

Deuxième transformation du bois

SOMMAIRE

1. RISQUE	2
1.1. Nature des risques	2
1.2. Niveau de risque lié aux poussières	2
1.3. Valeurs de référence	2
1.4. Évaluation des risques pour la santé	3
2. MESURES GÉNÉRALES DE PRÉVENTION	3
2.1. Choix des machines	3
2.2. Organisation des ateliers	3
3. VENTILATION	4
3.1. Principes généraux	4
3.2. Caractéristiques de la ventilation dans les ateliers de deuxième transformation du bois	4
3.2.1. Dispositifs de captage	4
3.2.2. Raccordements des dispositifs de captage	6
3.2.3. Réseau de transport. Ventilateurs	7
3.2.4. Épuration de l'air	8
3.2.5. Rejet et recyclage	9
3.2.6. Air de compensation	9
3.3. Nettoyage	9
3.4. Conseils pratiques d'aménagement	10
3.5. Installations destinées plus spécifiquement aux travaux de finition	10
3.6. Dispositions constructives pour le mesurage. Réception	11
3.6.1. Mesures de concentration en poussières au recyclage	11
3.6.2. Mesures aérauliques	11
3.6.3. Conditions de réception	12
4. MESURES DE PRÉVENTION ASSOCIÉES	12
4.1. Bruit	12
4.2. Incendie. Explosion	12
5. DOSSIERSTECHNIQUES	14
n° 1 • Centre d'usinage	14
n° 2 • Centre d'usinage	15
n° 3 • Corroyeuse	16
n° 4 • Défonceuse à commande numérique	17
n° 5 • Dégauchisseuse	18
n° 6 • Perceuse multibroches	19
n° 7 • Poste de ponçage et égrenage	21
n° 8 • Ponceuse à bande horizontale	23
n° 9 • Scie circulaire à panneaux horizontale	25
n° 10 • Scie à format	27
n° 11 • Tenonneuse double	28
n° 12 • Toupie (travail à l'arbre)	29
n° 13 • Atelier : ensemble de machines	30
n° 14 • Petite entreprise de menuiserie	31
n° 15 • Installation d'aspiration à débit variable	33
LEXIQUE	35
BIBLIOGRAPHIE	35
ANNEXE : Réglementation	36

→ Jean-Claude Mahieu,
ingénieur à l'INRS, Paris,
animateur du groupe de travail
Guide de ventilation n° 12

→ Mise à jour du chapitre
Incendie. Explosion par le
groupe de travail Guide de
ventilation n° 12 animé
par Bruno Courtois (2001)

Deuxième transformation du bois

Ce document est destiné à fournir des réponses pratiques à toutes les personnes qui se posent un problème de conception, de réception, de conduite et de contrôle d'installations de ventilation dans les ateliers de deuxième transformation du bois.

Il ne traite que des points essentiels relatifs aux installations de ventilation. Il concerne l'ensemble des particules émises lors de la deuxième transformation du bois : copeaux, sciures, poussières ainsi que les poussières liées à certaines opérations telles que l'égrenage. Les autres nuisances, notamment les vapeurs émises au cours du vernissage, ainsi que les problèmes posés par le rejet des polluants dans l'environnement, ne sont pas abordés dans ce document.

• bois • poussière • ventilation • machine à bois • deuxième transformation

Ce document a été établi par un *groupe de travail* constitué sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie (CNAM) et comprenant des spécialistes de la CNAM, des Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS).

Il a été réalisé après consultation des organismes suivants :

- Union syndicale des constructeurs français de matériel aéraulique, thermique, thermodynamique et frigorifique (UNICLIMA) ;
- Centre d'études techniques des industries aérauliques et thermiques (CETIAT) ;
- Centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA).

L'objectif à atteindre est le maintien de la salubrité de l'air dans les locaux de travail. Le système de référence proposé est celui des valeurs limites pour les concentrations des substances dangereuses au niveau des voies respiratoires, que celles-ci soient issues soit de la réglementation soit de normes ou de recommandations établies par des organismes spécialisés en hygiène. Ces concentrations doivent être maintenues à un niveau minimal.

Les critères proposés constituent des recommandations propres à 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 conduites sur ce thème ou de modifications apportées sur le plan réglementaire.

C'est pourquoi ce guide sera réexaminé régulièrement et au besoin complété ou modifié. Le groupe de travail demande à toute personne ou organisme ayant des avis ou critiques à formuler sur ce document de bien vouloir les lui faire connaître (commentaires à adresser à l'INRS, en faisant référence au groupe de travail ventilation n° 12).

DOMAINE D'APPLICATION

Les données du présent guide de ventilation ont pour but la réalisation d'installations permettant d'assurer la protection des opérateurs contre les risques associés à l'inhalation de poussières de bois émises lors de toutes les opérations de débit, d'usinage et de finition.

Elles visent à :

- prévenir le personnel exposé contre tout risque d'altération de sa santé ;
- assurer des conditions de salubrité et de confort dans les locaux de travail.

1. Risque

1.1. Nature des risques [1 à 13]

Le travail mécanique du bois, lors des opérations de transformation telles que sciage, fraisage, perçage ou ponçage, produit des quantités importantes de sciures, de copeaux et de poussières. Ces dernières peuvent être dispersées dans l'air et inhalées par les personnes exposées pendant leur travail.

Outre les risques d'incendie liés à l'accumulation de matériaux combustibles et les risques d'explosion dans les zones où peuvent régner des fortes concentrations de poussières, comme par exemple dans les unités de dépoussiérage, les poussières de bois peuvent induire des pathologies telles que des cancers des voies respiratoires supérieures et des pathologies de type allergique (eczéma et asthme).

Les bois renferment sur le plan de leur composition chimique de la cellulose (40 à 50 % du poids sec), de la lignine (20 à 30 %) et une grande variété d'autres substances : sucres, résines, tanins, alcaloïdes, etc. Ces constituants sont variables suivant les essences et suivant d'autres facteurs tels que les facteurs climatiques ou la composition des sols.

Les particules inhalées pénètrent plus ou moins profondément dans les voies respiratoires en fonction de leur taille. Les plus grosses sont généralement arrêtées au niveau des voies supérieures (fosses nasales) ou des bronches, tandis que les plus fines peuvent parvenir jusqu'aux

alvéoles pulmonaires et s'y déposer.

Le dépôt répété de poussières de bois dans les voies respiratoires supérieures peut être à l'origine de cancers de l'ethmoïde (*fig. 1*) et des fosses nasales. Les variétés de bois exotiques ne sont pas les seules impliquées. D'autres essences (chêne, hêtre, châtaignier...) sont également associées à l'apparition de cancers. Les poussières fines atteignant le poumon profond peuvent y provoquer des lésions définitives graves comme la fibrose pulmonaire. Enfin, les poussières de bois peuvent provoquer des lésions d'irritations aussi bien au niveau de la peau que des muqueuses et entraîner des phénomènes de sensibilisation d'origine allergique (eczéma, rhinite, asthme) chez certains sujets.

L'arrêté du 18 septembre 2000 du ministère de l'emploi et de la solidarité complète l'arrêté du 5 janvier 1993 en ajoutant les travaux exposant aux poussières de bois à la liste des procédés cancérogènes.

L'ensemble de ces affections est reconnu dans le tableau n° 47 des maladies professionnelles.

Dans le cas de la transformation des panneaux de particules et de fibres, du formol peut être libéré. Ce produit irritant et allergisant pour la peau et les muqueuses oculaires ou respiratoires provoque des affections qui figurent au tableau n° 43 des maladies professionnelles.

1.2. Niveau de risque lié aux poussières [14 à 16]

La quantité de poussières générées dépend :

- de la nature du matériau usiné ;
- du type de l'opération effectuée ;
- des caractéristiques de la machine et des conditions d'usage.

Les outils utilisés sont généralement des outils circulaires qui se caractérisent par une vitesse de rotation élevée. Pour une même vitesse de rotation, la vitesse périphérique est d'autant plus élevée que le diamètre de l'outil est grand. Dans la pratique, les outils récents présentent des vitesses périphériques de plus en plus élevées dépassant parfois 90 m.s⁻¹.

Les opérations de nettoyage et de finition (ponçage, égrenage) sont parmi les plus polluantes.

Les niveaux d'exposition aux postes de travail dépendent des quantités de poussières générées par les machines, des dispositifs de ventilation installés et de la durée de présence des opérateurs.

Les concentrations qui ont été observées peuvent atteindre plusieurs dizaines de milligrammes par mètre cube.

1.3. Valeurs de référence [17, 18]

Afin de tenir compte des dépôts sélectifs des poussières dans les voies respiratoires liés à leur dimension, les hygiénistes ont l'habitude de distinguer plusieurs fractions des poussières dans l'air ambiant.

Poussières

Est considérée comme *poussière* toute particule solide dont le diamètre aérodynamique est au plus égal à 100 micromètres ou dont la vitesse limite de chute, dans les conditions normales de température, de pression et d'humidité relative est au plus égale à 0,25 mètre par seconde.

En pratique, on désigne sous l'appellation *poussières totales* l'ensemble des particules collectées conventionnellement à l'aide d'un dispositif aussi peu sélectif que possible, mais parfaitement déterminé.

Fraction inhalable

Elle correspond à l'ensemble des particules pouvant être inhalées (nez et bouche compris). Les plus grosses particules (50 à 100 μm) ne pénètrent pas en totalité dans les voies respiratoires durant l'inhalation.

Fraction alvéolaire

Elle correspond aux poussières pouvant pénétrer dans la région alvéolaire où ont lieu les échanges gazeux. La pénétration de ces particules dans la région alvéolaire décroît régulièrement jusqu'à un diamètre aérodynamique de 10 μm . Leur dépôt

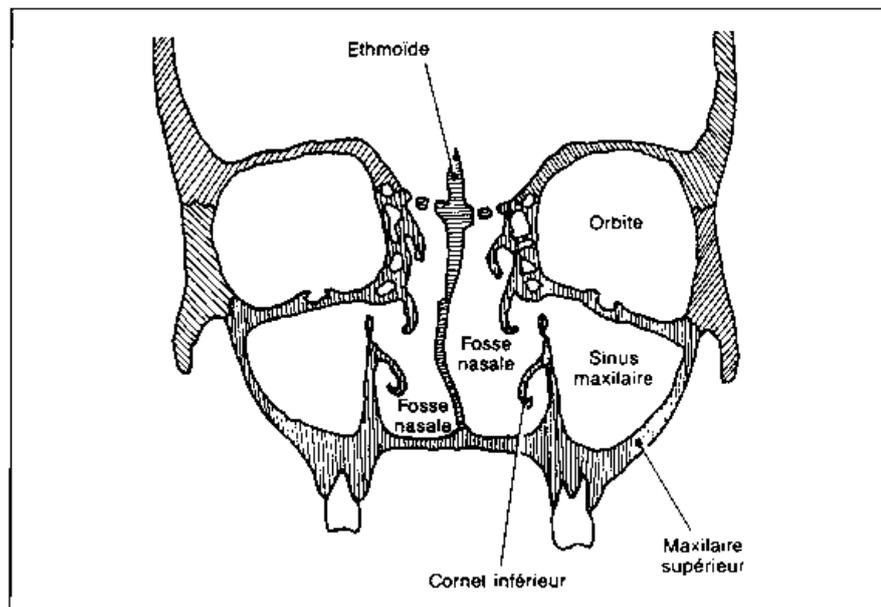


Fig. 1. Coupe frontale du massif facial montrant la situation de l'ethmoïde

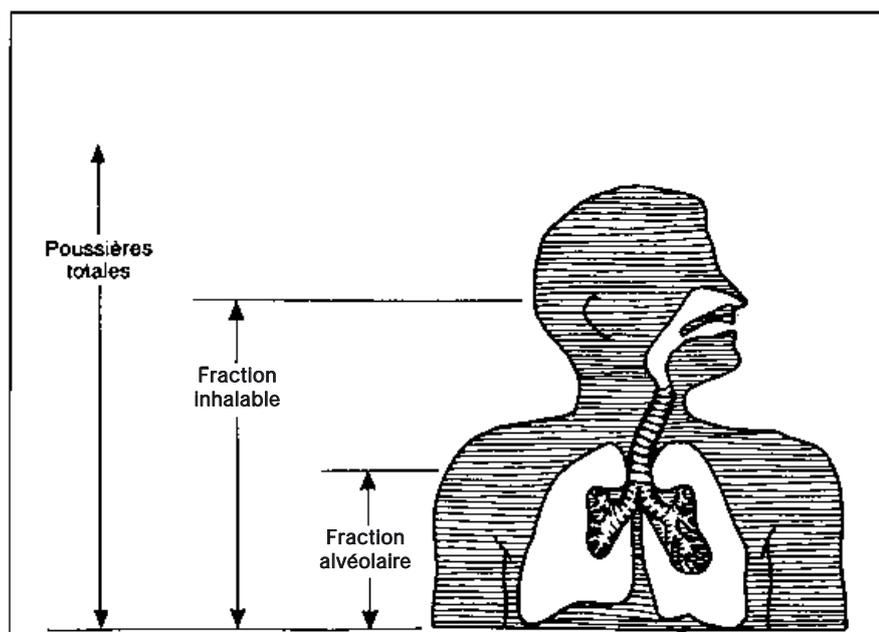


Fig. 2. Fractions conventionnelles des poussières de l'air ambiant

passer par un maximum vers $3 \mu\text{m}$. Les effets biologiques des poussières alvéolaires dépendent par ailleurs des mécanismes d'épuration. Dans l'air, elles sédimentent très lentement, créant des aérosols qui persistent longtemps après leur émission et ne s'apprécient pas bien visuellement.

Ces fractions sont définies dans la norme NF EN 481 : Atmosphères des lieux de travail. Définition des fractions de tailles pour le mesurage des particules en suspension dans l'air.

L'article R. 231-58 fixe, depuis le 1^{er} juillet 2005, une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) réglementaire contraignante, à ne pas dépasser dans l'atmosphère des lieux de travail, de 1 mg/m^3 . Il s'agit d'une limite de la moyenne pondérée sur 8 heures.

Cette valeur qui s'entend pour la fraction inhalable au sens de la norme NF EN 481 permet d'évaluer les risques dus à l'exposition aux poussières de bois à partir des concentrations mesurées au niveau des voies respiratoires d'une ou de plusieurs personnes. Cependant, le non-dépassement de cette valeur ne permet pas d'exclure formellement tout risque, en particulier le risque de cancer et d'asthme.

1.4. Évaluation des risques pour la santé [19]

L'exposition du personnel dans le travail du bois est appréciée à partir des prélèvements individuels. Pour tenir compte du fait que toutes les poussières de bois inhalées sont potentiellement impliquées dans

les risques de maladies professionnelles, le principe du prélèvement de la fraction inhalable est adopté comme base pour l'évaluation des risques de pathologie liés à ces poussières.

L'arrêté du 20 décembre 2004 précise la méthode de mesure (norme NF X 43-257). Il est important de noter que la valeur limite française de 1 mg/m^3 n'a de sens qu'associée à la méthode de mesure prévue par cet arrêté. La méthode détaillée est disponible sur le site de l'INRS [19].

2. Mesures générales de prévention

2.1. Choix des machines

Les machines à bois neuves, mises en service en vue d'une première utilisation, et celles qui, mises en service à l'état neuf après le 1^{er} janvier 1993, sont revendues en vue d'une nouvelle utilisation doivent être munies par construction, au plus près des sources d'émission des déchets, de moyens de captage permettant de les raccorder à une installation d'aspiration. (Code du Travail, article R. 233.84).

Les machines d'occasion, revendues en vue d'une nouvelle utilisation, doivent être réputées conformes aux règles techniques du décret 93-40 du 11 janvier 1993.

Toutefois :

- ces règles ne s'appliquent pas à celles qui ont été mises en service à l'état neuf

après le 31 décembre 1992 ; elles doivent être conformes à l'article R. 233-84 ;

- les machines mises en service à l'état neuf entre le 1^{er} avril 1981 et le 31 décembre 1992, réputées conformes aux règles techniques du décret du 15 juillet 1980 et/ou à celles des décrets verticaux applicables, sont réputées conformes aux règles techniques du décret 93-40 si la conformité a été maintenue (décret 93-40, article 7, 2^e alinéa).

Les chefs d'entreprise doivent tenir compte de ces différentes obligations lors de l'achat d'une machine neuve ou d'occasion. Ils doivent aussi prendre les dispositions nécessaires dans le cahier des charges visant des machines spéciales ou des installations spécialisées conçues pour leur propre besoin.

Les mêmes règles techniques s'appliquent aux machines maintenues en service dans la même entreprise à compter du 1^{er} janvier 1997 (décret 93-40, article 7, 1^{er} alinéa).

Des travaux de normalisation au niveau européen sont en cours. Les normes préciseront l'état de l'art en matière de conception des machines permettant de répondre aux règles techniques applicables, notamment celles relatives au captage des poussières et déchets produits lors de l'usinage du bois. Les constructeurs européens de machines à bois font des recherches pour faire évoluer cet état de l'art et optimiser sur les plans technique et économique certaines solutions de captage à la source qu'ils ont élaborées.

Cette obligation réglementaire et les spécifications normatives ne préjugent en rien des performances de captage des poussières. Il est recommandé aux utilisateurs de ces machines de rédiger des cahiers des charges précis qui prennent en compte les conditions d'utilisation (forme des pièces, situation de travail, etc.) afin d'atteindre les objectifs d'assainissement de l'air définis au paragraphe 1.3.

2.2. Organisation des ateliers [21]

Il convient de séparer les opérations émettant des poussières (exemple : usinage) ou des vapeurs (exemple : vernissage) de celles qui n'émettent pas de polluants (exemple : montage), afin de limiter le nombre de personnes exposées.

3. Ventilation [22, 23]

3.1. Principes généraux [24, 25]

La ventilation se compose de dispositifs *d'extraction* et de dispositifs *d'introduction d'air*.

Pour assainir l'atmosphère lors des opérations d'usinage du bois, la ventilation par captage localisé s'impose. Elle consiste à capter les poussières près de leur source d'émission avant qu'elles ne se dispersent dans l'atmosphère du local de travail et ne pénètrent dans la zone des voies respiratoires.

La salubrité de l'atelier ne pourra être valablement assurée que si l'ensemble des sources de pollution est traité. En effet, il sera impossible d'assurer une atmosphère salubre au poste de travail si l'air ambiant est lui-même pollué par des sources non traitées.

L'air rejeté à l'extérieur doit être compensé par des apports équivalents d'air neuf.

3.2. Caractéristiques de la ventilation dans les ateliers de deuxième transformation du bois [26, 27]

L'installation comprend l'ensemble des dispositifs de captage, le réseau de transport des déchets (copeaux et poussières), le système d'épuration de l'air, le rejet ou le recyclage de l'air et les dispositifs d'introduction d'air.

3.2.1. Dispositifs de captage

Pour assurer l'efficacité de l'aspiration, toutes les machines qui émettent des poussières doivent être équipées de dispositifs de captage permettant leur raccordement à une installation d'aspiration centralisée ou individuelle comme le prescrit la réglementation. Il incombe au chef d'entreprise d'effectuer ce raccordement.

Toute machine neuve doit être munie d'un (ou de plusieurs) dispositif(s) de captage adapté(s). Ce dispositif doit être une partie intégrante de la machine et il doit être fourni par le constructeur. Celui-ci doit indiquer le débit d'air, la perte de charge et le diamètre de raccordement.

L'efficacité de captage constitue le problème primordial pour l'assainissement de l'air des ateliers de deuxième transformation du bois.

Cette efficacité dépend de la conception du dispositif de captage, laquelle va déterminer le débit d'air qui lui sera associé [28, 29]. Un guide de l'INRS traite de la conception des dispositifs de captage sur machine à bois [30].

Caractéristiques de l'émission de poussières

■ Nature des matériaux

Les matériaux usinés sont variés (bois, médium, panneau de particules...). Leur structure est parfois hétérogène. La quantité des poussières émises et leur granulométrie dépendent de la nature de ces matériaux.

■ Vitesse de coupe

Les vitesses de coupe sont élevées (fréquemment de l'ordre de 60 m.s⁻¹). Elles peuvent même atteindre 90 m.s⁻¹. L'énergie cinétique des grosses particules est alors élevée. Bien qu'elles ne risquent pas d'être inhalées elles entraînent des particules fines dans leur sillage.

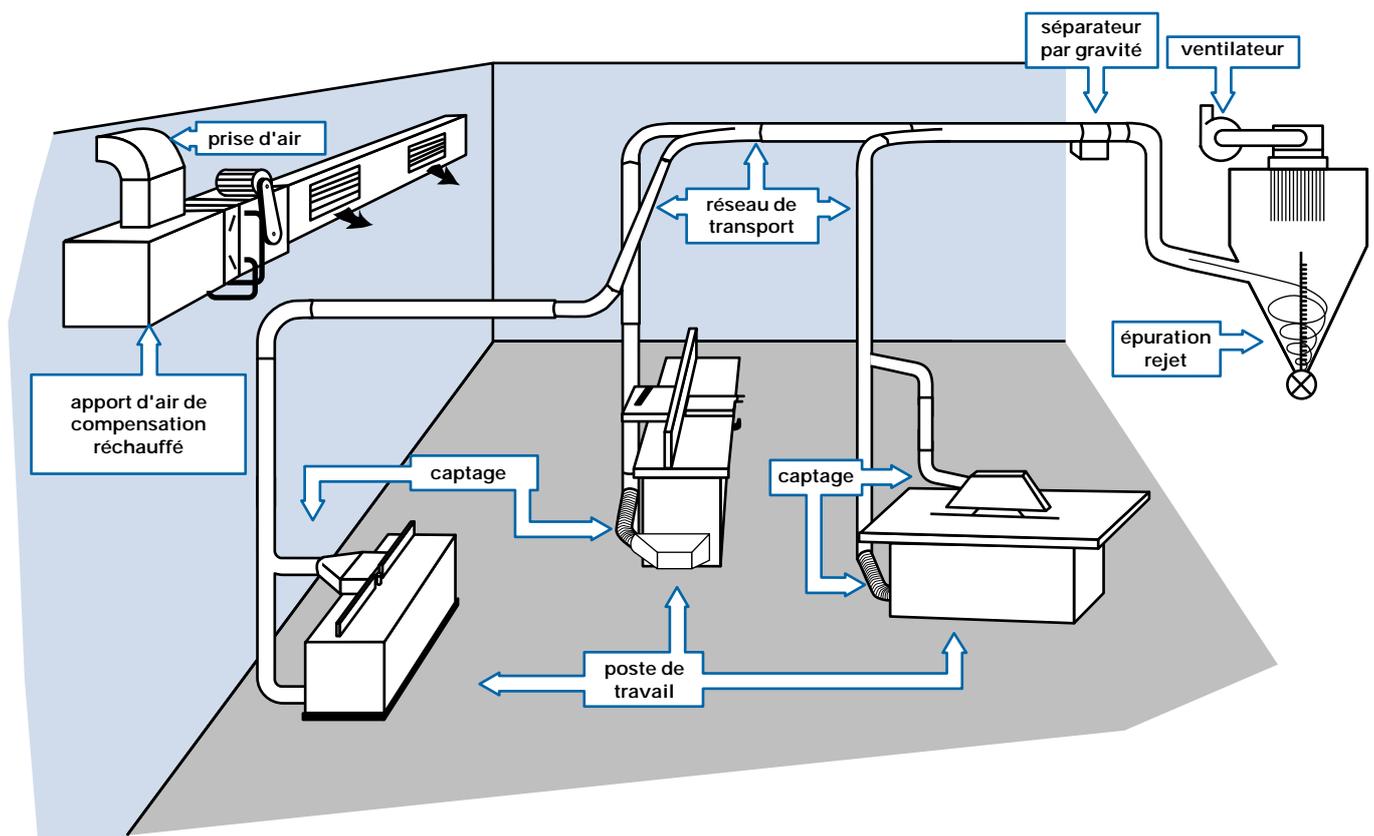


Fig. 3. Exemple de schéma d'une installation de ventilation

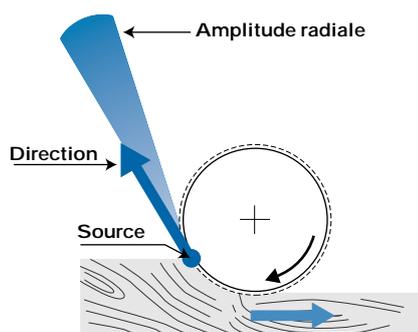
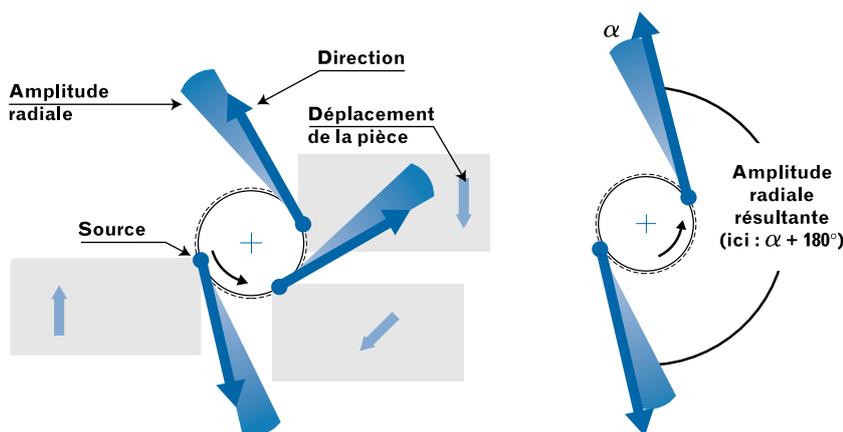


Fig. 4. Amplitude de projection. Source et direction fixes



Nota : 3 positions parmi l'infinité de positions occupées par la source au cours de cette opération d'usinage

Fig. 5. Amplitude de projection. Source mobile et direction variable

■ Amplitudes de la projection

Au cours d'une opération d'usinage déterminée, les projections s'effectuent à partir d'une source définie par les points de sortie du matériau usiné et dans une direction déterminée qui est en général tangente à l'outil en ces points.

Cette source et cette direction associée, fixes ou mobiles, déterminent une amplitude de projection résultante pour une opération d'usinage déterminée.

Prise en compte des caractéristiques de l'émission

■ Utiliser les mouvements des particules engendrés par les outils de coupe ou d'abrasion.

Chaque fois que possible, il faut s'efforcer de placer l'ouverture du capteur dans le sens de projection des copeaux et poussières, avec un dimensionnement prenant en compte les caractéristiques de l'émission.

Si la direction de la projection varie pendant l'usinage, il faut installer de préféren-

ce un capteur mobile sous réserve de conserver le rôle de protection pour l'opérateur. Ce capteur est conçu de manière à se déplacer toujours en face de la projection (toupies travaillant à l'arbre, détou-reuses, scies radiales).

En cas d'impossibilité, la géométrie du capteur doit être choisie en fonction de l'amplitude de projection au cours d'une opération d'usinage déterminée. On enveloppe toute la zone de production des

particules. Des capots enveloppants placés autour de la zone d'émission de particules ont pour effet de dévier les particules, permettant ainsi leur captage.

■ Envelopper au maximum la zone de production des particules

Assez souvent, l'émission de particules (copeaux, sciures et poussières) s'effectue sur toute la périphérie de l'outil, ces particules étant en partie entraînées dans la denture.

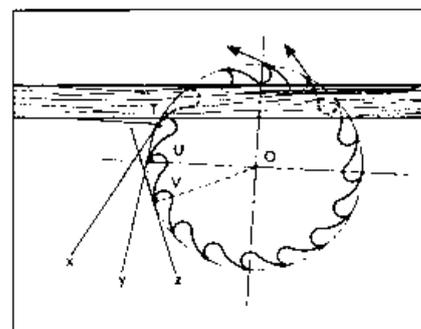


Fig. 6. Schéma de l'émission de particules par une scie circulaire

La plus grande partie de ces particules est toutefois projetée tangentiellement à l'outil au point de sortie de celui-ci par rapport au matériau à usiner.

En conséquence, il est nécessaire de les canaliser, par des parois matérielles, au moyen de capots enveloppants ; leur vitesse initiale est ainsi freinée, ce qui va permettre leur captage [24].

Les capots enveloppants sont une solution pour des machines où la projection des particules est omnidirectionnelle (fonction des contours ou formes à usiner ou à détourer) : centre d'usinage, tour...

Les parois matérielles en matériau rigide complétées par des parties en matériau souple (feuilles plastiques ou brosses) peuvent être ajoutées au bâti. La pièce elle-même ou son support peut constituer également une paroi.

Il convient de prendre en compte les

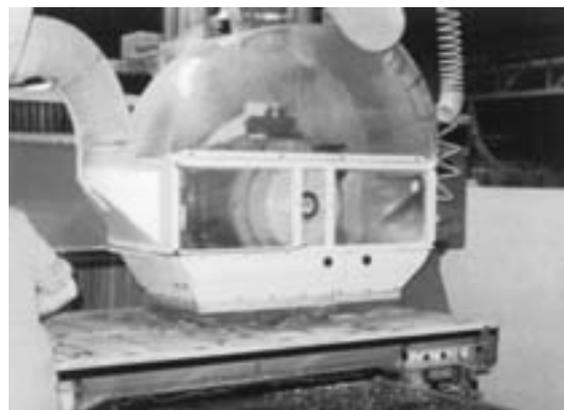


Fig. 7. Exemple de capot enveloppant

caractéristiques de l'émission pour toutes les opérations d'usinage prévues pour la machine considérée. Le constructeur prévoira donc autant de dispositifs de captage différents que nécessaire.

Ainsi, lorsqu'il est prévu de fonctionner suivant des modes de coupe différents sur une machine, pour un emplacement d'outillage de coupe déterminé (agrégat), il convient que la machine soit équipée d'un dispositif de captage pour chaque mode de fonctionnement (exemple : le travail en opposition, le travail en avalant).

■ Induire une vitesse d'air suffisante

La détermination de la configuration du dispositif de captage va définir une surface de reprise des copeaux à laquelle on associera des critères aérauliques (vitesse de captage). Le débit résulte du produit de cette vitesse par la surface de reprise.

■ Capturer au plus près de la zone d'émission

Le captage au plus près de la zone d'émission permet de maintenir une aspiration efficace avec des débits d'aspiration plus faibles (vitesse de captage suffisante pour l'évacuation des particules).

Il est difficile d'associer ces critères aérauliques à chaque type de machine en raison des nombreux paramètres dont dépend l'efficacité de captage (forme du capteur, vitesse et direction des particules émises...).

Une approche basée sur l'optimisation des capteurs à partir des mesures de l'efficacité de captage ou de l'indice d'assainissement permet un meilleur choix du débit d'aspiration [28]. Les deux exemples ci-dessous illustrent les résultats de ces travaux.

- Scies circulaires (à table et à format) (fig. 8)

Il était préconisé antérieurement un capteur au-dessous de la table de travail avec un débit d'air de l'ordre de 720 à 1 080 m³.h⁻¹.

Actuellement, les concepteurs proposent des machines équipées de deux capteurs (un au-dessous de la table et l'autre dans la cape protectrice au-dessus de la table) avec un débit total du même ordre que ci-dessus.

Les travaux entrepris par l'INRS ont montré toute l'importance de ce deuxième captage au-dessus de la table permettant un gain en efficacité de captage très net et par conséquent une réduction importante de la concentration de poussières inhables au poste de travail. En effet, pour un débit d'air total de 720 m³.h⁻¹ sur la machine (avec une répartition de 60 % pour l'as-

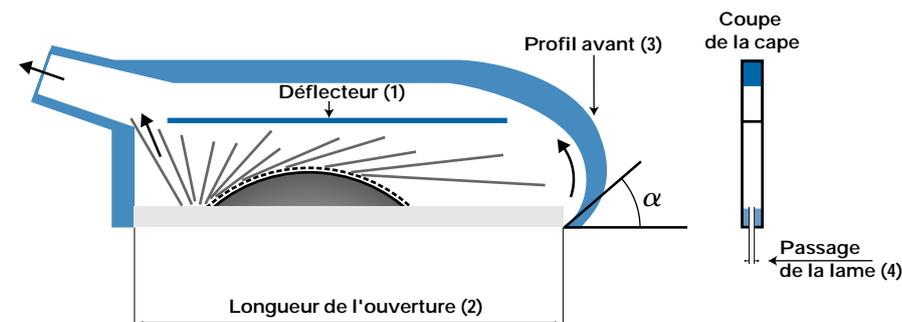


Fig. 8. Exemple de cape

piration basse et 40 % pour la cape), l'efficacité passe à 95 % alors qu'elle était de l'ordre de 70 % pour le même débit de 720 m³.h⁻¹, cape protectrice sans aspiration et une seule aspiration sous la table. Les concentrations de poussières dans l'environnement du poste ont aussi été divisées par 10.

Les essais ont fait apparaître que les capes aspirantes actuellement commercialisées et testées n'offrent pas la même efficacité de captage. Les écarts observés dans les mêmes conditions de test entre les différents systèmes proviennent essentiellement des variations de leurs formes géométriques intérieures.

La présence d'un déflecteur intérieur (1) limite la surface d'aspiration dans la cape et la réduit à deux petites ouvertures placées à l'avant et à l'arrière. Ceci a pour effet d'augmenter les vitesses d'aspiration nécessaires à la reprise des particules générées par la lame.

Le profil intérieur avant (3), incliné suivant un angle α (40° environ) ou curviligne, favorise l'écoulement de l'air et évite aux poussières d'être projetées vers la table de la machine.

Une cape longue (2) englobant éventuellement un inciseur utilisé pour certains travaux permet de reprendre plus facilement les poussières qui ont perdu une partie de leur vitesse initiale.

L'efficacité de captage peut être aussi améliorée en réduisant l'ouverture de passage de lame dans la cape (4). Les vitesses d'air élevées à cet endroit favorisent la reprise des poussières et donc limitent la fraction de celles qui échappent au captage.

- Scies à ruban (fig. 9)

Plusieurs solutions sont proposées pour capter les poussières sur les machines actuellement commercialisées.

Le dispositif (a) se caractérise par une aspiration raccordée à la partie inférieure du bâti, à l'opposé de la production des copeaux et sciures. Le dispositif (b), préconisé par certains constructeurs, capte les

poussières directement en sortie de lame sous la table de la machine.

Pour obtenir une efficacité minimale de 90 %, il serait nécessaire de mettre en œuvre un débit d'air d'environ 800 m³.h⁻¹ pour une bouche de 120 mm de diamètre et une vitesse de transport dans les conduits de 20 m.s⁻¹.

Le dispositif (c) caractérisé par un encoffrement partiel du volant inférieur et de la lame offre un meilleur captage des poussières (brevet 2735057 du 29 août 1997 et note scientifique INRS NS 0203 de janvier 2001).

Il permet d'atteindre des indices d'assainissement supérieurs à 90 % avec un débit d'air de 580 m³.h⁻¹. En effet, le mouvement d'air provoqué par la rotation du volant et de la lame insérés dans cet encoffrement vient s'ajouter au flux aspiré par la buse. Les deux flux ainsi combinés améliorent les performances de captage, permettant de réduire la concentration de poussières au poste de travail. Ce dispositif peut être adapté à d'autres modèles de scies (scie à ruban, à table).

Toute machine neuve doit être munie d'un (ou de plusieurs) dispositif(s) de captage adapté(s). Ce dispositif doit être une partie intégrante de la machine et il doit être fourni par le constructeur. Celui-ci doit indiquer le débit d'air, la perte de charge et le diamètre de raccordement.

3.2.2. Raccordements des dispositifs de captage

Si une machine est à l'origine de diverses émissions simultanées de particules de bois, il est souhaitable de rassembler dans un collecteur les conduits nécessaires à l'évacuation des polluants (vers le haut pour les réseaux aériens, vers le bas pour les réseaux souterrains). Cette disposition permet d'obtenir de la part du constructeur des captages équilibrés en fonction des nécessités de chacune des bouches aspirantes de la machine.

Le futur utilisateur et le constructeur ou le vendeur s'informeront réciproquement

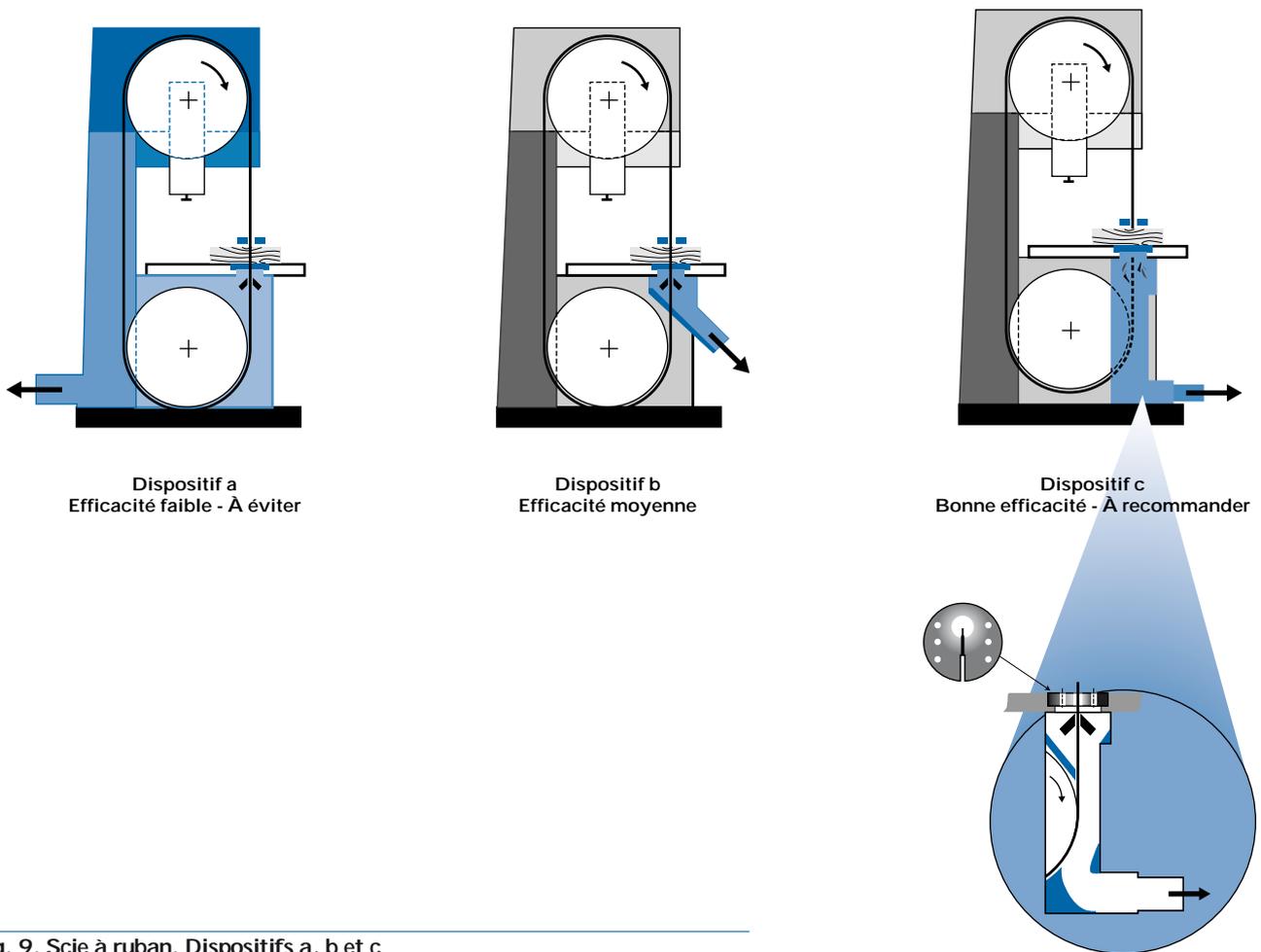


Fig. 9. Scie à ruban. Dispositifs a, b et c

des caractéristiques d'implantation de la machine, en particulier de son encombrement (dispositifs d'extraction et d'introduction d'air compris).

3.2.3. Réseaux de transport. Ventilateurs

a) Caractéristiques générales des réseaux

L'air pollué capté sur les lieux de travail doit être évacué, ce qui nécessite la mise en place de réseaux de transport.

Le dimensionnement et le choix des éléments constitutifs d'un réseau doivent prendre en compte divers facteurs tels que la vitesse optimale d'écoulement de l'air, les pertes de charge, les phénomènes d'abrasion, les nuisances acoustiques, la longueur des conduits, etc.

Pour toutes les caractéristiques comme les rayons de courbure des conduits et leur longueur, les jonctions, etc., il convient de se reporter au guide pratique de ventilation n° 0. Principes généraux de ventilation.

■ Vitesse de l'air

La vitesse d'air induite dans les conduits doit avoir une valeur minimale pour éviter les dépôts dans le réseau de transport, sans pour cela dépasser une valeur maximale raisonnable pour limiter le bruit.

Une vitesse d'air de l'ordre de $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ est nécessaire pour le transport des polluants particulaires.

Certains constructeurs recommandent d'aller jusqu'à $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour améliorer les

performances de captage mais il est préférable d'optimiser la conception et l'implantation du capteur plutôt que d'augmenter exagérément la vitesse d'air dans les conduits. Il convient de rappeler que la puissance absorbée est proportionnelle au cube de la vitesse d'air.



Fig. 10. Exemple de rotule et de tubes coulissants



Fig. 11. Exemple de conduits à lèvres

■ Pertes de charge

L'air s'écoulant dans un conduit subit une chute de pression totale appelée perte de charge. Les pertes de charge sont dues aux frottements de l'air sur les parois des conduits et aux turbulences dues aux irrégularités du parcours (changement de section, coude, orifice...).

Pour certaines machines qui comportent des sous-ensembles mobiles, par exemple les tenonneuses doubles, les conduits de raccordement au réseau doivent posséder une certaine flexibilité. Bien que fréquent, l'emploi de conduits annelés est à limiter car ils sont mal adaptés au transport des particules solides en raison des pertes de charge élevées et de leur fragilité. La longueur des conduits flexibles ne devrait pas dépasser 1 mètre sauf pour les machines munies de dispositifs de captage mobiles.

D'autres solutions sont mieux adaptées : rotules, conduits à lèvres, tubes coulissants, etc.

Il faut s'efforcer de limiter les fuites et déperditions en réduisant le nombre des éléments de raccordement, en choisissant des conduits dont les fuites sont maîtrisées par conception et en plaçant des joints souples à leur raccordements.

La nature du matériau est également un élément important à considérer : le frottement des particules sur les matières plastiques engendre de l'électricité statique qui, en se déchargeant, crée des étincelles susceptibles d'être à l'origine d'une explosion ou d'un incendie (voir § 4.2).

Le contrôle et le nettoyage du réseau de conduits doivent être rendus possibles par l'installation de portes de visites ou d'ensembles facilement démontables.

Les éléments des systèmes de ventilation, de captage, de filtration et d'épuration doivent être munis des dispositifs nécessaires à une vérification rapide de leur fonctionnement (prises de pression statique, indicateur de débit...).

b) Séparateur par gravité

Il s'agit d'un équipement destiné à débarrasser le réseau de transport des déchets lourds malencontreusement entraînés qui pourraient provoquer une détérioration du matériel (dépoussiéreur, ventilateur...).

Certaines machines comme les scies circulaires génèrent des déchets longs et étroits. Ceux-ci provoquent l'obstruction des conduits d'extraction. Pour pallier cet inconvénient, ces machines seront reliées au conduit d'extraction par l'intermédiaire d'un conduit de section plus importante munie d'une trappe pour évacuer manuellement ces déchets.

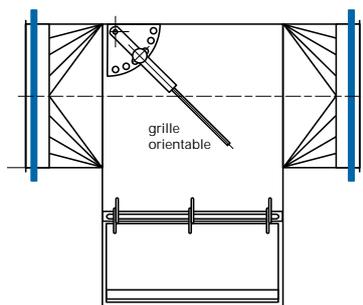


Fig. 12. Schéma d'un séparateur par gravité

c) Pièges à bandes

Pour réduire les risques d'incendie, un piège à bandes sera installé sur tous les conduits d'aspiration des machines utilisant des bandes abrasives telle que ponçeuse à bande. Une trappe de visite accessible en sécurité sera installée en amont du piège à bande au plus près du raccordement de la machine sur le réseau.

d) Ventilateurs

Le débit délivré par un ventilateur est à la fois fonction de ses caractéristiques et des pertes de charge rencontrées dans le réseau. Il sera choisi pour fonctionner

dans sa plage de rendement maximal.

Les ventilateurs centrifuges sont les mieux adaptés au transport pneumatique des déchets d'usinage dans l'industrie du bois. Ils permettent d'obtenir des débits moyens importants avec des dépressions élevées pour le transport de l'air dans des réseaux.

Le ventilateur devrait être placé après le dépoussiéreur de manière à fonctionner en air épuré, ce qui permet d'utiliser des ventilateurs à réaction à aubes profilées et d'obtenir ainsi un meilleur rendement qu'avec des ventilateurs à pales radiales.

Il est recommandé de placer les ventilateurs à l'extérieur des locaux de travail.

3.2.4. Épuration de l'air

Parmi les différents matériels de dépoussiérage utilisés dans l'industrie du bois, on distingue trois types d'épurateurs.

■ Les séparateurs par force centrifuge (cyclones)

Leur efficacité croît avec la vitesse périphérique donnée à la particule et le diamètre aérodynamique de cette dernière.

■ Les séparateurs à couche poreuse

Ces derniers se décomposent en manches en tissu ou feutre et filtres à cartouche.

Le pouvoir filtrant du média doit être conservé de façon à assurer le débit d'air extrait tout au long de l'utilisation, ce qui nécessite un décolmatage périodique. Celui-ci peut être mécanique ou pneumatique (contre-courant d'air).

Les filtres ne constituent jamais un barrage absolu aux poussières car les particules les plus fines ne sont pas piégées.

■ Les séparateurs combinant ces deux techniques

Une des caractéristiques essentielles des séparateurs est le taux de charge ou ratio du débit d'air sur la surface filtrante. Il est assimilable à une vitesse de passage au travers du média filtrant, exprimé en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Il est l'un des éléments sur lesquels on peut agir pour optimiser le rendement du séparateur. Le taux de charge pour les poussières de bois varie de 80 à $250 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ selon la technologie mise en œuvre et la nature du média filtrant employé (tissé, non tissé...).

L'accumulation de déchets de bois ne doit intervenir que dans des emplacements prédéterminés de l'installation d'extraction des copeaux et de poussières, et en respectant les capacités prévues.

Les séparateurs et les silos de copeaux et de poussières doivent être placés à l'extérieur des locaux de travail ou dans des pièces/bâtiments spécialement conçus à cet effet.

3.2.5. Rejet et recyclage [31]

Généralités

Le recyclage consiste à réintroduire l'air aspiré dans le local après épuration. Ce procédé, applicable lorsque les particules sont identifiées et éliminables par un procédé existant, est fortement déconseillé pour des polluants tels que les allergènes et les cancérigènes.

Le rejet à l'extérieur de l'air épuré est, en termes de risques, nettement préférable au recyclage.

Si, par dérogation à cette règle, on envisage le recyclage, celui-ci, qui ne se justifie que pour des raisons d'économie d'énergie, devra être limité aux périodes climatiques froides.

Auparavant, il conviendra d'étudier d'autres solutions qui permettent de réduire la consommation énergétique, comme par exemple :

- la diminution des débits mis en œuvre en optimisant l'efficacité des dispositifs de captage et en utilisant des réseaux à débit variable ajustable aux besoins des machines en fonctionnement ;
- l'utilisation de machines entièrement capotées permettant d'introduire de l'air neuf de compensation par un conduit à l'intérieur de l'encoffrement ;
- ou si possible, le chauffage de l'air par la combustion des déchets récupérés.

Enfin, pour que la comparaison sur le plan économique entre le procédé de recyclage et les autres soit complète, il faudra intégrer les coûts d'installation et plus particulièrement la maintenance (heures, fournitures...) spécifiques à ce procédé.

Mise en œuvre du recyclage

Sa mise en œuvre doit s'accompagner de mesures de protection complémentaires.

■ Épurateur adapté

Les dispositifs de séparation ou les dépoussiéreurs non équipés d'un dispositif de décolmatage automatique, les dispositifs autonomes équipant les tables d'égrenage et les groupes ensacheurs, etc., ne seront pas admis à rejeter l'air dans les ateliers compte tenu de leur mauvaise efficacité.

Les caractéristiques du filtre seront fonction du débit massique de poussière et du débit d'air. L'installateur précisera la nature du média, la surface filtrante du dépoussiéreur, la fréquence et le mode de décolmatage, le taux de charge du filtre (débit d'air par unité de surface de filtration).

■ Possibilité de rejet à l'extérieur

L'installation de recyclage comportera obligatoirement un conduit de rejet à l'extérieur (*by-pass*) utilisé en dehors des

périodes de chauffage des ateliers ou à tout moment en cas de défaillance du système de filtration qui doit être détectée par un dispositif de surveillance.

Le rejet à l'extérieur est également conseillé pendant la phase de décolmatage.

■ Contrôle de la qualité de l'air épuré

Il doit être effectué dans le conduit de recyclage à la mise en service et périodiquement au moins deux fois par an.

Des concentrations en poussières dans les conduits de recyclage inférieures au cinquième des valeurs limites d'exposition devraient permettre de traiter de façon satisfaisante un assez grand nombre de situations lorsque, par ailleurs, les systèmes de captage installés sont efficaces.

Pour la réalisation de cette mesure, une ou deux brides conformes à la norme NF X 44-052 seront placées sur le conduit de recyclage, de façon à satisfaire à l'obligation réglementaire de contrôle de la qualité de l'air recyclé.

■ Opérations régulières de maintenance

Elles seront effectuées selon les indications remises par l'installateur et notifiées dans le dossier d'installation. Certains installateurs proposent des contrats de maintenance et de suivi de l'installation.

■ Détection automatique en continu de la détérioration des manches ou cartouches filtrantes.

3.2.6. Air de compensation

Il est nécessaire de compenser les extractions d'air par une introduction équivalente d'air de compensation de manière à :

- assurer l'efficacité des dispositifs de captage (Code du travail, article R. 232-5-7). Un manque d'air de compensation produit une mise en dépression des locaux qui contribue à la diminution des débits d'air extrait ;
- éliminer les courants d'air perturbateurs provenant des ouvertures.

L'introduction de l'air de compensation peut être naturelle ou mécanique.

L'*introduction mécanique* (par ventilateur) est préférable ; elle permet un meilleur contrôle de l'apport d'air neuf et de sa diffusion dans le local. Elle permet d'éliminer les courants d'air provenant des ouvertures (portes, fenêtres) qui peuvent diminuer l'efficacité du captage, disperser les polluants dans tout l'atelier, provoquer un inconfort thermique pour le personnel et entraîner l'air provenant des zones « polluées » vers les zones « propres » ;

Qu'il soit neuf ou recyclé, l'air de compensation sera distribué en des endroits bien déterminés de façon à ce que sa répartition soit la plus homogène possible. Il doit être chauffé pendant la saison froide.

L'air neuf de compensation doit être pris à l'extérieur des ateliers, dans une zone où il n'y a pas de risque d'interférence avec des rejets d'air pollué.

3.3. Nettoyage

Malgré toutes les précautions prises, il reste sous les machines des copeaux et des poussières.

Pour enlever ces dépôts, la soufflette et le balai sont à proscrire.

Il faut adopter l'une des solutions suivantes :



Fig. 13. Exemple d'introduction d'air de compensation. Les conduits verticaux introduisent l'air neuf directement dans la cabine

- utilisation d'un pistolet aspirant ;
- utilisation d'un aspirateur industriel. Toutefois, dans ce cas, les poussières les plus fines sont recyclées dans les ateliers ;
- utilisation d'un conduit souple relié au réseau d'extraction. Le débit est amoindri par la forte perte de charge du conduit annelé. Cependant, ce dispositif évite tout dégagement intempestif de poussières ;
- installation d'un système de nettoyage centralisé sous forte dépression. Il s'agit d'un réseau indépendant à l'image du réseau sur outils portatifs. Les débits d'air nécessaires sont faibles, les conduits sont de faible diamètre. Il est possible de ceinturer l'ensemble de l'atelier comme cela se pratique pour l'air comprimé. À proximité de chaque poste de travail, on dispose d'une prise obturable sur laquelle on raccorde un conduit souple semblable à celui d'un aspirateur.

3.4. Conseils pratiques d'aménagement

Lorsque les machines ne fonctionnent pas toutes simultanément et que les temps d'usinage sont courts, il est conseillé d'en tenir compte pour la détermination du réseau d'aspiration (puissance, débit) et pour en faciliter l'utilisation.

Pour le débit à prendre en compte, le concepteur de l'installation de ventilation doit demander à l'utilisateur le nombre et le type de machines fonctionnant simultanément et en déduire le débit maximal à mettre en œuvre.

Sur un réseau classique (en épi) il est toutefois recommandé de ne pas descendre en dessous de 75 % de la capacité totale de fonctionnement, car sinon la vitesse d'air dans certaines branches du réseau pourrait chuter de manière trop importante et entraîner des dépôts.

En effet, si l'on ne ferme pas les registres des machines qui ne sont pas en fonctionnement, la vitesse dans les conduits terminaux va chuter. À l'inverse, si on ferme tous les conduits terminaux, le débit chute et par conséquent la vitesse dans le conduit principal devient trop faible pour transporter les déchets.

Il n'est pas rare que toutes les machines soient à l'arrêt en même temps. Dans ce cas, il n'y a aucune raison pour que l'installation d'aspiration reste en service (économie d'énergie, bruit). En revanche, il est nécessaire qu'elle soit remise en service, dès qu'une seule des machines est en marche, même pour des opérations de courte durée. Il est donc recommandé, dans ce cas, de faciliter cette mise en marche. Parmi plusieurs solutions pos-

sibles, la meilleure consiste à asservir la mise en route de la ventilation à la mise en marche de l'une quelconque des machines. Dans le cas de machines neuves, cette disposition doit figurer parmi les clauses du cahier des charges. Pour les machines existantes elle fera l'objet d'un accord avec le fabricant de la machine.

En cas de transformation de l'atelier impliquant la modification des machines et du réseau, il faut recalculer les caractéristiques de celui-ci.

Le choix d'une installation à débit variable ajustable aux besoins des machines en fonctionnement est recommandé car ce type d'installation maîtrise par conception les difficultés citées ci-dessus. Un exemple d'installation est décrit dans le dossier technique n° 15.

3.5. Installations destinées plus spécifiquement aux travaux de finition

Les travaux de finition peuvent être soit mécanisés, soit manuels.

S'il s'agit de travaux mécanisés (exemple : ponçage large bande), la réduction de l'empoussièrement passe par l'installation de réseaux d'aspiration localisés, développés précédemment.

Il reste à examiner le cas de travaux de finition manuelle ou avec outils portatifs, que ce soit le ponçage ou l'égrenage.

En ce qui concerne le mode opératoire, on rencontre trois cas.

Travail manuel à la toile ou au papier abrasif

Ce travail génère des poussières qui se maintiennent au contact de la pièce ou de la bande abrasive (en l'absence d'autre mouvement). Mais, dès que la pièce est déplacée ou changée de position, les poussières se répandent dans l'atmosphère. De toutes façons, il est généralement nécessaire de nettoyer la pièce en fin d'opération.

Travail à l'outil portatif

La vitesse de travail de l'outil crée une dispersion des poussières qu'il convient de capter avant qu'elles n'atteignent les voies respiratoires des opérateurs.

Dans le cas des outils portatifs pneumatiques (exemple : ponceuses), l'échappement d'air « de fonctionnement » est souvent proche de la zone travaillante émettrice de poussières et il perturbe fortement l'efficacité de captage des poussières.

L'utilisation d'un outillage portatif oblige l'opérateur à rester près de la source de

pollution. Du fait de cette proximité, l'efficacité du dispositif de ventilation peut être perturbée, notamment si l'opérateur fait écran lui-même au flux d'air aspiré.

Nettoyage lié à l'outil portatif

Très souvent, par commodité, il est effectué au moyen de « soufflettes » à air comprimé. Inévitablement, les poussières sont alors dispersées dans l'atmosphère, même s'il existe une aspiration à proximité.

Trois solutions sont rencontrées pour ces trois opérations (tableau I).

Table aspirante

Pour que l'aspiration soit efficace pendant le ponçage, il est nécessaire que :

- les dimensions de la table soient suffisantes par rapport aux dimensions de la pièce ;
- les pièces ne soient pas massives, car elles entraveraient l'écoulement de l'air.

La table aspirante est utilisable pour les pièces de petites dimensions manipulables par un seul opérateur et pour les pièces de faible épaisseur ne formant pas écran à la ventilation (pièces ajourées). Pour des pièces plus importantes et les pièces de faible épaisseur mais pleines (portes en particulier), elle doit comporter un dossier aspirant. Pour les pièces de grandes dimensions (exemple : meubles montés) la table aspirante n'est pas utilisable. Dans tous les cas, ce dispositif impose un débit d'extraction élevé.

Les dépoussiéreurs équipant les tables aspirantes (systèmes autonomes) ne seront pas admis à rejeter l'air dans l'atelier en raison de leur mauvaise efficacité. Compte tenu de la présence de poussières très fines (risque d'inhalation et risque incendie-explosion élevés), le recyclage des poussières de ponçage est à éviter dans tous les cas.

Cabine ventilée ou mur aspirant

On peut utiliser une cabine ouverte à ventilation horizontale ou une cabine fermée à ventilation verticale, notamment pour les pièces de grande taille. Néanmoins, dans les deux cas, le débit à mettre en œuvre sera très élevé.

Dispositif de captage des poussières sur outil portatif intégrant également le nettoyage final

L'aspiration se fait au travers d'un capteur adapté à la forme et au sens de rotation de l'outil, ou par l'intermédiaire du capot de protection de celui-ci ; elle prend en compte les poussières (particules) de toutes tailles, en n'utilisant que de faibles débits d'air (100 à 200 m³.h⁻¹) mais avec des dépressions d'air élevées (2 000 à 5 000 mm CE).

TABEAU I
CHOIX DES SOLUTIONS D'ASSAINISSEMENT
LORS DES OPÉRATIONS DE FINITION MANUELLES

		Ponçage et égrenage	Nettoyage
Pièces de petites tailles et/ou de faible épaisseur	Ponçage à la main	Table aspirante	Brosse aspirante
	Ponçage avec outil portatif	Table aspirante et/ou outil avec aspiration intégrée Pour les pièces de faible épaisseur formant écran à la ventilation (pièces pleines) il faut ajouter un dossier aspirant	Brosse aspirante
Pièces de toutes tailles (volumes)	Ponçage à la main	Cabine (de préférence à ventilation verticale)	Brosse aspirante
	Ponçage avec outil portatif	Cabine (de préférence à ventilation verticale) et/ou outil avec aspiration intégrée	Brosse aspirante

Ce type d'aspiration répond aussi à un souci d'économie d'énergie, notamment dans le cas où un traitement par ventilation générale (cabine) nécessiterait des débits d'air disproportionnés pour une efficacité équivalente.

Les fabricants de ponceuses portatives prévoient un dispositif de captage intégré à l'outil. Les conduits doivent être assez souples pour limiter les contraintes gestuelles et posturales de l'opérateur.

Certaines ponceuses portatives pneumatiques récentes sont équipées par construction de plusieurs conduits concentriques, l'un pour alimenter la machine en air comprimé, le deuxième pour recevoir cet air sortant de la machine, le troisième pour évacuer les poussières captées à la source.

L'ensemble de l'installation comprendra donc :

- les machines portatives à aspiration intégrée et les brosses aspirantes de nettoyage ;
- des conduits souples annelés raccordant les machines au réseau fixe ;
- un réseau fixe de répartition des bouches de raccordement sur les différents postes de travail, comprenant des vannes afin d'obturer les circuits non opérationnels et donc de limiter le débit global mis en œuvre ;
- un filtre séparateur ;
- un ventilateur haute pression, à la courbe débit/pression adaptée au réseau.

Dans les entreprises où seulement un ou deux postes sont en service simultanément, on pourra utiliser un aspirateur industriel.

Dans le cas d'un réseau fixe, l'air sortant du dépoussiéreur sera rejeté à l'extérieur ou assujéti aux mêmes conditions de recyclage que l'installation de captage sur les machines à bois. Dans le cas d'une installation de type aspirateur industriel, l'air sera rejeté à l'extérieur.

3.6. Dispositions constructives pour le mesurage. Réception

3.6.1. Mesures de concentration en poussières au recyclage

Une ou deux brides conformes à la norme NF X 44-052 seront placées sur le conduit de recyclage pour permettre à l'utilisateur de satisfaire à l'obligation réglementaire de contrôle de la qualité de l'air recyclé à la mise en service et périodiquement.

Chaque bride doit être réalisée avec un renfort pour pallier l'effet de levier créé par le porte-à-faux dû à la longueur de la canne de prélèvement.

Un espace suffisant doit exister autour de chaque bride pour permettre la mise en place de la canne de prélèvement.

La ou les brides seront installées si possible à l'intérieur de l'atelier pour per-

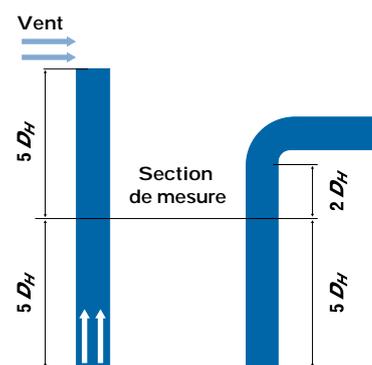


Fig. 14. Position de la section de mesure dans le conduit

mettre une intervention indépendante des conditions climatiques extérieures.

La section de mesure doit être placée, dans la mesure du possible, dans une portion rectiligne du conduit de forme et de diamètre constants répondant aux conditions ci-dessous :

- la distance amont doit être supérieure ou égale à 5 fois le diamètre hydraulique D_h ;
- la distance aval doit être supérieure ou égale à 5 fois le diamètre hydraulique D_h lorsque le conduit débouche à l'air libre (cheminée) ou lorsque les singularités situées en aval risquent d'avoir une incidence sur la mesure. Cette distance peut être réduite de $5 D_h$ à $2 D_h$ dans le cas contraire.

$$Da = 4 \times \frac{\text{section du conduit}}{\text{périmètre du conduit}}$$

3.6.2. Mesures aérauliques

Conformément à la réglementation, des prises de mesure seront réalisées sur les conduits pour permettre à l'utilisateur de mesurer les débits et les pressions à la mise en service et périodiquement (trous de 8 mm).

Au voisinage de la section de mesure, l'écoulement doit être sensiblement parallèle à l'axe du conduit.

Pour satisfaire à cette condition, la longueur droite entre la section de mesure et toute singularité en amont doit être d'au moins cinq fois le diamètre du conduit (section circulaire). De même, la longueur droite en aval sera d'au moins trois fois le diamètre. Ainsi, un conduit présentant un tronçon linéaire dont la longueur est au moins égale à huit fois son diamètre permet de satisfaire à cette prescription.

3.6.3. Conditions de réception

L'installateur fournira les éléments nécessaires à la constitution du dossier d'installation :

- valeurs de référence déterminées en fonction du taux défini d'utilisation en choisissant les machines les plus polluantes ;
- dossier d'utilisation ;
- dossier de maintenance.

Les mesures qui servent à caractériser le réseau sont les suivantes :

- débit d'air extrait sur chaque machine ;
- vitesses d'air et pressions statiques dans chaque branche du réseau.

Les mesures seront effectuées dans les conditions nominales de fonctionnement de l'installation. Les valeurs mesurées et les conditions de fonctionnement seront consignées au dossier d'installation.

4. Mesures de prévention associées

4.1. Bruit

Les installations de ventilation sont des équipements fixes ou mobiles de bâtiment dont le fonctionnement est le plus souvent générateur de bruit, source de gêne, d'inconfort, voire de nuisance importante. Il convient de réduire les effets de ce fonctionnement 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 84-1093 et 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 de travail en fixant notamment les niveaux sonores acceptables des installations de ventilation en fonction des activités exercées. En règle générale, le fonctionnement des installations de ventilation ne devrait pas majorer les niveaux moyens d'ambiance au poste de travail de plus de 2 dB(A), à moins que le niveau de pression acoustique engendré par ces installations ne dépasse pas 50 dB(A). Ces niveaux de pression acoustique sont mesurés à l'emplacement des postes de travail conformément aux dispositions du paragraphe 3.8 de la norme NF S 31-084 d'août 1987 rela-

tive 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.

Plus précisément, dans les ateliers d'usage du bois, le bruit dû à l'installation d'aspiration d'air, et éventuellement au recyclage s'il existe, devra permettre de conserver un niveau de pression acoustique moyen d'ambiance inférieur à 75 dB(A), bouches d'aspiration ouvertes. Les mesures seront faites avec les machines arrêtées.

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

- limiter la vitesse de transport de l'air dans les conduits ;
- 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 ;
- choisir, de préférence, des ventilateurs centrifuges à aubes profilées ;
- monter les moto-ventilateurs sur un socle lourd désolidarisé de la structure porteuse par des dispositifs antivibratiles ;
- capoter les ventilateurs ;
- encoffrer les manches filtrantes ;
- désolidariser le réseau en plaçant des manchons antivibratiles en aval et en amont du ventilateur ;
- suspendre les conduits à la structure par des dispositifs élastiques ;
- choisir les conduits d'aspiration et de refoulement avec une épaisseur appropriée et les traiter acoustiquement ;
- mettre en place un joint souple aux raccordements des conduits.

La norme NF EN ISO 11-688 : Acoustique. Pratiques recommandées pour la conception des machines et équipement à bruit réduit. Partie 1 : Planification, fournit des indications pour la conception des machines.

La norme EN 12-279 : Machines pour le travail du bois. Installation d'extraction de copeaux et de poussières. Performances relatives à la sécurité et prescriptions de sécurité, fournit une méthode de mesurage du bruit de ce type d'installation.

Il est recommandé à l'utilisateur de demander à l'installateur les indications sur le bruit émis conformément aux exigences de la Directive sur la sécurité des machines [20].

4.2. Incendie. Explosion [32, 33, 34, 35]

L'incendie et l'explosion constituent des risques importants dans l'industrie de la deuxième transformation du bois.

4.2.1. Incendie

L'incendie est une combustion qui se développe d'une manière incontrôlée dans le temps et dans l'espace en engendrant de grandes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants. L'énergie émise favorise le développement de l'incendie.

Les sources d'inflammation susceptibles de provoquer un incendie dans l'industrie du bois sont nombreuses. On peut citer, par exemple, le chauffage, les installations électriques, les décharges d'électricité statique, les étincelles ou échauffement d'origine mécanique mais également les phénomènes d'auto-inflammation qui peuvent notamment résulter de la fermentation des déchets.

Pour éviter les décharges d'électricité statique, il est nécessaire d'assurer l'équipotentialité des différentes parties de l'installation et leur mise à la terre.

La protection contre l'incendie doit être assurée en combinant les moyens suivants :

- conception et construction des bâtiments : compartimentage, séparation des activités (stockage, atelier, chaufferie, silo), désenfumage ;
- détection de l'incendie ;
- moyens de lutte contre l'incendie : mise à disposition d'extincteurs, installation de Robinets d'Incendie Armé (ou RIA) ou de colonnes sèches (séparateurs, silos), mise en place de systèmes d'extinction automatiques.

Dans le cas général, s'il y a incendie en fonctionnement, il y a retour de feu dans le sens du flux d'air par le recyclage en priorité. En conséquence, la propagation de l'incendie dans les conduits de recyclage doit être empêchée à l'aide de volets coupe-feu et de détecteurs de température arrêtant l'installation d'extraction lorsque la température est supérieure à 70 °C.

L'incendie dans les séparateurs et silos peut être provoqué à partir des conduits d'extraction. Inversement, ventilation arrêtée, un incendie peut se propager à partir de ces zones par ces conduits. Le clapet antiretour prévu au paragraphe 4.2.2 devrait limiter la propagation dans ce sens.

La mise en place d'un système de détection d'incendie et d'un dispositif d'extinction est recommandée. Dans l'état actuel des connaissances, on choisira de préférence un détecteur d'étincelles optique en amont du séparateur et des détecteurs

Chauffage

Pour éviter que le chauffage constitue une source d'inflammation, il faut proscrire les systèmes de chauffage à flamme nue ou ceux qui comportent une température de surface élevée (en particulier les systèmes rayonnants) et choisir de préférence des systèmes avec échangeur ou fluide caloporteur. Le chauffage direct en veine d'air, bien que pouvant être considéré comme système de chauffage à flamme nue, peut être utilisé. Ses conditions normalisées de conception et d'utilisation (NF EN 525) doivent être respectées et notamment le fonctionnement en tout air neuf de ce type de chauffage.

thermiques dans le séparateur et en aval. Un dispositif d'extinction éventuellement automatique est plus particulièrement recommandé dans les silos et éventuellement dans les filtres.

Les dispositifs de protection contre l'incendie doivent pouvoir remplir leur fonction à tout moment. Leur maintenance est importante, tout particulièrement pour les équipements installés dans le circuit d'extraction où circulent des quantités importantes de matière et où l'on peut trouver des particules de bois de taille importante et des corps étrangers.

4.2.2. Explosion

L'explosion est une réaction brutale d'oxydation entraînant une élévation importante de température et de pression.

Les machines à bois qui travaillent par usinage (sciage, fraisage...) et plus encore celles qui travaillent par usure (meulage, brossage et polissage) émettent des poussières de bois qui peuvent former des mélanges explosifs lorsqu'elles sont en suspension dans l'air.

Les caractéristiques d'explosivité des poussières dépendent des essences de bois, de la granulométrie des poussières, des conditions de stockage, de séchage ou d'autres opérations d'imprégnation. **La connaissance de ces caractéristiques est indispensable pour choisir les modes de protection les plus appropriés** (voir la référence [31]). La probabilité d'explosion devient faible pour des poussières de granulométrie supérieure à 200 µm.

Le risque d'explosion existe dans les zones où il y a des accumulations de poussières, et principalement dans les séparateurs et les silos.

La prévention des explosions peut être assurée :

- en éliminant les sources d'inflammation ;
- en empêchant la formation d'atmosphères explosives.

Il convient pour cela de limiter les dépôts de poussières qui sont à l'origine de la formation des nuages en assurant un **nettoyage fréquent de l'installation**

(voir § 3.3). On veillera également au remplacement régulier des filtres.

S'il n'est pas possible d'exclure totalement les explosions de poussières, ce qui est le cas pour la grande majorité des installations rencontrées dans l'industrie du bois, des dispositions doivent être prises pour s'assurer que l'explosion se déroulera sans entraîner de suites dangereuses. Les mesures envisageables sont alors les suivantes :

- La mise en place d'un dispositif de suppression de l'explosion qui détecte l'explosion à son stade naissant et l'étouffe dans sa phase initiale par une injection rapide de produit extincteur.
- L'installation d'évents de décharge de surfaces calculées par un expert, et disposés de telle sorte que la détente de la pression d'explosion soit orientée vers une direction non dangereuse. Ces éléments de décharge seront conçus de manière à empêcher l'éjection d'éléments dangereux en cas d'explosion ; ils seront de préférence déchirables. La norme expérimentale française U54-540 fixe des règles de calcul des évents de décharge sur les silos, celle-ci devrait être remplacée par deux normes européennes actuellement à l'état de projet : Explosion venting devices (CEB/TC 305/WG 3/SG 2) et Dust explosion venting systems (CEN/TC 305/WG 3/SG 5).
- La réalisation d'un « découplage technique » des différentes parties d'installation reliées entre elles par des conduits, en installant des dispositifs tels que : clapets antiretours, écluses rotatives, cheminées de décharge. Ces dispositifs permettent de s'opposer à la propagation d'une explosion locale vers une ou plusieurs autres parties de l'installation.

La propagation de l'explosion entre les zones à risque et les postes de travail, notamment par les conduits de raccordement, doit être empêchée par des moyens tels que ceux que nous avons évoqués précédemment. Il est à noter qu'une chicane à 180° combinée à un évent d'explosion (cheminée de décharge) ou toute autre protection d'efficacité équivalente doit être installée sur les conduits de recyclage d'air.

Il est parfois envisagé d'installer un double circuit de ventilation de manière à séparer les fines particules provenant, en particulier, des postes de ponçage et les autres déchets. Ceci peut se justifier lorsque ces déchets sont éliminés par brûlage et que le dispositif d'alimentation du foyer ne permet pas d'éliminer les risques de remise en suspension des poussières. Cependant, dans la majorité des cas, le circuit unique dans lequel les déchets de différentes tailles et les fines particules sont mélangées est préférable, car il conduit à une réduction de la masse de poussières fines par unité de volume d'air véhiculée.

Dans les zones à risque d'explosion, le matériel doit être conforme à la réglementation (décret 96-1010 du ministère de l'industrie).

Une directive européenne précise les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des personnes susceptibles d'être exposées au risque d'atmosphères explosives. Elle prévoit une classification des emplacements où des atmosphères explosives peuvent être présentes ainsi que des conditions à respecter dans chaque zone. Le chef d'établissement devra donc, entre autres mesures, délimiter les emplacements dangereux en zones :

- Zone 20 : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence ou durant de longues périodes ou fréquemment.

- Zone 21 : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles peut occasionnellement se former dans l'air en fonctionnement normal.

- Zone 22 : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se former dans l'air en fonctionnement normal ou bien, si une telle formation se produit néanmoins, n'est que de courte durée.

On peut proposer les délimitations de zones suivantes :

Zone 20 : intérieur des séparateurs (filtres, cyclones...), côté air chargé de poussières ; circuits relais (transport entre séparateur et silo) ; intérieur des silos.

Zone 21 : circuit dépoussiéreur (conduits entre machines et séparateur...).

Zone 22 : intérieur des séparateurs, côté « air propre » ; conduits de recyclage ; ambiance autour du filtre, côté « air propre ».

Le matériel doit être choisi en fonction de la zone où il va être installé, il devra être au moins IP 6x pour les zones 20 et 21 et au moins IP 5x pour la zone 22.

5. Dossiers techniques

Les dossiers techniques correspondent à des situations industrielles réelles. Ils sont destinés à présenter les différents dispositifs de ventilation, sous réserve des remarques suivantes :

- les solutions techniques adoptées n'ont pas toujours été optimisées ;
- la ventilation doit être adaptée à chaque cas particulier ;
- l'ensemble des dossiers techniques ne constitue pas une liste exhaustive de toutes les réalisations possibles. En ce qui concerne l'assainissement de l'atmosphère de l'atelier, *la solution ne peut être satisfaisante que si tous les postes qui émettent des polluants sont munis de dispositifs de captage raccordés à l'installation de ventilation* ;

- les prélèvements d'atmosphère sont le reflet d'un poste de travail précis à un moment donné. Les résultats ne doivent pas être extrapolés ;

- les prélèvements d'atmosphère ont été effectués soit dans l'ambiance, soit par prélèvement individuel au niveau des voies respiratoires des opérateurs en suivant les préconisations de la norme NF X 43-257. Les résultats indiqués correspondent à la moyenne des concentrations.

L'évaluation de l'efficacité de captage a été effectuée par la méthode du traçage à l'hélium (NF EN 1093-4 : juin 1996. Sécurité des machines. Évaluation de l'émission de substances dangereuses véhiculées par l'air. Partie 4 : Efficacité de captage d'un système d'aspiration. Méthode par traçage).

Les renseignements fournis par ces différentes méthodes sont de nature très distincte et ne doivent pas être confondus.

L'efficacité de captage est une caractéristique de la machine. Elle situe le niveau de performance des dispositifs d'aspiration mis en place. Cependant, elle ne permet pas de prendre en compte tous les paramètres qui régissent l'émission de poussières (voir § 1.2).

En revanche, les prélèvements de poussières effectués à la fois au niveau des voies respiratoires des opérateurs et dans l'ambiance permettent d'évaluer le niveau d'exposition mais ils renseignent peu sur l'efficacité des dispositifs d'aspiration d'une machine particulière, car il n'est généralement pas possible d'effectuer des mesures comparatives avec et sans aspiration en fonctionnement et de bien dissocier la pollution provenant de la machine de celle provenant de l'ambiance.

DOSSIER TECHNIQUE N° 1

CENTRE D'USINAGE

ATELIER

Un établissement de tapissiers en sièges de 900 personnes dispose d'un atelier d'usinage de bois massif et d'aggloméré, de calibrage et de ponçage.

INSTALLATION

La machine à tête revolver est répertoriée parmi les centres d'usinage à commande numérique.

La tête revolver est ici équipée de trois fois six outils permettant de réaliser trois pièces simultanément.

Par rapport aux séries précédentes, la tête perforée qui interdisait l'accès aux outils en fonctionnement a été remplacée par un capot plein transparent en polycarbonate.

L'air qui sert au refroidissement des moteurs pénètre dans le capot par des ouvertures pratiquées dans la tête revolver et assure le transport des poussières, sciures et copeaux.

L'aspiration se fait par deux bouches parallèles à l'axe de rotation de la tête.

Le bas du capot est prolongé par des toiles souples sur une hauteur de 10 cm.

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

Débit d'extraction : 9 000 m³.h⁻¹.

Concentration en poussières

Prélèvement individuel, fraction inhalable : 0,3 mg.m⁻³.

COMMENTAIRES

La modification des séries précédentes est tout à fait possible. L'entreprise avait déjà réalisé elle-même, sur un modèle plus ancien, une amélioration dans ce sens en remplaçant la tête perforée par un capot plein, en y adjoignant de part et d'autre des tuyaux de diamètre intérieur 8 mm qui soufflaient de l'air en direction des outils en cours d'utilisation.

Ce centre d'usinage doit être équipé d'un écran périphérique escamotable qui protège de la projection des pièces de bois en cas d'incident, tel qu'une coupure de l'alimentation électrique (la pièce étant maintenue en place par aspiration).



DOSSIER TECHNIQUE N° 2

CENTRE D'USINAGE

ATELIER

Dans une entreprise de menuiserie industrielle de fabrication d'escaliers, il a été mis en œuvre une nouvelle installation d'aspiration des poussières de bois, venant en complément de celle existant, avec des modifications des capteurs sur l'ensemble du parc machines. L'installation comporte huit réseaux indépendants avec chacun un ventilateur raccordé à deux dépoussiéreurs. L'air extrait est recyclé en période hivernale.

INSTALLATION

Le travail effectué sur le centre d'usinage est du détournage et du sciage. Pour éviter la pollution de la machine, du poste de travail et de son environnement, on empêche la sortie des projections de poussières de bois hors de l'enceinte grâce à un soufflage d'air par soufflettes silencieuses et la présence de bavettes souples. Puis les poussières sont aspirées par les buses de captage placées sur le capot. On note la présence de deux bouches de nettoyage raccordées à une conduite de diamètre 0,1 m et installées de part et d'autre du capot qui servent à aspirer les poussières s'échappant à l'arrière. L'ensemble des buses de captage se déplace en même temps que les chariots porte-outils et leurs conduits de raccordement sont reliés à un seul conduit à lèbres. La partie inférieure du capot est relevable pour accéder aux outils et procéder aux réglages.

RÉSULTATS**Caractéristiques aérauliques**

La vitesse d'air dans la conduite principale de diamètre 0,38 m est de $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, ce qui donne un débit d'extraction de $8\,165 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

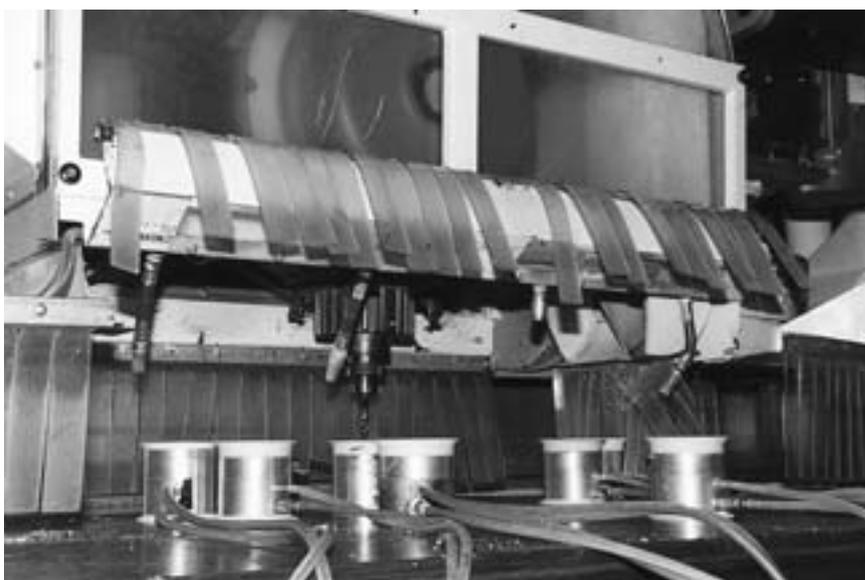
Concentration en poussières

Prélèvement individuel

Concentration en poussières inhalables = $0,8 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

COMMENTAIRES

Les bavettes souples doivent être changées régulièrement en raison de l'usure due au passage fréquent sur les panneaux de bois. L'efficacité de captage diminue fortement si le remplacement des bavettes n'est pas assuré.



CORROYEUSE Dispositif d'extraction localisée standard

ATELIER

Il s'agit d'un atelier de fabrication d'huisseries comprenant vingt machines réparties sur une superficie de 2 800 m² (70 m x 40 m).

Hauteur de l'atelier : environ 5 m.

L'air capté sur les machines est filtré et rejeté à l'extérieur des bâtiments.

INSTALLATION

La corroyeuse est implantée dans une partie de l'atelier exempte de courants d'air.

Lors des mesures, la machine était équipée de cinq outils : trois outils de diamètre 160 mm, deux outils de diamètre 120 mm.

Chaque outil est équipé d'un dispositif d'aspiration localisée standard conçu par le fabricant.



RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

La machine est dans une zone de l'atelier exempte de courants d'air ($V < 0,15$ m/s).

Les mesures ont été effectuées avec le capot ouvert et fermé.

Débit d'extraction estimé : 7 200 m³.h⁻¹.

Vitesse de l'air dans les ouvertures du capot : 1 à 1,7 m.s⁻¹.

Efficacité de captage : mesurée par gaz traceur

Efficacité moyenne de captage : avec le capot ouvert et fermé 100 %.

Efficacité minimale de captage :

- capot ouvert 94 %
- capot fermé 98 %.

Concentration en poussières

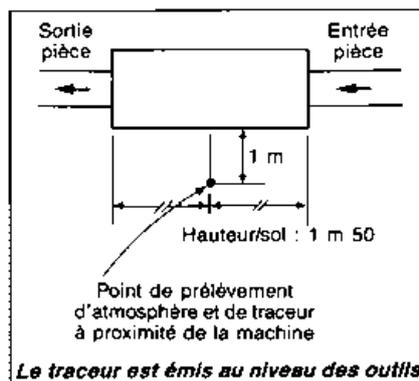
Prélèvements d'ambiance (fraction inhalable) qui ont été effectués à 1 m de la machine et à 1,50 m du sol :

- capot ouvert : 0,32 mg.m⁻³

- capot fermé : 0,15 mg.m⁻³.

Le temps d'usinage représente environ 80 % du temps de prélèvement.

Le bois usiné est du framiré.



COMMENTAIRES

Les dispositifs de captage mis en place permettent d'évacuer la totalité des poussières.

En revanche, le débit mise en jeu pour évacuer les copeaux et déchets est minimal : une diminution, même légère, du débit entraîne un bourrage des copeaux et des sciures dans les capteurs.

Il aurait été préférable de limiter la longueur des conduits flexibles sur cette installation.

DÉFONCEUSE À COMMANDE NUMÉRIQUE Dispositif de captage annulaire (dispositif original)

ATELIER

Cet atelier d'ébénisterie comporte vingt machines pour des travaux de débit, d'usinage et de ponçage de pièces diverses. Six opérateurs y travaillent.

INSTALLATION

Le réseau d'aspiration est constitué de 18 lignes d'aspiration indépendantes, raccordées directement au séparateur air/déchets.

Une ligne spécifique est raccordée à la défonceuse à commande numérique, son débit d'air est de $5\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Le dispositif de captage est de type annulaire : les projections de particules qui peuvent s'effectuer sur un angle de 360° sont arrêtées par des parois matérielles (balais) puis reprises vers le réseau de transport en raison de la vitesse induite dans l'anneau qui est de l'ordre de $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Le dispositif de captage d'origine a été déposé et reconçu entièrement. À l'origine, une partie du débit d'air utilisé pour le captage traversait le conduit où était disposé le moteur de broche. Il s'en suivait des bourrages et des échauffements du moteur provoquant des arrêts techniques.

Ce dispositif de refroidissement a été inversé. Un ventilateur de soufflage a été posé au-dessus du conduit contenant la broche. L'air refroidit correctement le moteur et il n'y a plus d'incidents techniques. Cet air est réintroduit dans le dispositif de captage où il contribue partiellement à la compensation d'air.

RÉSULTATS

Concentration en poussières

Prélèvements individuels – concentration en poussières inhalables : les prélèvements ont été effectués pendant les opérations de défonçage associées à des opérations de ponçage ou de sciage en temps masqué sur une machine à proximité. Les résultats obtenus sont respectivement $0,2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ et $0,5\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

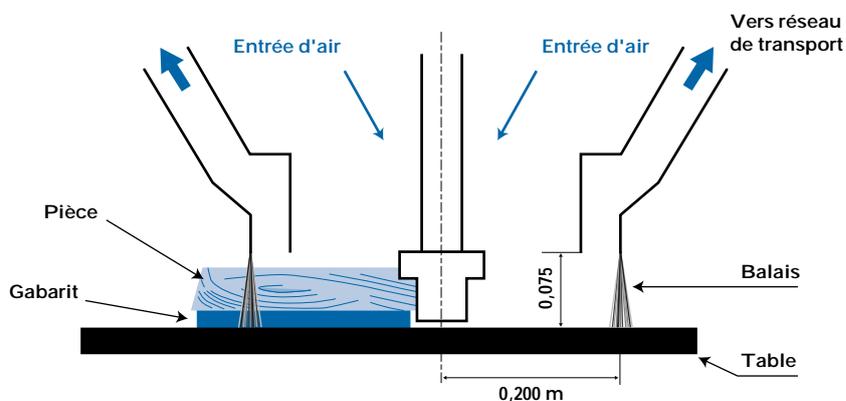
Prélèvements d'ambiance : deux séries de prélèvements ont été effectuées à poste fixe, en trois points à proximité de la machine pendant les mêmes périodes que les prélèvements individuels. La moyenne des concentrations mesurées est de $0,2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Vue générale



Vue rapprochée avec capteur ouvert



Vue en coupe d'un capteur annulaire sur 360°

COMMENTAIRES

L'efficacité du captage sur la défonceuse à commande numérique est très satisfaisante. Il n'y a plus nécessité de nettoyer la table après chaque changement de pièce.

DÉGAUCHISSEUSE Dispositif d'extraction sur la machine

ATELIER

L'atelier est situé dans un lycée technique. Il sert aussi à des industriels pour venir mettre au point de nouveaux produits nécessitant l'utilisation de machines dont ils ne disposent pas (centre d'usinage, défonceuse,...).

Une dizaine de machines sont implantées dans un local d'environ 950 m².

INSTALLATION

Caractéristiques de la machine

- largeur de table : 450 mm
- longueur outil : 400 mm

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

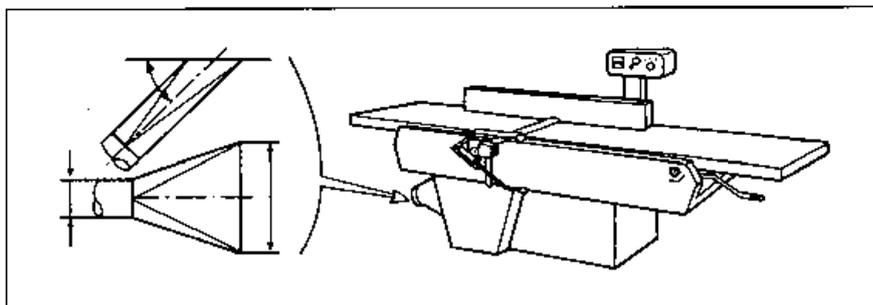
Débits d'extraction : 720 et 1 080 m³.h⁻¹

Les mesures ont été réalisées pour deux débits d'air : 720 et 1 080 m³.h⁻¹ (720 m³.h⁻¹ étant le débit pour lequel du fumigène généré au niveau de l'outil ressortait au-dessus de la machine).

L'efficacité de captage a été mesurée en mettant en œuvre la technique de mesure par gaz traceur.

L'émission s'est faite sous le protecteur à l'aide d'une rampe permettant de générer l'hélium à environ 2 m.s⁻¹.

Le bois usiné était de l'aggloméré de 30 mm d'épaisseur et 100 mm de largeur.



Le capteur est situé sous le porte-outil



Concentration en poussières

Prélèvement d'ambiance

Le prélèvement d'atmosphère a été effectué à environ 50 cm du point supposé d'émission des poussières dans la zone immédiate des voies respiratoires de l'opérateur.

À environ 0,5 m du point d'émission, fraction inhalable : < 1 mg/m³.

COMMENTAIRES

Le dispositif mis en place sur la dégauchisseuse est satisfaisant.

Il est à noter que les débits mis en œuvre sont souvent supérieurs à la valeur optimale, uniquement pour évacuer sans problème les copeaux générés.

Efficacité de captage	Débit	Débit
	720 m ³ .h ⁻¹	1 000 m ³ .h ⁻¹
Efficacité moyenne	98	100
Efficacité minimale	94	97

DOSSIER TECHNIQUE N° 6

PERCEUSE MULTIBROCHES

Dispositif d'extraction basé sur le principe d'aspiration-soufflage (dispositif original)

ATELIER

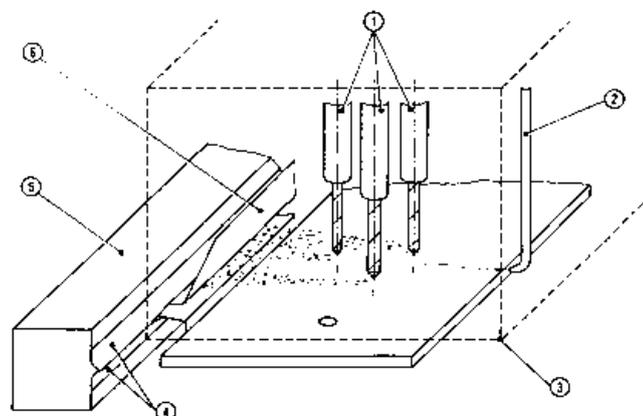
La perceuse multibroches à commande numérique permet le perçage à des cadences soutenues de trous de différents diamètres (elle permet également d'effectuer des rainures avec des fraises à queue).

Cette opération est à l'origine d'émission de poussières et de copeaux gênants pour l'opérateur mais également pour la productivité et la qualité du travail (nécessité de nettoyer la table et les butées après chaque changement de pièce).

INSTALLATION

La solution présentée est basée sur le principe d'aspiration-soufflage dit *push-pull* où soufflage et aspiration sont associés pour capter avec une excellente efficacité les poussières et les copeaux émis.

Le soufflage, dirigé sur l'axe des mèches (qui sont d'ailleurs alignées), se fait à l'air comprimé avec une pression de 4 bars.



Repère	Désignation
①	Broches
②	Soufflage d'air comprimé (asservi à la phase de travail)
③	Capotage enveloppant (solidaire de la tête mobile de perçage)
④	Lèvres
⑤	Rail d'extraction
⑥	Bouche de captage (solidaire de la tête mobile de perçage et se déplaçant entre les lèvres du rail d'extraction)

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

Débit d'extraction : $3\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Concentration en poussières

Prélèvements effectués dispositif en fonction :

- *prélèvement individuel*, fraction inhalable : $0,63\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$
- *prélèvement d'ambiance*, fraction inhalable : $< 0,2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Nature des bois travaillés lors des mesures : panneaux de particules agglomérées.

$h = 40\text{ mm}$

$H = 220\text{ mm}$

$D = 650\text{ à }900\text{ mm}$

Longueur : $1,10\text{ m}$

Capotage enveloppant

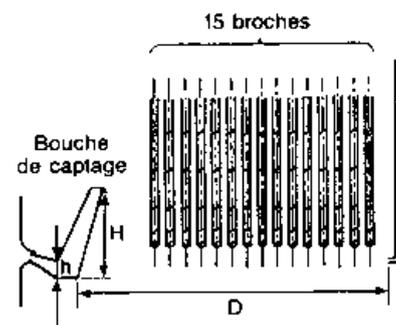
Dimensions : longueur = $1,20\text{ m}$

 largeur = $1,07\text{ m}$

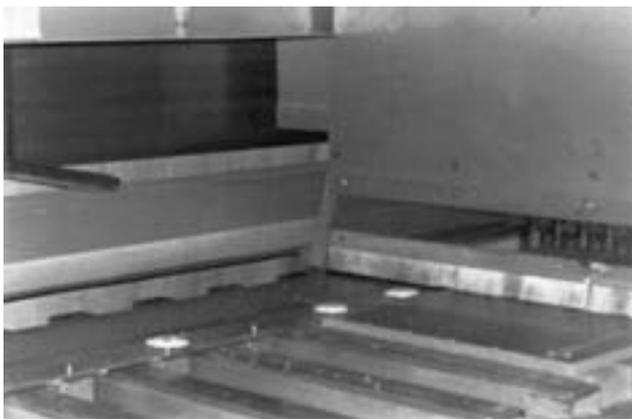
 hauteur = $0,90\text{ m}$

Ouverture panneau-capotage

(introduction d'air) : 90 mm .



Schéma, vue de face



Vue du capotage à gauche avec les balais réduisant les pénétrations latérales de l'air.
A gauche : rail d'extraction avec ses lèvres.



Vue d'ensemble.
Capotage enveloppant de la tête de perçage ; panneau en polycarbonate pour visualiser le travail.
A gauche : le rail d'extraction avec ses lèvres.

COMMENTAIRES

L'originalité de ce dispositif d'extraction réside dans la mise en œuvre d'un principe d'aspiration-soufflage qui s'avère être particulièrement efficace.

L'utilisation d'un rail d'extraction à lèvres et d'une étrave raccordée à la bouche de captage qui se déplacent avec la tête de perçage permet de limiter le débit d'extraction tout en assurant un captage efficace des poussières dans la zone de travail.

Le soufflage d'air comprimé est bruyant ; cependant il est asservi à la phase de travail, c'est-à-dire qu'il n'est pas permanent.

De plus, le bruit est diminué par la présence du capot enveloppant qui canalise le flux d'air.

La fonction remplie par ce système de ventilation a des répercussions bénéfiques sur la fonction productivité, sur la qualité et sur les conditions de travail.

POSTE DE PONÇAGE ET ÉGREPAGE

Dispositif de captage pour poste de ponçage manuel ou à l'outil portatif

INSTALLATION

Les opérations de ponçage s'effectuent soit manuellement, à l'aide d'une cale à poncer ou d'un tampon, soit avec un outil portatif.

Le poste de travail est adapté aux pièces élémentaires planes ou non planes d'épaisseurs inférieures à 100 mm.

Les petits objets de faible volume sont également acceptés.

La largeur limite acceptable pour les pièces planes de grande longueur est de 2 m.

Le ponçage des pièces s'effectue non seulement sur le dessus mais également sur les chants droits ou en forme (arrondis, postformés, etc.)

L'installation de ventilation est constituée d'une table de travail intégrant :

- un dispositif d'aspiration frontal à une hauteur de 100 millimètres du plan de travail ;
- un dispositif d'aspiration périphérique en bordure de table (sur trois côtés).

La combinaison de ces deux dispositifs d'aspiration permet d'obtenir un volume « efficace » (voir figure ci-dessous) dans lequel une vitesse d'air induite permettra le captage et l'évacuation des poussières.

Description du dispositif d'aspiration :

- la table comporte un plateau de travail disponible pour le ponçage de 2,00 m de longueur et de 0,50 m de profondeur ;
- suivant leurs dimensions, les pièces sont glissées sous le dispositif d'aspiration frontal ;
- la goulotte périphérique permet le travail de ponçage en bordure de pièce (chants) ;
- l'aspiration sur la surface plane s'effectue soit par aspiration frontale, soit en périphérie, en fonction de la proximité relative des orifices d'aspiration (voir la première figure).

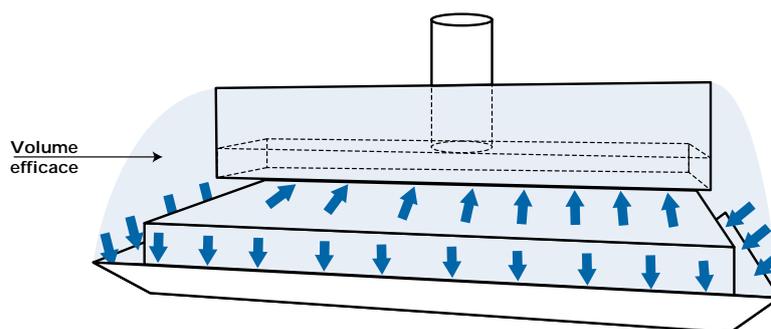
Aspiration frontale

Elle est assurée par un caisson de répartition et une fente d'aspiration située à la partie inférieure du caisson.

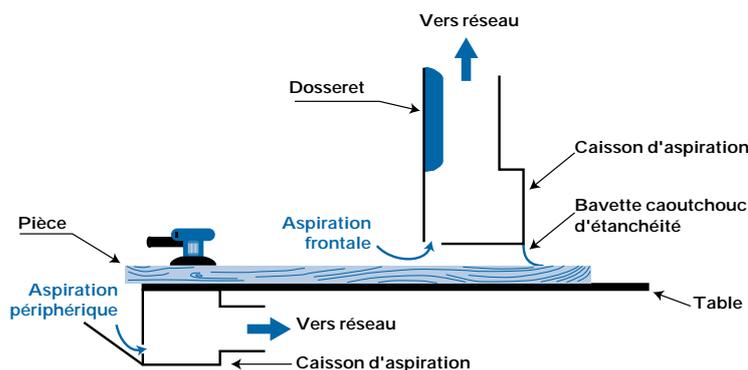
La bavette caoutchouc obture l'arrière de la table tout en laissant possible le passage de la pièce. Cette bavette caoutchouc optimise l'efficacité de l'aspiration frontale (voir la deuxième figure).

Aspiration périphérique (trois côtés) en bordure de table

Elle est assurée par un caisson de répartition, intégré à la table et une fente d'aspiration en partie basse. Une bavette en caoutchouc à 45 °C optimise l'efficacité de l'aspiration en



1. Schéma de l'installation



2. Vue en coupe



bordure de table sans gêne pour l'opérateur (voir la deuxième figure).

Il convient de remarquer que :

- le nettoyage des pièces et de la table peut se faire par brossage ou essuyage vers les goulottes d'aspiration ;

- les machines portatives à aspiration intégrée peuvent être raccordées à la tuyauterie d'aspiration des tables. Le raccordement de leur orifice de sortie s'effectue par tuyau souple ;

- le réglage en hauteur du plan de travail est possible.

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

Débit d'aspiration en bordure de table : $0,54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ soit $1\,950 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Aspiration en surface de table (avec dosseret de $0,50 \text{ m}$) : $0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ soit $2\,900 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Débit total : $1,34 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ soit $5\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Concentration en poussières

Prélèvements individuels

Concentration en poussières inhalables pour des travaux de ponçage manuel au tampon ou à la cale à poncer et à l'aide de ponceuse vibrante portative : les résultats obtenus sur deux prélèvements sont respectivement $0,42$ et $0,70 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

COMMENTAIRES

Les mesures d'empoussièrement confirment l'efficacité de ces tables de ponçage avec aspiration. Ce type de table est particulièrement utile pour les opérations de finition de pièces planes.

DOSSIER TECHNIQUE N° 8

PONCEUSE À BANDE HORIZONTALE

ATELIER

Il s'agit d'un atelier de lycée comportant une dizaine de machines réparties sur une superficie de 400 m².

L'air est recyclé en totalité.

INSTALLATION

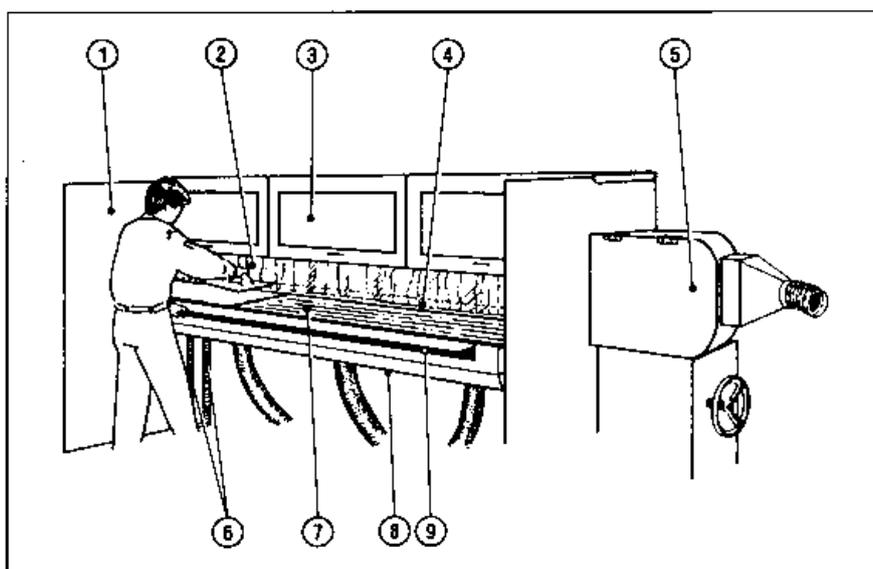
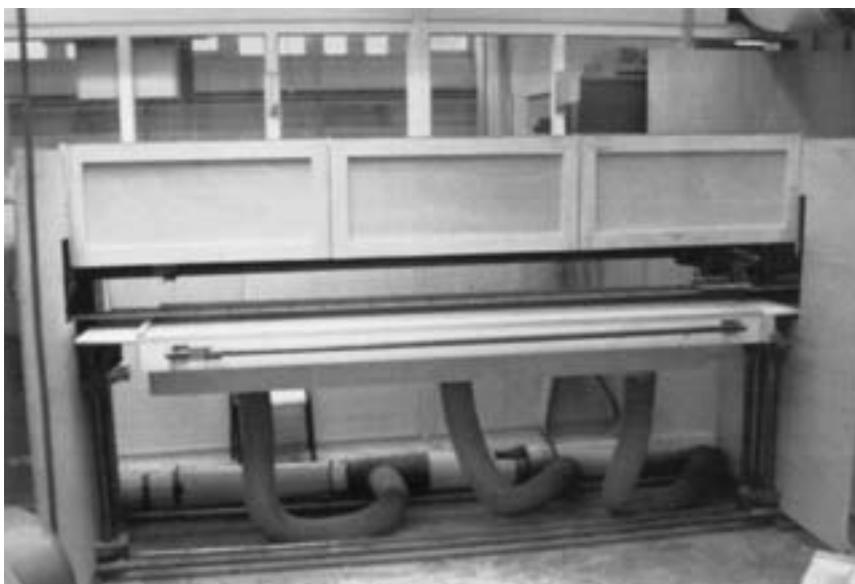
- la largeur de la bande est de 150 mm, sa vitesse de 15 m.s⁻¹ ;
- la bande défile de la droite vers la gauche ;
- la table mobile (735 x 2 240 mm) est constituée d'un caisson aspirant fermé en partie supérieure par des lattes non jointives ;
- l'aspiration s'exerce ainsi au travers de sept fentes de 12 x 2 200 mm ;
- les vitesses d'air dans les fentes sont comprises entre 0,9 et 1,5 m/s ;
- le débit est de 730 m³.h⁻¹ ;
- les tambours et le brin supérieur sont encoffrés ;
- en partie avant, l'encoffrement descend jusqu'au niveau de l'axe des tambours ; à l'arrière, l'encoffrement est complété par des rideaux souples destinés à améliorer l'étan-

chéité suivant le positionnement en hauteur de la table ;

- une porte ménagée dans l'encoffrement permet d'accéder au brin supérieur de la

bande qui est utilisé pour poncer des pièces courbes (cintres, dossiers de chaises) ;

- l'encoffrement est relié au réseau d'extraction des poussières par deux piquages



Repère	Désignation
①	Écran latéral
②	Rideaux souples à l'arrière de l'encoffrement
③	Porte relevable donnant accès au brin supérieur de la bande abrasive
④	Brin inférieur de la bande abrasive
⑤	Encoffrement du tambour
⑥	Vis de réglage de la hauteur de la table
⑦	Fentes aspirantes
⑧	Caisson aspirant
⑨	Barre de déplacement avant-arrière de la table

latéraux installés de part et d'autre dans le prolongement de la bande ;

- le débit est de 1 460 m³.h⁻¹ dans un des piquages et 1 910 m³.h⁻¹ dans l'autre.

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

Débit d'extraction par les sept fentes : 730 m³.h⁻¹.

Débits d'extraction par les deux piquages latéraux :
1 460 m³.h⁻¹
1 910 m³.h⁻¹.

Débit d'extraction total : 730 + 1 460 + 1 910 = 4 100 m³.h⁻¹.

Concentration en poussières

Le grain de la bande P60 est resté le même durant toute l'intervention. Pour chacun des différents bois testés, il a été effec-

tué un prélèvement à poste fixe à 30 cm du coffre, 60 cm de la table et de chaque côté de l'opérateur et un prélèvement d'ambiance à 1,5 m derrière l'opérateur pour s'affranchir de l'empoussièrement imputable au reste de l'atelier.

Fraction de poussières prélevée : fraction inhalable.

	Acajou (mg.m ⁻³)	Chêne (mg.m ⁻³)
Opérateur	< 0,2	1,0
Côté gauche	< 0,2	0,9
Côté droit	< 0,2	0,7
Derrière l'opérateur	< 0,2	0,2

COMMENTAIRES

Les mesures de concentration en poussières confirment l'efficacité de ce système de captage.

DOSSIER TECHNIQUE N° 9

SCIE CIRCULAIRE À PANNEAUX HORIZONTALE
Dispositif d'extraction

ATELIER

Dans une entreprise d'agencement de magasins et de cuisines, de nombreuses machines dont une scie circulaire à panneaux horizontale sont implantées dans un atelier de 1 500 m².

INSTALLATION

Principe : La machine sert à découper des panneaux posés à plat sur une table. La découpe est amorcée par un inciseur de diamètre 150 mm qui se trouve sous le panneau, puis réalisée par la lame principale de diamètre 350 mm. Ce groupe de scies circulaires se déplace longitudinalement sur plus de 4 m.

Captage des poussières

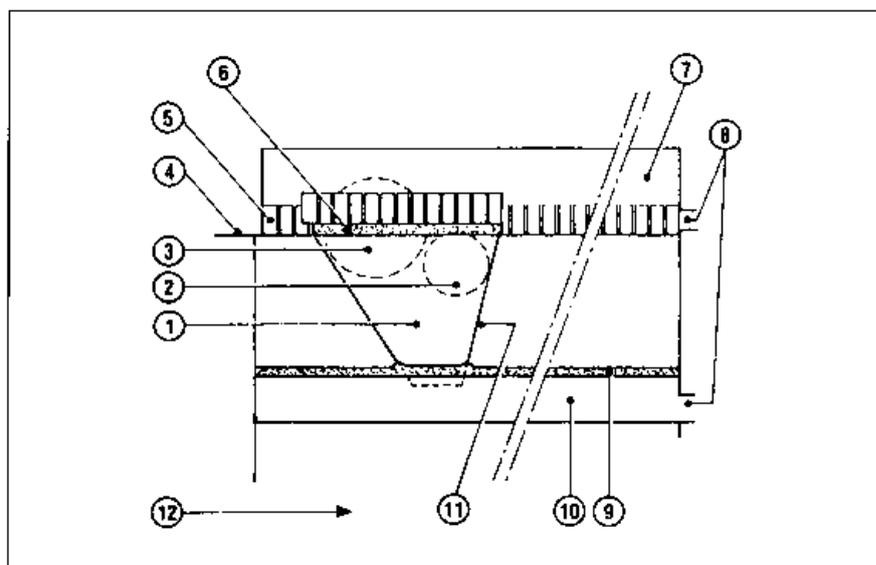
Les poussières émises sont captées sur le dessus du panneau dans un capot en forme de poutre qui coiffe la scie principale. L'étanchéité de ce volume est assurée par des lamelles de polycarbonate qui épousent les reliefs du panneau à découper.

Sur le dessous du panneau, les poussières sont captées dans un entonnoir se terminant par une étrave qui se déplace en même temps que les scies, le long d'une lèvre aspirante.

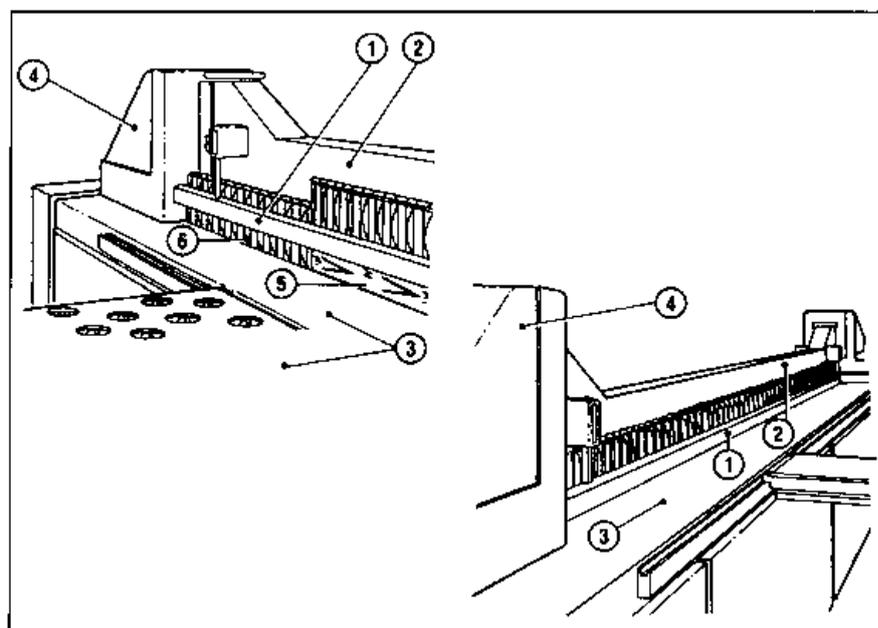
La poutre et la lèvre aspirantes sont reliées au réseau général par des conduits annelés de diamètres respectifs 100 et 120 mm.

Épuration de l'air

Elle s'effectue à l'extérieur du bâtiment. L'air épuré n'est pas recyclé dans l'atelier.



Repère	Désignation
①	Capteur en forme d'entonnoir (mobile)
②	Inciseur
③	Scie principale
④	Table
⑤	Plots d'étanchéité
⑥	Panneau à découper
⑦	Capteur en forme de poutre
⑧	Buses d'aspiration
⑨	Caoutchouc
⑩	Lèvre aspirante
⑪	Etrave
⑫	Sens de déplacement de la lame



Repère	Désignation
①	Barre sensible
②	Poutre aspirante
③	Table de travail
④	Caisson aspirant
⑤	Bois à découper
⑥	Plots d'étanchéité

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

Vitesses d'air : les vitesses ont été mesurées en aval des dispositifs de captage des poussières, à l'entrée des conduits d'aspiration.

Dispositif d'aspiration	Diamètre tuyau (en mm)	Vitesse de l'air (en m·s ⁻¹)
Capot supérieur protecteur de lame	100	28
Capot inférieur enveloppant de lame et coulissant dans le conduit	120	24

Remarque : les vitesses de l'air dans les tuyaux de raccordement des dispositifs de captage au réseau sont correctes pour trans-

porter poussières et copeaux sans risque de colmatage, quelles que soient les machines reliées au réseau.

Débits d'air : dans le dispositif d'aspiration supérieur, les débits d'air sont compris entre 700 et 800 m³·h⁻¹ ; dans le dispositif inférieur, ils sont un peu plus élevés entre 875 et 980 m³·h⁻¹.

Concentration en poussières

Le bois découpé est un aggloméré méla-miné.

Repères des prélèvements	Prélèvements d'ambiance. Poussières inhalables (en mg·m ⁻³)
a	0,3
b	1,8
c	1,1
d	1,0
Pollution résiduelle	0,5

COMMENTAIRES

Les débits d'air mis en œuvre sont suffisants pour capter les poussières et les réseaux de ventilation bien dimensionnés pour les transporter.

Les résultats seraient améliorés en renforçant l'étanchéité réalisée sur la partie supérieure du panneau par les lamelles de polycarbonate, dont certaines étaient cassées lors des mesures (problème d'entretien).

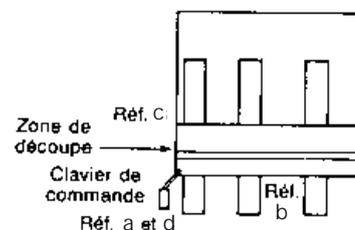
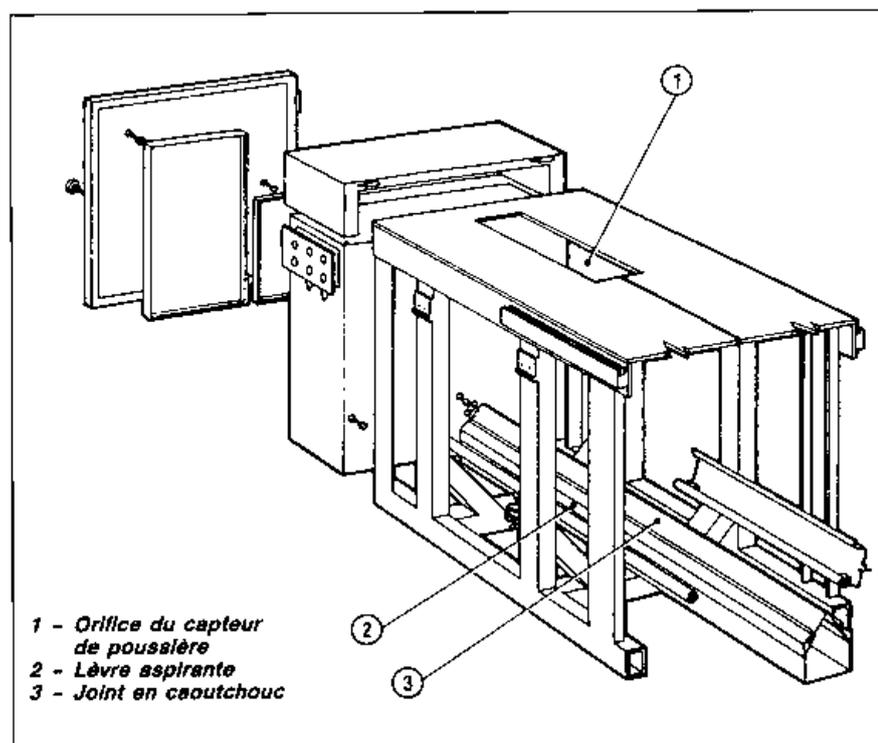


Schéma représentatif des points de prélèvements

Repère	Désignation
①	Orifice du capteur de poussières
②	Lèvre aspirante
③	Joint en caoutchouc

SCIE À FORMAT

Dispositif de captage sur la cape protectrice

ATELIER

L'atelier comporte huit machines réparties sur une superficie de 440 m².

Hauteur de l'atelier : 6 m.

L'air de compensation est introduit mécaniquement.

INSTALLATION

La machine étudiée est une scie à format équipée d'une aspiration sous la table (diamètre de raccordement 120 mm), et d'une aspiration dans la cape protectrice (diamètre 80 mm).

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

Débit d'air extrait : 1 200 m³.h⁻¹.

Lorsque l'aspiration dans la cape est en marche, le débit d'air extrait est réparti de la façon suivante : 65 % dans le conduit de diamètre 120 mm et 35 % dans le conduit de diamètre 80 mm.

		Aspiration dans la cape	
		En marche	Arrêtée
Efficacité moyenne de captage pour 1 200 m ³ .h ⁻¹		100 %	85,2 %
Concentration en poussières inhalables (mg.m ⁻³)	point 1	0,2	>10
	point 2	<0,1	1
	point 3	0,3	0,3

Lorsque l'aspiration dans la cape est arrêtée, le débit d'air est repris dans le conduit de diamètre 120 mm.

Concentration en poussières et efficacité de captage

Des mesures d'efficacité de captage par gaz traceur et des prélèvements d'atmosphère ont été effectués.

Le bois usiné est de l'aggloméré de 16 mm d'épaisseur.

L'outil est une lame de 400 mm de diamètre dont la vitesse de rotation est de 3 000 t/min.

L'hélium est généré sous la table avec un débit de 5 l.min⁻¹ (vitesse d'éjection : 3 m.s⁻¹).

COMMENTAIRES

Les mesures mettent en évidence le rôle complémentaire et intéressant que joue l'aspiration dans la cape protectrice.

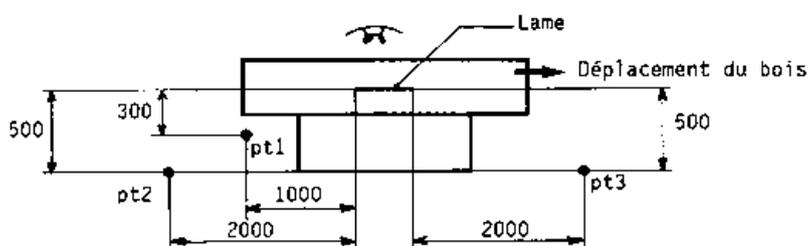


Schéma représentatif des points de prélèvements
 Point 1 : hauteur par rapport au sol
 = hauteur de la table + 200 mm
 Points 2 et 3 : hauteur par rapport au sol = 1,65 m

TENONNEUSE DOUBLE

ATELIER

Dans une entreprise de menuiserie industrielle (fabrication de portes), de nombreuses machines dont deux tenonneuses doubles sont implantées dans un local, traité acoustiquement, d'une surface de 1 728 m² (36 × 48 m) et de volume égal à 10 000 m³.

Ce dossier met en évidence la nécessité d'ajouter des capteurs supplémentaires au niveau des scies de tête de la machine lorsqu'on travaille en avalant. Il convient d'empêcher l'obturation des surfaces d'entrée des dispositifs de captage par les déchets de bois.



INSTALLATION

L'installation comporte trois conduits principaux d'aspiration. L'ensemble des buses de captage de la tenonneuse est relié à un même réseau, partagé avec d'autres machines.

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

Les mesures des vitesses d'air ont été effectuées dans la section des conduits souples de diamètre égal à 120 mm de raccordement aux buses de captage.

Le débit total mesuré pour la machine est de 8 000 m³.h⁻¹.

Concentration en poussières

Des mesures de l'empoussièremment ont été effectuées au poste de travail par prélèvement individuel et dans l'ambiance.

Côté	Outil	Vitesse d'air (en m.s ⁻¹)
Gauche de l'opérateur	Scie circulaire	25
	Dérouleur inférieur	30
	Dérouleur supérieur	25
	Toupie	20
Droite de l'opérateur	Scie circulaire	30
	Dérouleur inférieur	23
	Dérouleur supérieur	23
	Toupie	20

Secteur	Emplacement des mesures	Concentration en poussières inhalables (en mg.m ⁻³)
Ligne d'usinage	Opérateur	0,6
Ligne d'usinage	Ambiance sur la machine	0,3

COMMENTAIRES

La mise en place de dispositifs de captage supplémentaires sur les scies de tête de la machine a permis d'atteindre un niveau d'empoussièremment inférieur à 1 mg.m⁻³.

TOUPIE Dispositif d'extraction pour travail à l'arbre (dispositif original)

ATELIER

Il s'agit d'une entreprise du secteur ameublement qui fabrique des chaises. Elle emploie diverses essences (hêtre, chêne, etc.).

L'atelier qui comprend le débit, l'usinage et le ponçage avant assemblage occupe une superficie de 2 500 m² et emploie 20 personnes. L'air capté sur les machines est filtré et rejeté à l'extérieur des locaux.

INSTALLATION

Le travail à l'arbre, sur toupie, s'impose en raison des formes et profilés variés des pièces à usiner. La pièce est bridée sur un gabarit.

Le capteur est « pivotant » autour d'un axe vertical, confondu avec l'axe de l'outil. Il reste en appui sur la pièce à usiner par l'action d'un ressort de rappel.



RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

(aspiration au-dessus de la table)

Débit d'extraction : 1 000 m³.h⁻¹.

Concentration en poussières

Prélèvement individuel : concentration en poussières inhalables : 1 mg.m⁻³

Prélèvements d'ambiance : 0,6 mg.m⁻³.

COMMENTAIRES

L'efficacité de l'aspiration s'explique par les caractéristiques suivantes :

- l'orifice du capteur se trouve toujours en face de la projection des copeaux et poussières, en raison de sa rotation contrainte par le rappel de ressort. Dans ces conditions, la variation des directions de projection de copeaux est prise en compte par le capteur ;

- le travail s'effectue à la « lunette » qui assure la profondeur de passe. Cette lunette est sous l'outil, en contact avec la table. Le capteur est suspendu au-dessus de cette lunette et vient l'affleurer sans frottement ;

- les travaux entrepris par l'INRS sur ce capteur pivotant ont mis en évidence ses per-

Vue d'ensemble



En cours de travail, usinage côté extérieur de la pièce

formances élevées pour un débit d'aspiration modéré. Dans les conditions usuelles de fonctionnement, l'efficacité de captage, mesurée

par la technique de traçage gazeux, est en effet supérieure à 96 % pour un débit d'air de 1 000 m³.h⁻¹.

ATELIER : ENSEMBLE DE MACHINES

ATELIER

Il s'agit d'un atelier de menuiserie industrielle de fabrication de meubles de bureaux, comportant diverses machines à bois.

Nature des bois usinés : toutes sortes de bois durs et tendres et surtout des agglomérés.

INSTALLATION

Les machines sont toutes reliées à un système de captage des poussières : bouches de captage ou fentes d'aspiration.

L'évacuation des sciures et copeaux est assurée par deux réseaux indépendants raccordés à des ventilateurs de caractéristiques inconnues.

Après filtration, l'air est en partie recyclé dans l'atelier.

Le réseau secondaire capte uniquement des poussières de ponçage.

RÉSULTATS

Caractéristiques aérauliques

Les mesures de vitesse d'air sont effectuées au plus près des machines selon les possibilités, soit au niveau des bouches ou dans les conduits de raccordement.

Tous les registres sont ouverts.

Le tableau récapitulatif des mesures fait apparaître le débit d'air extrait par machine.

Les vitesses de transport requises dans les conduits pour bien évacuer les sciures et copeaux sont en principe comprises entre $16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Concentration en poussières

Prélèvements individuels, fraction inhalable :

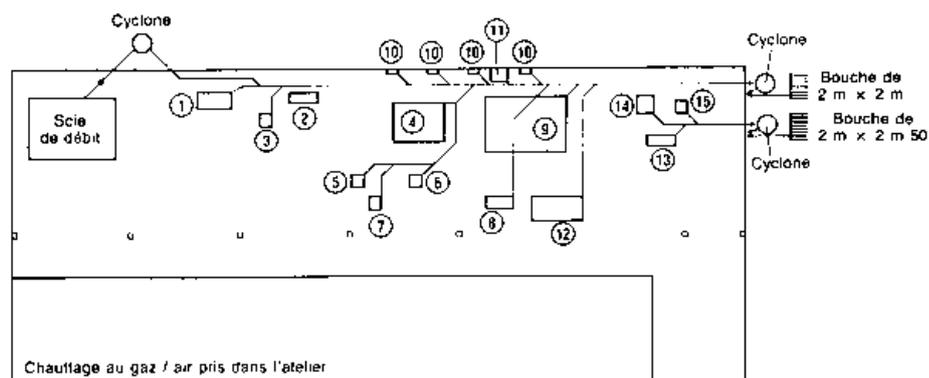
- scie circulaire [1] : $0,53 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$
- ponceuse à bande [13] : $3,23 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$
- perceuse [12] : $0,27 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

COMMENTAIRES

Le réseau est globalement bien conçu. Les résultats mettent en évidence un empoussièrément excessif au niveau du ponçage à bande.

Type de machine	Raccordement	Vitesse de transport (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	Débit d'extraction (en $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)
Réseau principal			
[1] Scie circulaire $\varnothing 350$	$\varnothing 80$ 200 x 40	17 18	925
[2] Quatre faces	5 x $\varnothing 130$	23	5 500
[3] Raboteuse	$\varnothing 140$	22	1 220
[4] Façonneuse	2 x $\varnothing 140$ 4 x 300 x 120	25 10	7 954
[5] Scie à ruban	$\varnothing 20$ x 120	20	1 036
[6] Toupie	$\varnothing 120$	22	895
[7] Ponceuse à moulures	$\varnothing 100$	27	763
[8] Plaqueuse simple de chants	4 x $\varnothing 80$	26	1 880
[9] Plaqueuse double de chants	2 x 200 2 x 150 2 x $\varnothing 150$	17 20 14	7 180
[10] Prise balayage (si ouverte)	$\varnothing 50$ 270 x 100	30 15	212 1 458
[11] Toupie	$\varnothing 120$	28	1 140
[12] Perceuse défonçeuse à commande numérique	$\varnothing 200$	30	3 393
Réseau ponçage			
[13] Ponceuse à bande (bande 150)	2 x 240 x 240	6 *	2 488
[14] Ponceuse	$\varnothing 150$ $\varnothing 200$	18 16	2 827
[15] Ponceuse à bande	$\varnothing 150$ $\varnothing 160$	25 25	3 400
Ponceuse à bande verticale	$\varnothing 120$ $\varnothing 150$	20 16	1 832

* vitesse à l'entrée des capteurs.



PETITE ENTREPRISE DE MENUISERIE

Installation d'aspiration de copeaux et poussières avec recyclage

L'objet de ce dossier est de montrer que les installations d'aspiration de copeaux et poussières de qualité ne sont pas réservées aux grosses entreprises et que les petites entreprises de menuiserie peuvent, elles aussi, réaliser des installations performantes.

ATELIER

Il s'agit d'un atelier de menuiserie-charpente classique, employant quatre personnes. Le parc de machine est habituel. Il comprend : scie à format, scie à ruban, corroyeuse, toupies, raboteuse, dégauchisseuse, mortaiseuse, tenonneuse et perceuse.

INSTALLATION

Toutes les machines sont équipées de dispositif de captage localisé des poussières et copeaux de bois. Les dispositifs de captage sont reliés par des conduits flexibles les plus courts possibles (maximum 1 m), à un réseau en conduits rigides débouchant sur une centrale d'extraction munie d'un filtre à manches et située à l'extérieur de l'atelier.

Le filtre est équipé d'un système de décolmatage séquentiel. Les copeaux et poussières récupérés sont envoyés via une écluse vers un silo de stockage.

Après filtration, l'air est recyclé à 100 % dans l'atelier ou renvoyé vers l'extérieur par un *by-pass*. La gaine de recyclage comporte un clapet coupe-feu commandé par un fusible à 69 °C.

CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU

Pour obtenir des vitesses d'air de l'ordre de 25 à 30 m·s⁻¹ dans les ouvertures des buses de captage, avec un fonctionnement simultané de l'ensemble des machines, il aurait fallu disposer d'un débit de 19 300 m³·h⁻¹. En considérant que seules quatre machines pouvaient fonctionner en même temps, la valeur nominale du débit d'extraction a été fixée à 10 000 m³·h⁻¹.

Pour éviter les balayages et pouvoir nettoyer les machines et les sols par aspiration, l'entreprise a réalisé l'adaptation d'un conduit flexible sur les trappes de nettoyage.



Raccordement de trois machines. Les conduits des machines les plus utilisées (corroyeuse, toupie, perceuse) sont équipés de volets d'ouverture et de fermeture asservis électropneumatiquement au fonctionnement de la machine. Les autres machines sont équipées de volets manuels (pour une question de coût d'investissement).
Note : sur la gauche on distingue une trappe d'aspiration pour collecter les déchets de nettoyage.

Ce dispositif a permis d'éviter de réaliser des piquages sur les conduits d'extraction proposés à un prix « dissuasif » par l'installateur.

RÉSULTATS DES MESURES

Caractéristiques aérauliques

Le mesurage des vitesses d'air a été effectué dans quatre configurations différentes, selon le nombre et la nature des machines en fonctionnement.

Différentes configurations suivant le nombre de machines en fonctionnement sont possibles.

Configuration n° 1 : Corroyeuse - Dégauchisseuse - Toupie - Mortaiseuse = 7 830 m³·h⁻¹.

Configuration n° 2 : Corroyeuse - Dégauchisseuse - Toupie - Mortaiseuse = 8 190 m³·h⁻¹.



Vue générale.

Dans un souci d'esthétique, les conduits provenant des machines suivent les pentes du toit et sont reliés à un collecteur fixé sous le faîte.

Noter les angles des raccordements réalisés suivants les règles de l'art.

Configuration n° 3 : Corroyeuse - Toupie - Tenonneuse - Ponceuse : $9\,710\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Concentration en poussières

Les mesures de l'empoussièrement faites peu après la mise en service de l'installation ont donné les résultats suivants.

Prélèvement individuel sur la corroyeuse et la toupie : $0,2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Prélèvements d'ambiance :

- près de la corroyeuse : $\leq 0,35\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- près de la toupie : $\leq 0,37\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- au centre de l'atelier : $\leq 0,35\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

COMMENTAIRES

Ces résultats montrent que les vitesses de transport sont en général suffisamment élevées dans les conduits, les vitesses recommandées étant de l'ordre de 18 à $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

On notera que pour la mortaiseuse, la vitesse d'air mesurée dans la gaine collectrice est basse. Cette gaine dessert également une trappe d'aspiration des déchets de nettoyage, fermée pendant la mesure. Lorsque cette trappe est ouverte, la vitesse de l'air dans la conduite est supérieure à $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Il aurait néanmoins été préférable de relier la mortaiseuse directement au conduit collecteur général.

Les résultats concernant l'empoussièrement sont bons. Ils pourront être maintenus si les opérateurs utilisent systématiquement l'installation d'aspiration, même pour les travaux de courte durée, car le fonctionnement de celle-ci n'est pas asservi à celui de l'ensemble des machines.

De même, il faudra éviter de polluer les structures de l'atelier par des poussières émises lors de balayages des sols ou de l'utilisation de soufflettes et préférer les nettoyages par aspiration.



INSTALLATION D'ASPIRATION À DÉBIT VARIABLE

ATELIER

Il s'agit d'un atelier de deuxième transformation du bois effectuant des travaux de sous-traitance, notamment pour des fabricants de meubles et produisant également des objets en bois. Il occupe une surface de 600 m² et comporte 22 machines.

INSTALLATION

Le nombre d'opérateurs est variable et fréquemment de six. De ce fait, une faible partie des machines est en fonctionnement simultané. Par ailleurs, les débits d'air nécessaires au captage des copeaux et poussières sont spécifiques à chaque machine.

Chaque machine (ou groupe de machines constituant un poste de travail) devant fonctionner de manière indépendante fait l'objet d'une ligne d'aspiration reliée directement au séparateur air/déchets. Un registre ouvre la ligne à la mise en marche de la machine.

Le débit s'ajuste en fonction du besoin et l'extracteur (ventilateur) assure un débit correspondant aux machines en fonctionnement. Cet ajustement s'obtient par variation de la vitesse du ventilateur commandée par un pressostat différentiel.

Les dispositifs de captage existants ont été examinés. Sur plus de la moitié des machines, ils ont été modifiés ou reconçus entièrement.

Cette approche est indispensable et conditionne l'efficacité finale. Elle a permis de redéfinir les besoins en débit pour chaque machine et donc pour chaque ligne.

Cette installation a été déterminée pour que le débit total des machines en fonctionnement simultané puisse varier dans une plage de 7 000 à 22 000 m³.h⁻¹.

RÉSULTATS

Prélèvements individuels

(voir tableau)

COMMENTAIRES

Les résultats sont très satisfaisants et inférieurs à 1 mg.m⁻³, excepté pour le prélèvement individuel concerné par une activité de ponçage manuel effectué sans aspiration. La redéfinition préalable des dispositifs de captage a conditionné ce résultat.

Ce réseau flexible, variable en débit, permet de diviser par 3 le débit nominal d'un réseau classique. Le recyclage a été ainsi évité.

Opérations effectuées	Concentration (en mg.m ⁻³)
Tronçonnage scie Ponçage large bande Ponçage chants	1,0
Toupie arbre et guide Ponçage chants Ponçage large bande	0,6
Corroyeuse Tronçonnage – scie Ponçage	0,5
Défonceuse à commande numérique et ponçage à la brosse	0,2
Bouchage, ragréage main Ponçage large bande + activités diverses	0,5
Ponçage chants Brossage	0,8
Toupie	0,5
Ponçage chants et assemblage Ponçage manuel (sans aspiration)	2,4 *
Défonceuse à commande numérique et sciage onglets	0,5
Ponçage large bande, maintenance et activités diverses	0,8

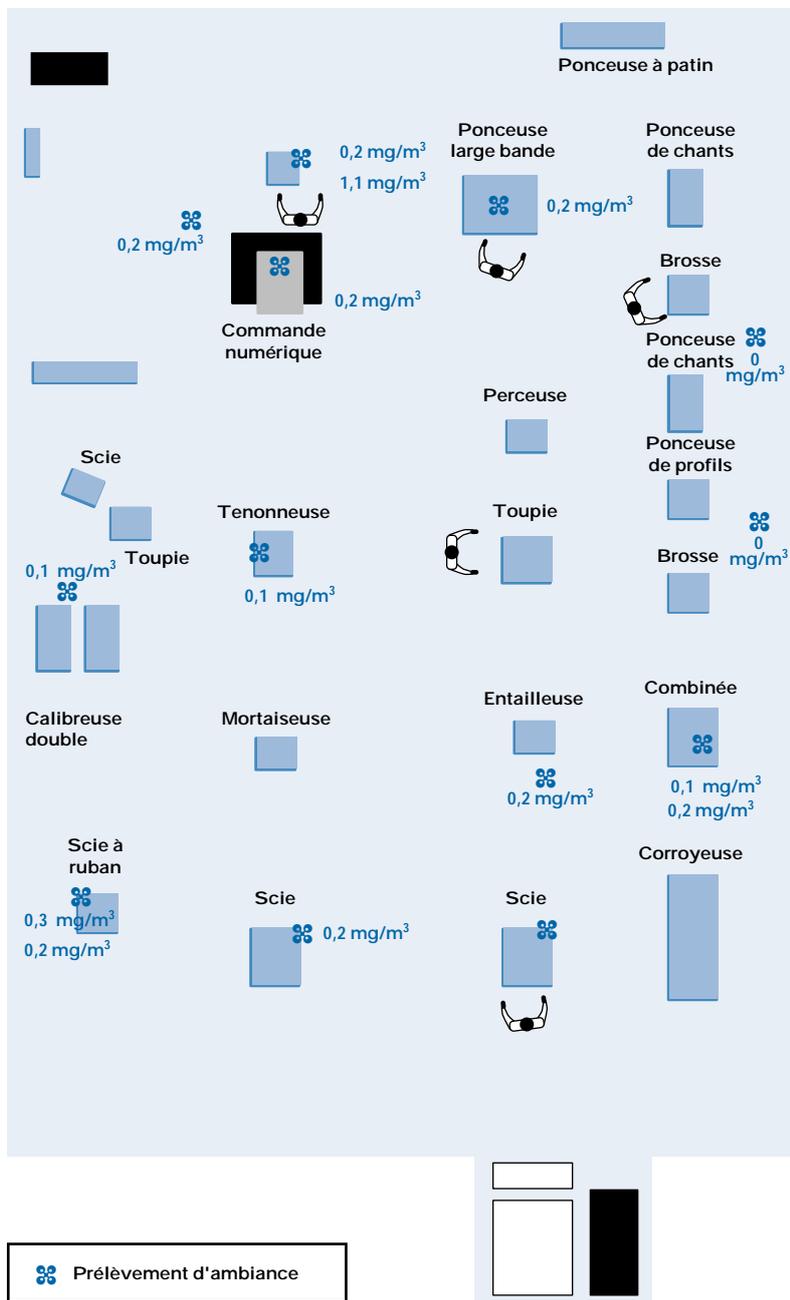
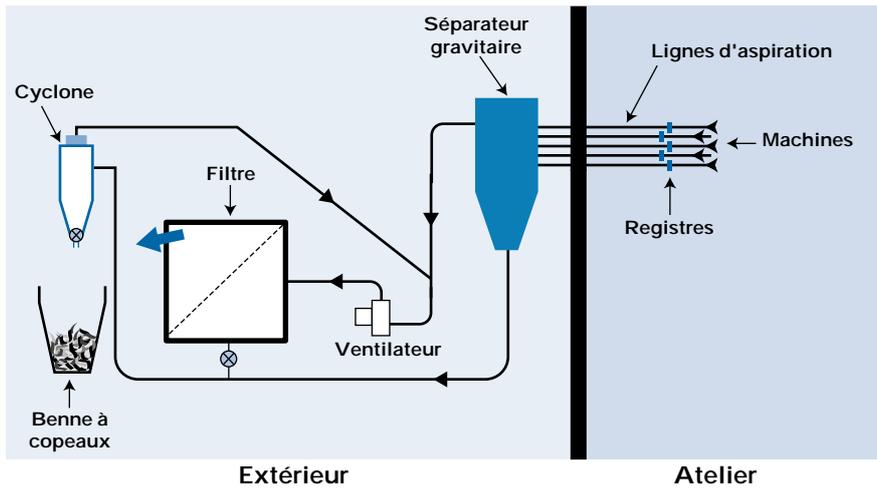
*Influence du ponçage manuel sans aspiration.

Il est possible d'ajouter ou de supprimer des lignes sans perturber le fonctionnement de l'ensemble de l'installation. Celle-ci fonctionnera dans les limites de la plage d'utilisation déterminée au départ (7 000 à 22 000 m³.h⁻¹). On a ainsi l'assurance d'un débit adapté à

chaque machine et d'une qualité de captage constante.

On réalise un gain d'énergie absorbée par l'ajustement de la ventilation aux besoins réels ainsi que par l'utilisation d'un ventilateur à haut rendement puisqu'il est placé côté air propre.





LEXIQUE

Aérosol :

ensemble des particules solides ou liquides en suspension dans un milieu gazeux.

Concentration minimale explosive :

pour chaque type de poussière il existe une concentration minimale explosible dans l'air au-dessous de laquelle l'explosion ne se produit pas. Cette concentration dépend de la granulométrie, de l'énergie de la source d'inflammation, du volume et de la forme des enceintes.

Diamètre aérodynamique :

le diamètre aérodynamique d'une particule est le diamètre d'une sphère d'une masse volumique de 1 000 kg·m⁻³ dont la vitesse limite de chute dans l'air immobile est la même que celle de la particule considérée, dans les mêmes conditions de pression, de température et d'humidité relative.

Dispositif de captage :

élément destiné à capter les polluants au plus près de leur source d'émission avant qu'ils ne pénètrent dans la zone des voies respiratoires.

Efficacité de captage :

l'efficacité de captage d'un système d'aspiration est le rapport du débit massique du polluant directement capté au débit massique du polluant émis.

Efficacité minimale de captage :

la valeur de l'efficacité minimale appelée efficacité fractile est définie par l'article 4, alinéa D.d.2 de l'arrêté du 9 octobre 1987 comme la valeur telle que l'efficacité soit supérieure à cette valeur pendant 95 % du temps. En termes statistiques, c'est le fractile 95 p. 100 de la distribution.

Efficacité moyenne de captage :

la mesure d'efficacité de captage est faite à l'aide d'un traceur simulant l'émission du polluant. Elle est réalisée en prenant pour base les indications de la norme NF EN 1093-4.

Le principe de la mesure consiste à émettre le traceur successivement :

- dans le conduit d'aspiration ;
- aux différents points caractéristiques d'émission du polluant réel, notamment aux endroits les plus éloignés du dispositif de captage, et à mesurer les différentes concentrations du traceur dans une section du conduit. Les prélèvements destinés aux mesures des concentrations dans le conduit sont réalisés après homogénéisation du traceur dans l'air. Lorsque les conduits sont rectilignes, on prend comme base les indications de la norme NF X 10-141.

Lorsque le traceur est émis à débit constant et que le débit d'aspiration est conservé durant la mesure, l'efficacité de captage est donnée par la relation simplifiée :

$$e = \frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1}$$

C₁ étant la concentration ambiante en l'absence d'émission ;
C₂ étant la concentration quand le traceur est émis dans le conduit ;

C₃ étant la concentration quand le traceur est émis aux points caractéristiques d'émission du polluant.

Médium :

(Medium Density Fiber Board)

panneau de fibres de densité moyenne 0,8. Il est constitué de fibres élémentaires et d'une quantité relativement importante de colle.

Particule :

élément de matière solide ou liquide.

Poussière :

ensemble des particules solides en suspension dans l'air ou déposées sur une surface. Une poussière peut désigner également une particule solide.

Valeur limite d'exposition :

la valeur limite d'un composé chimique représente sa concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération pour sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées.

BIBLIOGRAPHIE

1. Fiche d'allergologie respiratoire n°5. Rosenberg N., Gervais P. *DMT n°30 2^e trimestre 1987*.
2. Fonction pulmonaire des travailleurs exposés aux poussières de bois. *ND 1349, 105, 1981*.
3. Haguenoer J.M., Frimat P., Bonnetterre J., Vennin P. Les cancers professionnels. Travail du bois. *Ed. Technique et documentation Lavoisier, 1982, p. 201-206*.
4. Foussereau J. L'eczéma allergique aux bois de pays et à leurs lichens et hépatiques. Fiche d'allergologie. *Dermatologie professionnelle n°33, DMT n°23, 1985*.
5. Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de Sécurité sociale. 1981, vol. 42, n°5 5 et 6.
6. Les maladies professionnelles. Paris, INRS, 1998, ED 486.
7. Demers P.A., Kogevinas P. et al. Wood dust and sino-nasal cancer: pooled reanalysis of twelve case-control studies. *Am J Ind Med, 1995, 28, 151-166*.
8. Demers P.A., Boffetta P., Kogevinas P. et al. Pooled reanalysis of cancer mortality among five cohorts of workers in wood-related industries. *Scand J Work Env Health, 1995, 21, 179-190*.
9. International Agency for Research on Cancer (IARC). Wood dust and formaldehyde. Lyon, IARC, 1995. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 62.
10. Leclerc A., Martinez Cortes M., Gerin M., Luce D., Brugere J. Sino-nasal cancer and dust exposure: results from a case-control study. *Am J Epidemiol, 1994, 140, 340-349*.
11. Nylander L.A., Dement J.M. Carcinogenic effects of wood dust: review and discussion. *Am J Ind Med, 1993, 24, 619-647*.
12. Comba P., Battista G., Belli S. et al. A case-control study of cancer of the nose and paranasal sinuses and occupational exposures. *Am J Ind Med, 1992, 22, 511-520*.
13. Neddham P., Margotton A., Pignat J.C., Garnier H., Duclos J.C. Évolution dans le temps des adénocarcinomes de l'ethmoïde chez les travailleurs du bois. *Revue de médecine du travail, 1992, tome XIX, n° 4, 181-185*.
14. Thorpe A., Brown R.C. Factors influencing the production of dust during the hand sanding of wood. *Am Ind Hyg Assoc J, 1995, 56, 236-242*.
15. Scheeper B., Kromhout H., Boleij J.S.M. Wood-dust exposure during wood-working processes. *Ann Occup Hyg, 1995, 39, 141-154*.
16. Herbert F.A., Hessel P.A., Melenka L.S., Yoshida K., Nakaza M. Respiratory consequences of exposure to wood dust and formaldehyde of workers oriented strand board. *Arch Env Health, 1994, 49, 465-470*.
17. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. INRS, 2007, ED 984.
18. Fiche 002 : concentration pondérale d'un aérosol sur filtre. Base de données METROPOL sur <http://www.inrs.fr>.
19. Méthodes de prélèvement d'atmosphère sur les lieux de travail. *Cahiers de notes documentaires, 1990, 140, ND 1793, 583-593*.
20. Conception des équipements de travail et des moyens de protection. Paris, INRS, 1997, ED 804, 112 p.
21. Conception des lieux de travail. Démarches, méthodes et connaissances techniques. Paris, INRS, 1997, ED 718, 96 p.
22. L'aspiration dans les industries du bois. Paris, Centre technique du bois, 1978, 110, 91 p.
23. Industrial ventilation. A Manual of Recommended Practice. Cincinnati, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1992, 21st Edition, 458 p.
24. Principes généraux de ventilation. *Guide pratique de ventilation n°0*. Paris, INRS, 1996, ED 695, 36 p.
25. Aération et assainissement des ambiances de travail. Réglementation générale. Textes et commentaires. Paris, INRS, 1997, ED 720, 48 p.
26. Lefèvre A., Muller J.P., Aubertin G., Cunin J.C. Opération pilote bois. Problèmes de ventilation spécifiques à l'industrie de la deuxième transformation du bois. *Cahiers de notes documentaires, 1990, 138, ND 1764, 41-52*.
27. Lefèvre A., Muller J.P. La poussière : étude de cas, l'assainissement et la ventilation de postes de travail dans un atelier de l'industrie de la deuxième transformation du bois. *Cahiers des Comités de prévention du bâtiment et des travaux publics. 1987, 1988, 6-87, 1987 : 1-88, 48-54*.
28. Muller J.-P., Lamoureux P. Amélioration des dispositifs d'aspiration localisée. Étude sur quatre machines à bois traditionnelles. *Cahiers de notes documentaires, 1996, 163, ND 2019, 18 p.*
29. Régnier J.L. Note technique. Aide à la conception des dispositifs de captage des copeaux et poussières lors des opérations d'usinage dans la deuxième transformation du bois. *CRAM des Pays de la Loire, 1995, 62 p.*
30. Conception des dispositifs de captage sur machines à bois. Paris, INRS, 2001, ED 841, 68 p.
31. L'assainissement de l'air des locaux de travail. *Guide pratique de ventilation n°1*. Paris, INRS, 1998, ED 657, 20 p.
32. Les mélanges explosifs. Paris, INRS, 1998, ED 335, 148 p.
33. Incendie et lieux de travail. Paris, INRS, 1996, ED 789, 72 p.
34. R. LODEL. Guide de la sécurité contre l'incendie et l'explosion. Industrie du bois et de l'ameublement. *INERIS, 1997*.
35. Silos bois. Prévention des risques d'incendie et d'explosion dans les installations de stockage. Paris, INRS, 2000, ED 842, 32 p.

RÉGLEMENTATION

AÉRATION-ASSAINISSEMENT

L'aération et l'assainissement de l'atmosphère des lieux de travail font l'objet des textes suivants issus du Code du travail : articles R. 235-6 à R. 235-10 relatifs à l'aération et à l'assainissement (décrets n°84-1093 et n°84-1094 du 7 décembre 1984). Ces textes réglementaires font l'objet de commentaires et de précisions contenus dans la circulaire du 9 mai 1985 du ministère du Travail.

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

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

MACHINES

Décret n° 92-765 du 29 juillet 1992 relatif au champ d'application de la réglementation sur les machines.

Décret n° 92-766 du 29 juillet 1992, définissant les procédures de certification de confor-

mité et diverses modalités de contrôle de conformité des équipements de travail et moyens de protection.

Décret n° 92-767 du 29 juillet 1992 relatif aux règles techniques et aux procédures de certification de conformité applicables aux équipements de travail et aux moyens de protection.

Décret n° 96-725 du 14 août 1996, relatif aux règles techniques et aux procédures de certification de conformité applicables aux équipements de travail et aux moyens de protection et portant transposition de diverses directives européennes.

**MALADIES PROFESSIONNELLES
OU À CARACTÈRE PROFESSIONNEL**

Tableau n°42 – Surdité provoquée par les bruits lésionnels.

Tableau n°43 – Affections provoquées par l'aldéhyde formique et ses polymères.

Tableau n°47 – Affections professionnelles provoquées par les bois.

Tableau n°65 – Lésions eczématiformes de mécanisme allergique.

**SURVEILLANCE MÉDICALE
SPÉCIALE**

Circulaire n°10 du 29 avril 1980 relative à l'application de l'arrêté du 11 juillet 1977 fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale.

**INSTALLATIONS CLASSÉES
POUR LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT**

Arrêté-type n° 81 – Bois ou matériaux combustibles analogues (Ateliers où l'on travaille le)   l'aide de machines actionnées par des moteurs.

PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Circulaire du 7 mars 1988 relative à la réduction de la pollution atmosphérique (directive européenne du 28 juin 1984 relative à la lutte contre la pollution atmosphérique en provenance des installations industrielles, publiée au *Journal officiel* des Communautés européennes du 16 juillet 1984).

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
www.cram-alsace-moselle.fr

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

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

AQUITAINE

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

AUVERGNE

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

BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre, 70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
ZAE Cap-Nord
38 rue de Cracovie
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 70 51 22
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 Xaintraillies
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 5
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 g/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 21
fax 02 35 03 58 29
catherine.lefebvre@cram-normandie.fr
dominique.morice@cram-normandie.fr

PAYS DE LA LOIRE

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

RHÔNE-ALPES

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

SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse Sud,
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

COLLECTION DES GUIDES PRATIQUES DE VENTILATION

0. Principes généraux de ventilation	ED 695
1. L'assainissement de l'air des locaux de travail	ED 657
2. Ventilation des cuves et bains de traitement de surface	ED 651
3. Mise en œuvre manuelle des polyester stratifiés	ED 665
4. Postes de décochage en fonderie	ED 662
5. Ateliers d'encollage de petits objets (chaussures)	ED 672
6. Captage et traitement des aérosols de fluides de coupe	ED 972
7. Opérations de soudage à l'arc et de coupage	ED 668
8. Espaces confinés	ED 703
9. 1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides	ED 839
9. 2. Cabines d'application par projection de peintures en poudre	ED 928
9. 3. 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



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

Édition INRS ED 750

3^e édition (2001) • réimpression décembre 2007 • 2 000 ex. • ISBN 978-2-7389-1619-8

