

*Le grenailage est un procédé très répandu dans l'industrie pour conférer un état de surface particulier à différents types de matériaux.*

*Ce procédé est à l'origine de différents risques susceptibles d'être graves pour les opérateurs : blessures dues aux projections d'abrasifs, atteintes auditives dues au bruit, pathologies provoquées par l'inhalation de poussières... Ces risques sont plus importants lors du grenailage au jet libre, où l'opérateur travaille à l'intérieur de la cabine de grenailage.*

*Après un rappel détaillé des différents risques encourus, cette fiche propose des pistes de prévention et les valeurs limites applicables pour certains des composés chimiques en présence.*



## Le grenailage

Le grenailage est un procédé industriel utilisé pour préparer, entretenir ou nettoyer les surfaces de différents matériaux par projection d'abrasifs. L'opération s'effectue en cabine entièrement close soit manuellement (un opérateur est situé à l'intérieur ou à l'extérieur), soit par un dispositif automatisé.

Il existe deux modes de projection d'abrasif : le grenailage par voie sèche et le grenailage par voie humide.

Les abrasifs peuvent être :

- de nature diverse (minérale, végétale, métallique...);
- de formes (rondes ou angulaires) et de dimensions variées, afin de répondre aux différentes applications.

Les applications du grenailage sont nombreuses dans le domaine du nettoyage et de la préparation de pièces métalliques.

On retrouve ce procédé entre autres :

- en fonderie, pour le dessablage et le nettoyage des pièces ;
- en sidérurgie, pour le décalaminage ;
- dans la construction métallique, pour la préparation de surface avant peinture ou métallisation ;
- en grenailage de précontrainte (ou « shot peening ») pour l'amélioration des propriétés mécaniques des métaux.

## LES RISQUES

Les risques sont importants pour l'opérateur et les personnes avoisinantes.

### Risques liés aux poussières

Le grenailage génère des poussières qui proviennent soit des surfaces métalliques traitées, soit du fractionnement de l'abrasif. Ces poussières peuvent être composées :

- de la calamine qui recouvre l'acier après laminage ;
- de produits de corrosion des métaux ;
- des peintures anciennes ;
- de la grenaille elle-même.

Elles peuvent pénétrer dans l'organisme, essentiellement par les voies respiratoire et digestive.

#### Pénétration par voie respiratoire

Les plus grosses particules inhalées se retrouvent au niveau des voies respiratoires supérieures et peuvent être éliminées par le réflexe de la toux. Cependant, une partie passe alors par la voie digestive.

Les particules les plus fines peuvent pénétrer jusqu'aux alvéoles pulmonaires et s'y accumuler, ce qui peut entraîner des pathologies respiratoires, même si ces poussières ne présentent pas de toxicité spécifique.

Certaines substances dangereuses pour la santé peuvent pénétrer dans l'organisme par l'intermédiaire des poumons et de la circulation sanguine.

#### Pénétration par voie digestive

Les poussières sont absorbées principalement par l'intermédiaire des mains sales, en mangeant, en buvant et en fumant. Elles peuvent par la suite contaminer l'organisme en fonction de leurs propriétés, notamment de leur solubilité dans le milieu acide de l'estomac.

#### Pénétration par contact cutané

Les contacts avec la grenaille abrasive sont à l'origine d'usures de la peau et de blessures, qui favorisent l'apparition d'allergies cutanées et la pénétration dans l'organisme de composés chimiques des poussières.

Parmi les poussières dangereuses, on peut notamment trouver :

■ la silice cristalline, qui peut engendrer une pneumoconiose particulièrement grave, la silicose, ainsi que des cancers pulmonaires dont le caractère professionnel peut être reconnu au titre du tableau de maladie professionnelle n° 25 du régime général de la Sécurité sociale. Ces poussières de silice peuvent provenir du fractionnement de l'abrasif ou de certaines pièces (notamment les pièces de fonderie coulées dans des moules en sable). La teneur limite en silice des produits de grenailage est fixée par le décret n° 69-558 du 6 juin 1969.

■ le plomb, notamment dans les poussières de certaines peintures.

Il est la cause du saturnisme, pouvant être

reconnu comme maladie professionnelle au titre du tableau n° 1 du régime général de la Sécurité sociale.

■ les poussières d'oxyde de fer, qui peuvent provoquer une fibrose pulmonaire irréversible appelée sidérose, pouvant être reconnue comme maladie professionnelle au titre du tableau n° 44 du régime général de la Sécurité sociale.

■ d'autres composés, bien que plus rarement rencontrés (chrome, nickel, cadmium...), possèdent une toxicité propre et peuvent aussi présenter des risques pour la santé de l'opérateur. Même considérées comme sans effets spécifiques, les poussières accumulées dans les poumons en quantité importante, peuvent provoquer des pathologies de surcharges pulmonaires.

### Risques d'explosion-incendie (formation d'atmosphères explosives)

Toutes les poussières combustibles peuvent entraîner des risques d'incendie ou d'explosion. C'est le cas des poussières végétales (noyaux de fruits...), synthétiques (peintures, caoutchouc...) et métalliques (aluminium, magnésium, titane...).

Ces poussières ont tendance à s'accumuler en certains points de l'installation. Une faible énergie suffit pour les enflammer, donnant lieu à un feu couvant. Elles peuvent aussi provoquer une explosion lorsqu'elles sont sous la forme de nuage dans l'air, par exemple au moment de la mise en route de la ventilation ou lors du décolmatage de filtres.

### Risques de blessures par projection

La projection d'abrasif expose l'opérateur à des lésions de la peau et des yeux, notamment en cas de défaut de fonctionnement du dispositif d'arrêt du grenailage.



Matériau abrasif utilisé pour le grenailage de pièces métalliques

### Risques liés à l'exposition au bruit

Le niveau sonore à l'intérieur d'une cabine de grenailage dépasse généralement 90 dB(A). L'exposition prolongée à de tels niveaux sonores entraîne à long terme une diminution des capacités auditives pouvant déboucher sur des surdités. Les atteintes auditives provoquées par le bruit peuvent être reconnues comme maladies professionnelles au titre du tableau n° 42 du régime général de la Sécurité sociale.

Les troubles de l'audition dus à l'exposition au bruit sur le lieu de travail sont une des maladies professionnelles les plus courantes.

### Risques de blessures dues à la manutention

La manutention de pièces lourdes, telles que les pièces destinées à être traitées, peut entraîner des problèmes dorsaux, répertoriés au tableau n° 98 des maladies professionnelles du régime général de la Sécurité sociale.



Une pièce sortant d'une cabine de grenailage

### Risques de chute

Il s'agit essentiellement de risques de chutes de plain-pied qui peuvent en particulier être dues à de la grenaille (ronde...) répandue au sol. Des chutes de hauteur lors de réglages ou de réparations en partie haute des installations sont également possibles.

### Risques liés à la maintenance des installations

Les personnels intervenant en maintenance sont exposés aux risques liés aux équipements et aux poussières et substances chimiques présentes. Leurs expositions peuvent souvent être plus importantes

que celles des opérateurs de production du fait qu'ils doivent intervenir au cœur des équipements (système de recyclage de la grenaille ou d'épuration de l'air par exemple).

## LES MOYENS DE PRÉVENTION

### L'organisation

Dans un premier temps, il convient d'évaluer les risques professionnels pour chaque poste de travail. Cette évaluation consiste à identifier et à hiérarchiser les risques auxquels sont soumis les salariés d'un établissement, en vue de mettre en place des actions de prévention pertinentes. Elle constitue l'étape initiale d'une organisation de la santé et de la sécurité dans l'entreprise.

Des actions préventives pourront ensuite être mises en œuvre, notamment au niveau de la formation des opérateurs sur les risques, les moyens de protection collective et, en dernier lieu, les équipements de protection individuelle.

Les opérateurs doivent notamment être informés des produits chimiques utilisés ou générés lors du grenailage, ainsi que de leur caractère dangereux. Ils doivent aussi être formés à l'utilisation des équipements de protection collective et individuelle mis à leur disposition.

Les risques liés à la maintenance des installations doivent être pris en compte aussi bien pour le personnel de l'entreprise que pour celui d'entreprises extérieures. La maintenance préventive permet d'éviter la survenue de pannes et les interventions en urgence, situations pour lesquelles les risques sont plus difficiles à maîtriser.

### La prévention collective

Les enceintes de grenailage doivent être adaptées à la dimension des pièces et assurer l'isolement du traitement. Ces cabines de projection doivent être équipées d'un système de ventilation (avec un taux de renouvellement de 100 à 180 vol./h) afin d'éliminer les poussières au fur et à mesure de leur production, d'assainir rapidement l'atmosphère après l'arrêt du grenailage et de garantir une visibilité suffisante.

À une extraction d'air empoussiéré doit correspondre une introduction d'air propre équivalente. Après dépoussiérage dans des systèmes appropriés (filtres à manches, à cartouches filtrantes ou cyclones), l'air pollué doit être rejeté à l'extérieur des locaux, y compris pour les cabines de petite taille où l'opérateur est à l'extérieur. Cette solution est préférable au recyclage (rejet de l'air épuré à l'intérieur des locaux) et évite de renvoyer une partie des poussières, notamment les plus fines, dans le local.

Pour des motifs d'économie d'énergie, le recyclage de l'air peut être toléré sous certaines conditions (dispositions de la circulaire du 9 mai 1985 et de la note technique du



Une cabine de grenailage

© Gaël Kerbaol (INRS, 2014)

5 novembre 1990 relative à l'aération et à l'assainissement des ambiances de travail). Les installations doivent être entretenues et nettoyées, leur fonctionnement ainsi que leur étanchéité doivent être vérifiés périodiquement.

Il est recommandé d'équiper les cabines de grenailage d'un hublot permettant de contrôler le travail au cours de sa réalisation. La porte doit être munie d'un dispositif « anti-panique » ainsi que d'un voyant de signalisation indiquant que la cabine est occupée.

Les cabines doivent être construites en matériaux incombustibles ou difficilement inflammables et munies d'un système de récupération des poussières et de déchets

dans le but de réduire le risque d'incendie et de formation d'atmosphères explosives. Pour plus d'information concernant la gestion de la cabine et sa ventilation, se référer au Guide pratique de ventilation *Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine* (INRS, ED 768).

Le respect des VLEP-8h<sup>(1)</sup> (voir tableau ci-dessous) protège l'opérateur des risques d'intoxication ainsi que du risque d'incendie-explosion, les limites inférieures d'explosivité pour les poussières combustibles étant largement supérieures.

1. VLEP-8h : Valeurs limites d'exposition professionnelle mesurées ou estimées sur une durée de 8 heures. Elles sont destinées à protéger les travailleurs des effets à terme.

#### VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE RÉGLEMENTAIRES ET CONCENTRATIONS LIMITES RÉGLEMENTAIRES SUR 8 HEURES POUR QUELQUES COMPOSÉS

Composés	VLEP-8h et concentrations limites réglementaires sur 8h
Poussières totales	7 mg/m <sup>3</sup> *
Poussières alvéolaires	3,5 mg/m <sup>3</sup> *
Quartz	0,1 mg/m <sup>3</sup> **
Cristobalite	0,05 mg/m <sup>3</sup> **
Tridymite	0,05 mg/m <sup>3</sup> **
Plomb et composés du plomb	0,1 mg/m <sup>3</sup> (en plomb métal)

\* valeurs passant à 4 et 0,9 mg/m<sup>3</sup> respectivement pour poussières totales et alvéolaires au 1<sup>er</sup> juillet 2023  
 \*\* en poussières alvéolaires

En présence de poussières alvéolaires contenant une ou plusieurs formes de silice cristalline et d'autres poussières non silicogènes, la condition suivante doit être respectée :  $Cns/5 + Cq/0,1 + Cc/0,05 + Ct/0,05 < 1$

Cns, Cq, Cc et Ct étant les concentrations respectives en poussières alvéolaires non silicogènes, quartz, cristobalite et tridymite en mg/m<sup>3</sup>.

D'autres mesures de prévention peuvent être prises pour lutter contre le risque d'incendie-explosion, notamment en ce qui concerne la ventilation des cabines de grenaillage. Il est recommandé de la renforcer lorsqu'on effectue des opérations de grenaillage donnant lieu à la formation de poussières combustibles.

Les concentrations importantes en poussières dans les systèmes d'épuration de l'air peuvent être à l'origine d'explosions.

## LA RÉGLEMENTATION

Décret n° 69-558 du 6 juin 1969 concernant les mesures de particulières de protection des travailleurs applicables aux travaux de décapage, de dépolissage ou de desablage au jet.

Arrêté du 30 juin 1997 modifié relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2575 : « Abrasives [emploi de matières] sur un matériau quelconque pour gravure, dépolissage, décapage, grainage ».

La mise en place d'un événement d'explosion sur le dépoussiéreur peut alors être envisagée en fonction de la taille de ce dernier.

Enfin, si un feu couvant se déclare, il faut manipuler l'extincteur avec précautions car le souffle de ce dernier pourrait entraîner la propagation du feu. Dans la mesure du possible, il est conseillé d'étouffer le feu à l'aide de sable ou d'une serpillière humide.

La lutte contre le bruit est aussi à prendre en compte. Les mesures à mettre en œuvre sont d'abord de réduire le bruit à la source en choisissant les équipements les moins bruyants puis d'encoffrer et d'isoler les installations les plus bruyantes.

## ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Dans le cas du grenaillage manuel (à jet libre), le Code du travail impose à l'opérateur, l'utilisation d'un équipement de protection individuel complet comprenant :

- une cagoule alimentée en air tempéré (165 l/min minimum soit 10 m<sup>3</sup>/h) ;
- des gants spéciaux ;
- des chaussures de sécurité (répondant aux critères de la norme NF EN ISO 20345) ;
- une combinaison en toile épaisse avec serrage au cou, aux poignets et aux chevilles.

Selon le type d'abrasif utilisé, un tablier de cuir peut s'avérer nécessaire. Cet équipement doit être étanche pour éviter les infiltrations de poussières. Il doit aussi être entretenu régulièrement, car il est exposé à une usure relativement rapide par la grenaille. Lorsqu'il est trop usé, le renouvellement s'impose. Pour éviter les risques de lésions dues à la grenaille, il est recommandé d'équiper la lance d'une poignée dite « homme mort », qui entraîne l'arrêt automatique de la projection en cas de relâchement.

Quand les mesures de protection collective contre le bruit ne permettent pas d'atteindre un niveau sonore satisfaisant, les protections individuelles s'imposent. Elles ont pour but de diminuer le niveau sonore de façon à l'abaisser à moins de 85 dB(A). Pour être efficaces, ces protections doivent être portées pendant toute la phase de grenaillage et dans les zones signalées à intensité sonore élevée.

## HYGIÈNE ET SUIVI INDIVIDUEL DE L'ÉTAT DE SANTÉ

Afin d'éviter toute contamination par la voie digestive, une bonne hygiène corporelle est indispensable. Il est recommandé de se laver les mains et le visage avant les repas et de se doucher avant de quitter le lieu de travail. Il est également important de ne pas manger, boire, fumer ou mâcher de la gomme pendant le travail.

Les locaux doivent être maintenus propres afin d'éviter les risques dus aux fuites de poussières ou de grenailles responsables de chutes et glissades (grenailles rondes roulant sous les pieds) ainsi que de risques pour les yeux.

L'employeur de salariés réalisant des travaux de grenaillage informe le service de prévention et de santé au travail de cette activité. L'exposition à des poussières contenant des substances dangereuses pour la santé comme la silice cristalline, le plomb ou le cadmium nécessite la mise en place d'un suivi individuel renforcé (SIR).



Système de projection d'abrasif, cagoule et combinaison de protection

Document INRS élaboré par Antoine Mercier, Bruno Courtois