jamais descendre en dessous de 10 °C).

L'introduction de l'air de compensation peut se faire :

- *naturellement*, par dépression créée dans la cabine par le dispositif d'extraction ; l'air est alors prélevé dans l'atelier où se situe la cabine. Il peut alors s'avérer nécessaire d'y mettre en place un dispositif mécanique d'introduction d'air neuf, pour compenser le volume d'air aspiré par la cabine. Cette

compensation est indispensable pour permettre un fonctionnement correct de la ventilation de la cabine et empêcher les courants d'air dans l'atelier ;

- *mécaniquement*, au moyen d'un ventilateur ; l'air est alors prélevé soit dans l'atelier où se situe la cabine, soit directement à l'extérieur. Dans ce cas, avant son introduction dans la cabine, l'air doit être réchauffé. L'utilisation d'un générateur à gaz avec brûleur en veine d'air est possible (sous réserve de la conformité à la norme NF EN 525).

4.5. Dépoussiérage

Le système de dépoussiérage de l'air extrait de la cabine doit être conforme aux normes de rejet dans l'environnement (arrêté du 30 juin 1997) [1].

Le plus souvent le dépoussiérage se fait par voie sèche avec des filtres à manches ou à cartouches filtrantes ou bien avec des multicyclones. Le dépoussiérage par voie humide est utilisée lorsque les poussières sont inflammables.

L'encrassement rapide des filtres à manches nécessite un décolmatage, automatique ou manuel, par secouage mécanique ou par air comprimé. Quel que soit le type de filtre utilisé, le décolmatage automatique est préférable. Dans tous les cas, un témoin de colmatage doit être installé.

4.6. Rejet de l'air pollué

4.6.1. Rejet à l'extérieur

C'est la disposition la plus satisfaisante pour la protection du personnel. Il faut l'adopter dans la majorité des cas. Elle s'impose lorsque le système d'épuration est peu efficace (cas des cyclones et des épurateurs par voie humide). Elle s'impose également dans tous les cas en dehors des périodes de chauffage.

Pour éviter toute perturbation, le rejet de l'air pollué à l'extérieur des locaux doit respecter un certain nombre de règles.

Les conduits de rejet doivent être disposés de manière à ne pas subir la pression des vents. Ceci conduit à proscrire les rejets en façade ou en pignon des bâtiments et à déconseiller les rejets en toiture par des coudes ou des crosses fixes. Ceci suppose :

- des conduits de rejet à axe vertical ;
- l'absence de chapeau ou d'obstacle au débouché ;

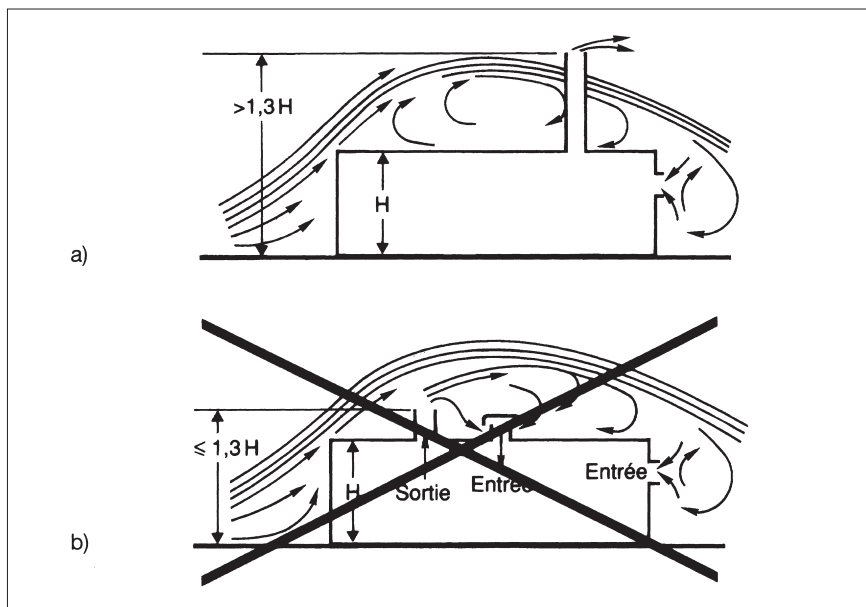


Fig. 5. Principe de rejet d'air pollué et de prise d'air neuf pour éviter le recyclage
a) L'altitude est suffisante pour permettre aux polluants de se dégager de la zone perturbée
b) Les polluants, rejetés à une hauteur insuffisante, restent dans la zone de turbulence produite par les bâtiments et sont recyclés par les prises d'air

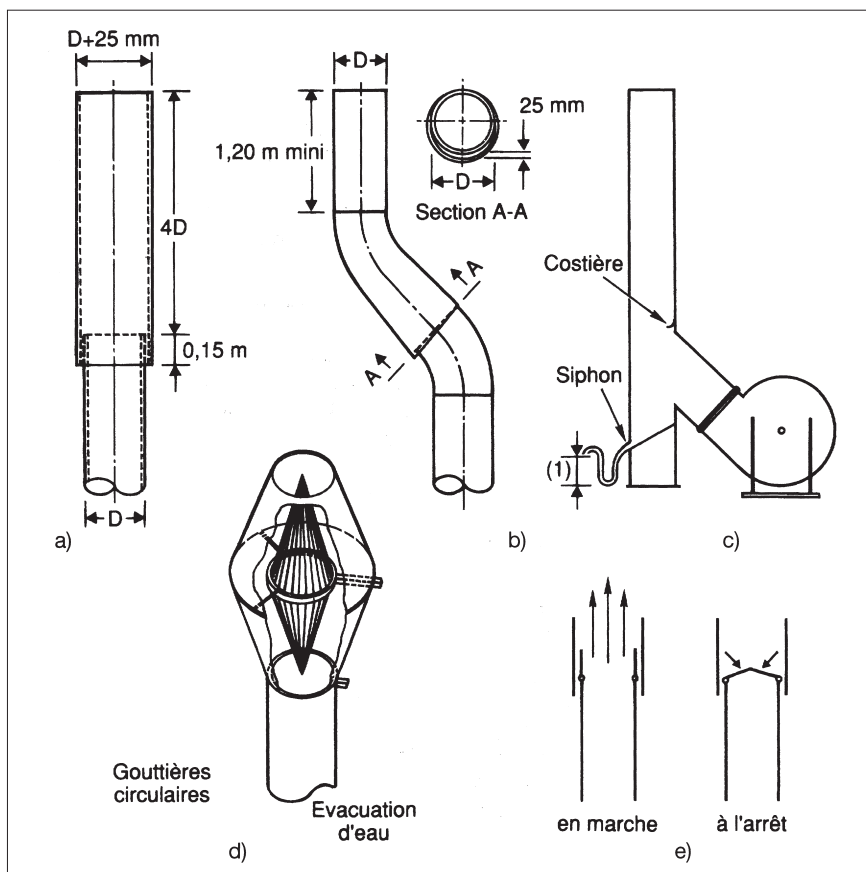


Fig. 6. Dispositifs évitant les entrées d'eau de pluie dans les conduits de rejet d'air pollué. L'efficacité de protection contre la pluie de ces dispositifs est supérieure à un « chapeau » situé à $0,75 D$ au-dessus du débouché

Dans le cas a) il n'y a pas de perte de charge supplémentaire
Dans les cas b) à d), la perte de charge doit être prise en compte

– une altitude de rejet sensiblement supérieure aux obstacles et bâtiments environnants ;

– une vitesse d'éjection suffisante (8 m/s).

Satisfaire les règles précédentes conduit également, en éloignant au mieux les polluants du sol, à éviter leur reprise par les entrées d'air neuf (fig. 5). La figure 6 décrit des dispositifs permettant de s'affranchir du risque d'introduction d'eau de pluie dans les cheminées de rejet.

4.6.2. Rejet à l'intérieur des locaux (recyclage de l'air)

Il ne peut être envisagé que si l'air est suffisamment épuré. La circulaire du 8 mai 1985 et la note technique du 5 novembre 1990 précisent les nombreuses conditions techniques au recyclage :

- la filtration doit assurer une concentration maximale dans la gaine égale à $1/5$ des valeurs limites admises (fraction alvéolaire) :

- pour les poussières inertes, la concentration maximale serait de 1 mg/m^3 ;

- pour un abrasif contenant 3 % de quartz, la concentration maximale serait de $0,3 \text{ mg/m}^3$;

- l'installation doit impérativement être équipée d'un by-pass pour rejet à l'extérieur en dehors des périodes froides. Ce by-pass devrait aussi rejeter l'air à l'extérieur, quelle que soit la période, lors des décolmatages et pour la mise en sécurité de l'installation lorsque la condition ci-dessus n'est plus respectée ;

- un dispositif de contrôle permanent de bon fonctionnement de l'épuration doit être mis en place ;

- l'installation de recyclage doit être contrôlée périodiquement (un contrôle semestriel est souhaitable).

Le recyclage dans la cabine constitue un cas particulier du rejet à l'intérieur des locaux. Il est **déconseillé dans tous les cas** car il enrichit l'atmosphère de la cabine en poussières fines. Il est à proscrire lorsqu'il existe un risque d'incendie en raison de l'éventualité de la formation d'un dépôt de poussières fines, susceptible d'être enflammé, dans les conduits ou une partie quelconque de l'installation. Il est à proscrire aussi lorsque le chauffage de l'air est assuré par un brûleur en veine d'air.

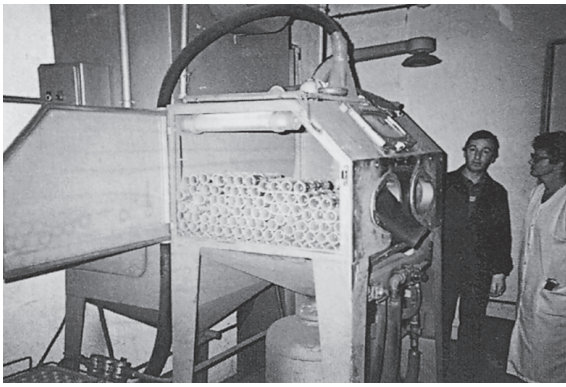
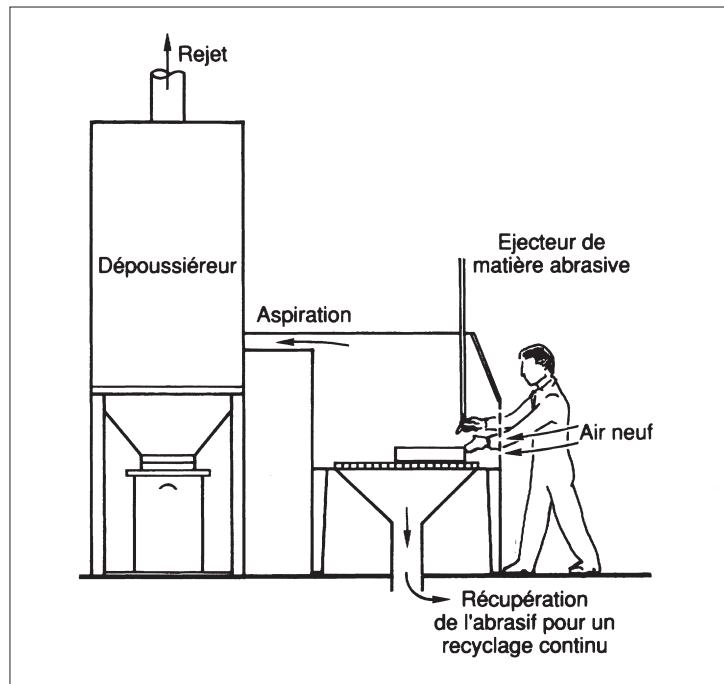


Fig. 7. Cabine manuelle



4.7. Cas des opérateurs à l'extérieur de l'enceinte de grenaillage

Le grenaillage peut aussi s'effectuer dans des machines ou des installations automatiques, l'opérateur se trouvant à l'extérieur. Cette solution, lorsqu'elle est réalisable techniquement, est toujours préférable à la solution de l'opérateur travaillant à l'intérieur d'une cabine.

4.7.1. Cabines manuelles (fig. 7)

Leur efficacité découle du respect des critères suivants :

- bonne étanchéité, vis-à-vis des particules projetées et des poussières, qui sera conservée dans le temps par une maintenance suivie des organes de fermeture (joints et parties souples) ;
- maintien en forte dépression, pendant toute la durée du traitement, par extraction mécanique de l'air, qui empêchera la sortie des plus fines particules par les ouvertures (on maintiendra une vitesse de 3 m/s dans les ouvertures). Pour déterminer le débit à extraire, il faudra tenir compte du débit d'air apporté par le jet d'abrasif, de la surface des ouvertures et de l'évaluation des fuites sur les parties mobiles. L'introduction de l'air de compensation à l'intérieur de la cabine se fera par des ouvertures de sections

très réduites et judicieusement disposées ;

- mise en marche de la ventilation asservie à l'éclairage et maintenue en service pendant la phase de déchargement des pièces, pour limiter la dispersion des poussières dans le local ;
- nécessité d'un système de dépoussiérage de l'air extrait. Le rejet de l'air dépoussiéré se fera directement à l'extérieur des bâtiments. Le système de dépoussiérage sera maintenu en parfait état (vérification périodique, système de secouage des manches, évacuation régulière de la poussière, changement des manches avant qu'elles ne soient percées...).

Exemple de calcul

Quel débit d'air mettre en œuvre pour une cabine manuelle de grenaillage comportant deux ouvertures de 0,1 m de diamètre pour le passage des mains ? Le débit d'air comprimé est de 200 l/min, sous une pression de 5 bars.

Q est le débit d'air à extraire :

$$Q = SV_0 + Q_{ac}$$

S, section total des ouvertures (m²),

V₀, vitesse dans les ouvertures au moins égale à 3 m/s,

Q_{ac}, débit de l'air comprimé ramené à 1 bar (soit 60 m³/h).

Pendant le grenaillage, Q s'élève à :

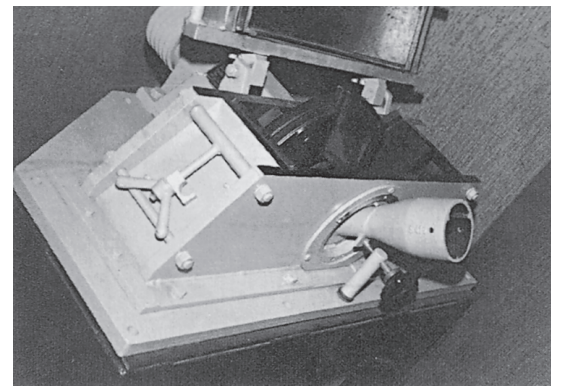
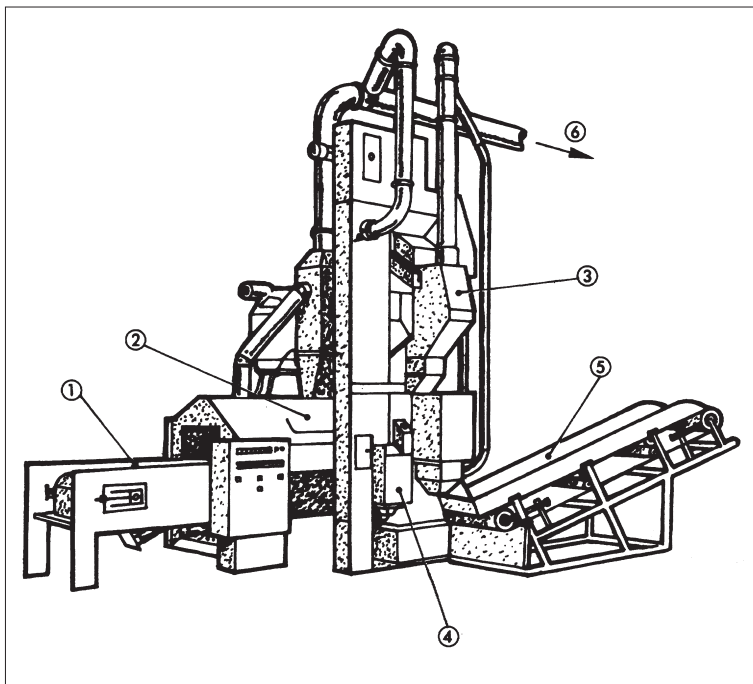
$$Q = 172 + 60 = 232 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.7.2. Grenailleuses à turbine (fig. 8)

Les éléments constitutifs sont les mêmes que pour une cabine avec opérateur à l'intérieur. Toutefois, la cabine est remplacée par un caisson de grenaillage de dimensions adaptées aux pièces à grenailler. Il en existe de très petites dimensions (ex. : section 0,5 m x 0,5 m, longueur 1 m).

Une ou plusieurs turbines projettent la grenaille. De ce fait, la vitesse des grains d'abrasifs est plus faible (65 à 85 m/s au lieu de 120 à 150 m/s), mais la quantité de grenaille projetée peut être très importante. La turbine est constituée par un rotor équipé de palettes, entraîné par un moteur électrique. La grenaille arrive par le centre et est projetée en gerbe (fig. 9). On rencontre plusieurs types de turbines pratiquement homothétiques de rapports proportionnels aux quantités d'abrasif à projeter.

Le dispositif de ventilation doit toujours maintenir l'installation en dépression afin que les poussières générées par



▲ Fig. 8. Turbine

◀ Fig. 9. Installation de grenaillage à turbine

- 1 – Introduction des pièces dans la machine
- 2 – Caisson de grenaillage
- 3 – Epurateur de grenaillage
- 4 – L'une des 4 turbines
- 5 – Evacuation des pièces grenaillées
- 6 – Vers le système d'épuration de l'air

le grenaillage ne quittent pas l'installation mais soient envoyées vers un système d'épuration. La vitesse de l'air est généralement de 3 à 5 m/s dans les ouvertures du caisson de grenaillage.

4.7.3. Installations automatiques

Elles peuvent être équipées :

- de systèmes de projection de l'abrasif de type turbine pour tous travaux ou de sableuse(s) et de lance(s) pour la précontrainte ;
- de systèmes de préhension et de manipulation des pièces, de type système mécanique à cycle, robot ou manipulateur... ;
- de systèmes de manipulation des lances d'abrasif (système cabine/sableuse/lance) pilotés par l'opérateur, qui reste en dehors de l'enceinte de grenaillage.

En ce qui concerne la ventilation, elles sont à considérer comme une installation à jet(s) (sableuse) ou à turbine(s) (cf. supra).

Elles apportent un avantage intéressant pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, car l'opérateur dans tous les cas est à l'extérieur. Mais, elles présentent un

nouveau risque : l'utilisation, réglage, mise au point d'installations automatiques.

4.8. Métallisation

La métallisation comporte des risques d'incendie, voire d'explosion liés à l'utilisation d'un chalumeau.

D'autres risques peuvent intervenir si la cabine est utilisée à la fois pour des opérations de grenaillage et de métallisation. La poussière d'oxyde de fer (rouille), mélangée à de la poussière d'aluminium provenant d'autres opérations, telles que la métallisation par projection, peut donner lieu à une réaction d'aluminothermie. Des tests ont montré qu'un tel mélange peut s'enflammer lorsqu'il est exposé à une source d'ignition due à un court-circuit électrique ou une particule chaude de fer.

Compte tenu de la présence quasi systématique d'éléments combustibles dans les poussières et les organes constituant l'installation (cabine et circuits annexes), la pratique du grenaillage et de la métallisation dans la même cabine est toujours à proscrire car on augmente le risque d'incendie.

4.9. Protection individuelle

Les dispositifs de protection individuelle doivent assurer une protection satisfaisante de l'opérateur tout en permettant un travail aisé. Ils doivent donc être choisis avec soin. En dehors des périodes de travail, ces équipements doivent être entreposés dans un local particulier sec et propre (exempt de poussières), spécialement prévu à cet effet et facilement accessible. Le chef d'établissement est tenu de maintenir ces équipements en bon état (entretien préventif) et de les faire désinfecter avant de les attribuer à un nouveau titulaire.

Le décret n° 69-558 du 6 juin 1969 impose au chef d'établissement de fournir à chaque travailleur exposé une cagoule, des vêtements de travail, ainsi que des gants et des chaussures.

4.9.1. Cagoule à adduction d'air

Cet appareil de protection respiratoire est la base de la protection contre l'exposition aux poussières. Il doit être porté durant toute la phase de grenaillage. Il doit être alimenté en air de qualité respirable à raison de 165 l/min (10 m³/h) au minimum fournis sous une pression maximale indéréglable de 1,4 bar (140 kPa).

L'air est traité d'une des manières suivantes :

- détendu, lorsqu'il provient d'un ensemble de bouteilles d'air comprimé ;
- détendu et épuré, s'il provient d'un compresseur ; il doit être exempt d'eau, d'huile, de poussières et de gaz toxiques ;
- filtré, lorsqu'il provient d'une ventilation mécanique d'assistance pour les cagoules reliées à l'air libre (solution fortement déconseillée).

L'air fourni doit être tempéré au moyen d'un dispositif climatiseur.

Toute cagoule doit être conçue en matériau ne générant pas, dans l'air respirable, de poussières ni de gaz ou vapeurs toxiques. Elle doit être résistante aux impacts de la grenaille et aux désinfectants (changement de titulaire) et ne doit pas pouvoir accumuler de charges électrostatiques.

Le tuyau d'air respirable doit être conducteur de l'électricité statique et ne doit pas dépasser 50 m.

4.9.2. Vêtements de travail

Le personnel doit porter une combinaison en toile épaisse avec serrage au cou, au poignets et aux chevilles. Selon le type d'abrasif utilisé, un tablier de cuir peut s'avérer nécessaire.

Afin d'assurer une bonne tenue de la lance et de pallier au refroidissement dû à la dépression des lances, les gants à manchettes doivent être non rigides (dextérité tactile) et isolés thermiquement.

Les chaussures de sécurité doivent répondre aux critères de la norme NF EN ISO 20345. Elles ne doivent pas présenter pour le travailleur de gêne particulière, tant par leur forme que par leur masse ou leur raideur. Elles seront associées au port de jambières de protection en cuir.

4.9.3. Protection auditive

Les protecteurs affaiblisseurs doivent diminuer le niveau de bruit de façon à l'abaisser à moins de 85 dB(A), limite reconnue comme engendrant des sur-

dités. Pour être efficace, ces protecteurs doivent être portés pendant toute la phase de grenailage.

5. CONTRÔLE - MAINTENANCE - ENTRETIEN

5.1. Contrôle des critères aérauliques

La réglementation fixe les principes d'aération et d'assainissement de l'air des ambiances de travail [2]. Elle fait apparaître les responsabilités respectives du maître d'ouvrage et du chef d'établissement.

Le chef d'établissement doit établir, puis tenir à jour les dossiers des installations de ventilation, qui comprennent d'une part des valeurs de référence caractérisant les installations par leurs paramètres initiaux, d'autre part les consignes d'utilisation qui sont des guides de maintenance et des recueils des contrôles périodiques. Ainsi, pour répondre à la réglementation, le contrôle des caractéristiques aérauliques et du fonctionnement d'une cabine de grenailage se fait :

- au démarrage, sur installation neuve, afin de quantifier certains paramètres et ainsi la réceptionner en rapprochant les résultats obtenus de ceux inscrits dans le cahier des charges ;
- en cours d'utilisation, afin de vérifier, de façon continue ou périodique, qu'elle fonctionne toujours dans des conditions correctes et surtout pour détecter toute dérive ou tout dysfonctionnement.

Avant toute mesure quantitative, il est toujours possible de réaliser une approche qualitative à l'aide de fumigènes et d'un chronomètre : de la fumée est générée en grande quantité dans la cabine et l'on mesure le temps qui s'écoule entre l'arrêt de l'émission et le retour à l'atmosphère initiale. Le temps mesuré, lorsque le brassage est bon, est de l'ordre de 3 à 4 fois l'âge interne t du local ($t = V/Q$, V en m^3 et Q en m^3/s). Ainsi on obtient un ordre de grandeur du débit mis en jeu.

Pour les contrôles quantitatifs, les paramètres que l'on doit contrôler sont le débit d'air mis en œuvre, les pressions aux points clés de l'installation et éventuellement les performances de l'épurateur (non traité dans ce document).

Plusieurs méthodes sont utilisables (tableau III) :

- méthodes normalisées devant servir lors de la réception des installations

TABLEAU III
Contrôle de la ventilation

Contrôle à effectuer	Méthodologie	Moyens	Moment des contrôles et fréquence	
			à la mise en route	en cours de fonctionnement
Contrôles quantitatifs par la méthode normalisée				
Débit d'air	Détermination des vitesses d'air dans les conduits (mesure et référence de la pression dynamique)	Tube de Pitot Manomètre Par la technique de traçage, gaz traceur hélium ; spectromètre de masse	Réception d'installation et référence	Voir réglementation [2]
Contrôles quantitatifs par la méthode simplifiée				
Débit d'air	Pression Vitesse d'air	Prise de pressions Tube de Pitot Manomètre Anémomètres	–	Régulièrement
Contrôles qualitatifs				
Efficacité	Visualisation des écoulements par un traceur	Fumigènes	–	Régulièrement

neuves ou lorsqu'on doit contrôler pour la première fois une installation déjà existante ;

- méthodes simplifiées devant d'une part pallier l'impossibilité d'utiliser des méthodes normalisées sur des installations déjà anciennes dont on ne connaît pas les caractéristiques et d'autre part contrôler le fonctionnement des cabines au cours de leur vie.

- Les méthodes normalisées sont peu nombreuses, parfois difficiles à mettre en œuvre si leur utilisation n'a pas été prévue lors de la conception de la cabine. Elles font l'objet des normes suivantes :

- NF X 10-112 : « Mesure du débit des fluides dans des conduites fermées. Méthode d'exploration du champ des vitesses pour des écoulements réguliers au moyen d'un tube de Pitot double ». Les pressions dynamiques sont mesurées en un certain nombre de points de 2 diamètres ou plus d'une section d'un conduit, pour en déduire la vitesse moyenne et calculer le débit d'air en appliquant la formule $Q = SV$ avec S en m^2 et V en m/s .

- NF X 10-141 : « Mesurage de débit d'air dans les conduites. Méthodes par gaz traceurs. Généralités ». Le traceur gazeux est émis dans un conduit à un débit connu, sa concentration est mesurée à une certaine distance. Le débit d'air est donné par la relation :

$$Q_{\text{air}} = 10^6 \frac{q_t}{C_t} \quad (Q_{\text{air}} = \text{débit d'air en } m^3/s,$$

q_t = débit du traceur en m^3/s , C_t = concentration du traceur en ppm).

- Les méthodes simplifiées, basées sur des mesures de pression ou de vitesse d'air en des points clés de l'installation, sont utilisées :

- lorsque les méthodes normalisées ne sont pas applicables (les erreurs sur la mesure peuvent être très conséquentes : ± 25 à 30 % ;

- comme méthode de contrôle de routine durant la vie de la cabine. Dans le second cas, elle est vérifiée lors de la mise en œuvre simultanée avec une méthode normalisée lors de la réception de l'installation (les erreurs sur la mesure sont alors considérablement réduites : ± 5 %).

5.2. Maintenance - Entretien

Le constructeur doit remettre au chef d'établissement, qui exploitera l'installation, une notice d'instructions sur le fonctionnement de l'installation de ventilation contenant entre autres :

- un recueil des opérations de maintenance et d'entretien (date - nature de l'opération) ;

- un support pour la tenue à jour des résultats des aménagements et réglages apportés aux installations.

5.2.1. Nettoyage de la cabine

Pour l'évacuation des déchets d'épuration de la grenaille, il faut utiliser un récipient métallique à poignée.

5.2.2. Intervention sur épurateur et conduits

Les trappes doivent être munies de poignées. L'accès aux pièces en mouvement doit être impossible. L'entretien et le réglage du circuit d'épuration de grenaille, la maintenance des épurateurs, l'élimination des déchets au trommel et au crible vibrant doivent être faciles à réaliser. L'accès à ces divers éléments doit être prévu et ne pas présenter de risques de chutes.

Les systèmes d'épuration de l'air sont souvent de dimensions conséquentes et les quantités de poussières à évacuer importantes. Il ne faut donc pas oublier que :

- la densité des poussières est de 2 à 5 (un fût de 200 l peut donc peser une tonne) ;

- un filtre colmaté et rempli de poussières peut lui aussi peser plusieurs centaines de kg ;

- un filtre par voie humide peut geler en hiver et arrêter toute l'installation de grenailage aussi longtemps qu'il le reste.

5.2.3. Opérations de soudage - découpe au chalumeau

Avant d'entreprendre des opérations de soudage, il faut s'assurer que l'installation a été correctement nettoyée pour éviter la remise en suspension de la poussière accumulée dans certaines parties. Il faut de plus enlever les éléments inflammables (caoutchouc par exemple) situés à proximité du point d'intervention.

Les filtres enflammés par un coup de chalumeau peuvent ensuite se consumer très lentement.

Lors des opérations de soudage, il faut adopter la procédure du permis de feu.

Divers

Les matériaux de protection de la cabine doivent être facilement inter-

changeables et d'un poids admissible pour le personnel d'entretien.

6. PROBLÈMES

PARTICULIERS

6.1. Incendie-explosion

Lorsque le risque incendie et explosion est suspecté (voir § 2), il convient de prendre des mesures techniques particulières à la conception et à la mise en place de l'installation. De plus, certaines procédures doivent être suivies lors du fonctionnement de l'installation et au cours des opérations de maintenance.

Il convient également de respecter les prescriptions de la réglementation sur la prévention des risques d'incendie [3] et d'explosion [4].

Lors de la conception :

- assurer une vitesse d'air minimale dans les conduits de 20 m/s pour éviter les dépôts ;

- prévoir des trappes de visite, en particulier des trappes de ringardage des conduits ;

- choisir des média filtrants dissipateurs d'électricité statique (résistance inférieure à $10^9 \Omega$) ;

- placer un évent d'explosion si le dépoussiéreur résiste à une pression supérieure à 0,4 bar pour protéger l'installation ;

- éviter que le souffle ne remonte vers l'amont de l'installation en plaçant une barrière ;

- protéger les éléments mécaniques possédant des risques d'échauffement ; positionner les paliers de l'élévateur à godet à l'extérieur ;

- éviter les zones mortes dans le cas du filtre humide pour empêcher l'accumulation d'hydrogène.

Au moment de l'installation :

- placer de préférence le dépoussiéreur à l'extérieur de l'atelier ;

- relier toute l'installation à la terre ;

- le risque pouvant provenir de la proximité d'une cabine de peinture, situer la cabine de grenailage à plus d'un mètre de tout type d'équipement engendrant un risque d'explosion (NF T 35-009).

En cours de fonctionnement :

- ne pas réutiliser les déchets recueillis à la sortie de l'épurateur de grenaille et de l'épurateur d'air. Le recyclage de ces fines particules augmente le risque d'incendie et d'explosion. De plus, il entraîne la détérioration du matériel par usure précoce ;
- éliminer par tamisage, criblage (crible incliné) ou déviation dynamique les poussières inférieures à 100 µm sur le circuit de l'abrasif ;
- éliminer les dépôts de poussières dans toute l'installation ;
- contrôler la granulométrie de l'abrasif après un nombre de cycles déterminés ;
- vidanger périodiquement le circuit et faire tourner la ventilation (10 à 15 min) avant et après le fonctionnement de l'installation afin de prévenir les feux couvants ;
- utiliser une lance et des tuyaux biens adaptés ; vérifier la résistivité transversale et longitudinale des tuyaux.

Lors des opérations de maintenance :

- inspecter les conduits tous les deux mois, pour éviter la formation de dépôts ;
- contrôler le fonctionnement du dépoussiéreur (mesure de pression) ;

- nettoyer périodiquement le filtre humide pour prévenir le risque de dégagement d'hydrogène ;
- adopter la procédure de permis de feu pour toute intervention faisant intervenir un chalumeau

6.2. Bruit

Le bruit engendré par les opérations de grenailage à jet libre est particulièrement important. Le niveau sonore au poste de travail et à son voisinage immédiat dépasse généralement 90 dB(A). L'exposition prolongée à ces niveaux est potentiellement lésionnelle. Pour réduire le risque de surdité résultant de cette exposition, il est nécessaire, indépendamment des moyens de protection individuels employés :

- d'appliquer un certain nombre de principes élémentaires lors de la conception des locaux de travail ;
- de choisir un matériel de qualité équipé de dispositifs spéciaux ;
- de prendre des précautions particulières lors de la réalisation de telles installations et équipements.

Les aires de grenailage doivent être isolées acoustiquement du reste de l'atelier ou des autres locaux d'activité.

Une isolation minimale de 25 dB(A) aux bruits aériens doit généralement être recherchée. La plupart des matériaux constitutifs des panneaux industriels présente cette qualité. L'isolation acoustique de l'installation de grenailage est conditionnée par l'efficacité des pièges à sons placés aux entrées et sorties d'air et par la qualité des joints des parties ouvrantes. Ces deux points doivent donc être particulièrement soignés à la construction de la cabine et entretenus régulièrement.

Cette isolation doit être complétée par une bonne isolation aux bruits d'impact de la grenaille sur les parois. Un doublage intérieur des locaux ou cabines affectés à ces opérations doit être effectué avec des revêtements muraux ou des revêtements en matériaux de synthèse choisis pour leur capacité d'amortissement et présentant de plus une bonne résistance à l'abrasion.

On devra, autant que possible, placer dans un local annexe fermé, en sous-sol ou à l'extérieur, les équipements tels que compresseurs de sablage, dispositifs de récupération de grenaille et d'épuration. Les équipements seront installés sur des plots antivibratiles et le compresseur sera relié aux conduites d'air comprimé par un manchon souple.

Parmi les matériels proposés sur le marché, le choix peut être valablement orienté vers des machines automatiques équipées de dispositifs permettant le transport mécanisé des pièces et leur orientation face au jet de grenaille.

Les installations de ventilation, associées à l'assainissement des cabines ou matériels de grenailage, sont des équipements souvent générateurs de bruit, source de gêne, d'inconfort, voire de nuisance importante. Il convient de réduire ces effets au niveau le plus bas raisonnablement possible, compte tenu de l'état des techniques, en application des principes généraux de prévention définis par l'article R. 232-8 du Code du Travail.

La circulaire du 9 mai 1985, relative au commentaire technique des décrets n° 84-1093 et n° 84-1094 du 7 décembre 1984 concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail, précise les conditions d'application de l'article R. 235-7 du Code du Travail en fixant notamment les niveaux sonores acceptables des installations de ventilation. En règle générale, le fonctionnement des installations de ventilation ne devrait pas majorer les niveaux moyens d'ambiance de plus de 2 dB(A), à

Le risque explosion - Quelques accidents survenus entre 1978 et 1991

- Mantes, Yvelines – « Cabine de sablage » – une explosion de poussières en suspension semble être à l'origine de l'explosion qui a détruit une cabine de sablage en blessant deux personnes (10/10/1978) extrait de « face au risque » (*cet exemple montre que les explosions ne sont pas un phénomène récent et qu'elles ne sont donc pas liées à des conditions nouvelles d'exploitations*).
- Une cabine de grande dimension était utilisée pour la réfection de réservoir de propane par décapage à l'aide de grenaille de fonte. L'accident a provoqué la destruction de la cabine. L'opérateur a été légèrement blessé. L'enquête a conclu à l'inflammation de dépôts de poussières inflammables (peinture, caoutchouc et fontes) par des particules incandescentes produites au cours de sablage.
- Une petite cabine était utilisée pour traiter des moteurs automobiles à l'aide de grenaille fine d'aluminium. Le dépoussiéreur a été complètement détruit. La cause de l'accident est la présence de grenaille d'aluminium qui s'enflamme très facilement.
- Dans une cabine traitant des moteurs à l'aide de grenaille d'acier, un incendie s'est produit dans le dépoussiéreur. L'origine est probablement une décharge d'électricité statique sur un dépôt de poussières inflammables provenant de la pièce traitée (présence de magnésium).
- Une petite cabine de grenailage est utilisée pour le nettoyage de moules en acier servant à la fabrication de pneumatiques. Le projectile employé est la grenaille d'acier. De nombreux incendies se sont déclarés dans le dépoussiéreur ; l'inflammation était occasionnée par la production de poussières incandescentes.

moins que le niveau sonore engendré par ces installations ne reste inférieur à 50 dB(A).

Ces niveaux sont mesurés à l'emplacement des postes de travail conformément aux dispositions du § 3.8 de la norme NF S 31-084 relative à la méthode de mesurage des niveaux sonores en milieu de travail, en vue de l'évaluation du niveau d'exposition sonore quotidienne des travailleurs.

Afin de limiter le bruit engendré par les installations de ventilation, les moyens suivants peuvent être mis en œuvre :

- limiter la vitesse de transport de l'air dans les conduits (cette vitesse ne doit cependant pas être inférieure à 20 m/s) ;
- dimensionner correctement le ventilateur : plus la puissance fournie est élevée, plus sa puissance acoustique est grande ;
- placer les ventilateurs 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 ;
- traiter acoustiquement les conduits d'aspiration et de refoulement ;
- désolidariser le réseau en plaçant des manchons antivibratiles en aval et en amont du ventilateur ;
- monter les moto-ventilateurs sur un socle désolidarisé de la structure porteuse par des dispositifs antivibratiles correctement calculés ;
- encoffrer les ventilateurs ;
- limiter la vitesse d'air dans les entrées et les sorties.

6.3. Eclairage

6.3.1. Niveau d'éclairement souhaité

La qualité du travail de décapage demande à l'opérateur une appréciation visuelle précise de l'efficacité de son travail. Or, son aisance est limitée par le port de la combinaison et entravée par la lance de sablage. Les pièces à décaper et leurs supports sont autant d'obstacles dont le contournement accentue le risque de chute de l'opérateur qui pourrait se trouver alors exposé au jet de grenaille.

Les recommandations existantes sur ce sujet (Dispositions générales sur l'éclairage ; NF X 35-103) fixent à 300 lux le niveau d'éclairement pour ce type de travail.

Dans une cabine de grenailage, obtenir cet éclairement demande une étude

de conception particulière qui fait intervenir plusieurs majorations. L'opérateur « voit » au travers de la « fenêtre » de sa cagoule, qui doit être changée dès qu'elle se dépoli (plusieurs fois par jour si nécessaire).

La difficulté de vision par défaut de transparence de la fenêtre de la cagoule portée par l'opérateur doit trouver une compensation appropriée dans les calculs. De surcroît, au cours de l'exploitation de nouvelles baisses sensibles de performances interviendront : la décroissance continue de l'émission lumineuse de toute source de lumière est majorée des effets des dépôts de poussières sur la surface transparente des appareils accrue éventuellement par le dépolissement s'il existe des projections de grenaille.

Enfin, la densité des particules poussiéreuses contenues dans l'atmosphère est une cause importante d'absorption des rayons lumineux qui diminue la quantité de lumière parvenant aux objets et de diffusion qui affecte la netteté de la vision des objets par l'œil humain.

6.3.2. Éléments de calcul d'un système d'éclairage

Le calcul d'éclairement fait intervenir certains paramètres qui doivent être adaptés au problème posé :

- le facteur de réflexion des murs ou plafonds est fixé aux valeurs correspondant aux couleurs sombres, soit 10 %, car une couleur claire et brillante si elle existe à l'origine se transformera rapidement à l'usage en une couleur sombre et mate ;
- le facteur de dépréciation est celui des locaux à fort salissement, soit 1,6 ;
- dans le calcul d'éclairement par la méthode de l'utilance, il faut multiplier le flux global F_t par 1,5 pour tenir compte à la fois de l'empoussièrement et du manque de transparence de la « fenêtre » de la cagoule.

6.3.3. Luminaires

Les luminaires devront présenter une résistance au choc correspondant à l'indice de protection IP 659. Le matériau transparent sera choisi pour sa résistance à l'abrasion.

6.4. Asservissement

La lance ou les lances de projection de l'abrasif ne doit pouvoir fonctionner que si toutes les portes d'accès à la cabine

sont fermées et si la ventilation et l'éclairage sont en fonctionnement. Ceci proscriit les montages de vannes à manœuvre manuelle pour la sortie d'abrasif de la sableuse.

La lance doit être équipée d'une poignée dite « homme mort » qui n'auto-rise la projection de grenaille que si l'arrêt est automatique en cas de chute... (lance posée au sol, problème de l'opérateur, etc.). Les différents systèmes existent : le système pneumatique monotube (déconseillé) ; le système pneumatique à 2 tubes ; le système électrique (recommandé).

Des liaisons électriques appropriés devront éviter l'arrêt de la ventilation à la fin d'une action de grenailage, alors que l'empoussièrement est encore important. Une méthode simple de réalisation consiste à coupler le fonctionnement de la ventilation avec celui de l'éclairage et à ne laisser apparente qu'une commande unique.

Une pré- et une post-ventilation sont nécessaires pour éviter l'accumulation de gaz, en particulier dans le cas des dépoussiéreurs humides.

6.5. Autres équipements

Un hublot doit être placé sur chaque porte d'accès. Il doit être protégé intérieurement par un dispositif manœuvrable de l'extérieur. Chaque porte d'accès pour le personnel doit être munie d'un dispositif antipanique. Un voyant de signalisation doit indiquer que la cabine est utilisée.

Bibliographie

- [1] Arrêté du 30 juin 1997 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2575 : « Abrasives sur un matériau quelconque pour gravure, dépolissage, décapage, graissage ».
- [2] Aération et assainissement des lieux de travail. Aide-mémoire juridique, TJ 5. INRS, Paris, 2007.
- [3] Prévention des incendies sur les lieux de travail. Aide-mémoire juridique, TJ 20. INRS, Paris, 2004.
- [4] Guide méthodologique pour la mise en œuvre des directives ATEX. ED 945. INRS, Paris, 2005.

Articles et ouvrages généraux

- Guide pratique de ventilation. 0 – Principes généraux de ventilation. Paris, INRS, 2005, ED 695.
- Guide pratique de ventilation. 1 – L'assainissement de l'air des locaux de travail. Paris, INRS, 2003, ED 657.
- Chauffage en veine d'air. Utilisation dans les cabines de peinture par pulvérisation *Cahiers de Notes Documentaires*, 1983, 110, ND 1406.

Normes

- ANSI/ASC Z9.4 – Ventilation and safe practices of abrasive blasting operations. 1985.
- NF EN 1020 – Générateurs d'air chaud à convection forcée utilisant les combustibles gazeux pour le chauffage de locaux autres que l'habitation individuelle, de débit calorifiques inférieur ou égal à 300kW (sur pouvoir calorifique inférieur), comportant un ventilateur pour aider l'alimentation en air comburant et/ou l'évacuation des produits de combustion.

- NF EN 14594 – Appareils de protection respiratoire – Appareils de protection respiratoire isolants à adduction d'air comprimé à débit continu – Exigences, essais, marquage.
- NF EN 481 – Atmosphère des lieux de travail. Définitions des fractions de taille pour le mesurage des particules en suspension dans l'air.
- NF EN ISO 9612 – Acoustique – Détermination de l'exposition au bruit en milieu du travail – Méthode d'expertise.
- NF EN 12215 – Installations d'application – Cabines d'application par pulvérisation de produits de peinture organiques liquides – Prescriptions de sécurité.
- NF X 10-112 – Mesure du débit des fluides dans des conduites fermées. Méthode d'exploration du champ des vitesses pour des écoulements réguliers au moyen d'un tube de Pitot double.
- NF X 10-141 novembre 1982 – Mesurage de débit de gaz dans les conduites fermées – Méthodes par traceurs – Partie 1 : généralités.

- NF X 35-103 – Ergonomie. Principes d'ergonomie visuelle applicable à l'éclairage des lieux de travail.
- NF EN 14491 – Systèmes de protection par évent contre les explosions de poussières.

Tableaux de maladies professionnelles

- 25 – Affections consécutives à l'inhalation de poussières minérales renfermant de la silice cristalline (quartz, cristobalite, tridymite), des silicates cristallins (kaolin, talc) du graphite ou de la houille.
- 42 – Atteinte auditive provoquée par les bruits lésionnels.
- 44 – Affections consécutives à l'inhalation de poussières ou de fumées d'oxyde de fer.
 - 1 – Affections dues au plomb et à ses composés.
- 61 – Maladies professionnelles provoquées par le cadmium et ses composés.

ANNEXE I

Critères de ventilation

• Configuration de la cabine

Introduction d'air neuf réchauffé en période froide et extraction sur 2 parois opposées pour avoir un déplacement vertical ou horizontal de l'air.

Privilégier le déplacement vertical de l'air surtout pour les cabines de grandes dimensions.

Assurer une bonne diffusion de l'air pour obtenir une répartition des vitesses la plus homogène possible.

• Débit surfacique

1 000 m³/h par m² pour un déplacement horizontal de l'air (section à ventiler = largeur × hauteur).

400 m³/h par m² pour un déplacement vertical de l'air (section à ventiler = longueur × largeur).

Augmenter les débits (+ 40 %) pour des opérations reconnues polluantes (émission importante de poussières comme pour le dessablage ou présence de produits toxiques chrome, nickel, cadmium, etc.) et pour les cabines de petites dimensions.

Pour tenir compte des cabines de grandes dimensions (par ex. : hauteur ≥ 7 m ou longueur ≥ 15 m), il faut dans tous les cas que le taux de renouvellement d'air par heure soit toujours supérieur à 80 en situation normale et à 120 pour les opérations très polluantes. Le taux de renouvellement est le rapport du débit d'air introduit dans la cabine exprimé en m³/h au volume de la cabine exprimé en m³.

• Recyclage

Le recyclage dans l'atelier ou dans la cabine ne doit pas être admis en dehors des périodes de chauffage.

ANNEXE II
Contrôle de la ventilation – Données techniques

Paramètres	Mesures et formules	Contrôle		Observations
		absolu	relatif	
Pressions	Conduit Dynamique en 1pt $Q = K1.S.(2.Pd/p)^{0,5}$	K1-0,8 à déconseiller	$Q1/Q2 = (Pd1/Pd2) \times 0,5$	Vmini-5 m/s (Pd-100 Pa) Sensible aux modifications de l'écoulement Peut rester à demeure (mesure en continu)
	Coude Différentielle R $Q = K2.S.(2dP/p)^{0,5}$	K2 est fonction du type de coude (conception), de R/D, du Reynolds à proscrire	$Q1/Q2 = (dP1/dP2)^{0,5}$	Vmini-10 m/s (dP-10Pa) Peu sensible aux modifications de l'écoulement ; fiable peut rester à demeure
Vitesses	Ouverture en aspiration ou en soufflage quadrillage X pts $Q = K3.S.(\sum_{i=1}^X (Vi/X))$	K très différents selon aspiration ou soufflage A l'aspiration K3~0,6-0,7 Au soufflage K n'est pas connu	$Q1/Q2 = V1/V2$	Anémomètre moulinet 100 Vmini ~ 1 à 2 m/s Ne peut pas rester à demeure
	Conduit en N pts (suivant norme NF X 10-112) $Q = S.(\sum_{i=1}^N (Vi/N))$ conduit en 1 pt $Q = K4.S.V$	Si un point voir mesure au tube de Pitot en 1 pt	$Q1/Q2 = V1/V2$	Anémomètre thermique Vmini ~ 0,2 à 0,3 m/s Ne peut pas rester à demeure

Il convient de veiller à l'étalonnage de l'anémomètre ou du manomètre.

K1, K2, K3, K4 = coefficient

S = section où se fait la mesure (m²).

P_d = pression dynamique (Pa).

dP = pression différentielle (Pa).

Vi = vitesse d'air au point i (m/s).

X = nombre de points de mesure dans une ouverture.

N = nombre de points de mesure dans une section.

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

Services prévention des CRAM

ALSACE-MOSELLE

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

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

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 88 14 33 02
fax 03 89 21 62 21
www.cram-alsace-moselle.fr

AQUITAINE

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

AUVERGNE

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

BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

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

BRETAGNE

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

CENTRE

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

CENTRE-OUEST

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

ÎLE-DE-FRANCE

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

LANGUEDOC-ROUSSILLON

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

MIDI-PYRÉNÉES

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

NORD-EST

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

NORD-PICARDIE

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

NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 22
fax 02 35 03 58 29
prevention@cram-normandie.fr

PAYS DE LA LOIRE

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

RHÔNE-ALPES

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

SUD-EST

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

Services prévention des CGSS

GUADELOUPE

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

GUYANE

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

LA RÉUNION

4 boulevard Doret, 97405 Saint-Denis cedex
tél. 02 62 90 47 00 - fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

MARTINIQUE

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

COLLECTION DES GUIDES PRATIQUES DE VENTILATION

0. Principes généraux de ventilation	ED 695
1. L'assainissement de l'air des locaux de travail	ED 657
2. Cuves et bains 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	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. Application par pulvérisation de produits liquides. Cas particulier des objets lourds ou encombrants	ED 906
10. Le dossier d'installation de ventilation	ED6008
11. Sérigraphie	ED6001
12. Deuxième transformation du bois	ED 750
13. Fabrication des accumulateurs au plomb	ED 746
14. Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine	ED 768
15. Réparation des radiateurs automobiles	ED 752
16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires	ED 760
17. Emploi des matériaux pulvérulents	ED 767
19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement	ED 820

