

Fabrication de prothèses dentaires

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

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

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

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet...

Les publications de l'INRS sont distribuées par les Carsat. Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

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

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.
Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle).
La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

Fabrication de prothèses dentaires

Ce document a été établi par un groupe de travail composé de spécialistes en ventilation et en nuisances chimiques des Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT), des Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et coordonné par l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) :

- Thierry BECKER, CARSAT Nord-Picardie,
- Philippe BOISORIEUX & Samuel MORIN, CARSAT Centre,
- Guy LEBERRE, CARSAT Bretagne,
- Emmanuelle LEPAGE & Emmanuel MARTEAU, CRAM Ile-de-France,
- Catherine MALICHIER, CARSAT Centre-Ouest,
- Fabrice MARTINET, CARSAT Rhône-Alpes,
- Myriam RICAUD, INRS.

Il a également fait l'objet d'une consultation auprès du Centre national d'innovation et de formation des prothésistes dentaires créé à l'initiative de l'Union nationale patronale des prothésistes dentaires.

Sommaire

1. Techniques de fabrication des prothèses dentaires.....	6
1.1. Les prothèses métalliques.....	6
1.1.1. Le procédé à la cire perdue.....	6
1.1.2. Les procédés de conception fabrication assistée par ordinateur.....	7
1.2. Les prothèses en résine synthétique.....	7
1.3. Les prothèses en céramique.....	8
1.3.1. Les prothèses en céramique avec armature métallique.....	8
1.3.2. Les prothèses en céramique sans armature métallique.....	8
1.4. Les prothèses en zirconium.....	8
2. Polluants et pathologies associées.....	8
2.1. La silice cristalline.....	8
2.2. Les métaux.....	9
2.3. Les cires.....	10
2.4. Les résines.....	10
3. Réglementation.....	14
3.1. L'aération et l'assainissement.....	14
3.2. La prévention du risque chimique.....	14
3.3. Les valeurs limites d'exposition professionnelle.....	15
4. Démarche de prévention.....	16
4.1. La réduction des émissions de polluants : le choix des matériaux, techniques et modes opératoires.....	16
4.1.1. L'implantation du laboratoire.....	16
4.1.2. Le choix des produits et des matériaux.....	16
4.1.3. Le choix des techniques et des modes opératoires.....	16
4.2. Le captage et la ventilation des polluants.....	17
4.2.1. Les principes généraux de ventilation.....	17
4.2.2. Le principe de la ventilation par aspiration localisée.....	18

5. Dispositifs de captage à la source	18
5.1. Les dispositifs de captage aux postes de préparation des revêtements	18
5.2. Les dispositifs de captage aux postes de casse des cylindres	18
5.3. Les dispositifs de captage aux postes de sablage.....	19
5.4. Les dispositifs de captage aux postes de finition	19
5.4.1. Le box aspirant.....	19
5.4.2. La cheville ventilée.....	20
5.5. Les dispositifs de captage aux fours.....	21
5.6. Les dispositifs de captage aux postes de fusion et de coulée des alliages	21
5.7. Les dispositifs de captage aux postes de montage des céramiques et de la manipulation de la résine.....	21
6. Apport d'air de compensation	25
7. Transport et traitement de l'air	25
7.1. Le réseau de transport des polluants	25
7.1.1. La vitesse de transport.....	25
7.1.2. Les pertes de charges	26
7.1.3. Le bruit.....	26
7.2. Le traitement de l'air pollué	26
7.2.1. Le rejet à l'extérieur	26
7.2.2. Le recyclage de l'air après filtration.....	26
8. Contrôle et maintenance d'une installation de ventilation	27
8.1. La réception de l'installation	27
8.2. Les opérations de maintenance	27
8.3. Les contrôles périodiques.....	27
9. Nettoyage des locaux et des équipement	27
Annexe	29
Bibliographie	29
Dossiers techniques	31



Introduction

L'objectif de cette brochure est de servir de document de référence à l'usage des prothésistes et de toute personne ou organisation concernée par la conception, la construction, l'exploitation et le contrôle des installations de captage et de dilution des polluants émis lors de la fabrication de prothèses dentaires.

Cette brochure se voulant essentiellement un guide pratique, seuls les points essentiels relatifs à la conception des installations de ventilation y sont traités. Les nuisances d'ordre toxicologique, c'est-à-dire les effets sur l'homme des différents polluants émis (poussières, vapeurs et gaz), sont particulièrement détaillées. Ce guide a ainsi le double objectif de mettre en évidence le risque d'intoxication lié à l'inhalation de divers polluants aux postes de travail et de proposer des solutions de prévention adaptées à chaque situation. Les autres nuisances (bruit, agents infectieux, travail en position maintenue, rayonnements ultraviolets, laser et infra-rouge, etc. [1]) et l'utilisation éventuelle d'équipements de protection individuelle ne sont peu ou pas développées [2 à 4].

Les mesures de prévention décrites dans ce guide portent principalement sur :

- la réduction des émissions de polluants : implantation du laboratoire et choix des matériaux, des produits, des techniques les moins émissifs ;
- le captage et la ventilation des polluants : descriptif du ou des dispositifs de captage à la source adaptés à chaque poste de travail (préparation des revêtements, fusion et coulée des alliages, sablage, modelage de la cire, finition à l'établi...) ; point sur le réseau de transport des polluants, l'air de compensation, le rejet de recyclage de l'air extrait, la ventilation générale, les contrôles, l'entretien et le nettoyage.

En ce qui concerne les agents chimiques, l'objectif minimal à atteindre est le maintien de la salubrité des locaux de travail. Les valeurs limites d'exposition professionnelle relatives aux agents chimiques dangereux dans l'air des locaux de travail, que celles-ci soient issues de la réglementation, de normes ou de règles de l'art en la matière, constituent une référence pour évaluer la salubrité des ambiances de travail [5].

Sous réserve que l'ensemble des sources de pollution soit traité, les critères de ventilation proposés dans ce guide permettent de limiter la concentration des polluants et de faire en sorte que les valeurs limites d'exposition professionnelle ne soient pas dépassées dans la majorité des cas courants des laboratoires. En présence de techniques ou de matériaux nouveaux ou spéciaux, de conditions ou de circonstances particulièrement défavorables, des mesures plus strictes pourront être nécessaires pour maintenir les concentrations en polluants en dessous des valeurs limites d'exposition.

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 laboratoires de fabrication de prothèses dentaires par les services prévention des CARSAT et CRAM ainsi que par l'INRS.

Ces données pourront progressivement être améliorées et les critères de ventilation seront susceptibles d'évoluer en fonction de l'expérience acquise, des résultats d'études nouvelles ou de modifications apportées sur le plan réglementaire.

1. Techniques de fabrication des prothèses dentaires

On distingue les prothèses fixes (ou conjointes) des prothèses amovibles (ou adjointes)⁽¹⁾ :

Prothèses fixes

La prothèse fixe unitaire est nommée :

- « couronne » lorsqu'elle recouvre une dent saine,
- « dent à tenon » (ou « dent 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 précieux et peuvent être recouvertes de résine, de composite ou de céramique (prothèses métal-céramiques). Elles peuvent également être en zircone ou en titane.

Prothèses amovibles

La prothèse amovible partielle prend appui à la fois sur les dents restantes et sur les muqueuses à l'aide d'une plaque base sur laquelle des dents synthétiques en céramique ou en résine sont montées.

La prothèse amovible totale, justifiée par l'absence complète de dents, prend entièrement 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.

Qu'elle soit fixe ou amovible, la fabrication de la prothèse est effectuée suivant un mode opératoire bien pré-

cis, qui est propre au matériau utilisé. Nous distinguerons donc les prothèses métalliques de celles en résine synthétique, en céramique ou en zircone.

1.1. Les prothèses métalliques

1.1.1 Le procédé 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, etc.).

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 (appelé également « revêtement ») ne concerne que la fabrication des prothèses métalliques amovibles (adjointes). Il s'agit de réaliser un modèle de travail en matériau réfractaire qui soit le double du modèle en plâtre.

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

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 chauffée par différentes techniques (spatule chauffée électriquement ou au gaz).

La maquette en cire est ensuite enrobée du revêtement (préparé comme décrit précédemment) et l'ensemble « maquette enrobée - modèle de travail » est placé à l'intérieur d'un cylindre métallique (ou calcinable). Le cylindre est complètement rempli avec le revêtement, en réservant un passage pour l'évacuation ultérieure de la cire et la coulée du métal.

Le cylindre métallique est, généralement, tapissé d'un film isolant ou d'un joint de dilatation, composé de fibres de verre et de fibres de cellulose ; il peut également être vaseliné (des cylindres en silicone sont également de plus en plus utilisés).

Le cylindre métallique est ensuite placé dans un four afin de le déshydrater et d'éliminer la cire de la maquette et de cuire le matériau réfractaire selon des températures prescrites par le fournisseur.

L'étape de coulée du métal dans le moule réfractaire débute par la fonte des alliages métalliques qui se présentent sous la forme de lingots ou de masselottes. Ils sont fondus principalement par chauffage par induction, plus rarement à l'aide d'un chalumeau. La coulée s'effectue généralement dans une fronde centrifuge. Elle peut également être réalisée sous vide (sous pression/dépression). L'alliage en fusion 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 généralement cassé avec un marteau (ou burineur) 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

1. Ce document ne traite pas de la fabrication des prothèses orthodontiques, c'est-à-dire de correction des malformations maxillo-faciales et des malpositions dentaires. Néanmoins, certains dispositifs de ventilation décrits dans ce guide peuvent s'appliquer à cette fabrication.

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 sont manuelles et réalisées à l'établi.

Le tronçonnage consiste à sectionner les tiges de coulée alors que le grattage, l'ébarbage et le meulage consistent à gratter la prothèse avec des meulettes et des pointes afin d'enlever l'excès de métal. Ces opérations sont effectuées à l'aide de microtours⁽²⁾ (10 000 à 50 000 tours/min) : l'outil est tenu par une main tandis que la pièce à usiner est tenue par l'autre main en prenant appui sur un support fixé à l'établi nommé « cheville ».

Dans certains cas, la prothèse peut être plongée dans un bain de polissage électrolytique.

Le polissage s'effectue dans un premier temps à l'établi, avec des meulettes montées sur des pièces à main. Puis, dans un second temps, le polissage est réalisé sur un tour horizontal⁽³⁾ (3 000 tours/min) ou au touret, sur lesquels des brosses, pour certaines imprégnées de pâtes à polir, sont montées. L'utilisation de pâtes à lustrer peut compléter le travail de polissage.

Le nettoyage final est effectué avec un détergent, un solvant, avec ou sans ultrasons ou avec de la vapeur d'eau sous pression.

Cette technique de fabrication est utilisée pour la confection des prothèses amovibles (adjointes). Pour les prothèses fixes, le mode opératoire est identique mais légèrement simplifié : la maquette en cire est sculptée directement sur le modèle maître en plâtre ou en époxy. Une autre technique, dite

2. Appelés également pièces à main ou micromoteurs.
3. Nommé également polisseuse.



Photo 1. Exemple d'usineuse

à la cire photopolymérisable, peut également être employée (son coût reste élevé mais elle permet d'utiliser des quantités moindres de matériau réfractaire).

1.1.2. Les procédés de conception-fabrication assistée par ordinateur (CFAO)

Alors que la coulée du métal, avec ses nombreux pré- et post-traitements, était jusqu'à très récemment la seule technique de moulage pour les prothèses métalliques, des procédés alternatifs de conception-fabrication assistée par ordinateur se développent (*photo 1*).

La première étape consiste en la numérisation soit de la dentition en bouche soit du modèle en plâtre obtenu à partir de la prise d'empreinte.

Un modèle numérique en trois dimensions de la prothèse est ensuite réalisé à l'aide d'un ordinateur.

La fabrication de la prothèse est alors effectuée à l'aide de procédés entièrement automatisés tels que :

- l'usinage qui consiste à enlever de la matière à l'aide de fraises de diverses tailles. Les matériaux usinés

peuvent être de la résine, de la zircone, des alliages métalliques, etc. ;

- la fusion de poudres métalliques (ou de résines) qui consiste à fabriquer à l'aide d'un laser un objet couche par couche via l'ajout de matière (ce procédé est également nommé fabrication additive ou impression 3D).

Il peut subsister quelques opérations de finition notamment pour les prothèses métalliques, elles demeurent néanmoins limitées (tronçonnage, polissage, ébavurage, etc.).

1.2. Les prothèses en résines synthétiques

Les résines les plus utilisées sont les résines méthacryliques :

- les résines « durcissant » à la chaleur (thermopolymérisables) pour les prothèses totales ;
- les résines « durcissant » à froid (autopolymérisables) pour les petites réalisations ou les réparations.

Des résines durcissant par exposition à un rayonnement ultraviolet (photopolymérisables) sont également utilisées pour réaliser les faces visibles des prothèses métalliques fixes.

Pour la réalisation de prothèses totales 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.

Lors de la confection de la maquette d'occlusion en cire : la cire est tout d'abord sculptée à la spatule sur les deux arcades du modèle en plâtre. Les dents sont remplacées par des bourrelets en cire ; cette maquette (dite « maquette d'occlusion ») est envoyée chez le dentiste afin qu'il repère, chez le patient, les rapports d'occlusion entre les deux arcades du modèle. Les rapports d'occlusion étant connus, les deux arcades sont fixées sur un articulateur. La cire d'occlusion est éliminée,

puis des dents préfabriquées en résine ou en céramique sont montées sur la maquette cire dite « maquette de montage ».

L'ensemble « modèle en plâtre-maquette en cire » est placé dans un moule spécial en bronze, constitué de deux parties, appelé « moufle » qui est garni 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.

La préparation de la résine consiste à mélanger, à la spatule dans un récipient, du méthacrylate de méthyle polymère en poudre avec du méthacrylate de méthyle monomère liquide. Le malaxage est rapide (environ une minute).

Le bourrage de la résine implique de remplir le « moufle » de résine à l'état pâteux, à la main ou avec une petite presse à extruder ; le « moufle » est ensuite serré dans une presse sous quelques bars.

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 trente minutes à douze heures.

Le « démoulage » est réalisé après refroidissement et consiste à extraire la prothèse par séparation du plâtre et de la résine à l'aide d'une scie, de pinces et de couteaux. Cette opération est effectuée avec précaution afin de ne pas endommager la prothèse.

La finition consiste à ébavurer, gratter et meuler la prothèse avec des pièces à main telles que des meulettes, des fraises, du papier de verre, etc. Puis un polissage est effectué au touret ou à la brosse ou sur un tour horizontal, avec de la ponce fine, en milieu humide. La finition s'achève par un lustrage avec des pâtes à polir.

1.3. Les prothèses en céramique

1.3.1. Les prothèses en céramique avec armature métallique

L'armature métallique est réalisée suivant la technique de confection des prothèses métalliques adjointes. Une fois sablée, nettoyée avec un détergent, un solvant ou 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 permettent 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 ou par pulvérisation puis cuite au four (entre 900 °C et 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 successives au pinceau ou à la spatule ; chaque couche est cuite dans un four sous vide (à une température comprise entre 940 °C et 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. Un revêtement cosmétique est éventuellement appliqué à base de poudre céramique et une cuisson de vitrification appelée aussi « glaçage » est effectuée.

1.3.2. Les prothèses en céramique sans armature métallique

La prothèse est obtenue par moulage à partir d'un verre céramique fon-

du (dit « céramique pressée »), selon un mode opératoire 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 prothèse en céramique avec armature.

Lorsqu'un montage doit être repris, la céramique est généralement éliminée par sablage (ou plus rarement, pour les facettes, à l'aide d'acide fluorhydrique appliqué au moyen d'une seringue).

1.4. Les prothèses en zircon

De nouvelles prothèses, réalisées en zircon, se développent rapidement notamment en raison de la biocompatibilité de ce matériau.

Ces prothèses sont fabriquées uniquement à l'aide des techniques de conception-fabrication assistée par ordinateur (usinage).

2. Principaux polluants et pathologies associées

2.1. La silice cristalline

La silice cristalline, dont les trois variétés principales sont le quartz, la tridymite et la cristobalite, peut induire une irritation des yeux et des voies respiratoires, des bronchites chroniques et une fibrose pulmonaire irréversible nommée silicose [6 à 8].

La silicose est l'affection professionnelle la plus décrite chez les prothésistes dentaires. Cette atteinte pulmonaire grave et invalidante n'apparaît en général qu'après plusieurs années d'exposition et son évolution se poursuit même après cessation de l'exposition. La silice cristalline joue également un rôle certain dans le dé-

veloppement de cancers, notamment broncho-pulmonaires, chez l'homme. Elle fait l'objet du tableau de maladies professionnelles n° 25 (régime général) [9].

La silice cristalline est présente, sous différentes formes et en quantités plus ou moins importantes, dans de nombreux produits utilisés dans les laboratoires de fabrication de prothèses dentaires : principalement dans les matériaux de revêtement mais également dans une moindre mesure dans les poudres de céramique, les abrasifs de sablage, les produits de polissage, les matériaux constitutifs de certains outils, etc. (*encadré 1*).

2.2. Les alliages métalliques

Les alliages précieux et semi-précieux à base d'or ou de palladium présentent des dangers pour la santé moindres.

Les alliages non précieux (inoxydables), qui sont les plus utilisés, peuvent induire des affections de diverses natures. Les principaux alliages non précieux employés sont :

- les alliages chrome-cobalt, désignés sous le nom de stellite, qui contiennent en moyenne 50 à 70 % de cobalt, 10 à 30 % de chrome et une proportion variable de molybdène, de

ENCADRÉ 1

Les produits contenant de la silice cristalline

Les matériaux de revêtement

Les matériaux de revêtement sont des matériaux réfractaires pulvérulents, de très fine granulométrie, constitués de mélanges « plâtre et silice cristalline » ou « phosphate d'ammonium, magnésie et silice cristalline ».

Tous les revêtements contiennent de la silice cristalline, avec des proportions importantes de quartz et de cristobalite (de l'ordre de 80 %). La manipulation des matériaux réfractaires génère donc dans l'atmosphère de travail des poussières silicogènes en quantité importante.

Les abrasifs de sablage

L'utilisation d'abrasifs contenant de la silice cristalline libre tels que le sable naturel est à proscrire. Les produits de sablage aujourd'hui utilisés sont constitués pour la majorité de corindon (alumine) mais également de microbilles de verre ou de plastique de différentes granulométries, parfois d'oxyde de zirconium voire de sable sidérurgique.

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

Les produits de polissage : les pâtes à polir et les ponces

Les pâtes à polir sont constituées d'abrasifs (corindon, oxydes métalliques, etc.), agglomérés par des matières grasses de type acide stéarique. Elles contiennent parfois du quartz.

Les ponces, d'origine naturelle ou synthétique, sont constituées de silicates complexes et contiennent fréquemment du quartz (mais généralement en faible quantité). Elles sont généralement employées à l'humide.

Les outils de finition

Les outils utilisés pour les travaux de finition sont constitués de matériaux abrasifs à base de corindon, de carbure de tungstène, de carbure de silicium, etc. Certains matériaux abrasifs peuvent contenir du quartz.

Les poudres de céramique

Les poudres de céramique sont des aluminosilicates cristallisés (leucite) auxquelles sont ajoutés des oxydes métalliques et des terres rares qui jouent le rôle de fondant, d'opacifiant ou de colorant. Elles ne contiennent pas (ou éventuellement à l'état de traces) de silice cristalline.

TABLEAU 1

LES POUSSIÈRES MÉTALLIQUES ÉMISES LORS DE LA FABRICATION DE PROTHÈSES DENTAIRES CLASSÉES EN FONCTION DES PRINCIPALES AFFECTIONS QU'ELLES PEUVENT INDUIRE

Poussières à base de :			
▼	▼	▼	▼
Chrome Nickel Aluminium Plomb Manganèse Molybdène	Fer	Béryllium Cobalt	Béryllium Nickel Cobalt
▼	▼	▼	▼
Irritantes Allergisantes Toxiques	Surcharge pulmonaire	Fibrose pulmonaire	Potentialité cancérogène
Atteintes broncho-pulmonaires			

manganèse, d'aluminium et de tungstène. Ils sont utilisés pour confectionner la plaque base des prothèses amovibles et les prothèses fixes ;

- 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. Ils tendent à être remplacés par les alliages chrome-cobalt. Certains alliages nickel-chrome peuvent contenir du béryllium (jusqu'à 2 %).

Le nickel, le chrome et le cobalt peuvent induire des allergies, des ir-

ritations et des pathologies respiratoires et cutanées [8, 10 à 12] : eczéma de contact, urticaire, rhinite, asthme, trachéite, bronchite chronique, fibrose pulmonaire, etc. L'inhalation de poussières de nickel et de cobalt peut également provoquer la survenue de certains cancers, notamment du poumon (*tableau 1*).

Le béryllium est un produit très toxique chez l'homme. Il peut provoquer des irritations et atteintes cutanées et respiratoires : rhinite, trachéo-bronchique, dermatose de contact, etc. L'inhalation de poussières de béryllium peut également être à l'origine d'une pathologie sévère : la béryllose, fibrose pulmonaire grave. Ces atteintes sont indemnisables au titre du tableau de maladies professionnelles n° 33 (régime général) [9]. Enfin, le béryllium peut induire le développement de tumeurs pulmonaires [8, 13, 14].

Les alliages métalliques peuvent contenir du molybdène, de l'aluminium, du fer, du tungstène, du manganèse, qui, aux concentrations utilisées, ne devraient pas induire de réactions pathologiques particulières.

ENCADRÉ 2

Les principales voies d'exposition aux polluants dans les laboratoires de fabrication de prothèses dentaires

Exposition par inhalation

La voie essentielle de pénétration des polluants émis lors des différentes opérations de fabrication des prothèses dentaires est la voie respiratoire. Les salariés peuvent ainsi inhaler des poussières de silice cristalline, des poussières métalliques (béryllium, cadmium, chrome, nickel, etc.), des produits de dégradation thermique de polyméthacrylate de méthyle, des poussières de plâtre, etc.

Exposition par contact cutané :

Les salariés peuvent être exposés via la peau aux poussières métalliques et de plâtre ainsi qu'aux résines. Certains métaux (et principalement le béryllium) peuvent franchir la barrière cutanée notamment lorsque des lésions existent (très fréquentes dans la profession).

Exposition par ingestion

Les poussières peuvent être ingérées si l'hygiène n'est pas adéquate. Elles peuvent également se retrouver dans le système gastro-intestinal après déglutition lorsqu'elles ont été inhalées.

2.3. 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.

Chauffées, les cires sont à l'origine de fumées et de dégagements gazeux d'aldéhydes (et notamment de formaldéhyde) 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 ainsi provoquer des irritations trachéo-bronchiques et de l'asthme, ainsi que des eczémas allergiques. Le formaldéhyde peut également induire certaines affections cancéreuses (carcinome du nasopharynx) [15]. Les atteintes provoquées par le formaldéhyde sont reconnues au titre du tableau de maladies professionnelles n° 43 (régime général) [9].

ENCADRÉ 3

Les agents biologiques

Certains agents biologiques, et notamment les virus VIH et VHB, peuvent être rencontrés dans les laboratoires de fabrication de prothèses dentaires. Ces virus sont notamment présents sur les empreintes. Les salariés peuvent donc être exposés par contact cutané lors de la manipulation de ces empreintes. Une exposition par inhalation, lors par exemple du séchage à la soufflette des empreintes ou de leur polissage à la ponce, est peu probable.

Il convient d'exiger du dentiste une décontamination des empreintes avant leur envoi au laboratoire de fabrication de prothèses dentaires. Si doute il y a, les opérateurs doivent manipuler les empreintes avec des gants avant de les décontaminer. Les opérateurs doivent également se laver les mains fréquemment et changer régulièrement de ponce et/ou l'humidifier avec une solution aqueuse désinfectante.

2.4. Les résines

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

Le méthacrylate de méthyle monomère est irritant pour la peau et les muqueuses respiratoires, oculaires et nasales (conjonctivite, érythème, etc.) [8, 16 à 18]. Il induit également des sensibilisations cutanées, de l'asthme ainsi que des atteintes neurologiques. Ces affections sont reconnues au titre des tableaux de maladies professionnelles n°s 65 et 82 (régime général) [9].

ENCADRÉ 4

L'analyse des risques lors de la fabrication des différents types de prothèses dentaires

La fabrication de prothèses dentaires peut induire une exposition par inhalation à des poussières siliceuses et métalliques, à des vapeurs de produits de dégradation thermique du polyméthacrylate de méthyle, et dans une moindre mesure à des fumées de cire brûlée et à des poussières de plâtre. L'importance et la nature des risques pour la santé vont dépendre du poste de travail (matériaux et produits utilisés, opérations effectuées, etc.).

Les prothèses métalliques fixes (conjointes)

Prise de l'empreinte (négatif) par le chirurgien dentiste et décontamination au cabinet dentaire

Décontamination des empreintes (●)

Réalisation d'un modèle en plâtre (●)

Poussières fines de plâtre, sans toxicité spécifique
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, pneumoconioses de surcharge

Réalisation d'une maquette en cire de la prothèse (●)

Fumées, dégagements gazeux d'aldéhydes et de cétones
Irritation de la peau et des muqueuses oculaires et respiratoires, manifestations allergiques

Préparation du revêtement réfractaire (●)

Poussières siliceuses
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Mise en moule, revêtement de la maquette en cire (●)

Cuisson du revêtement réfractaire, élimination de la cire (●)

Fumées, dégagements gazeux d'aldéhydes et de cétones, colophane
Irritation de la peau et des muqueuses oculaires et respiratoires, asthmes, manifestations allergiques

Coulée du métal dans le moule réfractaire (●)

Fumées de métaux : chrome, cobalt, nickel, béryllium, cadmium, etc.
Allergies, irritations et pathologies respiratoires et cutanées: eczéma de contact, urticaire, rhinite, asthme, trachéite, bronchite chronique, fibrose pulmonaire, etc. et cancers notamment du poumon, des reins et des fosses nasales

Démoulage après refroidissement (●)

Poussières siliceuses
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Décapage à l'abrasif (sablage) (●)

Poussières siliceuses
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Travaux de finition : grattage, polissage, meulage, etc. (●)

Poussières métalliques : cadmium, chrome, cobalt, nickel, béryllium, etc.
Allergies, irritations et pathologies respiratoires et cutanées: eczéma de contact, urticaire, rhinite, asthme, trachéite, bronchite chronique, fibrose pulmonaire, etc. et cancers notamment du poumon, des reins et des fosses nasales

Nettoyage (●)

Détergent, solvant ou vapeur d'eau

ENCADRÉ 4 (SUITE)

L'analyse des risques lors de la fabrication des différents types de prothèses dentaires

Les prothèses métalliques ou métallo-céramiques amovibles (adjointes)

Prise de l'empreinte (négatif) par le chirurgien dentiste et décontamination au cabinet dentaire

Décontamination des empreintes (●)

Réalisation d'un modèle en plâtre (●)

Poussières fines de plâtre, sans toxicité spécifique

Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, pneumoconioses de surcharge

Réalisation d'une contre-empreinte par moulage gélatine ou silicone (●)

Préparation du revêtement réfractaire (●)

Poussières siliceuses

Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Réalisation d'un modèle en matériau réfractaire par coulée dans la contre empreinte (●)

Réalisation de la maquette en cire sur le modèle en réfractaire (●)

Fumées, dégagements gazeux d'aldéhydes et de cétones

Irritation de la peau et des muqueuses oculaires et respiratoires, manifestations allergiques

Mise en cylindre du « modèle réfractaire – maquette cire » et coulée du revêtement réfractaire (●)

Cuisson du revêtement réfractaire, élimination de la cire (●)

Fumées, dégagements gazeux d'aldéhydes et de cétones, colophane

Irritation de la peau et des muqueuses oculaires et respiratoires, asthmes, manifestations allergiques

Coulée du métal dans le moule réfractaire (●)

Fumées de métaux : chrome, cobalt, nickel, béryllium, cadmium, etc.

Allergies, irritations et pathologies respiratoires et cutanées: eczéma de contact, urticaire, rhinite, asthme, trachéite, bronchite chronique, fibrose pulmonaire, etc. et cancers notamment du poumon, des reins et des fosses nasales

Démoulage après refroidissement (●)

Poussières siliceuses

Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Décapage à l'abrasif (sablage) (●)

Poussières siliceuses

Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Travaux de finition : tronçonnage des tiges de coulées, grattage, ébarbage, meulage, etc. (●)

Poussières métalliques : cadmium, chrome, cobalt, nickel, béryllium, etc.

Allergies, irritations et pathologies respiratoires et cutanées: eczéma de contact, urticaire, rhinite, asthme, trachéite, bronchite chronique, fibrose pulmonaire, etc. et cancers notamment du poumon, des reins et des fosses nasales

Nettoyage (●)

Détergent, solvant ou vapeur d'eau

Pose d'un produit opacifiant (deux couches d'opaque céramique) et cuisson des couches (●)

Solvants

Préparation de la céramique par mélange poudre et eau

Silice cristalline absente ou à l'état de traces (●), sinon poussières siliceuses (●)

Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Enduction de céramique par couches successives au pinceau ou spatule (●)

Cuisson au four de chaque couche de céramique (●)

Rectification de la prothèse par grattage, meulage avec meulettes et pointes diamantées

Silice cristalline absente ou à l'état de traces (●), sinon poussières siliceuses (●)

Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Polissage par meulette caoutchouc (●)

Revêtement cosmétique à base de poudre céramique

Silice cristalline absente ou à l'état de traces (●), sinon poussières siliceuses (●)

Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire

Cuisson de glaçage (●)

ENCADRÉ 4 (SUITE)**L'analyse des risques lors de la fabrication des différents types de prothèses dentaires****Les prothèses en résine synthétique**

Prise de l'empreinte (négatif) par le chirurgien dentiste et décontamination au cabinet dentaire

Décontamination des empreintes (●)

Réalisation d'un modèle en plâtre (●)

Poussières fines de plâtre, sans toxicité spécifique
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, pneumoconioses de surcharge

Réalisation d'une maquette d'occlusion en cire (●)

Fumées, dégagements gazeux d'aldéhydes et de cétones
Irritation de la peau et des muqueuses oculaires et respiratoires, manifestations allergiques

Repérage des rapports d'occlusion par le chirurgien-dentiste

Réalisation de la maquette de montage selon les rapports d'occlusion

Avec mise en place des dents en résine ou céramique (●)

Fumées, dégagements gazeux d'aldéhydes et de cétones
Irritation de la peau et des muqueuses oculaires et respiratoires, manifestations allergiques

Mise en moufle du modèle et garnissage de plâtre (●)

Poussières fines de plâtre, sans toxicité spécifique
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires et pneumoconioses de surcharge

Cuisson du moufle dans l'eau bouillante pour élimination de la cire (●)

Préparation de la résine (●)

Polyméthacrylate de méthyle, méthacrylate de méthyle monomère
Irritation des muqueuses respiratoires, oculaires et nasales, conjonctivite, asthme, sensibilisations cutanées, érythème, atteintes neurologiques

Bourrage du moufle avec la résine à l'état pâteux (●)

Polyméthacrylate de méthyle, méthacrylate de méthyle monomère
Irritation des muqueuses respiratoires, oculaires et nasales, conjonctivite, asthme, sensibilisations cutanées, érythème, atteintes neurologiques

Polymérisation au bain-marie (●)

Démouflage et démontage du plâtre (scie, pince, couteau...) (●)

Poussières fines de plâtre, sans toxicité spécifique
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, pneumoconioses de surcharge

Finition de la prothèse : ébavurage, grattage, meulage (●)

Poussières fines de résine, sans toxicité spécifique
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, pneumoconioses de surcharge

Polissage à la pierre ponce en milieu humide (●)

Lustrage avec des pâtes à polir

Silice cristalline absente ou à l'état de traces (●), sinon poussières siliceuses (●)
Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, atteinte pulmonaire grave et invalidante (silicose) et cancer notamment broncho-pulmonaire.

Nettoyage (●)

Détergent, solvant ou vapeur d'eau

3. Réglementation

Au-delà des dispositions générales applicables à toute démarche de prévention et imposant à l'employeur de prendre les mesures nécessaires afin de préserver la santé et la sécurité des salariés (articles L. 4121-1 et suivants du Code du travail), des dispositions spécifiques sont prévues concernant l'aération et l'assainissement de l'atmosphère des lieux de travail ainsi que la prévention du risque chimique.

3.1. L'aération et l'assainissement

L'aération et l'assainissement de l'atmosphère des lieux de travail font l'objet des articles du Code du travail suivant : articles R. 4212-1 à 7, R. 4222-1 à 22, R. 4722-1 et 2 et R. 4724-2 et 3. Les locaux dans lesquels s'exercent des travaux de fabrication de prothèses dentaires sont des « locaux à pollution spécifique », ce qui entraîne, pour l'employeur, l'obligation de capter les poussières et vapeurs « au fur et à mesure de leur production, au plus près de leur source d'émission et aussi efficacement que possible, notamment en tenant compte de la nature, des caractéristiques et du débit des polluants de l'air ainsi que des mouvements de

l'air » (articles R. 4222-12 du Code du travail).

Ces dispositions sont précisées et commentées dans la circulaire du 9 mai 1985 du ministère chargé du travail, relative au commentaire technique des décrets n^{os} 84-1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984 concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail.

Les dispositions relatives au contrôle périodique des installations d'aération et d'assainissement sont prévues par l'arrêté du 8 octobre 1987 du ministère du Travail.

ENCADRÉ 5

Classification des agents cancérogènes

Classification de la commission européenne [nouveau système (règlement CLP n^o 1272/2008 du 16 décembre 2008), obligatoire depuis le 1^{er} décembre 2010]

- **Catégorie 1A** : substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré ; la classification dans cette • Catégorie s'appuyant largement sur des données humaines.
- **Catégorie 1B** : substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé ; la classification dans cette • Catégorie s'appuyant largement sur des données animales.
- **Catégorie 2** : substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme.

Classification du Centre international de recherche sur le cancer

- **Groupe 1** : substance cancérogène pour l'homme.
- **Groupe 2A** : substance probablement cancérogène pour l'homme.
- **Groupe 2B** : substance cancérogène possible pour l'homme.
- **Groupe 3** : substance qui ne peut être classée du point de vue de sa cancérogénicité pour l'homme.
- **Groupe 4** : substance probablement non cancérogène pour l'homme. Ce groupe ne contient qu'une seule substance.

3.2. La prévention du risque chimique

Les règles générales de prévention du risque chimique, établies par les articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail, doivent être appliquées.

Des règles particulières de prévention, prescrites par les articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail, doivent également être mises en œuvre lors de toute opération exposant à un agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction de catégorie 1A ou 1B (règlement européen CLP)⁽⁴⁾ ou un procédé cancérogène (arrêté du 5 janvier 1993 modifié). Ces règles spécifiques sont explicitées dans la circulaire DRT n^o 12 du 24 mai 2006.

Un certain nombre de polluants émis dans les laboratoires de fabrication de prothèses dentaires sont des agents cancérogènes [19] (*tableau II* et *encadré 5*).

La mesure prioritaire est la substitution. Quand elle n'est pas applicable,

TABLEAU II

CLASSIFICATION DES PRINCIPAUX AGENTS CANCÉROGÈNES RENCONTRÉS DANS LES LABORATOIRES DE FABRICATION DE PROTHÈSES DENTAIRES

Classification de l'Union européenne (UE) et du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC)

Agent cancérogène	UE	CIRC	Organes cibles des cancers
Beryllium	1 B	2 A	poumons
Cobalt	/	2 B	poumons
Nickel	2	2 B	poumons, cavités nasales
Certains composés du nickel : oxyde, dioxyde, etc.	1 A	/	poumons
Silice cristalline : - quartz - cristobalite - tridymite	Non classé	1	poumons

4. Le règlement CLP définit les règles européennes de classification, d'étiquetage et d'emballage des produits chimiques.

la recherche du niveau d'exposition le plus bas possible s'impose en donnant la priorité aux mesures de prévention collective.

3.3. Les valeurs limites d'exposition professionnelle

Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) désignent les seuils de concentration qui ne doivent jamais être dépassés dans l'air inhalé par un travailleur. Elles découlent des données scientifiques et techniques actuelles dont disposent les spécialistes sur la toxicité des polluants. En raison de l'évolution incessante de l'état des connaissances scientifiques, elles ne sauraient constituer une garantie de ne pas développer une pathologie. Ces valeurs limites d'exposition professionnelle sont donc un objectif minimal, il convient de choisir les pratiques et les équipements (notamment les installations de ventilation) visant à abaisser les niveaux d'exposition à des valeurs aussi faibles que possible.

Il existe en France deux types de valeurs limites d'exposition professionnelle : les valeurs limites d'exposition à court terme mesurées sur une durée maximale de 15 minutes et les valeurs limites d'exposition estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures.

Certaines valeurs limites d'exposition professionnelle sont réglementairement contraignantes. Elles sont fixées notamment par l'article R. 4412-149 du Code du travail : plomb, quartz, etc. D'autres valeurs limites d'exposition professionnelle sont réglementairement indicatives et fixées par arrêtés. Il subsiste des valeurs limites d'exposition professionnelle indicatives publiées dans des circulaires.

S'il n'existe pas de valeur limite pour un polluant donné, il est d'usage de se référer à la valeur publiée par l'ACGIH (*American conference of governmental industrial hygienists*) aux États-Unis si

elle existe ou à défaut de se référer à la valeur limite d'exposition professionnelle réglementaire contraignante définie en France pour les poussières réputées sans effet spécifique : les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires de l'atmosphère inhalée par un salarié, évaluées sur une période de 8 heures, ne doivent

ainsi pas dépasser respectivement 10 et 5 mg/m³ (article R. 4412-10 du Code du travail).

Dans le cas de la fabrication des prothèses dentaires, la majorité des polluants émis ont un effet spécifique, il convient donc de respecter les valeurs limites mentionnées dans le [tableau III](#).

TABLEAU III

VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE DES PRINCIPAUX POLLUANTS RENCONTRÉS DANS LES LABORATOIRES DE FABRICATION DE PROTHÈSES DENTAIRES [5]

Les valeurs fixées par le ministère du Travail en France (VLEP) et les valeurs recommandées par l'ACGIH aux États-Unis (TLV-TWA)

Polluant	VLEP (mg/m ³)	TLV-TWA (mg/m ³)
Argent (métallique)	0,1**	0,1
Beryllium (et composés)	0,002	0,00005
Chrome (métal)	2**	0,5
Cobalt (métal)	–	0,02
Cuivre (poussières)	1	1
Cuivre (fumées)	0,2	0,2
Fer (oxyde Fe ₂ O ₃ , fumées)	5	5 (fraction alvéolaire)
Manganèse (métal)	–	0,1 0,02 (fraction alvéolaire)
Manganèse (fumées)	1	0,1 0,02 (fraction alvéolaire)
Méthacrylate de méthyle	205 (50 ppm)* [court terme : 410 (100 ppm)*]	205 [court terme : 410]
Molybdène (et composés solubles)	5 [court terme : 10]	0,5 (fraction alvéolaire)
Nickel (métal)	1	1,5
Platine	1	1
Silice cristalline : - quartz - cristobalite - tridymite	0,1* 0,05* 0,05* (fractions alvéolaires)	0,025 0,025 (fractions alvéolaires)
Sulfate de calcium	10	10

* Valeur limite d'exposition professionnelle réglementaire contraignante.

** Valeur limite d'exposition professionnelle réglementaire indicative (arrêté du 30 Juin 2004).

4. Démarche de prévention

L'employeur doit en premier lieu évaluer les risques générés par les activités susceptibles d'exposer à des agents chimiques. Lorsque l'évaluation a révélé un risque, les règles générales de prévention du risque chimique consistent à supprimer le risque ou, si ce n'est pas possible, à réduire au minimum l'exposition.

Les principes à appliquer sont, dans l'ordre chronologique, les suivants :

1. La substitution de l'agent chimique dangereux par un procédé de travail ou un agent chimique non dangereux ou moins dangereux.
2. La réduction des émissions des agents chimiques dangereux.
3. Le captage à la source des polluants avec rejet à l'extérieur après filtration.
4. La mise en place d'une ventilation générale en complément de la ventilation locale.
5. La mise en œuvre d'équipements de protection individuelle.

4.1. La réduction des émissions de polluants : le choix des matériaux, techniques et modes opératoires

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

4.1.1. L'aménagement du laboratoire

L'implantation du laboratoire doit prendre en compte l'organisation du travail, l'émission des polluants, le confort thermique, le bruit et la présence de locaux techniques (où se situent par exemple l'aspiration centralisée, le compresseur, etc.) [20]. L'emplacement et l'aménagement du laboratoire doivent permettre le rejet de l'air filtré à l'extérieur.

Pour éviter le transfert de la pollution entre les différentes zones de travail du laboratoire, il faut prévoir des salles ou des aires spécifiques pour les machines et les opérations les plus polluantes, telles que le sablage, le grattage, le polissage, le détournage, l'élimination de la cire, etc. L'isolement des sources de pollution importantes permet de protéger les postes de travail à l'établi, où les prothésistes sont amenés à travailler longtemps.

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 par exemple du méthacrylate de méthyle monomère qui est inflammable).

4.1.2. Le choix des produits et des matériaux

L'étiquetage est la première source d'information immédiatement disponible quant à la composition des produits et aux dangers qu'ils peuvent présenter. Les fiches de données de sécurité apportent des données complémentaires. Elles doivent donc être systématiquement demandées lors de la commande de produits aux fournisseurs et mises à disposition de l'ensemble des salariés.

Les produits les moins dangereux doivent toujours être privilégiés :

- les abrasifs, les ponces, les pâtes à polir, etc. doivent être exempts de silice cristalline,
- la teneur en silice cristalline (cristobalite en particulier) des matériaux de revêtement doit être aussi faible que possible,
- les joints de dilatation utilisés dans les cylindres de fabrication des prothèses métalliques ne doivent pas contenir de fibres céramiques réfractaires (des matériaux réfractaires isolants non fibreux seront de préférence utilisés sous forme de pièces préformées).

ENCADRÉ 6

La substitution du béryllium

Le béryllium est un agent cancérigène avéré [13]. Il peut induire le développement de tumeurs pulmonaires. Sa présence dans les alliages est à proscrire. Une norme internationale sur l'art dentaire parue en 2007 (norme NF EN ISO 22674 [21]), conçue avec le concours de la Fédération européenne des patrons prothésistes dentaires, recommande de ne pas employer d'alliage contenant plus de 0,02 % de béryllium. Il existe aujourd'hui des alliages exempts de béryllium tels que les alliages chrome-cobalt, par ailleurs plus résistants et plus brillants.

Les alliages contenant du béryllium ne doivent pas être utilisés, tant pour les prothèses fixes que pour les prothèses amovibles (*encadré 6*). De même, l'acide fluorhydrique (employé parfois pour la reprise des céramiques) est à proscrire.

4.1.3. Le choix des techniques et des modes opératoires

Pour certaines opérations, il est possible d'adopter des modes opératoires ou des techniques qui limitent l'émission de poussières et de vapeurs. Il convient ainsi :

- d'employer des distributeurs doseurs de plâtre,
- de réduire l'emploi de plâtre en utilisant des dispositifs équipés de plaques bases en matière plastique,
- de déposer la poudre (plâtre ou matériau réfractaire) dans le liquide et non l'inverse,
- d'utiliser, pour le modelage de la cire, une spatule chauffée par induction ou une spatule électrique plutôt qu'un bec bunsen,
- de proscrire le transvasement des matériaux de revêtement,
- d'éviter le transvasement du plâtre,
- de privilégier le conditionnement en sachets prédosés pour les matériaux de revêtement,
- d'utiliser des cylindres en silicone,

- d'employer des dispositifs de cou-
lée par pression/dépression dotés d'un
système d'évacuation des fumées,

- de travailler à l'humide : par
exemple casser les moules dans un
récipient rempli d'eau ou sous un cou-
rant d'eau (le cylindre doit impérative-
ment être mouillé à cœur dans ce cas),
meuler les revêtements ou polir les
prothèses à l'humide, etc.,

- de choisir des pâtes à polir dont
la teneur en silice cristalline est aussi
faible que possible,

- de privilégier l'utilisation de
ponces à l'emploi de pâtes à polir,

- d'utiliser, pour la fabrication de
prothèses en résine méthacrylique, la
technique des capsules scellées pré-
dosées (cartouches), avec malaxage et
injection automatique en moules fer-
més afin de limiter les dégagements
de vapeurs,

- de préférer la fusion des alliages
par induction haute fréquence plutôt
qu'au chalumeau,

- de remplacer fréquemment l'abra-
sif de la sableuse (privilégier un abrasif
à usage unique),

- de proscrire l'usage de la souf-
flette,

- de préférer l'application de l'opa-
que au pinceau à l'application par pul-
vérisation,

- de nettoyer journalièrement et soi-
gneusement le laboratoire afin de limi-
ter l'accumulation de poussières sur
les sols et les surfaces de travail. Le
nettoyage doit être réalisé à l'aide d'un
dispositif d'aspiration avec rejet exté-
rieur et/ou de linges humides. L'emploi
du balai est à proscrire,

- de privilégier les techniques de
conception-fabrication assistée par
ordinateur.

4.2. Le captage et la ventilation des polluants

Deux techniques de ventilation
peuvent être distinguées [22, 23] :

- la ventilation locale ou ventilation
par aspiration localisée des polluants,

- la ventilation générale ou ventila-
tion par dilution des polluants.

La ventilation par aspiration loca-
lisée consiste à capter les produits
dégagés au plus près possible de leur
source d'émission, avant qu'ils ne pé-
nètrent dans la zone des voies respi-
ratoires des travailleurs ou ne soient
dispersés dans l'ensemble de l'atmos-
phère du local de travail. Les disposi-
tifs de ventilation locale maintiennent
les polluants dans une fraction de vo-
lume aussi faible que possible et les
évacuent au fur et à mesure de leur
production.

La ventilation générale opère par
dilution des polluants à l'aide d'un
apport d'air neuf dans le local, en
quantité suffisante, pour amener les
concentrations de substances dange-
reuses en dessous des valeurs limites
d'exposition.

De par son principe même, la venti-
lation générale seule n'est pas satis-
faisante comme moyen de prévention
car :

- elle favorise une dispersion du pol-
luant dans tout le laboratoire avec un
risque d'accumulation dans certaines
zones mal ventilées ;

- elle ne protège pas immédiate-
ment l'opérateur.

Par ailleurs, les systèmes d'aspira-
tion localisée demandent des débits
d'air beaucoup plus faibles que les
installations de ventilation par dilu-
tion et donc engendrent des coûts de
fonctionnement et de chauffage moins
élevés.

**Une ventilation locale doit donc
être systématiquement mise en place
dans les laboratoires de fabrication
de prothèses dentaires.** Plus préci-
sément, des dispositifs de captage à
la source adaptés à chaque poste de
travail et reliés à un réseau de venti-
lation centralisé muni d'un ventilateur
et d'un conduit communs et rejetant à
l'extérieur après filtration doivent être
utilisés.

Il est par ailleurs recommandé d'uti-
liser la ventilation générale en complé-
ment de la ventilation locale, notam-
ment pour assurer un renouvellement
d'air dans les locaux et pour diluer les
polluants résiduels non directement
captés à la source.

La ventilation générale consiste à
introduire de l'air neuf et propre pour
compenser l'air extrait par les disposi-
tifs de captage. Le débit de cette venti-
lation compense la somme des débits
extraits des locaux. L'introduction de
l'air se fera à basse vitesse afin de
ne pas générer d'inconfort thermique
pour les salariés. La position de la
prise d'air neuf extérieure sera choisie
de sorte qu'elle ne vienne pas capter
l'air rejeté par le réseau de captage
des polluants. Le débit minimal à as-
surer par la ventilation générale est de
45 m³/h par opérateur.

**La salubrité du laboratoire ne pour-
ra être valablement assurée que si
l'ensemble des sources de pollution
est traité.**

4.2.1. Les principes généraux de ventilation

Le bon fonctionnement d'une ins-
tallation de captage et de ventilation
est lié au respect d'un certain nombre
de règles techniques ou organisation-
nelles qui peuvent se résumer en 9
principes généraux :

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 à ce que l'opérateur ne soit
pas entre celui-ci et la source de pol-
lution,

4. Utiliser les mouvements naturels
des polluants.

5. Induire une vitesse d'air suffi-
sante.

6. Répartir uniformément les vi-
tesses d'air au niveau de la zone de
captage.

7. Compenser les sorties d'air par
des entrées d'air correspondantes.

8. Éviter les courants d'air et les sensations d'inconfort thermique.

9. Rejeter à l'extérieur du bâtiment l'air pollué en dehors des zones d'entrée d'air neuf.

4.2.2. Le principe de la ventilation par aspiration localisée

Trois principaux dispositifs de captage peuvent être distingués :

- les dispositifs de captage enveloppants : enceintes ou cabines qui entourent la zone d'émission de telle sorte que toute l'action dispersive initiale du polluant ait lieu à l'intérieur de celles-ci. Ces dispositifs sont les plus satisfaisants pour le captage, mais ils ne sont pas toujours utilisables pour des raisons ergonomiques : les parois peuvent gêner les mouvements pour certaines opérations. Le critère de ventilation est défini par la vitesse de l'air dans les sections de l'enceinte qui sont ouvertes ;

- les dispositifs de captage récepteurs : dispositifs placés à proximité de la source de pollution qui captent les polluants en utilisant leur vitesse et leur direction initiales d'émission. Ces dispositifs ne sont utilisables 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 limite à évacuer l'air pollué au fur et à mesure ;

- les dispositifs de captage inducteurs : dispositifs placés à proximité de la source, ils doivent générer des vitesses d'air dans la zone d'émission pour entraîner les polluants à l'intérieur du réseau d'aspiration. Le critère à respecter est la vitesse induite au point d'émission des polluants. Ces dispositifs ne sont adaptés que pour un travail au cours duquel les polluants sont émis en un point fixe, sans vitesse initiale. Ils sont peu recommandés lorsque l'opérateur doit déplacer une pièce. La vitesse de captage chute par ailleurs considérablement lorsque l'on s'éloigne de la surface aspirante. La difficulté de son positionnement conduit à restreindre son utilisation à des opérations peu polluantes et occasionnelles.

5. Dispositifs de captage à la source

Les dispositifs de captage à la source recommandés dans ce chapitre sont classés en fonction de l'opération effectuée : des travaux les plus exposants à des polluants dangereux tels que la préparation des revêtements jusqu'aux tâches les moins émissives ou générant des polluants faiblement dangereux.

5.1. Les dispositifs de captage aux postes de préparation des revêtements

La manipulation des matériaux réfractaires pulvérulents génèrent une quantité très significative de poussières de silice cristalline.

À ce poste de travail, des dispositifs de captage enveloppants doivent donc être utilisés tels qu'un caisson ouvert seulement en face avant ou à défaut une sorbonne de laboratoire.

Ces dispositifs doivent être équipés d'une aspiration en face arrière (*photo 2*).

La vitesse d'air moyenne dans l'ouverture des caissons aspirants (dans la configuration réelle de travail) ne doit pas être inférieure à 0,5 m/s et aucune vitesse ne doit être inférieure à 0,4 m/s.

Ils doivent, en outre, répondre aux critères suivants :

- le caisson doit être muni de parois latérales et supérieures, d'un éclairage intégré et d'un réceptacle poubelle équipé d'un sac,
- l'aspiration, réalisée en face arrière, doit être asservie à l'éclairage,
- le rejet à l'extérieur est impératif après filtration (les filtres devront être nettoyés ou remplacés, aussi souvent que nécessaire, par des filtres présentant des caractéristiques similaires),
- les dimensions du caisson doivent permettre une manipulation aisée du

matériau réfractaire ainsi que son stockage temporaire et l'utilisation d'une balance,

- le caisson doit être facilement nettoyable.

La vitesse d'air frontale dans les sorbottes de laboratoire doit être supérieure ou égale à 0,4 m/s en tout point. Elles doivent, en outre, être équipées d'une poubelle intégrée au plan de travail.

Les dispositifs de ventilation décrits ci-dessus peuvent également être utilisés lors des opérations de pesée et de mélange des plâtres.

5.2. Les dispositifs de captage aux postes de casse des cylindres

La casse du cylindre est préférentiellement effectuée, après refroidissement, dans un récipient rempli d'eau ou sous un jet d'eau continu. Dans ce dernier cas, le cylindre doit impérativement être mouillé à cœur (*photo 3*).

Si la casse des cylindres est effectuée à sec, elle doit être réalisée dans

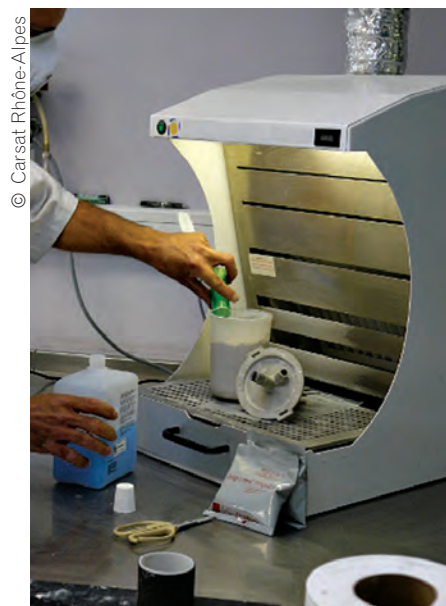


Photo 2. Exemple de caisson aspirant utilisé pour la préparation du revêtement réfractaire



Photo 3. Casse du cylindre à l'humide

un caisson aspirant ouvert seulement en face avant (identique à celui utilisé pour la préparation des revêtements) ou à défaut une sorbonne de laboratoire. Les exigences auxquelles les dispositifs de captage aux postes de casse des cylindres doivent se conformer sont précisées au paragraphe 5.1.

5.3. Les dispositifs de captage aux postes de sablage

Cette opération doit toujours être effectuée dans une sableuse c'est-à-dire une enceinte de sablage mise en dépression et enveloppant complètement la source de pollution (*photo 4*). Les machines à fonctionnement automatique (prothèses disposées dans un panier tournant) sont à privilégier à celles à fonctionnement manuel (prothèses maintenues par l'opérateur muni de gants ou de manchettes), qui permettent généralement un moins bon confinement.

Les enceintes de sablage doivent satisfaire les critères suivants :

- l'aspiration doit être asservie au fonctionnement de la sableuse ;
- une forte dépression doit être maintenue, pendant toute la durée du sablage, par une extraction mécanique

d'air qui empêche la sortie des poussières, notamment les plus fines, par les ouvertures. Une vitesse entrante de 3 m/s dans les ouvertures doit ainsi être appliquée, compte tenu de la vitesse élevée de projection de l'abrasif (la mesure de cette vitesse doit être effectuée sans opérateur). Afin de déterminer le débit d'air à extraire, il convient de considérer le débit d'air apporté par le jet d'abrasif, la surface des ouvertures libres (cas où les prothèses sont maintenues par l'opérateur) et les fuites éventuelles au niveau des parties mobiles. L'introduction de l'air de compensation à l'intérieur de l'enceinte doit être réalisée par des ouvertures de sections très réduites ;

- le rejet à l'extérieur est impératif après filtration (les filtres devront être nettoyés ou remplacés, aussi souvent que nécessaire, par des filtres présentant des caractéristiques similaires) ;
- une bonne étanchéité vis-à-vis des poussières doit être réalisée et conservée dans le temps grâce à une maintenance suivie des organes de fermeture (joints et parties souples) ;
- un entretien et un nettoyage réguliers de la vitre de la sableuse doivent être effectués afin d'éviter l'ouverture intempestive de cette dernière pour pallier un manque de visibilité de la pièce.

Il convient d'attendre quelques secondes avant d'ouvrir l'enceinte (la fréquence d'ouverture doit par ailleurs être limitée).

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



Photo 4. Exemple de sableuses

5.4. Les dispositifs de captage 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 dénommés micromoteur, microtour ou outil à main⁽⁵⁾. Ils sont à l'origine d'un empoussièrément important de l'atmosphère du laboratoire. Par conséquent, un dispositif de captage à la source des poussières doit impérativement être utilisé lors de ces différentes opérations.

Pour les prothèses amovibles, des dispositifs enveloppants qui isolent l'opérateur des polluants émis, de type box aspirant, doivent être employés. Ces dispositifs doivent, en outre, posséder un système de captage inducteur intégré à la cheville (cheville ventilée).

Pour les prothèses fixes, l'utilisation d'une cheville ventilée seule (c'est-à-dire non disposée dans un box aspirant) peut éventuellement être envisagée.

L'ergonomie du poste de travail doit prendre en considération les exigences aérodynamiques décrites ci-dessous.

5.4.1. Le box aspirant

Un dispositif enveloppant est la solution de ventilation la plus adaptée lorsque l'émission des poussières est multidirectionnelle, ce qui est le cas lors des travaux de finition réalisés sur les prothèses amovibles. Ces opérations doivent ainsi être effectuées dans une enceinte dotée de parois transparentes et munie d'ouvertures latérales permettant le passage des bras (*photos 5 et 6*). Les ouvertures latérales sont réduites au maximum (par exemple par la mise en place de lanières).

L'enceinte doit, en outre, intégrer un dispositif de captage placé dans

5. Ces travaux peuvent encore parfois être effectués sur des tours fixes.

le sens principal d'éjection des poussières et au plus près de la source d'émission tel qu'une cheville ventilée (qui doit répondre aux exigences énoncées dans le paragraphe 5.4.2).

Le débit d'aspiration doit être ajusté de manière à ce que la vitesse d'air dans les ouvertures de l'enceinte soit au minimum de 0,5 m/s, mesurée sans opérateur et sans lanière.

L'enceinte peut également être équipée d'un système de nettoyage intégré.

5.4.2. La cheville ventilée

Les outils d'usinage arrachent aux pièces travaillées des poussières qui sont projetées dans l'atmosphère à grande vitesse, les poussières grossières entraînant dans leur sillage les plus fines.

La cheville ventilée est un dispositif de captage inducteur, la vitesse de captage décroît ainsi très rapidement dès lors que l'on s'éloigne de la surface d'aspiration.

Le choix de la cheville et le positionnement du dispositif de captage doivent permettre à l'opérateur de travailler de telle sorte que la grille d'aspiration soit placée dans le sens principal d'éjection des poussières et au plus près de la source d'émission (la source d'émission doit être située impérativement à moins de 5 cm de la grille d'aspiration). Une vitesse d'air induite d'au minimum 2 m/s au point d'émission doit être appliquée.

Afin d'atteindre cette vitesse pour une cheville correctement conçue, l'installation doit disposer d'un débit d'extraction voisin de 100 m³/h.

Pour chaque cheville, la ventilation doit, de préférence, être asservie au fonctionnement des outils portatifs.

Si l'opérateur est droitier, le sens de rotation de l'outil ayant tendance à rabattre les poussières vers l'opérateur, le dispositif de captage doit être placé entre le prothésiste et la cheville de travail sur laquelle il prend appui.

Photos 5 et 6.
Exemples de box aspirants



© Carsat Centre-Ouest



© Carsat Centre-Ouest

Photo 7. Travaux de finition réalisés sur une cheville ventilée munie d'un écran



© Carsat Centre-Ouest

Si l'opérateur est gaucher, le sens de rotation de l'outil doit être inversé afin d'éviter la projection des poussières vers l'arrière du plan de travail. À défaut, un dispositif de captage doit être placé dans le sens de projection des poussières.

Certains outils (ciseaux crantés, pinces, etc.) permettent, par ailleurs,

de travailler au plus près de la grille d'aspiration et de limiter la survenue de microcoupures.

Il existe, enfin, des écrans amovibles qui s'adaptent aux chevilles ou qui sont placés sur les établis (photo 7). Les écrans solidaires aux chevilles permettent d'améliorer sensiblement l'efficacité de captage. Les écrans po-

sitionnés sur l'établi permettent de réduire les projections de grosses poussières sur l'opérateur et assurent une protection mécanique.

5.5. Les dispositifs de captage aux fours

Une ventilation naturelle n'est pas suffisante pour évacuer en continu les fumées irritantes et malodorantes qui proviennent de la dégradation de la cire pendant l'opération de préchauffage des cylindres, ainsi que la chaleur. Un système d'extraction mécanique s'impose.

Le dispositif de captage à privilégier est la sorbonne de laboratoire, munie d'une aspiration par le haut (photo 8).

Ce dispositif permet de garantir un confinement efficace avec de faibles débits d'air. Il convient de disposer de butées permettant de maintenir une ouverture en partie basse de la sorbonne, de l'ordre de 25 mm.

Une vitesse d'air voisine de 3 m/s doit être maintenue dans cette configuration.

© Carsat Rhône-Alpes



Photo 8. Fours disposés dans une sorbonne de laboratoire munie d'une aspiration par le haut

En l'absence d'une sorbonne de laboratoire, une hotte en dôme peut être utilisée. Sa conception doit impérativement répondre à plusieurs exigences :

- la hotte doit être munie de joues latérales (cloisonnement) afin de lutter contre les effets des courants d'air,
- la hotte doit déborder largement sur l'avant du four,
- la distance entre le haut du four et le dôme de la hotte doit être limitée (installer par exemple un bandeau ou surélever le four),
- une vitesse d'air minimum dans le plan d'ouverture vertical de 0,3 m/s doit être appliquée.

5.6. Les dispositifs de captage aux postes de fusion et coulée des alliages

L'évacuation des fumées émises lors de la fusion des alliages s'effectue :

- par la mise en dépression de la fronde (fusion par induction électronique),
- par l'installation de la fronde (fusion au chalumeau) sous une hotte (celle des fours par exemple).

Les fumées, ainsi captées, doivent être rejetées à l'extérieur du laboratoire.

De nouvelles technologies telles que les frondes en pression-dépression, permettant de diminuer les dégagements de fumées métalliques dans l'atmosphère du laboratoire, peuvent également être utilisées.

5.7. Les dispositifs de captage aux postes de montage des céramiques et de manipulation de la résine

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

ENCADRÉ 7

Les dispositifs de captage à la source sur les nouveaux procédés CFAO

L'usinage

Il convient de choisir un centre d'usinage complètement encoffré, muni d'un dispositif de captage à la source et relié au réseau centralisé rejetant à l'extérieur après filtration. Le confinement du centre d'usinage est validé par la mesure de la vitesse d'air dans les fuites qui doit être au minimum de 1 m/s. Une bouche d'aspiration pour le nettoyage du centre d'usinage doit également être prévue. Dans le cas d'un centre d'usinage sous arrosage (fluides de coupe), il convient de se référer au guide de ventilation n° 6 [24].

La fabrication additive (ou impression 3 D)

Les phases les plus exposantes sont la préparation des poudres (très pulvérulentes) et le nettoyage de la machine. Il convient de privilégier les machines intégrant une préparation et un chargement des poudres automatisés et en circuit fermé. Les machines et les enceintes de préparation (si elles sont séparées) doivent être reliées au réseau d'aspiration centralisé avec filtration et rejet à l'extérieur. Le confinement des machines est validé par la mesure de la vitesse d'air dans les fuites qui doit être au minimum de 1 m/s. Une bouche d'aspiration pour le nettoyage de la machine doit également être envisagée.

ENCADRÉ 8

Les polluants émis en fonction des opérations réalisées et moyens de prévention associés

La fabrication de prothèses métalliques, en résine ou en céramique, conduit à l'émission de poussières siliceuses et métalliques, de vapeurs de méthacrylate de méthyle et, dans une moindre mesure, de fumées de cire et de poussières de plâtre. L'importance et la nature des émissions vont dépendre du poste de travail. La mise en place de bonnes pratiques de travail et de dispositifs de ventilation adaptés à chaque poste permet de réduire les expositions des salariés à ces polluants.

Les poussières siliceuses

Opération(s)	Mesure(s) générale(s) de prévention et bonne(s) pratique(s)	Dispositif(s) de captage à la source	Critère(s) aéraulique(s)
<p>Préparation du revêtement</p> <p><i>Cette opération, qui précède la mise en revêtement de la maquette ainsi que la confection du modèle en revêtement (prothèses amovibles en alliage chrome-cobalt), est courte. Mais les matériaux réfractaires pulvérulents employés sont riches en silice cristalline (70 à 80 % de quartz et de cristobalite) et présentent une granulométrie fine.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir des matériaux réfractaires dont la teneur en silice cristalline est aussi faible que possible (consulter la fiche de données de sécurité). • Privilégier les sachets pré-dosés. • Proscrire le transvasement du matériau réfractaire. • Verser le matériau réfractaire pulvérulent dans le liquide (et non l'inverse). • Humidifier le sachet vide avant de le jeter. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caisson aspirant ouvert seulement en face avant et équipé d'une aspiration en face arrière. • Sorbonne de laboratoire munie d'une aspiration en face arrière. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse d'air moyenne dans le plan d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,5 m/s et aucune vitesse ne doit être inférieure à 0,4 m/s. • Vitesse d'air frontale doit être supérieure ou égale à 0,4 m/s en tout point.
<p>Casse du revêtement</p> <p><i>Afin de démouler la prothèse, il convient de casser le revêtement qui l'enrobe. Des poussières siliceuses sont alors émises dans l'atmosphère de travail.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer le travail à l'humide : casser les cylindres dans un récipient rempli d'eau ou sous un jet d'eau continu (le cylindre doit être mouillé à cœur). • Travailler sous un captage localisé lorsque le revêtement est sec. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caisson aspirant ouvert seulement en face avant et équipé d'une aspiration en face arrière. • Sorbonne de laboratoire munie d'une aspiration en face arrière. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse d'air moyenne dans le plan d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,5 m/s et aucune vitesse ne doit être inférieure à 0,4 m/s. • Vitesse d'air frontale doit être supérieure ou égale à 0,4 m/s en tout point.
<p>Sablage</p> <p><i>Le sablage représente la principale source de pollution particulaire par l'importance de l'empoussièrement et par la toxicité des poussières émises. Bien qu'il soit réalisé dans des sableuses, 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.</i></p> <p><i>L'abrasif, dépourvu de silice cristalline à l'état neuf, ne présente pas de toxicité particulière. Cependant, des analyses de poussières ont mis en évidence la présence de silice cristalline due à l'entraînement du revêtement résiduel resté sur les prothèses. La proportion de silice cristalline peut devenir très importante si l'abrasif n'est pas remplacé suffisamment fréquemment.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Privilégier les sableuses à fonctionnement automatique. • Remplacer fréquemment l'abrasif (privilégier un abrasif à usage unique). • Assurer régulièrement un nettoyage et une maintenance des organes de fermeture et de la vitre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Enceinte de sablage mise en dépression et enveloppant complètement la source de pollution. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse d'air entrante de 3 m/s dans les ouvertures de l'enceinte.

ENCADRÉ 8 (SUITE)

Les polluants émis en fonction des opérations réalisées et moyens de prévention associés

Les poussières siliceuses (suite)

Opération(s)	Mesure(s) générale(s) de prévention et bonne(s) pratique(s)	Dispositif(s) de captage à la source	Critère(s) aéraulique(s)
Traitement des déchets de revêtement et nettoyage du poste	<ul style="list-style-type: none"> Nettoyer le plan de travail à l'humide ou par aspiration après chaque opération. Mettre en place une poubelle ventilée ou étanche ou placée dans une zone en dépression. Proscrire le transvasement des tiroirs et des poubelles (utiliser des sacs à usage unique). 	<ul style="list-style-type: none"> Bouches d'aspiration dédiées (reliées au réseau haute dépression). 	

Les poussières métalliques

Opération(s)	Mesure(s) générale(s) de prévention et bonne(s) pratique(s)	Dispositif(s) de captage à la source	Critère(s) aéraulique(s)
<p>Fonte et coulée des alliages</p> <p><i>La fonte des alliages métalliques s'accompagne de dégagements de fumées composées de chrome, de cobalt, de nickel, de béryllium, etc.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Privilégier les dispositifs de coulée par pression/dépression. Proscrire l'utilisation d'alliages contenant du béryllium. Limiter l'utilisation du chalumeau. Privilégier la fusion des alliages par induction haute fréquence. 	<ul style="list-style-type: none"> Fronde en dépression. Hotte. 	<ul style="list-style-type: none"> Vitesse d'air minimum dans le plan d'ouverture vertical de 0,3 m/s
<p>Travaux de finition à l'établi : meulage, grattage, polissage, ébarbage, etc.</p> <p><i>Les différents travaux de finition génèrent des quantités importantes de poussières métalliques issues des alliages et, dans certains cas, des matériaux constitutifs des outils.</i></p> <p><i>Par ailleurs, toutes les opérations de finition se font manuellement, généralement 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 des poussières.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Limiter autant que possible les opérations de grattage. Adapter le sens de rotation de l'outil afin d'orienter les polluants vers le dispositif de captage. 	<ul style="list-style-type: none"> Box aspirant (notamment pour le travail des prothèses amovibles) muni d'une cheville ventilée. Cheville ventilée. 	<ul style="list-style-type: none"> Vitesse d'air dans les ouvertures du box au minimum de 0,5 m/s. Vitesse d'air induite au minimum de 2 m/s au point d'émission.
<p>Polissage</p> <p><i>Le polissage est une source de pollution importante, et notamment en raison des quantités de poussières émises.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Privilégier l'emploi de ponces à l'utilisation de pâtes à polir. Choisir des pâtes à polir dont la teneur en silice cristalline est aussi faible que possible. 	<ul style="list-style-type: none"> Polisseuse reliée à une extraction. 	



ENCADRÉ 8 (SUITE)

Les polluants émis en fonction des opérations réalisées et moyens de prévention associés

Les produits de dégradation thermique du polyméthacrylate de méthyle

Opération(s)	Mesure(s) générale(s) de prévention et bonne(s) pratique(s)	Dispositif(s) de captage à la source	Critère(s) aéraulique(s)
Montage des céramiques et manipulation de la résine <i>Le montage des dents en céramique et la manipulation de la résine génèrent des vapeurs irritantes.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser de préférence des capsules scellées prédosées, avec malaxage et injection automatique en moules fermés. 	<ul style="list-style-type: none"> Caisson aspirant ouvert seulement en face avant et équipé d'une aspiration en face arrière. 	<ul style="list-style-type: none"> Vitesse d'air moyenne dans le plan d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,5 m/s.

Les fumées de cire

Opération(s)	Mesure(s) générale(s) de prévention et bonne(s) pratique(s)	Dispositif(s) de captage à la source	Critère(s) aéraulique(s)
Cuisson du revêtement <i>Pendant la phase de préchauffage correspondant à l'élimination de la cire, il y a une émission de fumées irritantes (dégradation thermique de la cire). Ces fumées peuvent être inhalées par les personnes qui travaillent à proximité du four (la cuisson proprement dite du revêtement n'engendre pas quant à elle d'émission de fumées).</i>		<ul style="list-style-type: none"> Sorbonne de laboratoire munie d'une aspiration par le haut Hotte en dôme, équipée de joues latérales 	<ul style="list-style-type: none"> Vitesse d'air voisine de 3 m/s (ouverture en partie basse de 25 mm). Vitesse d'air minimum dans le plan d'ouverture vertical de 0,3 m/s.

Les poussières de plâtre

Opération(s)	Mesure(s) générale(s) de prévention et bonne(s) pratique(s)	Dispositif(s) de captage à la source	Critère(s) aéraulique(s)
Confection du moule en plâtre à partir de l'empreinte <i>La manipulation de plâtre émet des poussières fines, sans toxicité spécifique, mais qui sont irritantes et peuvent provoquer des pneumoconioses de surcharge.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Privilégier les techniques qui évitent le détournage et qui limitent la quantité de plâtre utilisée. Employer des distributeurs doseurs de plâtre. Privilégier les sachets prédosés. Éviter le transvasement des sacs de plâtre. Déposer le plâtre dans le liquide (et non l'inverse). Consulter la fiche de données de sécurité afin de s'assurer que le plâtre ne contient pas d'adjuvants allergènes. 	<ul style="list-style-type: none"> Détoureuse reliée à une extraction. Scie à modèle (ou scie à die) équipée d'un capteur enveloppant. 	
Travaux de finition		<ul style="list-style-type: none"> Box relié à une extraction. 	

Si l'application de l'opaque est réalisée par pulvérisation, il est recommandé de travailler dans un caisson ouvert seulement en face avant et équipé d'une aspiration en face arrière (vitesse moyenne d'air dans l'ouverture de 0,5 m/s).

Ce dispositif de captage peut également être utilisé lors de la manipulation de la résine (*photo 9*) : polymérisation, presse à mouffles, etc.

6. Apport d'air de compensation

L'air extrait par les systèmes de ventilation locale et générale doit être compensé par des apports d'air neuf afin :

- d'assurer l'efficacité des systèmes de ventilation : un dimensionnement inadapté des entrées d'air entraîne un accroissement de perte de charge, d'où une diminution des débits et une perte d'efficacité des systèmes de ventilation ;
- d'éliminer les courants d'air provenant des ouvrants, lesquels entraînent :
 - une perte d'efficacité des dispositifs de ventilation locale,
 - une dispersion des polluants dans le laboratoire,
 - un inconfort thermique des travailleurs, pouvant inciter à l'arrêt des installations de ventilation.

Une introduction mécanique de l'air est recommandée. Cette disposition

permet d'assurer le traitement de l'air introduit, notamment sa propreté (filtration), sa température (récupération des calories), éventuellement son humidité et une distribution optimale de l'air neuf. L'air de compensation doit être pris à l'extérieur des locaux, dans une zone où il n'y a pas de risque d'interférence avec des rejets d'air pollué.

Dans la plupart des cas, le débit d'arrivée d'air est prévu égal au débit d'extraction d'air de tous les systèmes existants dans le laboratoire auquel sont ajoutés les débits d'air nécessaires aux procédés et aux appareils de combustion. Dans certains cas, il est préférable de prévoir un débit d'arrivée d'air plus important (10 %), de façon notamment à prendre en compte d'éventuelles modifications de la ventilation. Cette mesure ne peut être retenue que lorsque le local ne présente aucune ouverture vers un local voisin non pollué, car la suppression provoquerait un transfert de polluants vers ce local voisin.

Dans les laboratoires, l'introduction d'air neuf se fera de préférence à proximité des dispositifs de captage sans introduire de perturbation. L'air de compensation devra être distribué de façon à traverser d'abord la zone occupée par le personnel, puis ensuite les zones polluées. En règle générale, il convient de veiller à ce que l'air neuf passe au voisinage des voies respiratoires de l'opérateur.

L'utilisation de dispositifs de diffusion d'air à basse vitesse tels que les gaines textiles, les plafonniers, etc. doit être privilégiée afin d'éviter l'inconfort thermique des opérateurs et la perturbation des dispositifs de captage.

7. Transport et traitement de l'air

La conception d'un réseau de transport de l'air permet l'évacuation de l'air pollué capté sur les lieux de travail. Elle est donc réalisée en tenant compte de différents facteurs tels que la vitesse de l'air dans les conduits, les pertes de charge et le bruit.

7.1. Le réseau de transport des polluants

Une étude préalable à la mise en place du réseau de ventilation comprenant un calcul de la perte de charge de l'installation (réseau et capteurs) et un équilibrage doit être réalisée par l'installateur.

7.1.1. La vitesse de transport

Quel que soit le type de réseau de ventilation employé, et suivant les débits mis en œuvre, il est indispensable de dimensionner correctement les conduits afin d'éviter une sédimentation des poussières et un bouchage qui à terme seraient préjudiciables au bon fonctionnement de l'installation. La vitesse de transport est donc un facteur essentiel pour les réseaux d'évacuation de l'air contenant des poussières. Elle doit être d'autant plus élevée que les poussières sont de masse volumique et de dimensions élevées.

Une vitesse de transport minimale de 15 m/s doit être maintenue dans l'ensemble du réseau pour les poussières.



Photo 9. Caisson utilisé pour la manipulation de la résine

7.1.2. Les pertes de charges

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

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

L'emploi de tuyaux annelés est à limiter en raison des pertes de charge élevées qu'ils induisent et de leur fragilité. De même, il convient de privilégier les capteurs (chevilles par exemple) munis d'embouts à section circulaire plutôt que carrée.

7.1.3. Le bruit

L'écoulement de l'air dans un réseau de ventilation est générateur de bruit (plus la vitesse de transport d'air est élevée plus le niveau sonore est important).

Afin de réduire le bruit, il est possible d'installer des silencieux en aval des postes de travail et en amont du groupe d'aspiration.

Les extracteurs (turbines et ventilateurs), toujours générateurs de bruit, doivent être disposés dans une zone dédiée et isolée des locaux de travail (*photo 10*) et reliés au réseau par des manchons souples. Ce local technique peut également recevoir les autres équipements de travail bruyants tels que le compresseur d'air. Il doit être muni d'une ventilation générale qui permettra sa mise en dépression par rapport aux autres locaux ainsi que l'évacuation des calories. En fonction de la localisation de ce local technique, il peut s'avérer nécessaire de l'isoler acoustiquement.

Le niveau sonore, ventilation seule, ne doit pas dépasser 65 dB(A), 70 dB(A) dans le cas où la ventilation de la cheville est asservie au micromoteur.

Photo 10.
Exemple
d'une centrale
d'aspiration
disposée dans un
local isolé



© Carsat Centre-Ouest

7.2. Le traitement de l'air pollué

L'objet principal de ce guide étant la conception des dispositifs de captage et de dilution des poussières, les problèmes posés par le traitement de l'air pollué ne seront évoqués que très sommairement [23].

7.2.1. Le rejet de l'air à l'extérieur

Le procédé d'assainissement de l'air des locaux offrant les meilleures garanties de sécurité est le rejet de l'air chargé de poussières à l'extérieur. Il évacue directement les poussières en dehors des locaux de travail au fur à mesure de leur production et de leur captage. Le rejet doit s'effectuer en dehors des zones d'entrée d'air neuf. Il peut être accompagné d'une récupération d'énergie.

L'air doit être par ailleurs filtré avant son rejet à l'extérieur du laboratoire (il convient de se conformer aux contraintes environnementales en vigueur).

Les différents dispositifs de captage des poussières et vapeurs d'un laboratoire peuvent aboutir à des cheminées de rejet individuelles ou être reliés à un réseau de ventilation centralisé muni d'un ventilateur et d'une cheminée communs.

7.2.2. Le recyclage de l'air après filtration

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

L'utilisation du recyclage est soumise à des conditions restrictives limitant son domaine d'application (article R. 4222-15 du Code du travail).

Par ailleurs, compte tenu du fait que les poussières émises lors de la fabrication de prothèses dentaires peuvent contenir des agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction et, pour respecter les exigences de prévention, **le recyclage est à proscrire.**

8. Contrôle et maintenance d'une installation de ventilation

Pour maintenir son efficacité dans le temps, une installation de ventilation doit être correctement réceptionnée, puis entretenue régulièrement et faire l'objet de contrôles périodiques.

La réglementation impose au chef d'établissement la constitution et la mise à jour d'un dossier pour chaque installation (arrêté du 8 octobre 1987). Ce dossier doit comporter d'une part, la notice d'instruction incluant le descriptif de l'installation et les valeurs de référence et d'autre part, la consigne d'utilisation comprenant en particulier le dossier de maintenance (recueil des opérations d'entretien, résultats des contrôles périodiques, etc.) [25].

8.1. La réception de l'installation

Au plus tard un mois après sa mise en service, l'installation doit être caractérisée par des valeurs de référence qui seront mesurées dans les conditions nominales de fonctionnement. Celles-ci constituent les valeurs réputées satisfaisantes pour le bon fonctionnement de l'installation. Elles servent de base à l'entretien de l'installation et au contrôle de son efficacité.

Pour les installations existantes, le dossier de valeurs de référence peut être constitué à partir des résultats des premiers contrôles périodiques réalisés.

Le descriptif de l'installation et les valeurs de référence doivent comporter les éléments suivants :

- les caractéristiques détaillées des éléments constituant l'installation (nombre de dispositifs de captage, caractéristiques du ou des ventilateurs,

type et caractéristiques de l'introduction d'air, etc.),

- les débits, pressions statiques ou vitesses d'air pour chaque dispositif de captage,

- les vitesses d'air dans les ouvertures ou au point d'émission des polluants,

- le débit global d'air extrait,

- les caractéristiques des systèmes de surveillance,

- les consignes en cas de panne ou de dysfonctionnement.

8.2. Les opérations de maintenance

La fréquence des opérations de maintenance (nettoyage des dispositifs de captage, purges des conduits, changement des filtres des épurateurs, nettoyage des épurateurs, etc.) doit être définie par le chef d'entreprise.

Les travaux réalisés et leur date d'exécution doivent être consignés au dossier de maintenance.

8.3. Les contrôles périodiques

Des contrôles périodiques doivent être réalisés par un technicien qualifié appartenant ou non à l'entreprise.

Pour les installations de ventilation avec rejet à l'extérieur, les contrôles périodiques suivants doivent être réalisés tous les ans :

- la mesure du débit global d'air extrait par l'installation,

- les mesures des pressions statiques ou de vitesses d'air dans les conduits ou à défaut, les mesures de vitesses dans les ouvertures ou au point d'émission des polluants,

- l'examen visuel de l'état de tous les éléments de l'installation.

Ils permettent de s'assurer que les valeurs de référence sont toujours respectées. Ils doivent être consignés dans le dossier de maintenance.

9. Nettoyage des locaux et équipements

Le nettoyage permet de limiter la pollution résiduelle du laboratoire par remise en suspension des poussières déposées sur le sol, le mobilier et les équipements.

Il convient donc de nettoyer régulièrement et soigneusement le laboratoire afin de limiter l'accumulation de poussières sur le sol et les surfaces de travail.

Le nettoyage peut être réalisé :

- à l'aide d'un système de nettoyage centralisé. Il s'agit d'un réseau indépendant ; les débits d'air nécessaires sont faibles et les conduits présentent de petits diamètres. Il est possible de ceinturer l'ensemble du laboratoire comme cela se pratique pour l'air comprimé. À proximité de chaque poste de travail, une prise obturable est alors disposée sur laquelle un conduit souple semblable à celui d'un aspirateur est raccordé ;

- à l'aide d'un conduit souple relié au réseau d'extraction. Le débit est amoindri par la forte perte de charge du conduit annelé ;

- à l'aide d'un aspirateur industriel. Toutefois, dans ce cas, une grande partie des poussières est recyclée dans le laboratoire. L'utilisation de l'aspirateur industriel est donc à limiter.

L'emploi du balai ou de la soufflette est à proscrire en raison du fait qu'ils remettent les poussières en suspension génèrent une exposition significative des opérateurs.

Le port d'équipements de protection individuelle, et notamment d'appareil de protection respiratoire (annexe), est recommandé lors de ces activités.

Annexe

Les équipements de protection individuelle (EPI) [2, 3]

Les dispositions relatives à l'utilisation des EPI sont fixées par les articles R. 4323-91 à R. 4323-106 du Code du travail, notamment en matière de conditions d'utilisation, d'information et formation des travailleurs, d'entretien et de vérifications périodiques des équipements.

L'aptitude médicale du travailleur au poste de travail prévue à l'article R. 4412-44 doit prendre en compte le port des EPI.

Le port d'équipements de protection individuelle impose une contrainte physiologique et parfois psychologique au salarié.

Il convient d'utiliser des appareils de protection respiratoire aux postes de

travail lorsque la ventilation locale s'avère insuffisante, ainsi que lors des opérations de nettoyage et de maintenance des locaux, des installations et des équipements (nettoyage d'un établi, changement du filtre de l'aspirateur industriel, etc.). Compte tenu de la toxicité des poussières émises dans un laboratoire de fabrication de prothèses dentaires, il convient de porter un appareil de protection respiratoire muni de filtres anti-aérosols de classe 3. Le type de protection dépend ensuite de l'importance des émissions de poussières, du temps estimé du port de l'équipement et des conditions de travail.

Les appareils de protection respiratoire ne doivent être utilisés que pour des opérations ponctuelles et de

courte durée. Les pièces faciales filtrantes FFP3 doivent être changées à chaque utilisation (la durée de travail recommandée est d'une heure maximum).

Les salariés doivent être formés au port, à la mise en place et au choix de l'appareil, à la protection apportée, aux contraintes et aux limitations d'emploi.

Il est également recommandé de porter des lunettes de protection ainsi que des gants.

Certains travaux, qui présentent un risque important de projections de poussières (grattage, ébarbage, meulage...), nécessitent la mise en place d'un écran de protection.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Guide d'évaluation des risques. Prothésistes dentaires*. CARSAT Pays de la Loire, 2006.
- [2] *Les appareils de protection respiratoire, choix et utilisation*. INRS, ED 6106, 2014.
- [3] *Les appareils de protection respiratoire*. INRS, ED 98, 2011.
- [4] *Les équipements de protection individuelle de l'ouïe*, INRS, ED 868, 2009.
- [5] *Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France*. INRS, ED 984, 2012.
- [6] *Silice cristalline*. INRS, fiche toxicologique FT 232, 1997.
- [7] *Prévention de la silicose chez les prothésistes dentaires*. Archives des maladies professionnelles, 44, 6, 1983, pp. 430-434.
- [8] *Manifestations pulmonaires des prothésistes dentaires*. Revue des maladies respiratoires, 23, 2006.
- [9] *Les maladies professionnelles*. INRS, ED 835, 2012.
- [10] *Nickel et ses oxydes*. INRS, fiche toxicologique FT 68, 2009.
- [11] *Cobalt et composés minéraux*. INRS, fiche toxicologique FT 128, 2000.
- [12] *Allergies cutanées au nickel, au chrome et au cobalt chez les prothésistes dentaires*. Archives des maladies professionnelles, 45, 6, 1984, pp. 464-465.
- [13] *Béryllium et composés minéraux*. INRS, fiche toxicologique FT 92, INRS, 2006.
- [14] *Béryllium. Fabrication de prothèses dentaires*. INRS, Fiche d'aide à la substitution des cancérigènes FAS 21, 2008.
- [15] *Aldéhyde formique et solutions aqueuses*. INRS, fiche toxicologique FT 7, 2011.
- [16] *Méthacrylate de méthyle*. INRS, fiche toxicologique FT 62, INRS, 2008.
- [17] *Dermatites de contact professionnelles chez les personnels de la santé*. INRS, fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle TA 88, INRS, 2011.
- [18] *Dermatoses professionnelles aux résines polyacrylates et polyméthacrylates*. INRS, fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle TA 63, INRS, 2001.
- [19] *Prothésistes dentaires*. INRS, fiche d'aide au repérage de produit cancérigène FAR 24, INRS, 2011.
- [20] *Prothésistes dentaires. Aide au cahier des charges d'un nouveau laboratoire*. Carsat Centre-Ouest, 2012.
- [21] NF EN ISO 22674 – Art dentaire. Matériaux métalliques pour les restaurations fixes et amovibles et les appareillages, mars 2007.
- [22] *Principes généraux de ventilation*. INRS, ED 695, coll. Guide pratique de ventilation n° 0, 2013.
- [23] *L'assainissement de l'air des locaux de travail*. INRS, ED 657, coll. Guide pratique de ventilation n° 1, 2005.
- [24] *Captage et traitement des fluides de coupe*. INRS, ED 972, coll. Guide de ventilation n° 6, 2005.
- [25] *Le dossier d'installation de ventilation*. INRS, ED 6008, coll. Guide pratique de ventilation n° 10, 2014.

Dossiers techniques

Dossier technique 1	Le caisson aspirant	32
Dossier technique 2	Le box aspirant	33
Dossier technique 3	La cheville ventilée	34
Dossier technique 4	Le réseau à débit variable	35

Dossier technique 1

Le caisson aspirant

Contexte

Le laboratoire, qui compte neuf salariés, a emménagé dans un nouveau bâtiment dans lequel de nouveaux dispositifs de ventilation locale ont été installés.

Analyse du poste de travail

La préparation du revêtement s'effectuait, avant la construction de ce nouveau laboratoire, sans aspiration. Les prothésistes étaient ainsi exposés aux poussières de silice cristalline.

Solution mise en place

Les opérations de préparation du revêtement s'effectuent aujourd'hui, dans un local dédié, dans un caisson aspirant dans lequel la casse des cylindres (démoulage) peut également être effectuée.

Le captage à la source des poussières est assuré par un dosseret aspirant, placé face à l'opérateur. Une casquette et des joues latérales ajourées complètent ce caisson.

La mise en route de l'aspiration du caisson est asservie à la lumière (intégrée au caisson).

L'aspiration est assurée par un ventilateur intégré au caisson.

Le rejet de l'air filtré est canalisé vers l'extérieur.

Validation

Cet équipement a fait l'objet de mesures aérauliques lors de la réception de l'installation, afin de valider les performances requises. Les mesures ont révélé des vitesses d'air insuffisantes de l'ordre de 0,3 à 0,4 m/s au niveau de la surface d'ouverture, liées probablement à une canalisation, pour le rejet extérieur, trop longue.

Un prolongement des joues latérales et de la casquette a donc été effectué afin de confiner la zone d'émission des poussières et de favoriser la canalisation du flux d'air face au dosseret aspirant (*photos 1 et 2*).

Suite à ces modifications, le caisson aspirant présente des vitesses d'air de 0,5 à 0,6 m/s au niveau de la surface d'ouverture.



Photo 1. Le caisson aspirant avant modifications



Photo 2. Le caisson aspirant après modifications

Rejet extérieur

Prolongement de la casquette

Prolongement des joues latérales

Dossier technique 2

Le box aspirant

Contexte

Le laboratoire de six salariés, axé historiquement sur la fabrication de prothèses fixes, a agrandi son local en vue notamment d'élargir ses activités en élaborant également des prothèses métalliques amovibles.

Analyse du poste de travail

Les prothèses amovibles en alliage chrome-cobalt (stellite) sont réalisées par un salarié à un poste de travail spécifiquement dédié.

Les opérations de finition (grattage, meulage, ébarbage, polissage, etc.) sont effectuées sur l'établi. Elles représentent une part importante de la durée de travail du salarié.

Les prothèses amovibles, relativement plus grandes que les prothèses fixes, engendrent :

- des quantités significatives de poussières métalliques (chrome et cobalt),
- une forte amplitude angulaire de la source d'émission.

Les poussières ainsi émises à proximité des voies respiratoires de l'opérateur contribuent également à l'empoussièrisme général du laboratoire.

Une cheville ventilée classique seule ne permet pas d'assurer un captage efficace des poussières métalliques émises. Un dispositif de captage enveloppant a dû être mis en place.

Solution mise en place

Les opérations de finition des prothèses amovibles s'effectuent dans un box aspirant équipé d'une cheville ventilée (*photos 1, 2 et 3*).

Le captage à la source des poussières métalliques est assuré par un dispositif d'aspiration à la cheville, placé dans le sens principal d'éjection des poussières et au plus près de la source d'émission.

Le confinement des polluants non captés par la cheville est effectué par les parois du box et la mise en place de lanières souples disposées au niveau des ouvertures (passages des bras).

La mise en route de l'aspiration dans le box est asservie à la mise en route des outils portatifs (tels que le micro-moteur).

Le box est relié au réseau d'aspiration haute dépression centralisé.

Validation

Cet équipement a fait l'objet de mesures aérodynamiques lors de la réception de l'installation, afin de valider les performances requises :

- 1 à 1,5 m/s au niveau des surfaces de fuite des ouvertures (équipées de lanières souples),
- 2 m/s au niveau de la cheville, équipée de joues latérales.

Des prélèvements atmosphériques réalisés révèlent :

- une exposition du prothésiste inférieure au 1/20 des valeurs limites d'exposition professionnelle du chrome et du cobalt (prélèvement effectué au niveau des voies respiratoires du prothésiste),
- des concentrations en chrome et en cobalt inférieures à 0,5 µg/m³, à côté du box aspirant.



Photos 1, 2 et 3. Le box aspirant

Dossier technique 3

La cheville ventilée

Contexte

L'activité du laboratoire, qui compte quatre salariés, porte sur la réalisation de prothèses fixes. Transféré dans un local neuf de 90 m², ce laboratoire comporte une salle dédiée au travail à la cheville distribuant sur une salle conçue pour le travail de la céramique, une salle affectée à la manipulation du plâtre, une salle où est installé le four, un local technique, un bureau ainsi qu'un local pause et restauration, un vestiaire et des sanitaires.

Le local technique abrite les dispositifs d'aspiration, le compresseur et le stockage des matériaux.

Analyse du poste de travail

Le travail à la cheville (support solide de l'établi) représente environ 80 % de la durée de travail des salariés de ce laboratoire (*photos 1 et 2*).

Les opérations de finition (grattage, meulage, ébarbage, polissage, etc.), qui y sont réalisées manuellement à l'aide d'un micromoteur, génèrent des poussières à proximité des voies respiratoires de l'opérateur et contribuent à l'empoussièremement général du laboratoire.

Solution mise en place

Des chevilles ventilées raccordées à un dispositif d'aspiration centralisé rejetant l'air à l'extérieur après filtration ont été installées (*photos 3 et 4*).

Validation

Les résultats des mesures figurent dans le tableau I.

TABLEAU I

Dispositif d'aspiration	Condition de mesurage	Poste de travail	Vitesse d'air à 2 cm (m/s)	Vitesse d'air dans la grille (m/s)
Centrale (Réglée sur 20 à 40 l/s)	Aspiration sur les 4 postes simultanément	1	4,5	15
		2	3 à 5	14
		3	5	10
		4	4	13
	1, 2 ou 3 chevilles en simultané	-	-	15 à 19

© Carsat Centre-Ouest



Photo 1. Le poste de travail

© Carsat Centre-Ouest



Photo 2. Le travail à la cheville



© Carsat Centre-Ouest



© Carsat Centre-Ouest

Photos 3 et 4. Le dispositif d'aspiration centralisé rejetant l'air à l'extérieur après filtration

Dossier technique 4

Le réseau à débit variable

Contexte

Un laboratoire de fabrication de prothèses dentaires, comptant six salariés, a agrandi et rénové ses locaux afin de répondre à une augmentation d'activité. Ce laboratoire était initialement équipé de systèmes d'aspiration autonomes.

Analyse du poste de travail

Le nouveau laboratoire est constitué des postes de travail suivants :

- une douzaine de chevilles ventilées réparties dans trois salles : prothèses fixes, prothèses métalliques amovibles et prothèses céramiques (*photo 1*),
- une sableuse (*photo 2*),

- deux box aspirants,
- une polisseuse,
- une cloche aspirante pour la mise en revêtement.

Le niveau d'utilisation simultané de ces postes de travail est très variable.

Solution mise en place

Un réseau d'aspiration haute dépression centralisé à débit variable relie l'ensemble des systèmes de captage du laboratoire, à l'exception de la sorbonne dans laquelle sont disposés les fours.

Le groupe d'aspiration/filtration a été mis en place dans un local spécifique

et rejette l'air filtré à l'extérieur (*photo 3*).

La mise en marche de l'aspiration sur les postes de grattage (box et chevilles) est asservie au fonctionnement des outils portatifs.

La turbine d'aspiration est équipé d'un variateur de vitesse asservi au nombre de dispositifs de captage utilisés (*photo 4*).

L'air aspiré par les dispositifs de captage est filtré puis les poussières sont récoltées dans un bac. Ce bac est équipé d'un sac afin d'éviter les phases particulièrement exposantes de transvasement des poussières vers une poubelle (*photo 5*).



Photo 1. La cheville ventilée munie d'un écran intégré



Photo 2. La sableuse



Photo 3. Le groupe d'aspiration-filtration

La sorbonne dans laquelle sont disposés les fours est équipée d'un système d'aspiration basse pression propre avec rejet de l'air vicié à l'extérieur.

Les chevilles ventilées et le groupe d'aspiration sont équipés de silencieux afin de réduire l'émergence de bruit lié à la ventilation dans le laboratoire (*photo 6*).

Validation

Les performances aérauliques de l'ensemble des dispositifs de captage ont été vérifiées :

- poste de préparation des revêtements : de 0,5 à 1 m/s au niveau des surfaces d'ouverture,

- sableuse : environ 8 m/s au niveau des surfaces de fuite,

- polisseuse : les tests fumigènes ont montré une efficacité satisfaisante du système d'aspiration,

- chevilles ventilées : de 2 à 5 m/s selon la cheville,

- box de grattage aspirants :

- 2 m/s au niveau de la cheville équipée de joues latérales,

- 0,6 à 1 m/s au niveau des surfaces de fuite sur les ouvertures équipées de lanières souples.



Photo 6. Le silencieux de la cheville ventilée disposé sous l'établi



Photo 4. L'asservissement au dispositif de captage



Photo 5. Le bac de récupération des poussières

Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

Services Prévention des Carsat et Cram

Carsat ALSACE-MOSELLE

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

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 69 45 10 12
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat 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@
carsat-aquitaine.fr
www.carsat.aquitaine.fr

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,
43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
Espace Entreprises
Clermont République
63036 Clermont-Ferrand cedex 9
tél. 04 73 42 70 76
offredoc@carsat-auvergne.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE - FRANCHE-COMTE

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre,
70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
46, rue Elsa Triolet
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 33 13 92
fax 03 80 33 19 62
documentation.prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat 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@carsat-bretagne.fr
www.carsat-bretagne.fr

Carsat CENTRE-VAL DE LOIRE

(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@carsat-centre.fr
www.carsat-centre.fr

Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
37 avenue du président René-Coty
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 45 71 45
cirp@carsat-centreouest.fr
www.carsat-centreouest.fr

Cram 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
demande.de.doc.inrs@cramif.cnamts.fr
www.cramif.fr

Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

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

Carsat 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
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat 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
documentation.prevention@carsat-nordest.fr
www.carsat-nordest.fr

Carsat 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@carsat-nordpicardie.fr
www.carsat-nordpicardie.fr

Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 22
fax 02 35 03 60 76
prevention@carsat-normandie.fr
www.carsat-normandie.fr

Carsat 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. 02 51 72 84 08
fax 02 51 82 31 62
documentation.rp@carsat-pl.fr
www.carsat-pl.fr

Carsat 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 97 92
fax 04 72 91 98 55
preventionrp@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-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@carsat-sudest.fr
www.carsat-sudest.fr

Services Prévention des CGSS

CGSS GUADELOUPE

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

CGSS GUYANE

Direction des risques professionnels
CS 37015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01
prevention-rp@cgss-guyane.fr

CGSS LA RÉUNION

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

CGSS MARTINIQUE

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

COLLECTION DES GUIDES PRATIQUES DE VENTILATION

0. Principes généraux de ventilation	ED 695
1. L'assainissement de l'air des locaux de travail	ED 657
2. Cuves et baigns de traitement de surface	ED 651
3. Mise en œuvre manuelle des polyester stratifiés	ED 665
4. Postes de décochage en fonderie	ED 662
5. Ateliers d'encollage de petits objets (chaussures)	ED 672
6. Captage et traitement des aérosols de fluides de coupe	ED 972
7. Opérations de soudage à l'arc et de coupage	ED 668
8. Espaces confinés	ED 703
9.1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides	ED 839
9.2. Cabines d'application par projection de peintures en poudre	ED 928
9.3. Pulvérisation de produits liquides. Objets lourds ou encombrants	ED 906
10. Le dossier d'installation de ventilation	ED 6008
11. Sérigraphie	ED 6001
12. Seconde transformation du bois	ED 750
13. Fabrication des accumulateurs au plomb	ED 746
14. Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine	ED 768
15. Réparation des radiateurs automobiles	ED 752
16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires	ED 760
17. Emploi des matériaux pulvérulents	ED 767
18. Sorbonnes de laboratoire	ED 795
19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement	ED 820
20. Postes d'utilisation manuelle de solvants	ED 6049
21. Ateliers de plâtrerie	ED 6146
22. Laboratoires d'anatomie et de cytologie pathologiques	ED 6185



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

Édition INRS ED 760

4^e édition • décembre 2016 • 2 000 ex. • ISBN 2-7389-2274-8

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

www.inrs.fr

YouTube

