

Ateliers de fabrication de prothèses dentaires

16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires

Denture manufacturing workshops

This guide highlights the different types of risk encountered in denture manufacturing workshops.

Denture manufacturing techniques are described in detail, together with: the pollutants and associated pathologies; regulations and recommended limit values. The guide then goes on to analyse the risks associated with the different substances used (metal, resin or ceramics prosthesis) and the risks at the different workplaces.

The risk prevention measures concern:

- *the elimination of pollutant emissions (workplace layout, choice of materials, products and techniques);*

- *exhaust and ventilation: local exhaust ventilation and inventory of the technical solutions for ventilation equipment for each workplace (preparation of plasters and coatings, preparation of ceramics, ovens, fusion and casting of alloys, removal from mould, sanding, wax modelling, finishing); pollutant transport network, fresh air input, exhaust and recycling of air extracted, general ventilation, inspection, maintenance and cleaning;*

- *personal protective equipment.*

Denture prosthesis / Dust / Vapour / Gas / Limit value / Risk analysis / Air / Ventilation

Ce guide met en évidence les différents types de risques rencontrés dans les ateliers de fabrication de prothèses dentaires.

Les techniques de fabrication des prothèses dentaires sont rappelées en détail; ainsi que: les polluants et les pathologies qui leur sont associées; la réglementation et les valeurs limites recommandées. On procède ensuite à l'analyse du risque par type de fabrication (prothèses métalliques, en résine ou en céramique) et aux différents postes de travail.

Les mesures de prévention portent sur:

- ***la suppression des émissions de polluants (implantation de l'atelier, choix des matériaux, des produits, des techniques);***

- ***le captage et la ventilation: ventilation par captage localisé et inventaire des solutions techniques concernant l'équipement de ventilation de chaque poste de travail (préparation des plâtres et revêtements, préparation des céramiques, fours, fusion et coulée des alliages, démoulage, sablage, modelage de la cire, finition à l'établi); réseau de transport des polluants, air de compensation, rejet et recyclage de l'air extrait, ventilation générale, contrôles-entretien-nettoyage;***

- ***équipements de protection individuelle.***

Prothèse dentaire / Fabrication / Poussière / Vapeur / Gaz / Valeur limite / Analyse des risques / Captage / Ventilation

Ce document a été établi par un groupe de travail, constitué sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie, comprenant des spécialistes en ventilation et nuisances chimiques de la CNAM, des CRAM et de l'INRS. Lors de son élaboration, le CETIAT (Centre technique des industries aérodynamiques et thermiques) et le Syndicat de l'aérodynamique ont été consultés.

Il est destiné à contribuer à la prévention des risques professionnels liés à la fabrication des prothèses dentaires. Ce n'est pas un traité technique, mais un guide pratique qui s'adresse aux prothésistes eux-mêmes et à toute personne confrontée à un problème de prévention des risques encourus dans cette profession. Il ne vise que le risque d'intoxication par inhalation de poussières, de vapeurs ou de gaz (il ne traite pas des risques infectieux, ni électriques ou mécaniques...). Il a le double objectif de mettre en évidence ce type de risque aux postes de travail et de proposer des solutions de prévention adaptées à chaque situation.

L'objectif à atteindre est le maintien de la salubrité de l'air aux postes de travail et dans les ateliers, telle qu'elle est définie par les textes réglementaires (décret n°84-1093 du 7 décembre 1984), par suppression des émissions ou par captage des polluants au plus près de leur source d'émission, en vue d'atteindre les concentrations les plus faibles possibles.

Les solutions de ventilation proposées constituent des moyens minimaux permettant d'atteindre cet objectif dans la majorité des cas, sous réserve que l'ensemble des sources de pollution soit traité. En présence de procédés ou de circonstances particuliers, des mesures d'assainissement différentes pourraient être envisagées.

Les données contenues dans ce guide proviennent de l'expérience acquise sur les lieux de travail ainsi que des résultats de différentes études menées dans des entreprises de fabrication de prothèses dentaires par le centre de recherche de l'INRS et les services prévention des Caisses régionales d'assurance maladie Aquitaine, Pays-de-Loire et Rhône-Alpes, avec le concours du Laboratoire de toxicologie de la Caisse régionale d'assurance maladie Ile-de-France.

1. TECHNIQUES DE FABRICATION DES PROTHÈSES DENTAIRES

On distingue les prothèses fixes des prothèses mobiles.

Prothèses fixes

La *prothèse unitaire* est dite « couronne » lorsqu'elle recouvre une dent saine et « dent à tenon » (ou à « pivot ») lorsqu'elle remplace une dent délabrée.

Le *bridge* remplace les dents manquantes en prenant appui sur les dents voisines.

Les prothèses fixes sont en alliages métalliques précieux ou non et peuvent être recouvertes de résine ou de céramique.



Une étape de la fabrication de prothèses dentaires

Prothèses mobiles

La prothèse mobile prend appui à la fois sur les dents restantes et sur les muqueuses à l'aide d'une plaque base sur laquelle on monte des dents synthétiques.

La prothèse totale, justifiée par l'absence totale de dents, prend complètement appui sur les muqueuses par la plaque base. La plaque base est en alliage métallique ou en résine. Les dents sont en résine ou en céramique.

On n'abordera pas dans ce document la fabrication des prothèses orthodontiques, c'est-à-dire de correction des malformations maxillo-faciales et des malpositions dentaires.

Confection d'une prothèse

Qu'elle soit fixe ou mobile, la fabrication se fait suivant une technique précise, qui est propre au matériau utilisé. Nous distinguerons donc les prothèses métalliques de celles en résine synthétique ou bien en céramique ou en porcelaine.

1.1. Prothèses métalliques (procédé dit à la cire perdue)

La *prise d'empreinte* a lieu chez le dentiste. Elle se fait à l'aide d'un porte-empreinte contenant un matériau à prise rapide (alginate, élastomère, hydrocolloïde...).

Un *modèle maître en plâtre*, qui reproduit les arcades dentaires, est obtenu par moulage dans l'empreinte. Le plâtre, conservé le plus souvent en vrac, parfois en sachets prédosés, est mélangé à de l'eau puis vibré et, si possible, malaxé sous vide. Il est ensuite coulé dans les formes en creux de l'empreinte.

Le pourtour du socle de cette forme en plâtre est ensuite meulé sous circuit d'eau et des tiges de positionnement en laiton (appelées « pins ») sont éventuellement mises en place.

La *confection d'un modèle en matériau réfractaire* (« revêtement ») ne concerne que la fabrication de prothèses métalliques mobiles, appelées prothèses squelettées. Il s'agit de réaliser un modèle de travail en matériau réfractaire qui soit le double du modèle en plâtre.

Deux étapes sont nécessaires : on réalise d'abord une empreinte en gélatine par contre-moulage du modèle en plâtre. Puis, le matériau réfractaire, qui se présente sous forme de poudre stockée en vrac ou en sachets prédosés, est mélangé à de l'eau ou à de l'alcool puis malaxé, de préférence mécaniquement et sous vide pour éviter la formation de bulles. Le revêtement ainsi obtenu est coulé dans l'empreinte en gélatine.

La *maquette en cire* de la prothèse est sculptée sur le modèle de travail en revêtement. Le modelage de la cire se fait avec une spatule sur de la cire chauffée au bec bunsen ou avec une spatule électrique qui chauffe directement la cire.

La *préparation du revêtement ou matériau réfractaire* est la même que celle décrite précédemment. La maquette en cire en est enrobée et l'ensemble « maquette enrobée-modèle de travail » est placé à l'intérieur d'un cylindre métallique ou calcinable. On remplit complètement le cylindre avec le revêtement, en réservant un passage pour l'évacuation ultérieure de la cire et la coulée du métal.

Parfois, le cylindre est tapissé d'un film isolant ou joint de dilatation en fibres de verre, de céramique, en cellulose, rarement en amiante ; il peut également être vaseliné.

Le temps de prise ou de cristallisation peut varier de 30 min à 1 heure.

Le cylindre est ensuite placé dans un four. Un préchauffage lent jusqu'à 600 °C permet de le sécher et d'éliminer la cire de la maquette. La température monte ensuite jusqu'à environ 1 000 °C en quelques heures pour cuire le matériau réfractaire.

En ce qui concerne la **coulée du métal dans le moule réfractaire**, les alliages métalliques se présentent sous la forme de lingots ou de masselottes. Ils sont fondus au chalumeau, par résistance électrique ou, plus généralement, par induction électromagnétique. La coulée s'effectue dans une fronde centrifuge. Sous l'action de la force centrifuge, l'alliage liquide est précipité dans le cylindre et remplit l'espace vide préalablement occupé par la cire et ayant exactement la forme de la prothèse.

Le **démoulage** intervient après le refroidissement. Le moule est cassé avec un marteau ou une petite presse, parfois sous jet d'eau et la pièce brute de coulée est dégagée de son revêtement réfractaire.

Le **sablage** consiste en un décapage au jet d'abrasif. Ce traitement est destiné à éliminer les résidus de matériau réfractaire adhérent à la prothèse ainsi que la couche d'oxyde qui s'est formée à la surface de l'alliage. La prothèse est introduite dans une sableuse, où l'abrasif est projeté sous pression d'air comprimé. Le sablage peut être manuel ou automatique.

Les opérations de **finition des pièces métalliques** telles que le tronçonnage, l'ébarbage, le grattage, le meulage et le polissage sont manuelles et réalisées à l'établi.

Tronçonnage : les tiges de coulée sont sectionnées avec des disques à tronçonner notamment en carborundum.

Grattage, ébarbage, meulage : la prothèse est grattée avec des meulettes et des pointes montées (souvent diamantées ou en carbure de tungstène) pour enlever les excès de métal, les bulles, les rayures.

Toutes ces opérations sont effectuées :

- soit sur un tour horizontal (vitesse de rotation : 20 000 à 30 000 tr/min) ; la prothèse est alors tenue à deux mains et présentée devant l'outil suivant différentes orientations ;

- soit à l'établi avec des pièces à main : il s'agit de tours suspendus (8 000 à 10 000 tr/min) ou de microtours (10 000 à 50 000 tr/min) ; dans ce cas, l'outil est tenu dans une main comme un crayon, tandis que l'autre main tient la pièce à meuler en prenant appui sur une cheville fixée à l'établi.

Polissage : il s'effectue en deux temps.

- D'abord à l'établi, avec des meulettes en caoutchouc montées sur des porte-outils manuels ou avec des abrasifs (papier de verre, pierre ponce, limes, toiles émeri).

- Puis sur un tour horizontal ou polisseuse (3 000 tr/min) ou au touret, sur lesquels on monte des brosses préalablement imprégnées de pâtes à polir plus ou moins fines.

L'utilisation de pâtes à lustrer peut compléter le travail de polissage. Dans certains cas, la prothèse peut être plongée dans un bain de polissage électrolytique.

Nettoyage final : il peut être effectué avec un détergent, un solvant, avec ou sans ultrasons ou avec de la vapeur d'eau sous pression.

Cette technique de fabrication est celle utilisée pour la confection de prothèses mobiles en alliage chrome-cobalt. Pour les prothèses en alliage nickel-chrome ou en alliage précieux, la technique est la même, légèrement simplifiée : la maquette en cire est sculptée directement sur le modèle maître en plâtre ou en époxy.

1.2. Prothèses en résines synthétiques

Les résines les plus utilisées sont les résines méthacryliques. On emploie :

- les résines durcissant à la chaleur ou thermopolymérisables pour les prothèses complètes ;

- les résines durcissant à froid ou autopolymérisables, pour les petites réalisations ou les réparations ;

- les résines durcissant par exposition à un rayonnement ultraviolet ou photopolymérisables, pour réaliser les faces visibles de prothèses métalliques fixes.

Pour la réalisation de prothèses complètes en résine méthacrylique thermopolymérisable, la **prise d'empreinte** et la **confection du modèle en plâtre** se font suivant la même technique que celle décrite pour les prothèses métalliques.

Confection de la maquette en cire : la cire est tout d'abord sculptée à la spatule sur les deux demi-formes du modèle en plâtre. Les dents sont remplacées par des bourrelets en cire (appelée cire d'occlusion) ; cette maquette – dite *maquette d'occlusion* – est renvoyée chez le dentiste pour qu'il repère, chez le patient, les rapports d'occlusion entre les deux demi-formes du modèle. Les rapports d'occlusion étant connus, les deux demi-formes sont fixées sur un articulateur. La cire d'occlusion est éliminée et on monte sur la maquette en cire – dite *maquette de montage* – des dents préfabriquées, en résine ou en céramique.

Confection de la prothèse en résine :

L'ensemble « modèle en plâtre-maquette en cire » est placé dans un moule spécial en bronze, en deux parties, appelé « moufle » que l'on garnit de plâtre. Le moufle est ensuite ouvert et plongé dans de l'eau bouillante afin d'éliminer la cire. La cavité obtenue reproduit exactement en creux la future prothèse en résine. Les dents sont restées incrustées dans le plâtre.

Préparation de la résine : le méthacrylate de méthyle polymère en poudre est mélangé à la spatule dans un récipient, avec du méthacrylate de méthyle monomère liquide dans une proportion de 2/3 de poudre pour 1/3 de liquide environ. Le malaxage est rapide, environ 1 min.

Bourrage de la résine : le moufle est rempli de résine à l'état pâteux, à la main ou avec une petite presse à extruder ; il est ensuite serré dans une presse sous une pression de quelques milliers d'hectopascals (quelques bars).

Polymérisation de la résine : la polymérisation de la résine se fait à chaud dans un bain-marie à 95 °C ou en air sec à 120 °C. La polymérisation dure de 30 min à 12 heures.

Démoulage : après refroidissement, la prothèse est extraite par séparation du plâtre et de la résine à l'aide de scies, pinces, couteaux. Cette opération doit être effectuée avec précaution pour éviter de fracturer la prothèse.

Finition : la prothèse est ébavurée, grattée, meulée avec des pièces à main telles que meulettes, fraises, papier de verre... Puis un polissage est effectué au touret, à la brosse, sur un tour horizontal ou une polisseuse, avec de la ponce fine, en milieu humide. La finition s'achève par un lustrage avec des pâtes à polir.

1.3. Prothèses en porcelaine ou céramique

Avec armature métallique

L'armature métallique est réalisée suivant la technique de confection des prothèses métalliques. Une fois sablée, nettoyée avec un détergent, un solvant ou avec de la vapeur d'eau, cette armature est oxydée en surface dans un four à une température d'environ 1 000 °C.

Elle est ensuite enduite de deux couches d'*opaque* de céramique, qui

permet de masquer la couleur sombre de l'alliage oxydé :

- la première couche bloque l'oxydation en surface et assure une première liaison entre l'alliage et la céramique ;
- la deuxième couche renforce la liaison alliage-céramique.

Chaque couche d'opaque est appliquée au pinceau puis cuite au four à 900 ou 1 000 °C.

Pour le **montage** de la céramique, la poudre céramique est mélangée avec de l'eau distillée sur une palette et la dent est formée par couches au pinceau ou à la spatule ; chaque couche est cuite dans un four sous vide à une température de 940 à 980 °C. La céramique est ensuite rectifiée par grattage, meulage avec des meulettes ou des pointes diamantées.

En ce qui concerne la **finition** , la céramique se polit rarement et uniquement avec des meulettes en caoutchouc. On applique éventuellement un revêtement cosmétique à base de poudre céramique et l'on effectue une cuisson de vitrification appelée aussi « glaçage ».

Sans armature métallique

La prothèse peut alors être obtenue par moulage à partir d'un verre céramique fondu, selon un processus comparable à celui utilisé pour la confection d'une prothèse métallique. Le **moulage** est suivi d'une cuisson de plusieurs heures.

La **finition** est identique à celle d'une céramique sur armature.

Lorsqu'un **montage** doit être **repris** , la céramique peut être éliminée par sablage ou parfois par l'action de l'acide fluorhydrique.

2. POLLUANTS ET PATHOLOGIES ASSOCIEES

[1 à 5, 7]

2.1. La silice

La silicose est l'affection professionnelle la plus décrite chez les prothésistes dentaires. Réaction du poumon liée à l'inhalation de silice cristalline (quartz, tridymite, cristobalite), c'est une maladie particulièrement grave et invalidante qui n'apparaît en général qu'après plusieurs années d'exposition

et dont l'évolution se poursuit même après cessation de l'exposition [1].

La silicose est une maladie indemnifiable au titre du tableau de maladies professionnelles n°25 (régime général).

La silice est présente, sous différentes formes et en quantités plus ou moins importantes, dans différents produits utilisés en prothèse dentaire : produits de revêtement, poudres de céramique et de porcelaine, abrasifs de sablage, produits de polissage, matériaux constitutifs de certains outils.

Les produits de revêtement

Il s'agit de matériaux réfractaires pulvérulents, de très fine granulométrie, constitués de mélanges soit de type « plâtre + silice », soit de type « phosphate d'ammonium + magnésie + silice ».

Tous les revêtements contiennent de la silice cristalline, avec des proportions variables de quartz et de cristobalite. Les revêtements utilisés pour les prothèses mobiles en alliage chrome-cobalt contiennent une grande proportion de quartz (54 à 97 % d'après analyses). Les revêtements utilisés pour les prothèses fixes en alliage nickel-chrome renferment un mélange de quartz (parfois jusqu'à 62 %) et de cristobalite (parfois jusqu'à 66 %).

La manipulation des poudres réfractaires génère dans l'atmosphère de travail des poussières en quantité importante, qui sont silicogènes et très fines, donc qui pénètrent profondément dans les voies respiratoires.

Les abrasifs de sablage

L'utilisation de silice cristallisée sous forme de sable naturel est actuellement abandonnée ou tend à l'être.

Désormais, les produits de sablage sont constitués de corindon (oxyde d'aluminium ou alumine) pour la majorité ou de microbilles de verre ou de plastique de différentes granulométries, parfois d'oxyde de zirconium ou de sable sidérurgique.

A l'état neuf, les abrasifs couramment utilisés ne contiennent pas ou contiennent très peu de silice libre cristallisée (moins de 1 %). Au cours des opérations de sablage, les abrasifs s'enrichissent progressivement en silice libre cristallisée par entraînement des revêtements, sauf dans le cas où ils ne sont pas recyclés.

Les poudres de céramique

Les produits de départ sont des poudres utilisées en suspension en milieu aqueux.

Les poudres de céramiques sont des alumino-silicates cristallisés (leucite) et ne contiennent pas de silice cristalline ; des oxydes métalliques et des terres rares jouent le rôle de fondant, d'opacifiant ou de colorant.

Elles sont cuites sous vide à 940 °C au laboratoire. Après cuisson, la céramique dentaire a une structure vitreuse contenant une forme cristalline noyée de leucite (silicate double d'aluminium et de potassium) [6].

Les poudres de porcelaine

Les dents en porcelaine sont obtenues de manière industrielle par cuisson, sous pression à 1 100 °C, de kaolin mélangé à du feldspath et du quartz. On ajoute des opacifiants, des fondants et des colorants.

Les produits de polissage : pâtes à polir et ponces

Les pâtes à polir sont constituées d'abrasifs (corindon, oxydes métalliques, silice), agglomérés par des matières grasses de type acide stéarique. Elles contiennent parfois du quartz en quantité importante (jusqu'à 78 %).

Les ponces, d'origine naturelle ou synthétique, sont constituées de silicates complexes et contiennent fréquemment du quartz. Elles sont employées à l'humide.

Les outils de finition

Les outils employés pour les travaux de finition sont constitués de matériaux abrasifs à base de corindon, de carbure de tungstène, de carbure de silicium... Des analyses réalisées par le passé ont mis en évidence la présence de quartz dans certains matériaux abrasifs.

2.2. Les alliages métalliques

Les alliages précieux et semi-précieux à base d'or ou de palladium présentent des risques pathologiques spécifiques moindres. Par contre, les alliages non précieux, qui sont désormais les plus utilisés, peuvent être à l'origine de certaines affections professionnelles. Les

principaux alliages non précieux utilisés sont :

- les alliages chrome-cobalt, désignés sous le nom de stellite, qui contiennent en moyenne 50 à 70 % de cobalt et 10 à 30 % de chrome et sont utilisés pour confectionner la plaque base des prothèses mobiles ;
- les alliages nickel-chrome, qui contiennent 60 à 80 % de nickel et 10 à 25 % de chrome et sont utilisés pour les prothèses fixes et pour les armatures des prothèses en céramique.

Le nickel, le chrome et le cobalt sont responsables de syndromes d'irritation bronchique et cutanée : asthme, trachéite et bronchite irritative, eczéma de contact, rhinite.

L'inhalation des poussières de ces composés peut être à l'origine d'une fibrose pulmonaire.

Certains alliages nickel-chrome peuvent contenir également du béryllium (jusqu'à 2 %). Le béryllium est utilisé principalement pour sa haute résistance à la déformation. Cependant, il est à l'origine d'une pathologie sévère : la béryllose, fibrose pulmonaire grave consécutive à l'inhalation de poussières de béryllium. Le béryllium est également un cancérigène. Simultanément, il peut aussi entraîner des manifestations allergiques : dermatites, rhinites, conjonctivites. La béryllose est une maladie indemnisable au titre du tableau de maladies professionnelles n° 33 (régime général).

En cas d'alliage avec le cadmium, l'utilisation à long terme comporte des risques de troubles respiratoires, d'atteintes rénales et osseuses.

Ces effets sont indemnifiables au titre du tableau de maladies professionnelles n° 61 (régime général).

Les alliages métalliques contiennent également du molybdène, de l'aluminium, du fer, du tungstène, du manganèse, qui ne semblent pas entraîner de réactions particulières aux concentrations et doses utilisées.

2.3. L'amiante

L'amiante est parfois entré dans la composition des joints de dilatation placés entre le cylindre métallique et le revêtement, pour la fabrication de prothèses métalliques. Des plaques de carton d'amiante ont parfois été utilisées pour la protection thermique des fours. De l'amiante peut subsister dans certaines installations. Il est recommandé de profiter des opérations de maintenance et de renouvel-

lement d'appareils pour le remplacer par des produits moins dangereux.

L'inhalation de fibres d'amiante peut induire une fibrose pulmonaire grave après quelques années d'exposition seulement. L'évolution de la maladie est sévère et irréversible. L'inhalation de fibres d'amiante peut induire des troubles plus graves du type cancer broncho-pulmonaire ou mésothéliome malin de la plèvre, du péricarde ou du péritoine.

Ces affections sont reconnues au titre du tableau de maladies professionnelles n° 30 (régime général).

2.4. Les cires

Les cires sont souvent des mélanges complexes à base de cire d'abeille, de cire végétale, minérale ou synthétique. Elles contiennent des esters, des acides gras, des alcools et des impuretés telles que la colophane et la paraffine.

Quand elles sont chauffées, elles sont à l'origine de fumées et de dégagements gazeux d'aldéhydes et de cétones, substances à la fois irritantes pour la peau, les yeux et les muqueuses respiratoires et par ailleurs allergènes.

Les produits de dégradation thermique de la colophane peuvent provoquer des irritations trachéo-bronchiques et de l'asthme, ainsi que des eczémas allergiques.

2.5. Les résines

Les résines les plus utilisées pour la confection de prothèses dentaires sont des résines acryliques, thermoplastiques (polyméthacrylate de méthyle) obtenues en mélangeant un polymère (poudre) à un monomère (liquide), tous deux contenant différents additifs (stabilisants, colorants, catalyseurs, plastifiants, émulsionnants...).

Le méthacrylate de méthyle monomère peut provoquer des eczémas allergiques, des irritations trachéo-bronchiques et de l'asthme.

Ces affections sont reconnues au titre des tableaux de maladies professionnelles n°s 65 et 82 (régime général).

2.6. L'acide fluorhydrique

L'acide fluorhydrique, ou fluorure d'hydrogène, en solutions concentrées, est utilisé pour la reprise des prothèses en céramique ; il est très toxique par inhalation, par contact avec la peau et les muqueuses et par ingestion.

Il attaque la silice, le verre et les silicates. Il est très corrosif et provoque de graves brûlures caustiques par contact.

3. REGLEMENTATION –

VALEURS LIMITES

Les nuisances chimiques rencontrées dans un atelier de prothèse dentaire sont essentiellement aériennes. Le risque est fonction de la nature des composés mis en cause ainsi que de leur concentration dans l'atmosphère de travail.

Les hygiénistes sont amenés à déterminer la toxicité de chaque substance en particulier pour établir un seuil de concentration d'exposition à ne pas dépasser : ce sont les valeurs limites d'exposition. Elles représentent un niveau maximum de concentration, dont le respect, dans l'état actuel des connaissances, assure la protection de la majorité des personnes exposées à des agents chimiques, physiques ou biologiques, contre les atteintes pouvant en résulter. Le système français prend en compte deux types de valeurs limites [10] :

- les valeurs limites d'exposition (VLE) qui visent à prévenir un risque d'intoxication sur une courte durée ; elles sont mesurées sur 15 min ;
- les valeurs limites de moyenne d'exposition (VME) qui sont destinées à prévenir un risque d'intoxication à long terme ; elles sont mesurées ou estimées sur une durée de 8 heures de travail.

La multiplicité des produits chimiques exposant les travailleurs à une dégradation de leur santé a conduit le ministère chargé du Travail à adopter de nombreuses valeurs limites indicatives publiées sous forme de circulaires. Aux Etats-Unis, l'ACGIH (American conference of governmental industrial hygienists) a également publié une liste de valeurs limites.

S'il n'a pas été fixé de valeur limite pour un produit donné, la réglementation prévoit que « les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires de l'atmosphère inhalée par une personne, évaluées sur une période de 8 heures, ne doivent pas dépasser respectivement 10 et 5 mg/m³ d'air » [11] pour les poussières inhalables qui n'ont pas d'effet spécifique. Dans le cas de la fabrication des prothèses dentaires, la majorité des poussières peuvent avoir un effet spécifique et il convient de respecter les valeurs limites fixées.

Les valeurs limites d'exposition servent à fixer l'objectif minimal à atteindre par l'installation de ventilation pour maintenir la salubrité de l'atmosphère né-

TABLEAU I

Valeurs limites des principaux polluants rencontrés en prothèse dentaire

Comparaison entre les valeurs américaines de l'ACGIH (TLV-TWA) et les valeurs (VME) recommandées par le ministère du Travail en France [9, 10]

Substance	TLV-TWA (mg/m ³)	VME (mg/m ³)
Aluminium métal, en Al	10	10
Amiante (*) chrysotile	0,1 fibres/cm ³	0,1 fibres/cm ³ sur 1 heure
Argent (poussières métalliques)	0,1	0,1
Béryllium et composés	0,002	0,002
Cadmium (oxyde de) (fumées en Cd)	0,01	(VLE : 0,05)
Chrome (métal)	0,5	0,5
Cobalt métal, en Co	0,02	–
Cuivre (poussières) en Cu	1	1
Fer (oxyde Fe ₂ O ₃ , fumées en Fe)	–	5
Manganèse (poussières) et ses composés, en Mn	0,2	–
Manganèse (fumées, en Mn)	0,2	1
Méthacrylate de méthyle	205	410 (VLE : 820)
Molybdène (composés solubles, en Mo)	0,5	5
Nickel (métal)	1,5	1
Platine	1	1
Silice cristalline – quartz – cristobalite, tridymite	0,05 0,05	0,1 0,05
Sulfate de calcium (plâtre)	10	10

(*) Décret du 7 février 1996.

cessaire pour préserver la santé des personnes concernées. En situation industrielle, on s'efforcera de maintenir les concentrations en polluants toujours inférieures à ces seuils limites (tableau I).

Un certain nombre de substances utilisées chez les prothésistes dentaires figure sur des listes de substances cancérigènes :

– l'amiante est classé en groupe 1 (cancérigène pour l'homme) dans la classification du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) et C1 (cancérigène pour l'homme) dans la classification de la Commission Européenne ;

– la silice cristalline (expositions professionnelles au quartz et à la cristobalite) : groupe 1 dans la classification du CIRC ;

– le béryllium et ses composés : groupe 2A dans la classification du CIRC et C2 (assimilé à une substance cancérigène pour l'homme) dans la classification européenne ;

– oxydes et composés du nickel : groupe 1 dans la classification du CIRC et C1 du classement européen ;

– les fibres minérales artificielles (laine de verre, laine de roche, laine de laitier) : catégorie 3 (C3) du classement européen (substance préoccupante en raison d'effets cancérigènes possibles avec possibilité d'exonération de cette classification si celles-ci répondent aux critères de non biopersistance décrits dans la note Q de la directive 97/69/CE) et les fibres céramiques en catégorie 2 (C2) (assimilées à une substance cancérigène pour l'homme).

4. ANALYSE DU RISQUE

La fabrication de prothèses métalliques, en résine ou en céramique présente un risque important par inhalation de poussières siliceuses ou métalliques, éventuellement de fibres d'amiante, de fumées de cire brûlée. L'importance et la nature du risque vont dépendre du poste de travail.

4.1. Risques induits lors de la fabrication des prothèses métalliques**Confection du moule en plâtre à partir de l'empreinte**

La manipulation de plâtres peut entraîner l'inhalation de poussières fines, sans toxicité particulière, mais qui sont irritantes pour les muqueuses oculaires et respiratoires et peuvent provoquer des pneumoconioses de surcharge.

D'après les résultats d'analyses effectuées dans différents laboratoires de prothèse dentaire, les poussières de plâtre sont exemptes de silice.

Réalisation de la maquette en cire

Si la cire doit être chauffée pour le modelage, la température est relativement faible et il n'y a qu'un risque minime de dégagement de fumées à ce poste.

Préparation du revêtement

Cette opération est réalisée pour la mise en revêtement de la maquette ainsi que pour la confection du modèle en revêtement (prothèses mobiles en alliage chrome-cobalt).

La préparation du revêtement est une opération brève, mais les matériaux réfractaires pulvérulents employés sont riches en silice et présentent une granulométrie fine. Il y a donc à ce poste de travail un risque de silicose.

Cuisson du revêtement

Pendant la phase de préchauffage correspondant à l'élimination de la cire, il y a une émission de fumées et de gaz irritants, résultant de la dégradation thermique de la cire.

Ces fumées et gaz peuvent être inhalés par les personnes qui se trouvent à proximité du four.

La cuisson proprement dite du revêtement n'engendre pas quant à elle d'émission de fumées.

Fonte des alliages et coulée

La fonte des alliages métalliques peut s'accompagner d'une émission de fumées de chrome, cobalt, nickel, béryllium...

Démoulage

Pour démouler la prothèse, il faut casser le revêtement qui l'enrobe. Des poussières de revêtement, siliceuses, sont mises en suspension dans l'atmosphère de travail et induisent un risque de silicose.

Sablage

Le sablage représente la principale source de pollution particulaire par l'importance de l'empoussièrément et par la toxicité des poussières émises. Bien qu'il soit réalisé dans des sautoirs, qui sont des enceintes closes, des poussières sont émises dans l'atmosphère de travail. Cette situation peut être due à la conception des machines, à un défaut d'étanchéité ou à un mauvais entretien.

L'abrasif, dépourvu de silice à l'état neuf, ne présente pas de toxicité particulière. Cependant, des analyses de poussières ont mis en évidence la présence de silice due à l'entraînement du revêtement résiduel resté sur les prothèses. La proportion de silice peut devenir très importante si l'abrasif n'est pas remplacé suffisamment fréquemment.

Il existe donc un risque de silicose à ce poste de travail.

Travaux de finition

Les différents travaux de finition (meulage, grattage, ébarbage, polissage...) sont particulièrement générateurs de poussières : poussières de métaux durs par abrasion des alliages et, dans certains cas, poussières issues des matériaux abrasifs des outils.

Le grattage des prothèses émet principalement des poussières de métaux. Le polissage est une source de pollution importante, plus par la quantité de poussières émises que par leur toxicité.

Le risque est d'autant plus important que toutes les opérations de finition se

font manuellement, à l'établi ; il s'agit d'opérations minutieuses au cours desquelles les voies respiratoires de l'opérateur se trouvent à proximité immédiate de la zone de travail, donc de la source d'émission de poussières.

4.2. Risques induits lors de la fabrication des prothèses en résine et des prothèses en céramique

- La préparation de la résine implique une manipulation de méthacrylate de méthyle monomère, liquide inflammable connu pour ses propriétés allergisantes, dont les vapeurs peuvent être inhalées par l'opérateur.

- Les risques propres à la réalisation des prothèses en céramique sont liés à la manipulation des poudres de céramiques ou de porcelaines et donc aux poussières émises dans l'ambiance de travail. Les poudres de céramique ne contiennent pas de silice libre ; elles ne présentent donc pas de risque de silicose. Pour les travaux de reprise de surface, l'utilisation d'acide fluorhydrique présente un risque très important de brûlure chimique et d'intoxication par voie percutanée.

5. MESURES DE PREVENTION

Les moyens à mettre en œuvre pour assainir les ambiances de travail dans les locaux à pollution spécifique sont précisés par la réglementation qui prévoit que l'on prenne, par ordre de priorité, les mesures suivantes :

- suppression des émissions par l'utilisation de nouveaux produits ou de nouvelles techniques ;

- captage, au plus près des sources d'émissions, de la totalité des polluants chaque fois que cela est techniquement possible ;

- dilution et évacuation des polluants résiduels par la ventilation générale.

5.1. Suppression des émissions de polluants : mesures générales

Pour réduire globalement l'émission de polluants dans l'ambiance de travail, il est possible d'intervenir à différents niveaux.

5.1.1. Implantation de l'atelier

Pour éviter le transfert de pollution dans l'atelier, il faut prévoir des salles spécifiques pour les machines et les

opérations les plus polluantes, telles que le sablage ou le grattage. L'isolement des sources de pollution importante permet de protéger les postes de travail à l'établi, où les prothésistes passent la plus grande partie de leur temps.

Dans le laboratoire, tous les produits doivent être rangés dans des armoires prévues et réservées à cet effet. Les produits dangereux ne doivent être stockés qu'en faible quantité (c'est le cas du méthacrylate de méthyle monomère, qui est inflammable).

5.1.2. Choix des produits et matériaux

- Il faut privilégier au maximum les produits les moins dangereux.

- Les plâtres, abrasifs, ponces, doivent être exempts de silice libre cristalline (demander la fiche de données de sécurité au fournisseur du produit).

- La teneur en silice libre cristalline (cristobalite en particulier) des matériaux de revêtement doit être aussi faible que possible (voir la fiche de données de sécurité).

- Les joints de dilatation utilisés dans les cylindres de fabrication des prothèses métalliques ne doivent pas contenir d'amiante (on utilisera de préférence des matériaux réfractaires isolants non fibreux sous forme de pièces préformées).

- Il est vivement recommandé de ne pas utiliser des alliages contenant du béryllium, tant pour les prothèses fixes que pour les prothèses mobiles.

- L'emploi d'acide fluorhydrique est à proscrire.

- L'étiquetage est la première source d'information immédiatement disponible quant à la composition des produits et aux dangers qu'ils peuvent présenter. Mais ce n'est pas la seule. Les fiches de données de sécurité contiennent des informations complémentaires.

- Le décret n° 87-200 du 25 mars 1987 impose aux fabricants et importateurs de produits chimiques de fournir aux utilisateurs des fiches de données de sécurité pour les produits dangereux.

5.1.3. Choix des techniques

Pour certaines opérations, il est possible d'adopter des techniques qui limitent l'émission de poussières et de vapeurs.

- **Le travail à l'humide:** les moules sont cassés dans un récipient rempli d'eau ou sous un courant d'eau, pour abattre les poussières.

De même, il est conseillé d'effectuer le meulage du revêtement, le polissage des prothèses à l'humide.

- Le **conditionnement en sachets** prédosés est à privilégier pour les produits pulvérulents tels que le plâtre ou les matériaux de revêtement.

- Pour la fabrication de prothèses en résine méthacrylique, la technique des **capsules scellées prédosées, avec malaxage et injection automatique en moules fermés** permet de limiter les dégagements de vapeurs.

- Il faut préférer la **fusion des alliages par induction haute fréquence** plutôt qu'au chalumeau.

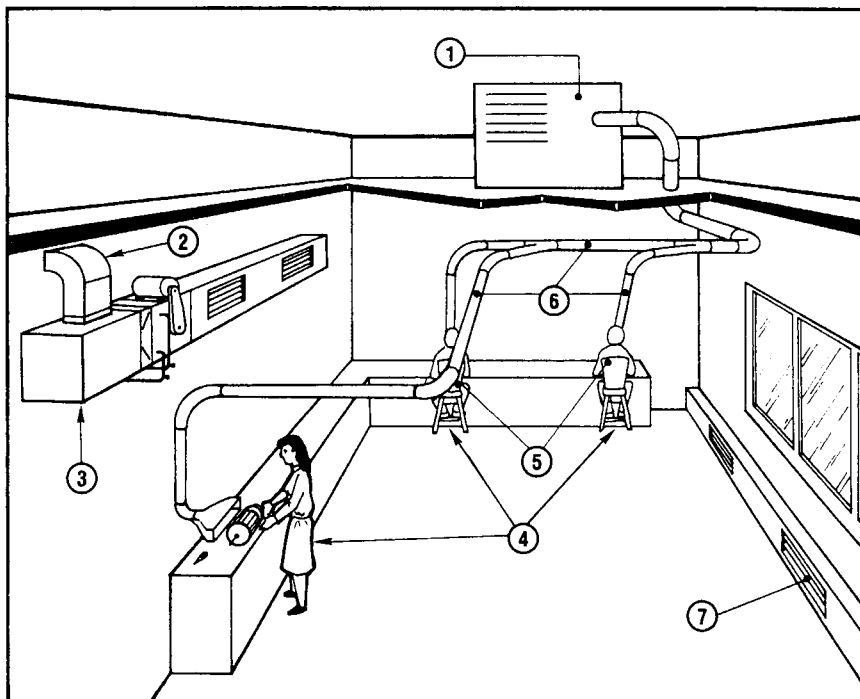


Fig. 1. Ventilation (locale et générale) dans la salle de finition. Schéma de principe

- | | |
|--------------------------|--|
| 1 - Epuration-rejet | 5 - Usinage pièce à main et captage |
| 2 - Prise d'air neuf | 6 - Réseaux de transport |
| 3 - Ventilation générale | 7 - Ventilation générale - Apport d'air neuf |
| 4 - Poste de travail | |

5.2. Captage et ventilation

5.2.1. Principes généraux [8]

Le bon fonctionnement d'une installation de captage et de ventilation est lié au respect d'un certain nombre de règles techniques ou organisationnelles qui peuvent se résumer en dix principes généraux (fig. 1).

1. Envelopper au maximum la zone de production des polluants.
2. Capter au plus près de la zone d'émission.
3. Placer le dispositif d'aspiration de manière que l'opérateur ne soit pas entre celui-ci et la source de pollution.
4. Utiliser les mouvements naturels des polluants.
5. Induire une vitesse d'air suffisante.
6. Répartir uniformément les vitesses d'air au niveau de la zone de captage.
7. Compenser les sorties d'air par des entrées d'air correspondantes.
8. Eviter les courants d'air et les sensations d'inconfort thermique.
9. Rejeter l'air pollué en dehors des zones d'entrée d'air neuf.
10. Maintenir en dépression toute la partie de l'installation de ventilation interne aux locaux.

5.2.2. Principe de la ventilation par captage localisé

La ventilation locale ou par aspiration localisée consiste à capter les pol-

luants au plus près de leur source d'émission avant qu'ils ne pénètrent dans la zone des voies respiratoires des travailleurs et qu'ils ne diffusent dans l'atmosphère du local de travail.

Dispositif enveloppant

Il entoure le point d'émission; ce sont par exemple les enceintes, les boîtes à gant, les sorbonnes (fig. 2a à c).

Ce dispositif est le plus satisfaisant pour le captage, mais il n'est pas toujours utilisable pour des raisons ergonomiques: les parois peuvent gêner les mouvements pour certaines opérations. Il est utilisable pour les machines automatiques.

Le critère de ventilation est défini par la vitesse de l'air dans les sections de l'enceinte qui sont ouvertes. Le débit d'air nécessaire sera moins important dans le cas de la sorbonne de laboratoire compte tenu de la taille plus réduite de la face ouverte.

Dispositif inducteur

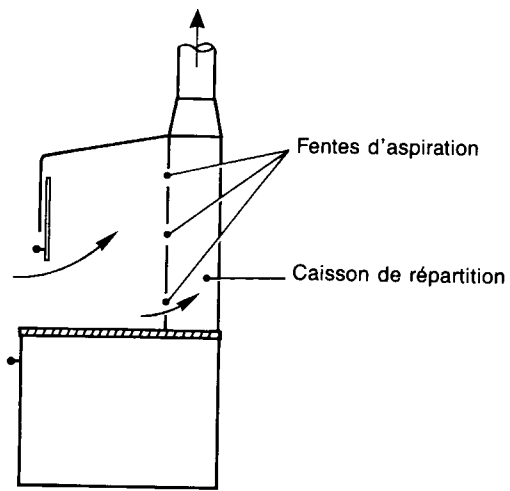
Il est placé à proximité de la source et doit générer des vitesses d'air dans la

zone d'émission pour entraîner l'air pollué à l'intérieur du réseau d'aspiration et de transport (fig. 3a à c).

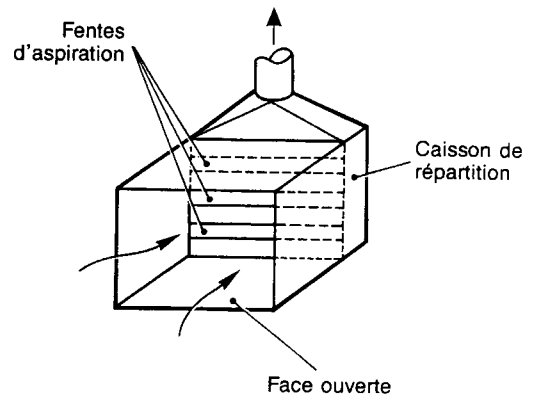
Ce type de dispositif n'est bien adapté que pour un travail au cours duquel les polluants sont émis en un point fixe, sans vitesse initiale. Il est peu recommandé lorsque l'opérateur doit déplacer sa pièce car il aurait alors la contrainte supplémentaire de déplacer le bras d'aspiration. La vitesse de captage chute considérablement lorsque l'on s'éloigne de l'ouverture. Ainsi, à la distance d'un diamètre, elle est tombée à 7,5 % de sa valeur initiale. La difficulté de son positionnement conduit à restreindre son utilisation à des opérations peu polluantes et occasionnelles.

Dispositif récepteur

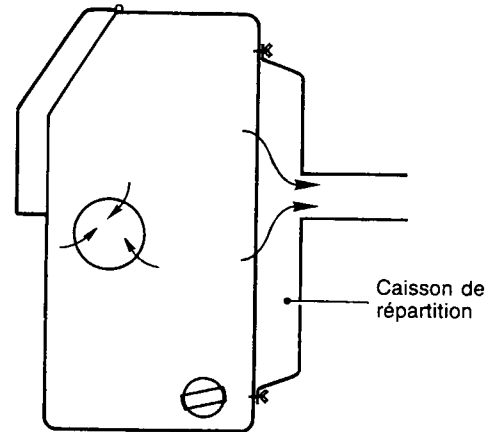
Il est placé à proximité de la source de pollution et capte les polluants en utilisant leur vitesse et leur direction initiales d'émission. Ce dispositif n'est utilisable que dans le cas où les polluants sont entraînés spontanément vers le dispositif de captage par le processus de travail, le rôle du ventilateur se limitant à évacuer l'air pollué au fur et à mesure (fig. 4).



a) Sorbonne de laboratoire

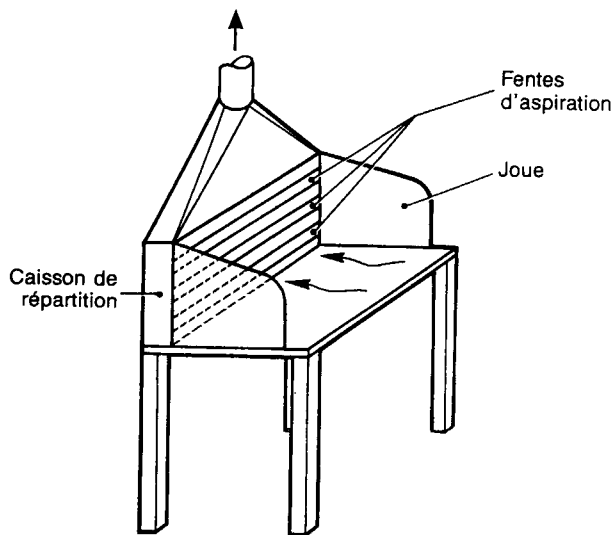


b) Enceinte ventilée

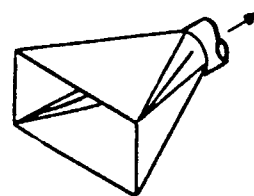


c) Enceinte fermée avec passage pour les mains

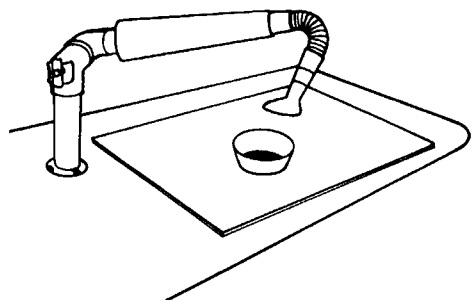
Fig. 2. Exemples de dispositifs enveloppants



a) Table avec dossier aspirant



b) Bouche d'aspiration



c) Bras d'aspiration articulé

Fig. 3. Exemples de dispositifs inducteurs

L'air pollué peut être entraîné par convection par exemple, dans le cas des processus chauds. C'est l'exemple des hottes en dôme au-dessus d'un four. Pour être efficace, la hotte en dôme devra répondre à un certain nombre de conditions :

- être située au-dessus de la zone d'émission des polluants;
- ne pas être perturbée par des courants d'air;
- déborder largement la zone des fours sur l'avant et les côtés;
- être pourvue d'une puissance d'aspiration pour évacuer l'air chaud au fur et à mesure de son arrivée dans la hotte. Dans ce but, la vitesse de l'air dans les surfaces aspirantes de la hotte devra être au moins égale à 0,30 m/s;
- comporter une tôle de répartition de l'air qui permette d'obtenir des vitesses plus élevées en périphérie.

Une hotte dotée d'une simple évacuation statique (absence de ventilateur) ne peut assurer une efficacité suffisante.

D'une manière générale, la salubrité de l'atelier ne pourra être véritablement assurée que si l'ensemble des sources de pollution est traité. En fonction du travail à effectuer, il faudra opter pour des solutions différentes de captage des polluants émis. L'efficacité d'une installation de ventilation par captage localisé

sera fonction à la fois de la compatibilité des dispositifs de captage avec les mouvements de l'opérateur et des critères aérauliques retenus.

5.2.3. Equipement de ventilation au poste de préparation des plâtres et revêtements

La manipulation des poudres de matériaux réfractaires et de plâtre génère de grandes quantités de poussières.

A ces postes de travail, il faudra prévoir des dispositifs de *captage enveloppant* tels qu'une sorbonne de laboratoire ou une enceinte ouverte seulement en face avant, équipée d'une aspiration en face arrière (fig. 2a et 2b)

La norme française XP X 15-203 sur les sorbottes de laboratoires précise que la vitesse de l'air dans la face ouverte doit être de 0,4 m/s lorsque l'ouverture a une hauteur de 0,40 m.

La vitesse d'air dans les ouvertures ne soit pas être inférieure à 0,40 m/s.

Un dispositif inducteur pourra également être utilisé comme une table avec dossier aspirant ou bouche d'aspiration (fig. 3a et 3b).

Ce même poste pourra éventuellement être utilisé aussi pour d'autres opérations génératrices de poussières

comme le démoulage des cylindres, si celui-ci doit être réalisé à sec et pour la préparation des résines méthacryliques.

Un bras d'aspiration (fig. 3c) articulé peut être installé si les autres dispositifs plus performants cités précédemment ne sont pas applicables.

Les vitesses d'air à mettre en œuvre sont :

- pour la table aspirante: vitesse de captage = 0,5 m/s;
- pour la bouche d'aspiration: vitesse de captage = 0,5 m/s;
- pour le bras d'aspiration articulé: vitesse de captage = 0,7 m/s.

La vitesse de captage se comprend comme la vitesse d'air induite au point d'émission le plus éloigné de l'aspiration.

Exemple

Déterminer le débit d'air à mettre en œuvre pour une enceinte ouverte de 0,5 m de hauteur et 0,5 m de longueur. La vitesse dans la face ouverte est de 0,4 m/s.

La surface de la face ouverte S, est égale à :

$$S = 0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ m}^2$$

Le débit d'air Q se calcule à partir de l'expression :

$$Q = S \times v = 0,25 \times 0,4 = 0,1 \text{ m}^3/\text{s} = 360 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.2.4. Equipement de ventilation aux postes de préparation des céramiques

Les dents en céramique sont montées une à une à la spatule ou au pinceau. Les poudres sont donc utilisées en très petites quantités à la fois (quelques grammes) et mélangées à de l'eau; tout le travail de montage se fait à l'humide. Un dispositif de captage des poussières n'est donc pas nécessaire à ce poste de travail.

5.2.5. Equipement de ventilation aux fours

Les fumées provenant de la dégradation de la cire pendant l'opération de préchauffe des cylindres sont irritantes, malodorantes et entraînent, à terme, une corrosion du matériel.

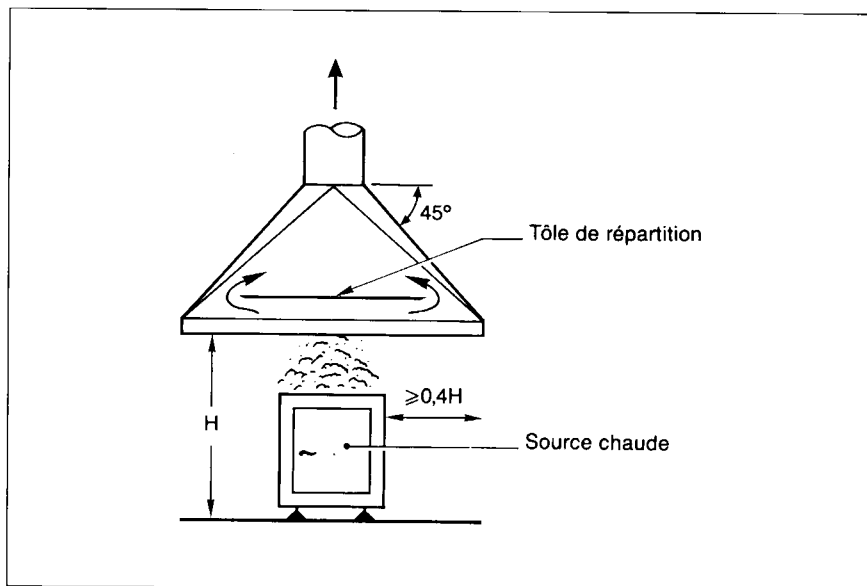


Fig. 4. Exemple de dispositif récepteur: captage par hotte en dôme

Une ventilation naturelle n'étant pas suffisante pour les évacuer, un système d'extraction mécanique s'impose.

Matériel neuf

La solution la plus simple, la plus efficace et la plus économique sur le plan de la ventilation, consiste à choisir un four de préchauffe équipé d'une aspiration intégrée (fig. 5a).

Ce système met l'intérieur du four en dépression et refoule l'air chargé en polluants dans une canalisation disposée généralement à l'arrière. Il convient alors d'installer un système de reprise de l'air pollué qui évacue les fumées à l'extérieur. Ce type de dispositif présente l'avantage de mettre en œuvre de faibles débits d'air.

Matériel ancien

Lorsque le four n'est pas en dépression mais possède une canalisation d'évacuation, celle-ci sera raccordée comme précédemment à un système de reprise d'air.

Pour les autres catégories de fours, deux types de systèmes de ventilation peuvent être adoptés :

- la hotte en dôme (fig. 4a et 5c),
- la sorbonne de laboratoire (fig. 2a et 5b).

Cette dernière est à privilégier, car c'est le dispositif le plus performant.

Exemple

Un four est placé sous une hotte en dôme de 0,7 m de largeur et de 2,35 m de longueur, située à l'angle d'un laboratoire. Une plaque est installée horizontalement à 8 cm à l'intérieur de la hotte et ne laisse subsister qu'une fente d'aspiration de 1,5 cm à sa périphérie. La vitesse de l'air dans cette fente est de 1,5 m/s ; le débit calculé est donc de 500 m³/h. Les dimensions du four sont h = 0,45 m, l = 0,27 m, p = 0,30 m ; la partie haute du four est placée à 0,18 m en dessous du bord inférieur de la hotte.

Le four travaille à 990 °C et la température à proximité de celui-ci est de 45 °C. La vitesse d'air mesurée dans ces conditions de fonctionnement de la hotte, à 2 cm des parois du four, qui est de 0,5 m/s, est suffisante pour assurer un captage efficace de l'air chaud engendré par le four et des polluants qui s'en échappent.

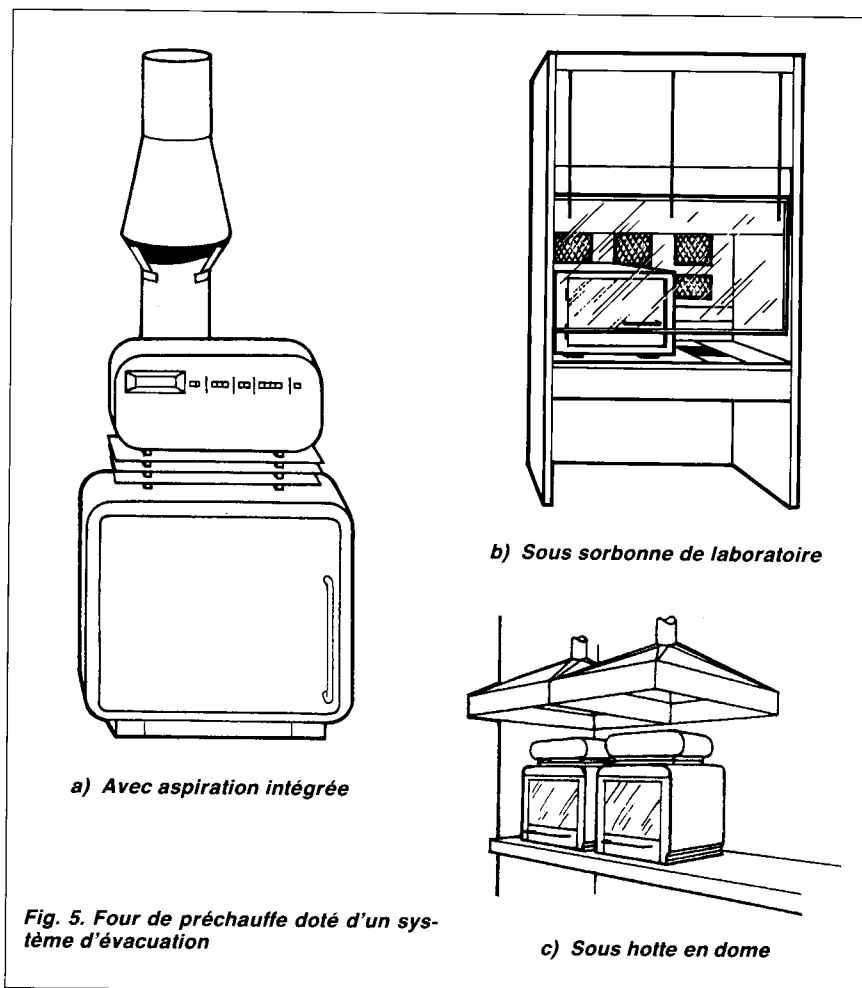


Fig. 5. Four de préchauffe doté d'un système d'évacuation

5.2.6. Equipement de ventilation aux postes de fusion et coulée des alliages

L'évacuation des gaz et fumées émis lors de la fusion des alliages, s'effectue :

- par la mise en dépression de la fronde (fusion par induction électronique) avec une vitesse d'air dans les fuites de l'ordre de 1 m/s (fig. 6) ;
- par l'installation de la fronde (fusion au chalumeau), sous la hotte des fours préchauffeurs.

5.2.7. Equipement de ventilation aux postes de démoulage

Lorsque le démoulage ne peut avoir lieu à l'humide, il sera recommandé de travailler sous ventilation localisée. Cela consiste à opérer dans une enceinte ventilée ouverte ou une sorbonne de laboratoire (fig. 2a et 2b). Il

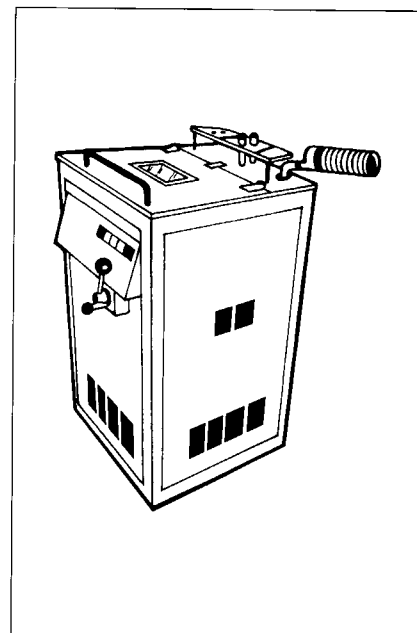


Fig. 6. Fronde électronique mise en dépression

est possible d'utiliser également des capteurs inducteurs (fig. 7a et 7b).

Les vitesses d'air à mettre en œuvre sont :

– pour l'enceinte ouverte : vitesse d'air dans les ouvertures = 0,4 m/s ;

– pour le capteur inducteur : vitesse d'air à induire au point d'émission = 0,5 m/s.

Exemple

Déterminer le débit d'air à mettre en œuvre pour une bouche d'aspiration installée en bordure de l'ouverture pratiquée dans la pailasse (fig. 7a).

La bouche d'aspiration a une section rectangulaire de 0,12 m × 0,18 m ; sa surface $A = 0,12 \times 0,18 = 0,0216 \text{ m}^2$

La vitesse de captage V_c à respecter est de 0,5 m/s, à une distance X maximum de 10 cm de la bouche d'aspiration. Le débit Q s'exprime au moyen de la relation :

$$Q = (5 X^2 + A) V_c$$

$$Q = 0,036 \text{ m}^3/\text{s} = 130 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.2.8. Equipement de ventilation aux postes de sablage

Compte tenu de la quantité et du caractère silicogène des poussières générées au cours de l'opération de sablage, le seul dispositif de captage acceptable est un dispositif envelop-

pant – enceinte ou cabine enfermant complètement la source –, à fonctionnement automatique (prothèses disposées dans un panier tournant) ou manuel (prothèses maintenues par l'opérateur muni de gants étanches).

Les cabines de sablage, pour être efficaces, doivent satisfaire les critères suivants :

– **bonne étanchéité** vis-à-vis des particules projetées et des poussières, qui sera conservée dans le temps par une maintenance suivie des organes de fermeture (joints et parties souples) ;

– **maintien en forte dépression**, pendant toute la durée du sablage, par une extraction mécanique d'air qui empêchera la sortie inévitable des plus fines particules par les ouvertures (on maintiendra une vitesse de 3 m/s dans les ouvertures, compte tenu de la vitesse élevée de projection de l'abrasif). Pour déterminer le débit d'air à extraire, il faudra tenir compte du débit d'air apporté par le jet d'abrasif, de la surface des ouvertures restantes (cas où les prothèses sont maintenues par l'opérateur) et de l'évaluation des fuites sur les parties mobiles. L'introduction de l'air de compensation à l'intérieur de la cabine se fera par des ouvertures de sections très réduites et judicieusement disposées. La mise en marche de la ventilation doit être asservie à la mise en marche de la sableuse et rester en service pendant la phase de déchargement des pièces pour limiter la dispersion des poussières dans le local ;

– **système de dépoussiérage** de l'air extrait (dépoussiérage par voie sèche

ou humide). Le rejet de l'air dépoussiéré se fera directement à l'extérieur des bâtiments. Les filtres devront être nettoyés ou remplacés, aussi souvent que nécessaire, par des filtres de caractéristiques identiques.

Exemple (fig. 8)

Déterminer le débit d'air à mettre en œuvre pour une cabine de sablage comportant deux ouvertures de diamètre $D = 10 \text{ cm}$ pour le passage des mains.

• Le débit d'aspiration Q se calcule au moyen de la formule :

$$Q = S V_0$$

avec $S =$ section totale des ouvertures $= 2 \times \pi D^2/4 = 0,016 \text{ m}^2$;

$V_0 =$ vitesse d'air dans les ouvertures. Au niveau des fuites, elle doit être au moins égale à 3 m/s.

d'où $Q = 0,016 \times 3 = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$ ou $172 \text{ m}^3/\text{h}$.

• Le débit d'air comprimé est de 200 l/min sous 500 kPa, ce qui équivaut à un débit de 1000 l/min sous 100 kPa (1 bar), soit $60 \text{ m}^3/\text{h}$.

• Le débit d'aspiration à mettre en œuvre pendant le décapage au jet (donc en présence d'air comprimé) est la somme des deux débits précédents :

$$Q_{\text{total}} = 172 + 60 = 232 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Le microbillage et les travaux de finition avec des crayons de sablage devront se faire dans les mêmes conditions.

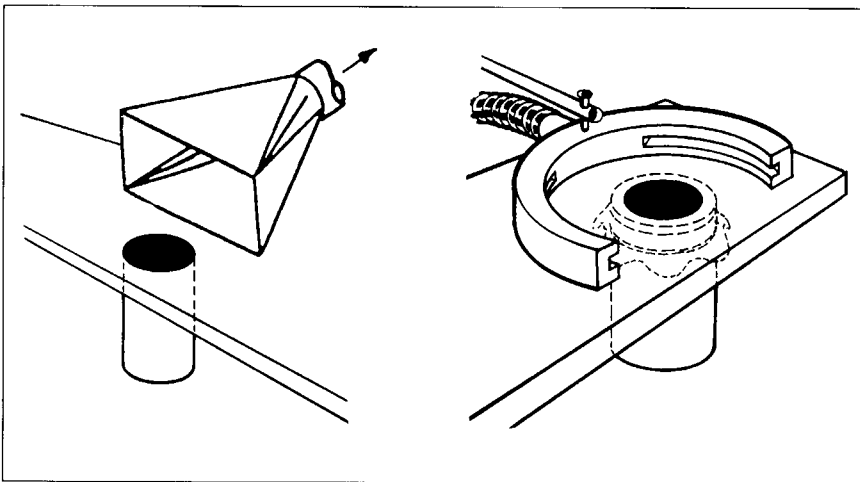


Fig. 7. Capteurs inducteurs employés dans l'opération de démoulage

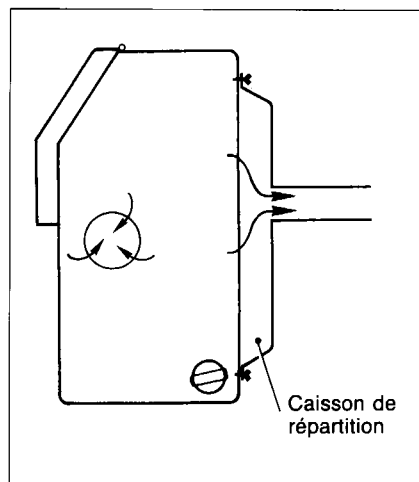


Fig. 8. Cabine de sablage utilisée dans les ateliers de prothèse dentaire

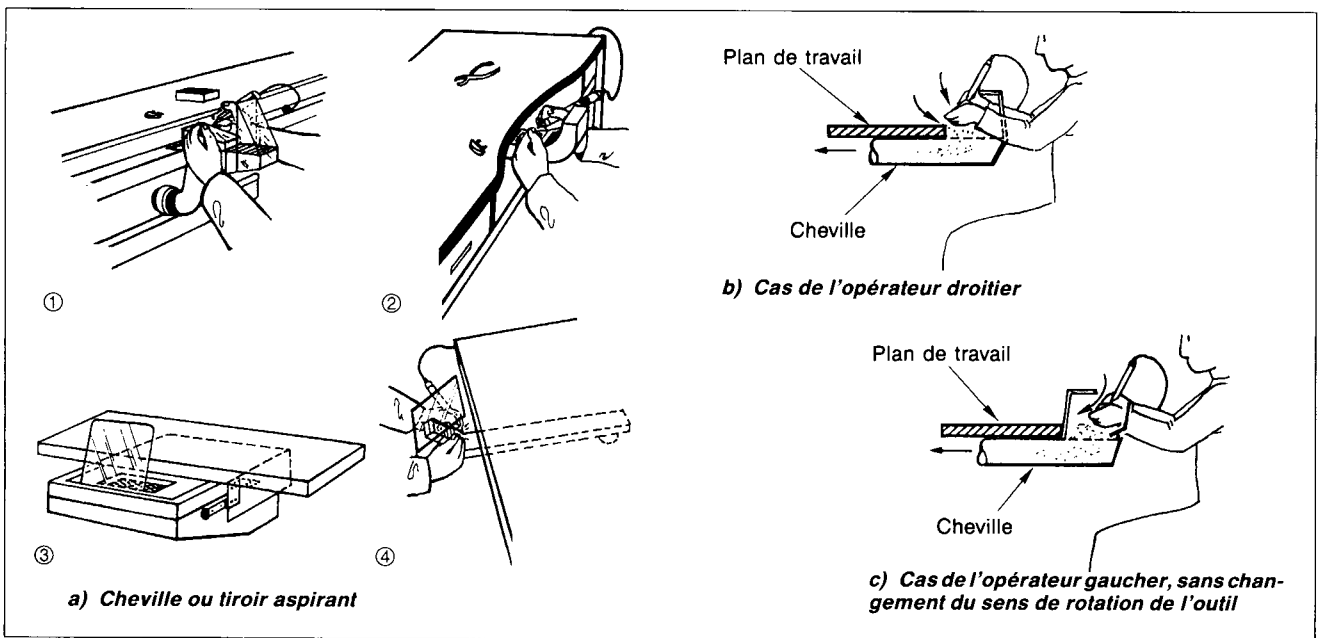


Fig. 9. Finition sur établi avec capteur associé

5.2.9. Equipement de ventilation aux postes de modelage de la cire

Les fumées dégagées par la cire chauffée peuvent être captées efficacement par un bras d'aspiration articulé installé sur l'établi (fig. 3c). L'opérateur place la bouche de captage au-dessus de la zone de travail pendant qu'il modèle la cire.

5.2.10. Equipement de ventilation aux postes de finition

Tous les travaux de finition tels que l'ébarbage, le grattage, le meulage sont effectués à l'établi, avec des outils portatifs ou sur des tours fixes. Ils sont à l'origine d'un empoussièrément important de l'atmosphère de travail. Par conséquent, tous ces postes de travail doivent être équipés de dispositifs de captage des poussières.

Travaux effectués à l'aide d'outils portatifs

Le principe de l'aspiration intégrée à l'outil est une solution efficace, car les polluants sont ainsi captés à leur point d'émission, mais elle est peu utilisée en prothèse dentaire. Les dispositifs de captage intégrés, dans l'état actuel de la technique, augmentent le poids et la taille de l'outil, ce qui représente une gêne pour l'opérateur dans un travail de précision.

a) Dispositifs de captage inducteur intégré ou associé à la cheville de travail

• Position du capteur

Les outils d'usinage arrachent aux pièces travaillées des particules qui sont projetées dans l'atmosphère à grande vitesse, les poussières grossières entraînant dans leur sillage les fines particules. Il faut par conséquent que le dispositif de captage soit placé sur le trajet d'éjection des poussières.

Si l'opérateur est droitier (fig. 9b), le sens de rotation de l'outil ayant tendance à rabattre ces particules vers l'opérateur, le capteur sera placé entre le prothésiste et la cheville de travail, sur laquelle il prend appui pour meuler la prothèse avec la pièce à main.

Si l'opérateur est gaucher (fig. 9c), le sens de rotation de l'outil doit être inversé, sinon les particules et poussières sont projetées vers l'arrière du plan de travail, ce qui implique que le capteur soit placé derrière la zone de travail c'est-à-dire derrière l'outil. Il est préférable, dans la mesure du possible, d'inverser le sens de rotation de l'outil.

Le capteur peut être intégré à la cheville de travail ou, s'il n'a pas été prévu, il peut être rapporté sur une cheville existante (fig. 10).

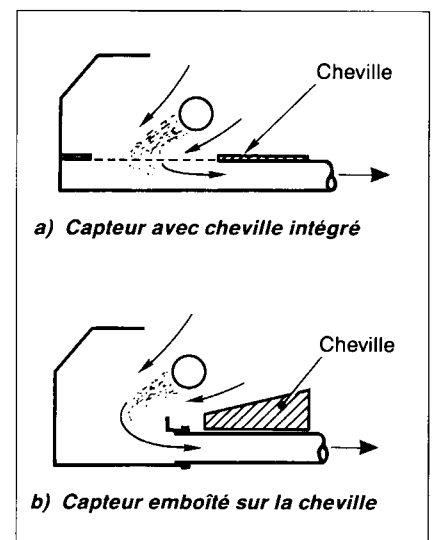


Fig. 10. Captage sur la table de travail

- Vitesse de captage

Il est indispensable d'obtenir un captage très efficace des particules alvéolaires qui sont les plus dangereuses pour l'appareil respiratoire. Ces très fines particules, qui sont majoritaires à ce poste, ne pourront pas, animées de leur seule vitesse initiale, atteindre le dispositif de captage.

En pratique, avec un bon positionnement du capteur, on constate un entraînement correct des particules avec une vitesse de captage de l'ordre de 2 m/s dans la zone de travail la plus éloignée du capteur (fig. 10).

- Débit d'aspiration

La vitesse d'air induite par une aspiration diminue de façon très importante avec la distance. Il importera donc, pour le choix du débit, de considérer la situation où l'émission sera la plus éloignée du capteur et de retenir cette distance pour le calcul.

Il existe des dispositifs de captage qui s'avèrent a priori satisfaisants pour des petites pièces (prothèses fixes par exemple) mais dont la puissance d'aspiration devient insuffisante lors de travaux sur des pièces plus importantes (prothèses squelettées) où la distance émission-captageur est plus grande.

Un débit d'aspiration compris entre une et plusieurs centaines de m³/h s'avère généralement nécessaire.

Exemple

Déterminer le débit d'air à mettre en œuvre pour un capteur associé à une cheville de travail (fig. 9a, pos. 2). Le capteur a 8 cm de longueur et 4 cm de largeur ; sa surface est donc $A = 0,04 \times 0,08 = 0,0032 \text{ cm}^2$. La distance X entre la source d'émission et le dispositif d'aspiration est de 4 cm.

Le débit d'aspiration est calculé en utilisant la formule :

$$Q = (10 X^2 + A) V_c$$

$$V_c = 2 \text{ m/s}$$

$$Q = 135 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si on utilise un outil pneumatique, il faudra s'assurer que l'échappement de l'air de l'outil ne diminue pas l'efficacité du dispositif de captage par dispersion des particules émises.

b) Dispositifs de captage enveloppants (fig. 11a et 11b)

Un dispositif de captage enveloppant est préconisé pour les opérations très polluantes, où l'éjection des particules et poussières est multidirectionnelle. Cela peut être une enceinte de type boîte à gants, avec des parois transparentes ; c'est un dispositif qui peut être utilisé pour les travaux peu minutieux. La vitesse d'air à mettre en œuvre dans les ouvertures sera de l'ordre de 1 m/s.

Il est aussi possible de mettre en place un dispositif semi-enveloppant, adapté au grattage des prothèses métalliques, mais aussi des prothèses en résine.

Opérations de meulage réalisées sur tour fixe horizontale

Les prothèses de grandes dimensions sont généralement en chrome-cobalt. Il est recommandé d'effectuer leur finition au tour fixe plutôt qu'à la pièce à main car l'efficacité de captage est meilleure du fait que la surface d'aspiration est plus grande et le capteur généralement mieux positionné.

Les systèmes de ventilation locale pouvant être mis en œuvre se répartissent en 3 catégories.

a) Enceinte ouverte de petites dimensions (fig. 2b)

Cette solution consiste à placer le tour dans une petite cabine ouverte en fa-

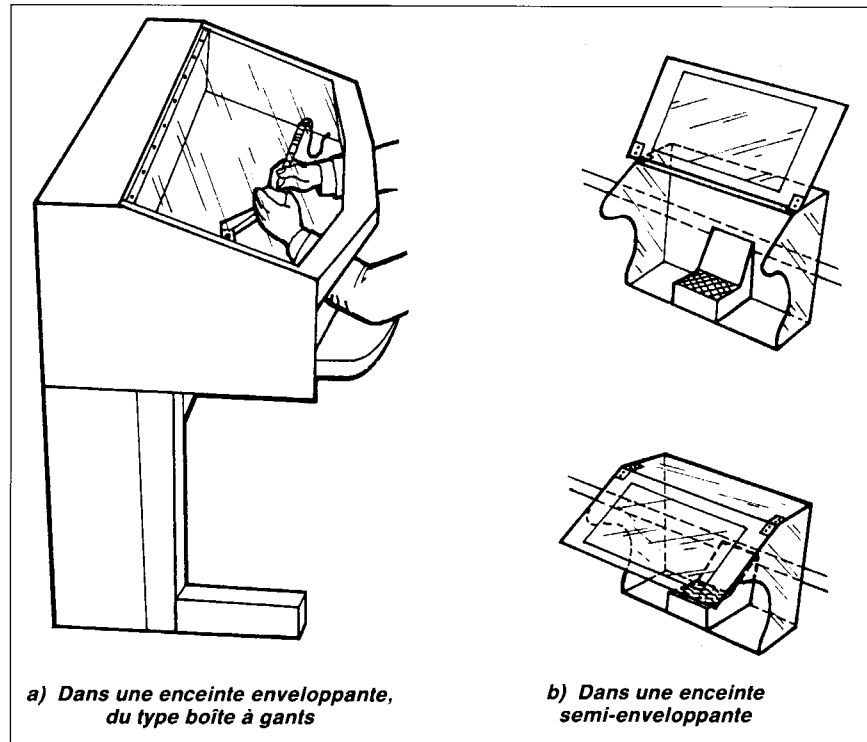


Fig. 11. Finition sur établi

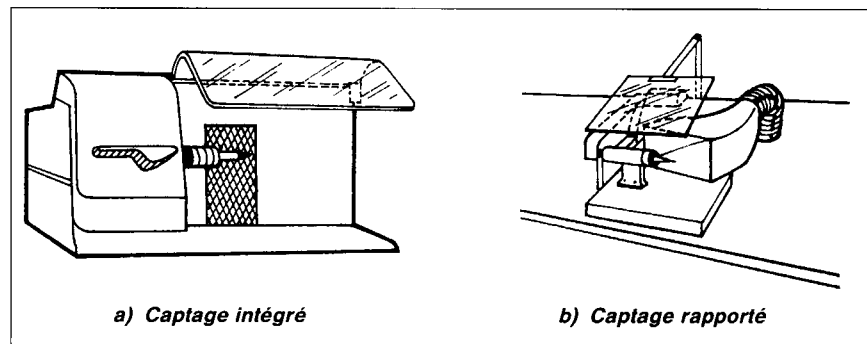


Fig. 12. Différents types de captage adaptés sur tour fixe horizontale

çade et à créer une vitesse d'air de 1 m/s dans l'ouverture pour empêcher les poussières de se disperser dans l'atelier.

b) *Système de captage intégré au tour fixe* (fig. 12a)

Le capteur doit être placé sur le trajet des particules aussi près que possible de l'outil pour reprendre les fines poussières générées par l'usinage.

Le sens de rotation de l'outil provoquant une dispersion des poussières vers l'arrière du plan de travail, c'est dans cette direction que devra se trouver le capteur.

Avec les diamètres et les largeurs de meules utilisées en atelier de prothèse dentaire, le débit d'air habituellement mis en œuvre est de l'ordre de 200 m³/h.

c) *Système de captage rapporté* (fig. 12b)

Il s'agit d'un système semblable au précédent mais rapporté au lieu d'être intégré.

Le tableau II fournit les relations permettant de calculer le débit d'air à mettre en œuvre en fonction de la vitesse de rotation de la meule, des caractéristiques dimensionnelles du système de captage et de la distance entre la meule et la bouche d'aspiration.

La mise en place d'un écran orientable est nécessaire sur ce type de matériel, pour lutter contre les projections et améliorer l'efficacité de captage.

Exemple

Déterminer le débit d'aspiration à mettre en œuvre sur un tour fixe muni d'un système de captage rapporté non appuyé sur un plan de travail. Le tour est destiné au tronçonnage des tiges de coulée et à la finition des prothèses métalliques. Sa vitesse de rotation N s'élève à 30 000 tr/min, le diamètre de l'outil est de 2 cm, la distance X du capteur à l'outil est de 5 cm et le capteur est rectangulaire (10 cm × 5 cm).

Le débit à retenir s'exprime au moyen de la relation :

$$Q = 5,8 \cdot 10^{-2} V_s (10 X^2 + S)$$

avec

$$V_s = \pi D N / 60 = 31,4 \text{ m/s}$$

$$S = 0,10 \times 0,05 = 0,005 \text{ m}^2$$

$$\text{d'où } Q = 0,055 \text{ m}^3/\text{s} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

TABLEAU II

Formule de calcul du débit d'un système de captage aux postes de meulage et de tronçonnage

	Appuyé sur un plan de travail	Dans l'espace
Meulage	$3,25 \cdot 10^{-2} V_s (10 X^2 + S)$	$4,35 \cdot 10^{-2} V_s (10 X^2 + S)$
Tronçonnage	$4,35 \cdot 10^{-2} V_s (10 X^2 + S)$	$5,8 \cdot 10^{-2} V_s (10 X^2 + S)$

V_s = Vitesse périphérique de l'outil (m/s); D = Diamètre outil (m) avec $V_s = \pi DN/60$ X = Distance du capteur à l'outil (m)
N = Vitesse rotation (t/min) S = Section ouverte du capteur (m²)

TABLEAU III

Formule de calcul du débit d'un système de captage aux postes de polissages

	Appuyé sur un plan de travail	Dans l'espace
Polissage	$3,25 \cdot 10^{-2} V_s (10 X^2 + S)$	$4,35 \cdot 10^{-2} V_s (10 X^2 + S)$

V_s = Vitesse périphérique de l'outil (m/s); D = Diamètre outil (m) avec $V_s = \pi DN/60$ X = Distance du capteur à l'outil (m)
N = Vitesse rotation (t/min) S = Section ouverte du capteur (m²)

Polissage sur machines fixes

Le polissage s'effectue à sec avec des pâtes à polir pour les prothèses métalliques ou à l'humide avec de la ponce pour les prothèses en résine.

Les dispositifs de captage sont semblables à ceux équipant les tours fixes de meulage et se répartissent en trois catégories.

a) *Enceinte ouverte de petites dimensions* (fig. 2b)

La vitesse de l'air dans la surface d'ouverture doit être au minimum de 1 m/s.

b) *Système de captage intégré à la polisseuse* (fig. 13a)

Le capteur doit être placé sur le trajet des particules et le débit d'air compris entre 200 et 300 m³/h.

c) *Système de captage rapporté* (fig. 13b)

Le débit d'air à mettre en œuvre (tableau III) s'exprime en fonction de la vitesse de rotation de l'outil, des caractéristiques dimensionnelles du système de captage et de la distance entre l'outil et la bouche d'aspiration.

La mise en place d'un écran orientable est nécessaire pour lutter contre les projections.

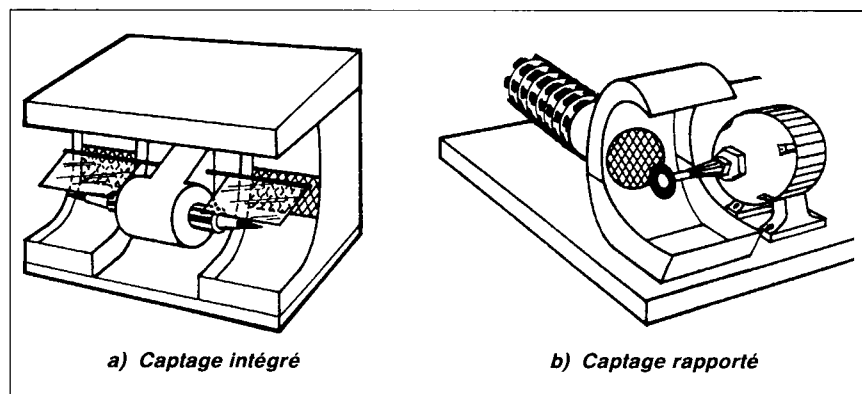
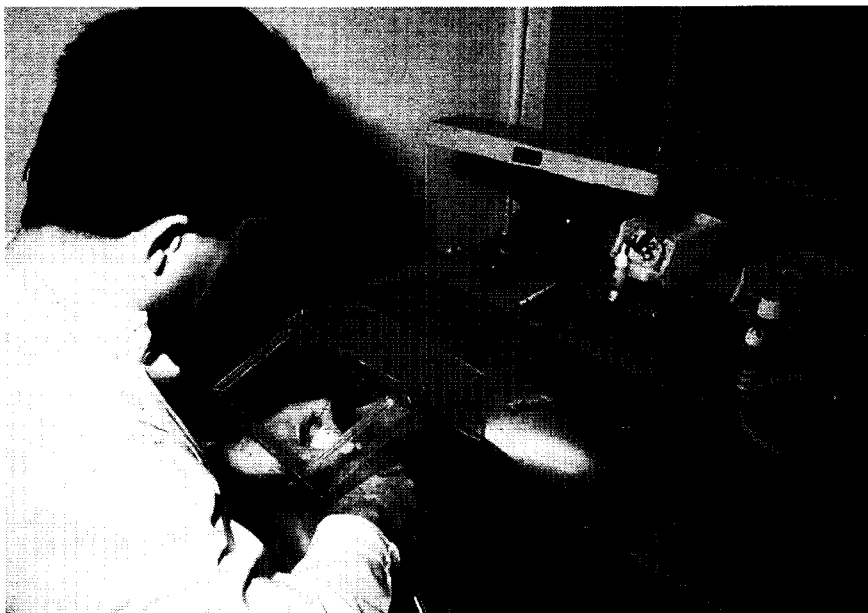


Fig. 13. Différents types de captage adaptés sur polisseuse



Le travail de finition dans une enceinte semi-enveloppante

Pertes de charges

L'air s'écoulant dans une canalisation subit une chute de pression totale appelée perte de charge.

Cette perte de charge peut être due aux frottements le long des parois des conduits ou à la configuration du réseau (coudes, raccordement, filtres...); elle est proportionnelle au carré de la vitesse d'écoulement.

L'emploi de tuyaux annelés est à limiter car ils sont mal adaptés au transport des poussières en raison des pertes de charge élevées et de leur fragilité.

Bruit

L'écoulement de l'air dans un réseau de ventilation est générateur de bruit. Les installations de ventilation ne doivent pas majorer les niveaux moyens d'ambiance de plus de 2 dB(A), à moins que le niveau sonore engendré par ces installations ne dépasse pas 50 dB(A).

Les ventilateurs, toujours générateurs de bruit, seront disposés à l'extérieur du local et reliés au réseau par des manchons souples.

Exemple

Déterminer le débit d'aspiration à mettre en œuvre sur une polisseuse fixe, munie d'un système de captage rapporté appuyé sur un plan de travail. La vitesse de rotation de l'outil est $N = 3\ 000$ tr/min, son diamètre $D = 10$ cm, la distance X du capteur à l'outil est de 12 cm et le capteur est de section carrée de 10 cm de côté.

Le débit s'exprime au moyen de la formule:

$$Q = 3,25 \cdot 10^{-2} V_s (10 X^2 + S)$$

avec $V_s = \pi D N / 60 = 15,8$ m/s

d'où $Q = 280$ m³/h

Vitesse de l'air

La vitesse de transport est un facteur essentiel pour les réseaux d'évacuation de l'air contenant des poussières: elle doit avoir une valeur suffisante pour éviter une sédimentation des poussières et un bouchage des canalisations. Elle doit être d'autant plus élevée que les particules sont de masse volumique et de dimensions élevées.

Le tableau IV, établi par l'ACGIH, donne à titre indicatif des vitesses de transport minimales pour différents cas d'air pollué.

TABLEAU IV

Exemples de polluants	Vitesse minimale (m/s)
Fumées et vapeurs (fours...)	7 à 10
Poussières très fines et légères (polissage)	10 à 13
Poussières sèches et poudres (poussières de meulage, abrasif de ponçage)	13 à 18
Poussières moyennes (poussières de sablage, poussières de plâtre humide)	18 à 20
Poussières lourdes ou humides (sablage, poussières de plâtre humide)	> 20

5.2.11. Réseau de transport des polluants

La conception d'un réseau de transport permettant l'évacuation d'air pollué capté sur les lieux de travail se fera en tenant compte de différents facteurs tels que: la vitesse de l'air dans les conduits, les pertes de charges, le bruit [8].

5.2.12. Air de compensation

L'air extrait par les systèmes de ventilation locale ou générale doit être compensé par des apports équivalents d'air neuf. L'introduction de l'air de compensation peut être naturelle ou mécanique.

L'introduction mécanique est préférable; elle permet d'assurer le conditionnement de l'air introduit et sa distribution optimale dans le local.

Le débit de l'air introduit doit être au moins égal au débit d'air extrait par tous les dispositifs d'extraction; sa valeur doit en outre toujours rester supérieure à 45 m³/h par occupant [11]. Dans certains cas, une légère dépression permettra de prévenir tout risque de fuite des polluants vers un local voisin. L'air 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. Il doit être réchauffé pendant la saison froide, afin d'assurer le confort thermique du personnel.

L'air neuf devra être distribué dans l'atelier de façon à traverser d'abord la zone occupée par le personnel, puis ensuite les zones polluées.

5.2.13. Rejet et recyclage de l'air extrait

L'air capté dans un local peut être soit rejeté à l'extérieur des bâtiments, soit recyclé après épuration.

Le rejet à l'extérieur peut s'accompagner d'une récupération de l'énergie et d'une épuration de l'air, au titre de la réglementation sur la protection de l'environnement.

Le recyclage consiste à capter l'air pollué, à l'assainir par un traitement approprié et à le réintroduire dans le local.

Pour des poussières inertes ou peu toxiques, le recyclage après épuration est parfois usité. Cependant, pour certains types de polluants, tels que des produits cancérogènes ou allergènes, le principe même du maintien à un niveau non nul de la concentration n'est pas satisfaisant du point de vue de la santé, puisque, dans ce cas, il n'existe pas de valeurs limites de sécurité « absolues ». Ainsi, même si dans l'état actuel de la réglementation, le respect des valeurs limites réglementaires n'interdit pas la pratique du recyclage, on ne peut que recommander de ne pas retenir cette solution pour les produits reconnus cancérogènes ou allergènes pour l'homme.

La technique du recyclage ne se justifie qu'en période de chauffage.

Le recyclage est souvent plus attractif pour le responsable du laboratoire, car une fois épuré, l'air est réintroduit dans le local au lieu d'être rejeté à l'extérieur. Mais, il faut savoir que ce procédé présente des inconvénients importants sur le plan de la sécurité. Il peut entraîner en effet :

- un enrichissement en poussières alvéolaires dans l'atmosphère si l'efficacité de filtration n'est pas suffisante,
- une pollution massive du local en cas de dégradation du système de dépoussiérage (filtre déchiré par exemple).

En conséquence, le rejet extérieur doit toujours être préféré au recyclage.

Le Code du travail précise les conditions dans lesquelles le recyclage peut être pratiqué et les mesures de sécurité qui doivent l'accompagner.

- **L'air ne peut être recyclé, que s'il est effectivement épuré :** des techniques d'épuration valables existent sur le marché pour les poussières et

peuvent être mises en œuvre en atelier de prothèse dentaire.

Plusieurs solutions sont possibles qui peuvent être éventuellement combinées :

- la filtration (dépoussiéreur),
- la centrifugation (cyclone),
- l'abattage par voie humide.

Les rendements d'épuration doivent être connus et fournis par les constructeurs de matériel ou bien mesurés par des organismes spécialisés. Il est très important de vérifier qu'ils sont obtenus dans des conditions réelles d'utilisation qui tiennent compte de la taille des particules et de leur concentration dans l'air à épurer.

- **Les concentrations en poussières dans l'atmosphère doivent rester inférieures aux valeurs limites.** Ce n'est que lorsque les concentrations sont inférieures à 30 % de la valeur limite (VME) qu'aucune action spécifique n'est à entreprendre [13].

- **Un système de surveillance permettant de détecter les défauts du dispositif d'épuration doit être prévu.**

Dans le cas d'un filtre, l'installation d'un dispositif de contrôle de la perte de charge à l'aide de manomètre différentiel, constitue à l'heure actuelle l'équipement minimum à prévoir. Toutefois, le système doit être capable de signaler une variation anormale de la perte de charge dans les deux sens pour prévenir les risques liés à une fuite (diminution de la perte de charge due à un déchirement du filtre) ou à un colmatage (élévation de la perte de charge due à un encrassement excessif).

- **Des mesures doivent être prises en cas de panne de recyclage :**

- de l'arrêt du recyclage (avec une évacuation extérieure de l'air pollué par l'intermédiaire d'un circuit de sécurité),
- à l'arrêt du processus polluant, si les poussières ne peuvent être rejetées à l'extérieur.

- **Les conditions de recyclage sont portées à la connaissance du médecin du travail et du CHSCT. Ils seront consultés pour toute nouvelle installation ou toute modification des conditions de recyclage.**

De plus, quel que soit le procédé adopté (rejet ou recyclage) :

- un dispositif d'avertissement signalant toute défaillance des installations de captage non directement décelable

par les occupants des locaux doit être prévu (cet objectif peut être atteint par la mise en place d'un dispositif de contrôle du débit de captage : par exemple, à l'aide d'une prise de pression statique à l'aspiration) ;

- le débit minimal d'air neuf à introduire dans le laboratoire ne peut être inférieur à 45 m³/h et par occupant.

En pratique, dans la mesure où des polluants allergènes et suspects d'être cancérogènes sont présents dans les laboratoires de prothèse dentaire et comme les conditions liées au fonctionnement d'un système de recyclage sont très contraignantes, la technique du recyclage ne devrait pas être retenue pour les réalisations nouvelles. Dans les cas exceptionnels où le rejet à l'extérieur ne peut être retenu, pour une raison d'impossibilité technique, on devra consulter le service prévention de la Caisse régionale d'assurance maladie.

5.2.14. La ventilation générale opère par dilution des polluants à l'aide d'un apport d'air neuf dans le local de manière à diminuer les concentrations des substances dangereuses pour les amener à des valeurs aussi faibles que possible.

Compte tenu de la toxicité de certains produits utilisés en prothèse dentaire et des conditions de travail – usinage à l'établi avec projection de particules et donc dispersion des polluants, proximité des voies respiratoires de l'opérateur de la source de pollution en raison de la minutie du travail –, la ventilation générale seule ne peut assurer la salubrité de l'ambiance de travail.

5.2.15. Contrôles – Entretien – Nettoyage

La réglementation [11] fixe les obligations en matière de contrôle et d'entretien des installations de captage et de ventilation (nature, fréquence...).

Le chef d'établissement doit prévoir l'organisation de contrôles périodiques. Ces visites donneront lieu au relevé de grandeurs significatives du fonctionnement de l'installation (par exemple : pression statique dans les conduits).

L'intérêt de ces visites est d'apporter des renseignements sur l'état de l'installation, de remarquer des dérives éventuelles dans ses possibilités, de déclencher en temps utile les opérations d'entretien.

Ces contrôles périodiques doivent être :

- réalisés sous la responsabilité du chef d'établissement, par ses propres soins, par une entreprise spécialisée ou un organisme compétent, qu'il soit agréé ou non.
- effectués après la première mise en service d'une installation nouvelle ou ayant subi des modifications notables, puis périodiquement.

Après la première mise en service, les grandeurs aérauliques relevées et reconnues satisfaisantes constitueront des valeurs de référence à consigner dans le dossier de l'installation. **Tous les ans**, on contrôlera en particulier le débit global d'air extrait, les pressions statiques et les vitesses d'air aux points caractéristiques de l'installation, notamment au niveau des systèmes de captage et l'on effectuera l'examen de tous les éléments de l'installation. **Tous les six mois**, si l'installation comporte un système de recyclage, des contrôles supplémentaires seront à effectuer concernant la mesure des concentrations en polluants dans l'air recyclé et le contrôle des systèmes de surveillance.

Par ailleurs, l'inspecteur du travail peut prescrire de procéder à des mesures et contrôles, autres que les contrôles périodiques, par une personne ou un organisme agréé. Les dates et résultats des contrôles, réglages et aménagements sont à consigner au dossier de maintenance faisant partie du dossier d'installation.

Rappelons que les contrôles périodiques sont effectués en plus de l'entretien régulier et du nettoyage de l'installation, ainsi que du remplacement des éléments défectueux.

Un atelier de fabrication de prothèses dentaires doit être maintenu propre par des opérations régulières de nettoyage. Pour éliminer les poussières déposées sur le sol ou sur les plans de travail, il faut proscrire non seulement la soufflette manuelle à air comprimé

mais également le balayage, ces techniques tendant à remettre les poussières en suspension dans l'air et à disperser les polluants. Il est préférable de procéder par aspiration ou par nettoyage avec un chiffon ou une éponge humide.

5.3. Equipements de protection individuelle

Certains travaux nécessitent le port d'équipements de protection individuelle.

Certaines opérations, qui présentent un risque important de projections de particules (grattage, ébarbage, meulage...), exigent la mise en place d'un écran de protection; en outre, le port de lunettes de protection est conseillé.

Des lunettes de protection sont également nécessaires pour protéger des rayonnements émis par les métaux en fusion lors de la fonte et de la coulée des métaux.

Les appareils de protection respiratoire ne doivent être utilisés qu'à titre exceptionnel et pour des opérations de courte durée, lorsque le système de ventilation ne peut pallier le problème d'empoussièrement.

Les filtres de classe P2 sont bien adaptés pour protéger des poussières fines et dangereuses rencontrées en fabrication de prothèse dentaire.

Bibliographie

1. LE BACLE C., BOUCHAMI R., GOULFIER C. – Silicose : la situation en France dans les années 90. Documents pour le Médecin du Travail, 1995, 63TC55, 7 p.
2. PLAUSSU F., PERDRIX A., MALLION J.M. – Allergies et prothésistes dentaires.

Archives des Maladies Professionnelles, 1984, **45**, 6, pp. 443-445.

3. BERRIAU T., CHOUDAT P., BROCHARD P., DEVILLIER P., AZZA A., MARSAC J., PHILBERT M. – Allergies cutanées au nickel, au chrome et au cobalt chez les prothésistes dentaires. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1984, **45**, 6, pp. 464-465.
4. PONCIN B., LE MAGREX L., PONCIN J.M. – Prévention de silicose chez les prothésistes dentaires. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1983, **44**, 6, pp. 430-434.
5. Falcy M. – Béryllium et composés. Encyclopédie médico-chirurgicale. Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, 16-002-B-10, 2003, 4 p.
6. PELTIER A., KAUFFER E., MOULUT J.C., GUILLEMIN C. – Pollution dans les ateliers de prothèse dentaire. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1991, **143**, ND 1830.
7. Le risque pulmonaire chez les techniciens dentistes. Fausses dents, vrais risques. *Travail et Sécurité*, mars 1985, pp. 158-159.
8. Guide pratique de ventilation n° 0 – Principes généraux de ventilation. ED 695. INRS, Paris, 1989.
9. 2003 TLVS® and BEIS® – Threshold Limit Values for chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. AGGIH, Cincinnati, 2003, 198 p.
10. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. *Cahiers de Notes Documentaires*, ND 2098-174-99, 1999.
11. Aération et assainissement des lieux de travail. Aide-mémoire juridique TJ5. Paris. INRS, 1999, 34 p.
12. CD-ROM Fiches toxicologiques. Paris, INRS, CD 613 ou <http://www.inrs.fr>, rubrique bases de données.
13. Ministère du travail. *Transparences* n° 27.

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 polyesters stratifiés	ED 665
4. Ventilation des postes de décochage en fonderie	ED 662
5. Ventilation des ateliers d'encollage de petits objets (chaussures)	ED 672
6. Captage et traitement des brouillards d'huiles entières	ED 680
7. Opérations de soudage à l'arc	ED 668
8. Ventilation des espaces confinés	ED 703
9.1. Ventilation des cabines d'application par pulvérisation de produits liquides	ED 839
9.3. Application par pulvérisation de produits liquides. Cas particulier des objets lourds ou encombrants	ED 906
11. Sérigraphie	ED 711
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
18. Sorbonnes de laboratoire	ED 795
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 760

3^e édition • octobre 2003 • 2 000 ex. • ISBN 2-7389-0248-0