



## Peintures en poudre

Composition, risques toxicologiques,  
mesures de prévention

## 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 CRAM-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 intéressants l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les CRAM. 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 le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

## Les Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et Caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les Caisses régionales d'assurance maladie 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 deux ans et d'une amende de 150 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

# Peintures en poudre

## Composition, risques toxicologiques, mesures de prévention

**C**ette brochure présente un inventaire détaillé des principaux constituants des peintures en poudre (liants, pigments, charges, additifs...). Les risques propres à chacun des composants sont ensuite exposés ainsi que les textes réglementaires correspondants. En dernier lieu sont présentées, les mesures de prévention technique à mettre en œuvre lors de la fabrication et de l'application de ces peintures, l'information à donner à l'utilisateur concernant les dangers de ces produits, la formation à dispenser au personnel et enfin, la surveillance médicale des travailleurs.

*Rodolphe Lebreton,  
Département risques chimiques  
et biologiques, INRS.*

*Document réalisé avec l'aide  
technique de Christine Kolczynski  
(Service Prévention - CRAM Nord Est)  
et de représentants délégués  
par la Fédération des industries  
des peintures, encres, couleurs, colles et  
adhésifs (FIPEC) :  
René Bigay et Bruno Delorme.*

La technologie de peinture par poudrage existe depuis de nombreuses années, mais elle a connu un fort développement au cours de ces dernières années, notamment dans un souci de limiter les rejets de solvants dans l'atmosphère (COV)<sup>(1)</sup>.

Ce procédé d'application est basé le plus souvent sur la projection électrostatique de poudre (à l'aide d'un pistolet triboélectrique ou électrostatique) sur un subjectile (pièce à revêtir) relié à la masse. Le durcissement (réticulation) de la peinture est réalisé par réaction chimique dans un four (cuisson) ou sous UV.

Les particules de poudre sont transportées par voie pneumatique d'un réservoir vers le pistolet où elles acquièrent une charge électrostatique par friction sur un matériau adéquat, ou au contact d'une électrode à décharge « corona », qui opère à un potentiel de 10 à 15 kV. Les particules chargées adhèrent au subjectile (parfois préalablement chauffé) mis à la masse. L'excédent de poudre est entraîné par aspiration et éventuellement recyclé. Les forces électrostatiques font adhérer les particules au subjectile jusqu'à l'étape de réticulation de la peinture.

L'application de poudre par procédé de trempage (immersion des pièces à revêtir dans un bain fluidisé) est aussi une technologie utilisée dans certains domaines.

Lors de la réticulation, le durcisseur réagira avec la résine afin de former un réseau polymère tridimensionnel insoluble (le film).

Les peintures en poudre sont majoritairement utilisées sur des subjectiles métalliques. Cependant, de nouvelles technologies permettent l'application sur des supports tels que le verre, le bois, les matières plastiques...

## 1. Définition - Principaux constituants

Une peinture (ou un vernis) est une préparation fluide (liquide, pâteuse ou pulvérulente) qui peut s'étaler en couche mince sur toutes sortes de matériaux (appelés subjectiles) pour former, après séchage ou réticulation (durcissement), un revêtement mince (film ou feuille) adhérent et résistant, jouant un rôle protecteur et/ou décoratif.

Les peintures en phase solvant ou en phase aqueuse contiennent des solvants

(1) COV : Composés Organiques Volatils.

TABLEAU I

PRINCIPAUX LIANTS UTILISÉS DANS LES PEINTURES EN POUDRE

TYPE	CONSTITUANTS	DURCISSEUR	PROPRIÉTÉS
■ Résines époxydiques	Systèmes à base de DGEBA (diglycidyléther du bisphénol A)	Produits aminés dérivés de la Dicyandiamide	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bonne adhérence et dureté de surface</li> <li>■ Bonne résistance aux produits chimiques et à la corrosion</li> <li>■ Mauvaise tenue extérieure (UV, T)</li> </ul>
■ Résines époxydiques - polyesters	Résine polyester carboxylée et résine époxydique type DGEBA	Sans	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bonne tenue extérieure (UV, T)</li> <li>■ Bon rendu de film</li> <li>■ Prix avantageux</li> <li>■ Résistance moyenne</li> <li>■ Utilisation facile et large</li> </ul>
■ Résines polyesters	Résine polyester carboxylée	Isocyanurate de triglycidyle (TGIC) Ou substituants : <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ester triglycidique de l'acide trimellitique + ester diglycidique de l'acide téréphtalique</li> <li>■ N,N,N',N'-tétra(béta-hydroxyéthyl)adipamide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Excellente tenue extérieure (UV, T)</li> <li>■ Résistance chimique limitée</li> <li>■ Excellentes propriétés mécaniques</li> </ul>
■ Résines polyuréthanes	Résine polyester hydroxylée	Prépolymères d'isocyanates : <ul style="list-style-type: none"> <li>■ de di-isocyanate d'isophorone (IPDI)</li> <li>■ de di-isocyanate de toluylène (TDI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Très bonne tenue extérieure (UV, T)</li> <li>■ Très bonne tension</li> <li>■ Difficultés à obtenir certains effets.</li> </ul>
■ Résines acryliques	Résine acrylique hydroxylée ou aminée	Prépolymères d'isocyanates : <ul style="list-style-type: none"> <li>■ de di-isocyanate d'isophorone (IPDI)</li> <li>■ de di-isocyanate de toluylène (TDI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Performances mécaniques faibles</li> <li>■ Coût élevé</li> <li>■ Excellente tenue extérieure (UV, T)</li> <li>■ Bonne dureté de surface</li> </ul>

organiques, ou un mélange d'eau et de solvants pour la mise en solution (ou en dispersion) des liants qui les constituent.

Les peintures en poudre (appelées aussi poudres de revêtement) ne contiennent pas de solvant, mais des sites actifs qui vont permettre leur durcissement par réticulation lors de la cuisson qui suit leur application. Elles ont pour caractéristique d'avoir 100 % d'extrait sec.

### 1.1 Généralités

Les peintures en poudre sont fabriquées de la manière suivante : après pré-

mélange des constituants (liants, additifs, charges et pigments), une extrusion à chaud conduit à une pâte homogène et colorée. Celle-ci est transformée en un film qui est réduit en écailles, avant d'être broyé à la granulométrie souhaitée (de 5 à 100 µm). Les poudres sont alors prêtes à utilisation.

#### 1.1.1 Avantages

La peinture par poudrage est une technologie facile à mettre en œuvre, autorisant dans certains cas un recyclage des excédents utilisés, utilisant des produits ayant des durées de vie et de stockage

assez longues. Cette technologie peut permettre d'obtenir, en une seule couche, une épaisseur de film de 30 à 500  $\mu\text{m}$ . Les films obtenus ont d'excellentes performances (tenue, résistances mécaniques et chimiques...). Ces dernières années, des poudres à effets spéciaux (métallisé, givré, grainé, texturé...) se sont même développées.

Le principal avantage des peintures en poudre réside dans le fait qu'elles ne contiennent pas de solvant. En conséquence, ce procédé de peinture ne dégage pas de composés organiques volatils.

L'utilisation de ce type de peintures conduit à un rapport coûts / bénéfices intéressant.

### 1.1.2 Inconvénients

L'application des peintures en poudre ne peut se faire avec des moyens traditionnels : un investissement en matériel spécifique est nécessaire.

De plus, ce type d'application de peinture n'est pas adapté à toutes les formes et les configurations d'objets.

Il est difficile d'obtenir des films minces (inférieurs à 30  $\mu\text{m}$ ) et les changements de teintes sont parfois délicats (et peuvent constituer des opérations particulièrement polluantes).

## 1.2. Constituants

Les peintures en poudre, comme toutes les peintures, sont constituées de quatre éléments principaux :

- un liant (résine, durcisseur),
- des pigments,
- des charges,
- des additifs.

### 1.2.1 Le liant

Le liant, composé d'un couple résine-durcisseur ou résine-résine, est le composé principal de la peinture. Il assure le lien entre tous les composants, ainsi que l'adhérence de la peinture au support. Il est également responsable de la résistance aux contraintes mécaniques et chimiques, ainsi que de la tenue au vieillissement.

C'est une macromolécule organique synthétique. Cinq familles de résines existent pour ce type de peintures :

- les résines époxydiques,
- les résines époxydiques-polyesters,
- les résines polyesters,
- les résines polyuréthanes,
- les résines acryliques.

TABLEAU II

LES DIFFÉRENTS PIGMENTS MINÉRAUX

Nom	FORMULE	N° CAS
<b>■ Blanc</b>		
Oxyde de titane	(TiO <sub>2</sub> )	13463-67-7
Lithopone	(BaSO <sub>4</sub> , ZnS)	1345-05-7
Oxyde de zinc	(ZnO)	1314-13-2
<b>■ Bleu</b>		
Bleu outremer	(silicate Al et Na polysulfuré)	57455-37-5
Ferrocyanure ferrique (ou Bleu de Prusse)	(FeNH <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> )	14038-43-8
Bleu de cobalt	(CoO) <sub>m</sub> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	1345-16-0
<b>■ Vert</b>		
Oxyde de chrome	(Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1308-38-9
Oxyde de chrome hydraté	(CrO(OH))	12001-99-9
Vert de chrome	(jaune de chrome + ferrocyanure ferrique)	/
<b>■ Jaune</b>		
Jaune bismuth / vanadate	BiOV	53801-77-7
Jaune titanate chrome/antimoine	(Ti,Cr,Sb) <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	68186-90-3
Jaune titanate nickel/antimoine	(Ti,Ni,Sb) <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	8007-18-9
Oxyde de fer	(FeO(OH))	51274-00-1
Jaune de zinc	(4ZnO, 4CrO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, 3H <sub>2</sub> O)	/
Jaune de chrome (chromate et sulfate de plomb)	(xPbCrO <sub>4</sub> + yPbSO <sub>4</sub> )	1344-37-2
Chromate de plomb	PbCrO <sub>4</sub>	7758-97-6
Jaune de cadmium	(CdS + ZnS)	/
<b>■ Orangé</b>		
Orangé de chrome	(xPbCrO <sub>4</sub> , yPbO)	1344-38-3
Orangé de molybdène (rouge de chromate, molybdate et sulfate de plomb)	Pb(Cr,Mo,S) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	12656-85-8
<b>■ Rouge</b>		
Oxyde de fer	( $\alpha$ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1309-37-1
Rouge de molybdène (rouge de chromate, molybdate et sulfate de plomb)	Pb(Cr,Mo,S) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	12656-85-8
Rouge de cadmium	(CdS, CdSe)	58339-34-7
<b>■ Brun</b>		
Oxyde de fer	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO.Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>2</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	52357-70-7
<b>■ Noir</b>		
Oxyde de fer	(Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	1317-61-9

Les propriétés et compositions principales de ces résines sont décrites dans le [tableau I](#).

### 1.2.2 Les pigments

Ils sont responsables de l'opacité et de la couleur de la peinture. Ce sont des solides pulvérulents, de granulométrie très fine (généralement < 1  $\mu\text{m}$ ), minéraux ou organiques, insolubles dans le

milieu de dispersion. Les pigments généralement utilisés sont quasiment toujours les mêmes, quel que soit le type de peinture.

#### Pigments minéraux

Habituellement regroupés par couleur, les pigments minéraux sont classés par importance d'utilisation décroissante dans le [tableau II](#).

Les formulations des peintures en

poudre ont beaucoup évoluées ces dernières années, notamment au niveau des pigments minéraux. L'élimination des composés à base de plomb ou de cadmium a été réalisée par de nombreuses entreprises.

### Pigments organiques

Il existe plusieurs centaines de formules chimiques différentes pour les pigments organiques (regroupées sous plusieurs milliers de marques commerciales).

On peut cependant donner une liste des composés les plus utilisés en peinture :

- les dérivés de phtalocyanine : bleu et vert ;
- les dérivés azoïques (dérivés de benzidine, toluidine, dinitraniline), leurs couleurs varient du jaune au rouge ;
- les pigments isoindoline ou isoindolinone, à nuance jaune ;
- les pigments à base de di-keto-pyrrolopyrrole, à teintes orange, rouge ;
- les dérivés d'antraquinone, de pérylène ou de thioindigo : ils peuvent être jaunes, orangés, rouges, violets, bleus ou marrons ;
- les pigments de quinacridone : violet, rouge ;
- les pigments de dioxazine : violet, rouge ;
- le noir de carbone.

### Pigments à effets spéciaux

Il existe des pigments à effets spéciaux, combinaison d'éléments minéraux et organiques, permettant de réaliser des peintures présentant des aspects particuliers : martelé, métallisé, bronze, moiré...

Ils sont ajoutés (2 à 3 %) après formulation de la base de la peinture, après broyage.

On peut citer :

- le pigment d'aluminium pelliculant,
- le pigment d'aluminium non pelliculant,
- les pigments micas,
- les pigments de cuivre et d'alliages de cuivre.

Ces peintures particulières présentent certaines contraintes à l'application et nécessitent des précautions d'emploi spécifiques.

De plus, elles sont plus difficiles à recycler que les peintures en poudre standards, et donc possèdent un coût global plus élevé.

Le zinc, sous sa forme métallique, peut être utilisé en tant que pigment fonctionnel : il permet d'élaborer des peintures en poudre utilisées en tant que primaire anticorrosion.

### 1.2.3 Les charges

Les charges sont des matières solides minérales et pulvérulentes dont le rôle est notamment d'abaisser le prix de revient de la formulation, tout en aidant à régler l'aspect du produit final. De plus, elles améliorent certaines propriétés rhéologiques ou physiques telles que la dureté du film, son imperméabilité ou sa résistance à la corrosion.

Ces poudres, à granulométrie supérieure à 1  $\mu\text{m}$ , ne présentent pas ou peu de pouvoir opacifiant, et peu de pouvoir colorant.

Les principales classes de charges sont référencées dans le *tableau III*. Elles peuvent être utilisées par tous les types de peinture.

### 1.2.4 Les additifs et les adjuvants

Des additifs sont ajoutés aux formulations : il peut s'agir d'adjuvants qui confèrent certaines propriétés spécifiques à la poudre ou au film de peinture : le tendu de surface, le matage, le dégazage, l'aptitude à la fluidité...

Il s'agit notamment :

- d'agents de tension : des polyacrylates, le polybutyral vinylique...,
- d'agents de matage et accélérateur : des cires polyéthylènes, le pyromellitate de mono(di) phénylimidazole...,

- d'agents de dégazage : la benzoïne...,
- d'additifs à effets spéciaux :
  - texturé (acétobutyrate de cellulose, butyral polyvinylique...),
  - grainé ou givré (polytétrafluoroéthylène, argile montmorillonite...),
  - vermiculé (tétraméthoxyméthylglycoluril...),
  - martelé (effet texturé + pigment d'aluminium...)

On les trouve en concentration inférieure à 5 %.

## 1.3 Formulation et fabrication

Les peintures en poudre sont fabriquées de la manière suivante :

Un pré-mélange est dans un premier temps réalisé par pesée précise de tous les constituants.

Ce mélange est alors malaxé dans une ligne d'extrusion travaillant à des températures proches de 100 °C. La dispersion est alors optimum.

En sortie d'extrudeuse, le produit est laminé et refroidi. Le film obtenu est concassé en écailles.

Les écailles obtenues sont broyées en poudre dont la granulométrie est de répartition gaussienne. Le taux de fines (particules < 10  $\mu\text{m}$ ) présent à ce stade de la fabrication est en général de l'ordre de

TABLEAU III

PRINCIPALES CLASSES DE CHARGES

NOM	FORMULE	N° CAS
<b>■ Sulfates</b>		
Barytine (dénommée à tort baryte)	(BaSO <sub>4</sub> naturel)	13462-86-7
Blanc fixe	(BaSO <sub>4</sub> , blanc fixe)	7727-43-7
<b>■ Carbonates</b>		
Carbonate de calcium	(CaCO <sub>3</sub> )	471-34-1
Dolomie	(CaCO <sub>3</sub> , MgCO <sub>3</sub> )	50933-69-2
<b>■ Oxydes</b>		
Silices (SiO <sub>2</sub> )		
Quartz		14808-60-7
Silice amorphe		7631-86-9
Diatomées		112945-52-5
<b>■ Silicates</b>		
Kaolin	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2SiO <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O)	1332-58-7
Talc	(3MgO, 4SiO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O)	14807-96-6
Mica	(K <sub>2</sub> O, 3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 6SiO <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O)	12001-26-2
Bentonite	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 4SiO <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O)	1302-78-9
Silicate de calcium	(CaO, SiO <sub>2</sub> )	1344-95-2

10 à 15 %. Le diamètre moyen des particules se situe autour de 35 µm.

Le *tableau IV* indique la composition type d'une peinture en poudre.

Dans le cas des peintures à effets spéciaux, l'additif responsable de l'effet est ajouté après broyage de la base (étape supplémentaire).

Trois types de formulations et de teintes utilisées dans différents domaines sont présentés dans les *tableaux Va, Vb et Vc*.

TABLEAU IV

#### COMPOSITION TYPE D'UNE PEINTURE EN POUDRE

Résine / durcisseur	50 - 100 %	[≈ 60]
Additifs	0,5 - 5 %	[≈ 3]
Pigments	0 - 35 %	[≈ 20]
Charges	0 - 20 %	[≈ 15]

TABLEAU Va

#### TYPE DE FORMULATION UTILISÉE DANS L'ÉLECTROMÉNAGER (TEINTE BLANCHE)

Résines époxydiques / polyesters	60 - 65 %
Agent de tension + benzoïne + cires de surface	1 - 2 %
Pigment : dioxyde de titane	30 - 35 %
Charge : carbonate de calcium	5 - 8 %

TABLEAU Vb

#### TYPE DE FORMULATION UTILISÉE DANS LE BÂTIMENT (TEINTE GRISÉ)

Résines polyesters / substitut du TGIC	65 - 75 %
Agent de tension + benzoïne + cires de surface	1 - 2 %
Pigments : dioxyde de titane noir de carbone	5 - 15 % 0,5 - 1,0 %
Charge : sulfate de baryum	10 - 20 %

TABLEAU Vc

#### TYPE DE FORMULATION UTILISÉE DANS LE DOMAINE DES PIÈCES FONCTIONNELLES (TEINTE BLEUE)

Résines époxydiques / durcisseur dérivé de la dicyandiamide	65 - 70 %
Agent de tension + benzoïne + cires de surface	1 - 2 %
Pigments : dioxyde de titane jaune d'oxyde de fer bleu outremer	1 - 2 % 0,2 - 0,8 % 3 - 5 %
Charge : sulfate de baryum	20 - 30 %

## 1.4 Production et utilisation<sup>(2)</sup>

Le marché des peintures en poudre fut très prometteur durant de très nombreuses années. Depuis peu, il subit un fort ralentissement conduisant aujourd'hui à une stagnation.

En 2002, la production de peintures en poudre était, en France, de 35 000 tonnes environ, 85 % de cette production étant utilisée sur le territoire national.

Le type de poudre utilisé dans certaines applications est décrit dans le *tableau VI*.

Cette variété d'applications possibles permet de classer l'utilisation des peintures en poudre dans quatre grands domaines :

- l'automobile (marché en progression et en développement) : 3 à 5 % ;
- l'industrie générale : électroménager, mobilier de bureau, machines agricoles, tuyaux, canalisations... 75 à 77 % ;
- le bâtiment (profilés en aluminium) : 15 % ;
- les marchés divers (transport, coil coating<sup>(3)</sup>) : 5 %.

TABLEAU VI

#### APPLICATIONS POSSIBLES SELON LE TYPE DE PEINTURE EN POUDRE UTILISÉE

■ Poudres époxydiques (1 - 5 %)
Pièces fonctionnelles (vannes, tuyaux, ronds à béton...)
Isolation électrique
Citernes enterrées
Automobile (pièces cachées)
■ Poudres époxydiques et polyesters (env. 76 %)
Racks industriels
Électroménager
Chauffage (radiateurs, convecteurs...)
Mobilier de bureau
Application à façon
■ Poudres polyesters (env. 15 %)
Poudres architecturales (bâtiment)
Grillages, cloisons, portails
Machinerie agricole
Cycle
Application à façon
■ Poudres polyuréthanes (< 5 %)
Pièces automobiles spécifiques
■ Poudres acryliques (< 5 %)
Automobile

(2) Source : *Les cahiers de la poudre ; revue Surfaces n° 323, 2003.*

(3) Coil-coating : *pré-laquage en continu.*

## 2. Risques

### 2.1 Généralités

Du fait de l'absence de solvant, les risques apparaissant lors de la fabrication et l'utilisation des peintures en poudre sont différents de ceux observés dans le cas de peintures en phase solvant ou en phase aqueuse.

D'un point de vue toxicologique, les risques dus aux pigments, liants, charges et additifs sont les mêmes quels que soient les types de peintures. Ceux liés aux solvants sont, bien sûr, inexistant.

De même, le risque d'incendie se trouve fortement réduit par l'absence de ces substances particulièrement inflammables que sont les solvants. Il n'est cependant pas inexistant. Un risque d'explosion est notamment présent lors de toute formation d'un nuage de particules combustibles.

L'analyse et l'évaluation des risques (obligatoire selon l'article L. 230-2 du Code du travail) présentés par la fabrication et l'utilisation des peintures en poudre est résumée dans le *tableau VII page suivante*.

### 2.2 Risques toxicologiques

Les risques toxicologiques des peintures en poudre sont liés à deux principales voies d'exposition : l'inhalation et le contact cutané. Le risque d'ingestion lié à l'absorption de poudre (déposée sur la peau du visage, des mains...) peut être facilement minimisé par une hygiène correcte :

- se laver les mains après chaque utilisation ;
- ne pas fumer ;
- ne pas manger ;
- ne pas boire sur les lieux de travail...

Les phases entraînant une exposition potentiellement élevée sont la fabrication (mélange de produits concentrés), l'application (pulvérisation) et les travaux de finition (ponçage, perçage).

L'exposition aux composants des peintures est essentiellement une exposition par voie respiratoire. Selon leur taille, les particules peuvent se déposer dans différentes zones des voies respiratoires :

- la fraction thoracique (diamètre aérodynamique moyen inférieur à 30 µm) se dépose au-delà du larynx ;
- la fraction alvéolaire (diamètre aérodynamique moyen inférieur à 4 µm) peut se déposer dans les zones alvéolaires. C'est la fraction qui peut être responsable du passage dans la circulation sanguine de certaines substances chimiques des consti-

tuants des particules. La probabilité de dépôt dans l'alvéole est maximale pour les particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 3 µm.

L'inhalation de particules peut être à l'origine de surcharge pulmonaire (aspécifique) mais également de pathologies respiratoires plus spécifiques, liées à la nocivité intrinsèque de certaines particules (potentiel irritatif, allergisant, fibrosant...).

Certains produits peuvent, de plus, provoquer des effets à distance de la porte d'entrée (toxicité systémique).

Le contact cutané provient de la manipulation et de la mise en œuvre des poudres. Un dépôt peut être également observé sur des parties de la peau non protégées lors de l'application.

### 2.2.1 Les liants (résine, durcisseur)

La majorité des résines ne possède pas de propriétés toxicologiques très sévères.

Certaines d'entre elles peuvent néanmoins être à l'origine de réactions irritatives et/ou allergiques de la peau et des muqueuses oculaires et/ou respiratoires.

**Note :** L'étiquetage prend en compte, lorsqu'il existe, les risques toxicologiques dus aux substances dangereuses. Néanmoins, certaines poudres non étiquetées peuvent présenter des dangers lors de l'utilisation (problème des seuils fixés pour l'étiquetage et de la connaissance des données toxicologiques). Quoi qu'il en soit, il conviendra de toujours préférer le produit le moins dangereux possible, conformément aux principes généraux de prévention. **Dans le cas des produits cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction de catégories 1 ou 2, la recherche de produits de substitution non dangereux, ou moins dangereux, est obligatoire conformément au Code du travail (art. R. 231-56-2).**

### Les poudres à base de résines époxydiques ou les poudres mixtes époxydiques et polyesters

Elles sont susceptibles de provoquer des dermatites eczématiformes qui figurent au tableau n° 51 des maladies professionnelles du régime général.

### Les poudres à base de résines polyesters

Elles utilisaient très largement l'isocyanurate de triglycidyle (ou TGIC, CAS n° 2451-62-9) en tant que durcisseur (agent de réticulation).

Cette substance qui présente trois fonctions époxydiques réactives a été classée par la Communauté Européenne de la manière suivante :

- Mutagène Catégorie 2 ; R. 46 « Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires » ;
- Toxique ; T, R. 23/25 « Toxique par inhalation et par ingestion » ;
- Nocif ; Xn, R. 48/22 « Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion » ;

TABLEAU VII

## ÉVALUATION DES RISQUES PRÉSENTÉS PAR LA FABRICATION ET L'UTILISATION DES PEINTURES EN POUDRE.

NATURE DES OPÉRATIONS	ORIGINE DES RISQUES	NATURE DES RISQUES(*)	ÉVALUATION DU RISQUE(**)
<b>■ Fabrication</b>			
1. Pesée et chargement des constituants : pigments + charges + liant + additifs.	• Poussières de pigments, charges et additifs	SP et /ou Pp, Tinh, Tcut	E
	• Liants	SP, Tinh, Tcut, I	E
	• Electricité statique	Ex	M
2. Mélange	• Électricité statique	Ex	E
3. Dispersion à chaud – Concassage	• Électricité statique • Risque thermique	I F	M
4. Micronisation / Broyage	• Poussières, Particules • Electricité statique	SP, Tinh, Tcut, Ex, (Pp ?)(***)	E
		Ex	E
5. Nettoyage du matériel opération de maintenance	• Poussières	SP, Tinh, Tcut, Pp, Ex	E
<b>■ Application</b>			
1. Stockage, transport	• Fuite (mauvais bouchage, emballage détérioré)	Tcut	F
2. Transvasement préparation	• Particules (nuage)	SP, Tinh, Tcut, Ex, (Pp ?)(***)	E
3. Application par pulvérisation	• Particules (nuage)	SP, Tinh, Tcut, Ex, (Pp ?)(***)	E
4. Nettoyage du matériel (cabine, réservoir...)	• Particules (nuage)	SP, Tinh, Tcut, Ex, (Pp ?)(***)	E
5. Séchage - au four	• Produits de dégradation des liants • Risque thermique	Tinh, I	M
			M
	- sous UV	• Exposition à l'ozone	Tinh

(\*) SP = surcharge pulmonaire, Pp = pathologie pulmonaire spécifique, Tinh = toxicité par inhalation, Tcut = toxicité cutanée, I = incendie.

(\*\*) N = nul, F = faible, M = moyen, E = élevé.

(\*\*\*) Possibilité de pathologie pulmonaire spécifique non démontrée.



- Irritant, Xi ; R. 41 « Risque de lésions oculaires graves » ;
- Sensibilisant, R. 43 « Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau » ;
- Dangereux pour l'environnement, R. 52-53 « Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique ».

Il est à noter que toute peinture contenant plus de 0,1 % de TGIC doit être classée en tant que mutagène de catégorie 2.

De plus, cette substance est également susceptible de provoquer des dermatites eczématiformes ou des rhinites et asthmes professionnels (tableau n° 66 des maladies professionnelles du régime général).

Un certain nombre de peintures en poudre ont vu leur formulation modifiée, le TGIC (isocyanurate de triglycidyle) étant substitué par des composés nouveaux, non classés actuellement au niveau européen, et présentant la même plurifon-

ctionnalité époxydique. À l'heure actuelle, on ne dispose que de très peu de données toxicologiques sur ces substituants (composés d'utilisation récente). Des investigations complémentaires sont nécessaires afin d'évaluer totalement ces produits (ester triglycidique de l'acide trimellitique + ester diglycidique de l'acide téréphtalique, CAS n° 7237-83-4 + CAS n° 7195-44-0 ; ou N,N,N',N'-tétra(béta-hydroxyéthyl)adipamide, CAS n° 6334-25-4).

### Les poudres à base de résines polyuréthanes ou acryliques

Pour cette catégorie de poudres, les durcisseurs utilisés sont des pré-polymères d'isocyanates (IPDI, TDI...). Ce type de substance est répertorié comme pouvant provoquer des troubles respiratoires et cutanés. Très fréquemment, les isocyanates organiques sont classés en tant que sensibilisants et irritants. Les affections professionnelles provoquées par les iso-

cyanates organiques sont répertoriées dans le tableau n° 62 des maladies professionnelles du régime général.

### 2.2.2 Les pigments et charges

Le risque est principalement présent lors de la fabrication ou lors des travaux de finition (ponçage, perçage...). Les pigments et charges sont susceptibles de pouvoir provoquer des surcharges pulmonaires (pneumoconiose de surcharge), dont la survenue est liée à l'inhalation des poussières et dépend de la granulométrie de celles-ci (risque particulièrement important si le diamètre aérodynamique médian est inférieur à 10 µm). D'autres effets peuvent résulter de l'absorption de ces composants par l'organisme.

■ ■ Certains pigments minéraux sont responsables de pathologies particulières

TABLEAU VIII

### VALEURS LIMITES D'EXPOSITION, TABLEAUX DE MALADIES PROFESSIONNELLES ET FICHES TOXICOLOGIQUES DE DIVERS COMPOSANTS DES PEINTURES EN POUDRE [3-4]

NOM	VME <sup>(*)</sup>		VLE <sup>(**)</sup>		TLV-TWA <sup>(***)</sup> (ACGIH) ppm / mg/m <sup>3</sup>	TMP N°	FICHE Tox. N°
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>			
Résine époxy						51	
TGIC					0,05 mg/m <sup>3</sup>	66	237
IPDI	0,01	0,09	0,02	0,18		62	166
TDI	0,01	0,08	0,02	0,16	0,005 ppm	62	46
Chromates						10, 10 bis, 10 ter	180
Composés du plomb		0,10			0,05 mg/m <sup>3</sup>	1	59
Composés du cadmium		0,05			0,01 mg/m <sup>3</sup> 0,002 mg/m <sup>3</sup> ♦	61	60
Composés du cobalt					0,02 mg/m <sup>3</sup>	65, 70	128
Aluminium		10			10 mg/m <sup>3</sup>		
Aluminium (pulvérulent) ♦		5			10 mg/m <sup>3</sup>		
Amines aromatiques, sels... (colorants)						15, 15 bis, 15 ter	
Oxyde de fer					5 mg/m <sup>3</sup>	44	
Silice		0,1☆			0,05 mg/m <sup>3</sup> ♦	25	232
Talc					2 mg/m <sup>3</sup> ♦	25	232
Kaolin		10			2 mg/m <sup>3</sup>	25	
Carbonate de calcium		10			10 mg/m <sup>3</sup>		
Dioxyde de titane		10			10 mg/m <sup>3</sup>		
Baryum composés solubles		0,5			10 mg/m <sup>3</sup>		125
Oxyde de zinc		10			2 mg/m <sup>3</sup> ♦		75
Poussières		10			10		
Poussières alvéolaires		5			3		

☆ : Quartz

♦ : Fraction alvéolaire

(\*) VME : valeur limite de moyenne d'exposition : mesurée sur la durée d'un poste de travail de 8 h (effets à long terme).

(\*\*) VLE : valeur limite d'exposition : mesurée sur une durée maximale de 15 min. (effets à court terme).

(\*\*\*) TLV : threshold level value - TWA : time weighted average : valeur limite de moyenne d'exposition

dues à la présence de divers éléments métalliques [1-2] :

- les chromates peuvent induire des irritations cutanées et muqueuses, des allergies cutanées ou respiratoires (asthmes, dyspnées asthmatiformes). Il faut rappeler que les dérivés hexavalents du chrome peuvent provoquer des cancers broncho-pulmonaires, qui sont reconnus comme maladies professionnelles dans certaines conditions d'exposition (fabrication, manipulation et conditionnement de l'acide chromique, des chromates et bichromates alcalins, fabrication du chromate de zinc ; TMP<sup>(4)</sup> 10, 10 bis, 10 ter) ;

- le plomb et les dérivés plombifères peuvent être responsables d'une grave affection touchant de nombreux organes (foie, reins, système nerveux...) : le saturnisme. Sa survenue résulte de l'accumulation progressive de faibles doses de plomb dans l'organisme. Ces composés sont également toxiques pour la reproduction avérés (développement et fertilité) ; TMP 1 ;

- les composés du cadmium provoquent également une atteinte organique, avec des effets aigus ou chroniques. Les effets concernent les poumons, le tube digestif, les reins et les os (effet cancérigène avéré pour l'homme dans la classification du CIRC<sup>(5)</sup>) ; TMP 61 ;

- les composés du cobalt sont principalement sensibilisants pour la peau et les voies respiratoires (eczéma et asthme). Ils sont par ailleurs classés comme agents pouvant être cancérigènes pour l'homme dans la classification du CIRC ; TMP 65, 70.

■ Certains pigments organiques sont responsables d'irritations et de sensibilisations cutanées et respiratoires. C'est le cas surtout pour les dérivés azoïques. De plus, certaines amines aromatiques (dérivés de la benzidine, de l'ortho-dianisidine et de l'ortho-toluidine notamment) peuvent provoquer des tumeurs de la vessie ; TMP 15, 15bis, 15ter.

■ Certaines charges (silice cristalline, talc, kaolin), utilisées comme agents de matité ou de thixotropie, peuvent induire des pathologies spécifiques ; TMP 25 ; la silice cristalline peut notamment entraîner des cancers broncho-pulmonaires reconnus en tant que maladies professionnelles.

### 2.2.3 Les additifs et adjuvants

Les additifs et adjuvants sont introduits à des faibles concentrations (générale-

ment moins de 5 %) au sein des peintures et vernis. Les risques toxicologiques qu'ils présentent sont donc en général réduits, sauf dans certains cas très particuliers comme lors de la fabrication. En effet, la manipulation de produits purs entraîne des risques qu'il est important de prendre en compte.

## 2.3 Risques d'incendie et d'explosion

Lorsque des poussières combustibles forment un « nuage » relativement homogène, une source d'ignition peut, lorsque certaines conditions se trouvent réunies, provoquer leur explosion. Un tel risque peut se matérialiser si un nuage de poudre, engendré par les équipements de projection ou par la mise en suspension des dépôts de poudre, est enflammé. Ceci est possible même avec une énergie faible (de 20 à 50 mJ), si la concentration de poudre dans l'air se trouve dans le domaine d'explosivité (entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE)).

Il existe de nombreuses causes possibles d'inflammation accidentelle de la poudre :

- une décharge d'électricité statique accumulée sur l'appareillage par les opérations de pesée, de dispersion et de broyage/concassage des constituants de la peinture (opérations génératrices de nuages de poussières et où d'importantes forces de frictions sont mises en œuvre) ;
- une étincelle entre les électrodes du pistolet et les éléments de l'équipement mis à la terre (par exemple les parois de la cabine) ;
- une étincelle entre les électrodes et le subjectile ;
- une étincelle de décharge provoquée par des charges électrostatiques induites par friction ou par influence (des raccords en PVC peuvent notamment accumuler des charges électrostatiques et par décharge conduire à une inflammation) ;
- la proximité de surfaces chaudes (parois du four, subjectile préchauffé...) ;
- la proximité de sources d'ignition (brûleurs du four, radiants...).

La LIE d'une poussière donnée dépend de plusieurs paramètres (composition, granulométrie...). Elle est, pour la plupart des peintures en poudre commercialisées, de l'ordre de 20 à 70 g/m<sup>3</sup>. Quand il n'y a pas de valeur sûre de la LIE, une concentration moyenne de 10 g/m<sup>3</sup> peut être retenue [5].

Le risque d'explosion est d'autant plus à redouter que la granulométrie des poudres utilisées est basse.

Le risque d'incendie aura, quant à lui, comme causes principales :

- une surchauffe ou un temps de séjour trop long dans l'extrudeuse ;
- le préchauffage avec utilisation de rampes à gaz ou de radiants ;
- les suites d'une explosion.

Ces risques d'incendie et d'explosion sont à craindre dans différents lieux :

- les gaines d'évacuation d'air pollué où des dépôts se forment sur les parois ;
- les filtres secs colmatés par des dépôts de poudres ;
- les filtres lors des opérations de décolmatage ;
- le jet du pistolet ;
- toute zone où l'on peut observer un dépôt de poussières combustibles.

## 3. Prévention

### 3.1 Mesures de prévention technique

#### 3.1.1 À la fabrication

##### Remplacement des toxiques

La substitution des matières premières présentant des dangers connus et identifiés, par des ingrédients de dangerosité moindre, est une règle élémentaire dans la prévention du risque chimique. Il faut toutefois signaler que ces remplacements sont parfois difficiles à réaliser (techniquement ou économiquement).

Ainsi, les pigments minéraux, dont la toxicité est liée à la présence d'éléments métalliques (Cd, Co, Cr, Pb, Se), peuvent être remplacés par des pigments organiques moins toxiques (mais tout de même très fréquemment irritants et/ou sensibilisants), par exemple :

- vert de chrome par vert de phtalocyanine ;
- jaune de chrome, rouge de cadmium par des dérivés azoïques (autres que dérivés de benzidine, d'*o*-toluidine et *o*-dianisidine) ;
- bleus minéraux par bleu de phtalocyanine.

Les charges siliceuses peuvent être remplacées par des dispersions de cire (agent de matité) ou des argiles de type bentonite (agent de rhéologie).

Ainsi, le TGIC a pu être substitué avec succès par des composés présentant une toxicité moindre au vu des connaissances actuelles (§ 1.2.2).

(4) TMP : tableau de maladie professionnelle du régime général de la sécurité sociale.

(5) CIRC : Centre international de recherche sur le cancer.

La démarche de substitution, notamment dans le cadre des produits CMR de catégorie 1 et 2 (substitution obligatoire lorsque cela est techniquement possible), est tout à fait réalisable avec les peintures en poudre.

### Diminution et contrôle de l'empoussièrément

Diverses techniques sont utilisables :

- transport pneumatique des pigments (exemple l'oxyde de titane, utilisé en quantités importantes) et charges ;
- ouverture des sacs sous aspiration ;
- nettoyage par aspiration ;
- ventilation : elle est nécessaire lors de la pesée et de l'introduction dans le mélangeur. Elle peut être réalisée, par exemple, par utilisation d'anneaux aspirants [6-8], disposés sur le récepteur de pesée et sur la trémie de chargement du mélangeur.

Ces techniques doivent être utilisées de manière à ce que les travailleurs puissent opérer dans des conditions d'empoussièrément aussi faibles que possible, respectant les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) en vigueur. Il est à noter que le respect des VLEP (VLE et VME) au poste de travail doit être vérifié au minimum une fois par an par un organisme agréé dans le cas des produits CMR de catégorie 1 et 2 (article R. 231-56-4-1 du Code du travail).

### Prévention du risque d'incendie et d'explosion

Les articles R. 232-12-23 à R. 232-12-29 et R. 235-4-17 du Code du travail précisent les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives.

Ils prévoient, entre autres, une classification des emplacements où des atmosphères explosives peuvent être présentes, ainsi que les conditions à respecter dans chaque zone :

**Zone 20** : Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente dans

l'air en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment.

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

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

La délimitation des zones à risques d'explosion répond à un double objectif :

- limiter l'étendue de ces zones ;
- mettre en place et utiliser un matériel, notamment électrique, adapté et conforme au décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996.

Le **tableau IX** donne un exemple de désignation de zones en fonction du degré de dégagement et de la possibilité de formation de couches de poussières.

Les textes réglementaires évoqués précédemment préconisent également, pour assurer la protection contre de possibles explosions, la mise en place de dispositifs conformes et appropriés (évents, systèmes de découplage...). Ces dispositifs devraient protéger surtout les dépoussiéreurs où se produisent les décolmatages, le risque d'explosion étant particulièrement présent dans les systèmes de récupération de poudre, ce qui justifie leur installation systématique à l'extérieur du bâtiment. Le lecteur complètera utilement ces informations par la lecture de brochures de l'INRS [9-10].

### Hygiène

La prise de repas est interdite sur le lieu de travail afin d'éviter les ingestions accidentelles. Il est recommandé au personnel de changer fréquemment de combinaison de travail et d'avoir une bonne hygiène corporelle.

La mise en place et le respect de bonnes procédures de travail et d'hygiène personnelle s'avère indispensable. Le per-

sonnel doit respecter l'interdiction de manger, boire, fumer et de se maquiller sur le lieu de travail. Les salariés doivent se laver les mains (brossage des ongles y compris) avant d'entreprendre l'une de ces actions, en dehors des zones de travail.

Par ailleurs, le chef d'établissement est tenu de mettre des douches à la disposition des salariés (**tableau X page suivante**).

### 3.1.2 À l'application

La pulvérisation des peintures en poudre conduit à la formation d'un nuage de particules qui présente des risques toxicologiques, variables selon la composition de la peinture et du type de ses constituants (liants, pigments...), ainsi que des risques d'incendie et d'explosion.

Lors de l'application, plusieurs mesures de prévention adaptées peuvent être mises en place :

- ouverture et transvasement des conteneurs sous aspiration (anneaux aspirants...) et/ou mise en place d'un système de canne aspirante directement dans les conteneurs ;
- pulvérisation en cabines ventilées : on pourra utilement se référer au guide pratique de ventilation n° 9.2 relatif aux installations de poudrage [11] ;
- éloignement de l'opérateur en utilisant des robots d'application ;
- port de gants et de vêtements de protection adaptés ;
- port d'un appareil de protection respiratoire filtrant de type P2 ou de type P3, en complément, selon la toxicité de la peinture utilisée (présence de TGIC, composés du plomb notamment), et selon la concentration dans l'atmosphère de travail, ou lors d'opérations de nettoyage et de maintenance particulièrement polluantes ;
- respect des mesures d'hygiène en vigueur.

Après l'application, il est recommandé de prendre une douche et de ne pas réutiliser ses vêtements de travail. Le port de vêtements de protection jetables peut s'avérer être une bonne solution pratique lors de la pulvérisation des peintures en poudre.

## 3.2 Information

### 3.2.1 L'étiquetage

Il s'agit de prévenir les utilisateurs des dangers présentés par certaines substances ou préparations. L'étiquette d'une peinture est alors le moyen d'alerte le plus simple et direct.

TABLEAU IX

#### EXEMPLE DE DÉSIGNATION DES ZONES

NATURE DE L'ÉMISSION	NUAGES DE POUSSIÈRES	COUCHES DE POUSSIÈRES D'ÉPAISSEUR MAÎTRISÉE	
		Souvent perturbées	Rarement perturbées
Permanente	20	21	22
Occasionnelle	21	21	22
Accidentelle	22	21	22

TABLEAU X

## RÈGLEMENTATION

Réglementation relative à la mise en œuvre de mesures de prévention des risques encourus par les travailleurs affectés à des travaux de fabrication et d'application de peintures.

MESURES DE PRÉVENTION	RÈGLEMENTATION APPLICABLE
<b>■ Intégration de la sécurité dès la phase de fabrication et de cession des produits</b>	
Prévention du risque chimique - principes de classement et d'étiquetage, déclaration des substances et préparations dangereuses.	- art. R. 231-51 à R. 231-52-18 du Code du travail ; - arrêté du 9 novembre 2004, définissant les critères de classification et les conditions d'étiquetage et d'emballage des préparations dangereuses ; - arrêté du 20 avril 1994, relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances.
Prévention du risque chimique - information sur les risques présentés par les produits.	- art. R. 231-53 à R. 231-53-3 du Code du travail ; - arrêté du 9 novembre 2004, fixant les modalités d'élaboration et de transmission des fiches de données de sécurité.
<b>■ Intégration de la prévention dès la conception des installations</b>	
Conception des cabines de projection.	- art. R. 233-140 à R. 233-150 du Code du travail ; - circulaire DRT 90/7 du 9 mai 1990, relative à l'application du décret 90-53 du 12 janvier 1990.
<b>■ Interdiction d'exposition</b>	
Travaux interdits aux jeunes travailleurs	- art. R. 234-20 et R. 234-21 du Code du travail.
Travaux interdits aux salariés employés en CDD ou aux intérimaires	- arrêté du 8 octobre 1990 modifié fixant la liste des travaux pour lesquels il ne peut être fait appel aux salariés sous contrat de travail à durée déterminée ou aux salariés des entreprises de travail temporaire.
<b>■ Mesures de protection collective - aménagement des locaux de travail</b>	
Aération assainissement des lieux de travail	- art. R. 232-5 et suivants du Code du travail ; - circulaire du 19 juillet 1982, modifiée et complétée, relative aux valeurs admises pour les concentrations de certaines substances dangereuses dans l'atmosphère des lieux de travail ; - arrêté du 30 juin 2004 relatif aux valeurs limites d'exposition professionnelle indicatives.
Installations sanitaires	- art. R. 232-2-4 du Code du travail : installations sanitaires dans les établissements où sont effectués des travaux salissants (installation de douches) ; - arrêté du 23/07/47 modifié, fixant les conditions dans lesquelles les chefs d'établissements sont tenus de mettre des douches à la disposition du personnel effectuant des travaux insalubres ou salissants.
<b>■ Mesures de prévention des risques chimiques, cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques</b>	
Règles générales de prévention du risque chimique et notamment : - évaluation des risques, - mise en œuvre de moyens de protection collective et maintien en état de ces installations, - mise à disposition d'équipements de protection individuelle adaptés.	- art. R. 231-54 à R. 231-54-17 du Code du travail.
Contrôle du risque chimique sur les lieux de travail	- art. R. 231-55 à R. 231-55-3 du Code du travail.
Règles particulières de prévention du risque cancérigène, mutagène et reprotoxique	- art. R. 231-56 à R. 231-56-12 du Code du travail.
Dispositions spécifiques à certains agents chimiques dangereux	- art. R. 231-58 à R. 231-58-6 du Code du travail.
<b>■ Mesures de prévention de risques spécifiques</b>	
Prévention des risques liés à la peinture ou au vernissage par pulvérisation	- décret 47-1619 modifié, du 23 août 1947, portant règlement d'administration publique, en ce qui concerne les mesures de protection des ouvriers qui exécutent des travaux de peinture ou de vernissage par pulvérisation ; - circulaire ministérielle Tr. N° 106/47 d'application du décret du 23 août 1947.
<b>■ Surveillance médicale</b>	
	- arrêté du 11 juillet 1977, fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale (application des peintures et vernis par pulvérisation).
<b>■ Tableaux de maladies professionnelles</b>	
	1, 10, 10 bis, 10 ter, 15, 15 bis, 15 ter, 25, 44, 51, 61, 62, 65, 66, 70.

L'étiquetage prend en compte les risques d'incendie, les risques toxicologiques et écotoxicologiques dus aux substances dangereuses [12-14].

Certaines préparations non étiquetées peuvent néanmoins présenter des dangers lors de l'utilisation (problèmes des seuils fixés pour l'étiquetage et de la connaissance des données toxicologiques des substances).

Pour être efficace, l'étiquetage doit être concis : il ne fait état que des risques les plus importants. Il ne dispense pas l'information complémentaire donnée par les fiches de données de sécurité et les fiches techniques des produits.

Les textes réglementaires [12-14] concernant l'étiquetage des préparations (dont font partie les peintures) sont rappelés dans le *tableau X*.

### 3.2.2 La fiche de données de sécurité (FDS)

Elle est délivrée par le fournisseur du produit et vient en complément de l'étiquetage [15]. Elle renseigne (de manière beaucoup plus complète que l'étiquette) sur les risques de toute nature que présente une préparation et sur les mesures de prévention à respecter lors de son utilisation.

Le Code du travail précise que l'établissement d'une FDS est une obligation pour le fabricant, l'importateur ou le vendeur d'une substance ou d'une préparation dangereuse (avec des phrases de risque), ou d'une préparation non classée comme dangereuse mais contenant une substance dangereuse à plus de 1 % (préparation non-gazeuse), ou une substance affectée de valeurs limites d'exposition professionnelle (article R. 231-53). Rédigée en français, la FDS doit être transmise gratuitement au chef d'établissement ou au travailleur indépendant utilisateur, qui doit lui-même la communiquer au médecin du travail et la mettre à disposition des travailleurs, du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou des délégués du personnel (article R. 231-54-4).

Dans le cas des préparations non classées mais contenant des substances dangereuses en quantité suffisante pour imposer une FDS, ce document sera transmis au chef d'établissement ou au travailleur indépendant uniquement sur la demande de ce dernier.

Ces textes précisent également les indications que la fiche de données de sécurité doit comporter. L'arrêté du 5 janvier 1993 (modifié par l'arrêté du 9 novembre 2004) fixe les modalités d'élaboration et

de transmission des FDS et présente en annexe un guide pour la réalisation de ces fiches.

### 3.2.3 La déclaration à l'INRS

Les fabricants, vendeurs ou importateurs sont tenus de déclarer leurs produits chimiques dangereux à l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) lorsque ceux-ci sont très toxiques, toxiques ou corrosifs [16] ou lorsqu'il s'agit de produits biocides.

Dans les autres cas, c'est sur demande de l'INRS (organisme désigné) que les fabricants, vendeurs ou importateurs doivent fournir des informations complètes sur leurs produits chimiques. Les informations **confidentielles** ainsi recueillies sont utilisées pour la prévention du risque chimique ou pour répondre à toute demande d'ordre médical destinée au traitement des affections induites.

## 3.3 Formation du personnel

### 3.3.1 À la fabrication

La formation du personnel de fabrication doit porter sur :

- les risques d'incendie et d'explosion, et les risques toxicologiques des constituants ;
- les mesures de prévention à respecter pour la manipulation des constituants (éviter l'inhalation et le contact avec la peau...);
- les mesures d'hygiène ; le personnel doit respecter l'ensemble des règles d'hygiène en vigueur dans l'entreprise (§ 3.1.1) ;
- le port et l'entretien éventuels des EPI (Équipements de protection individuelle).

### 3.3.2 À l'application

La formation du personnel utilisant les peintures en poudre doit porter sur :

- les risques spécifiques liés à la pulvérisation de ces peintures (bien qu'elles soient sans solvant et parfois présentées comme « inoffensives ») ;
- les mesures de prévention à respecter lors de la préparation, des transvasements, de la pulvérisation, du nettoyage, des opérations de maintenance ;
- les mesures de prévention à respecter lors de l'application proprement dite et le fonctionnement du dispositif de protection collective constitué par la cabine d'application ;
- les mesures d'hygiène ; le personnel doit respecter l'ensemble des règles d'hy-

giène en vigueur dans l'entreprise (§ 3.1.1).

- le port et l'entretien éventuels des EPI (Équipements de protection individuelle).

## 3.4 Surveillance médicale des travailleurs affectés à la fabrication ou à l'application de peintures en poudre

La manipulation d'agents chimiques classés CMR de catégorie 1 et 2 (Cancérogène, Mutagène ou Reprotoxique avéré) implique des règles particulières de prévention du risque chimique (Code du travail, articles R. 231-56 à R. 231-56-12).

En cas de manipulation régulière de plomb ou de ses composés, de cadmium ou de ses composés et de chromates (en dehors des solutions aqueuses diluées), le médecin du travail dispose d'un temps médical calculé sur la base d'une heure par mois pour dix salariés exposés.

Cette surveillance médicale spéciale doit lui permettre de réaliser les examens médicaux, mais surtout d'effectuer des actions de prévention et de formation.

Le médecin du travail doit par ailleurs constituer, pour chaque travailleur exposé, un dossier individuel comprenant une fiche d'exposition et les résultats des examens médicaux complémentaires pratiqués.

Ce dossier doit être conservé dans le dossier de l'employé durant une période de 50 ans.

En cas de départ d'un employé, l'employeur est notamment tenu de fournir à l'intéressé une attestation d'exposition aux agents CMR, document qui doit être rempli conjointement avec le médecin du travail.

Les salariés effectuant de façon habituelle des travaux de peinture par pulvérisation sont visés par l'arrêté de surveillance médicale spéciale (*tableau X*).

Pour ces travaux, le décret 47-1619 modifié, du 23 août 1947, prévoit par ailleurs les mesures préventives techniques et médicales à appliquer.

Elles comprennent les éléments suivants :

- certificat d'aptitude avant embauche ;
- confirmation un mois après l'embauche ;
- visite tous les six mois ;
- examen médical pour tout salarié indisposé par son travail ainsi que pour tout salarié s'étant absenté plus d'une semaine pour cause de maladie ;

- tenue d'un registre médical indiquant les dates de ces différents examens.

Ces préconisations sont applicables aux salariés affectés à la pulvérisation des peintures en poudre.

## CONCLUSION

Comparativement aux peintures en phase liquide (en particulier celles en phase solvant), les peintures en poudre présentent, au cours de leur mise en œuvre, moins de risques toxicologiques (pour l'homme et pour l'environnement) et d'inflammation. Ceux-ci ne sont pas pour autant inexistantes, et ne sont donc pas à perdre de vue (risque d'explosion de poussières non négligeable).

Ces peintures se sont très bien implantées dans le secteur de l'industrie générale, par exemple la peinture de cadres métalliques (chaises, tuyaux, canalisations, mobilier de bureau...), du fait de leur avantages : pas de rejet de solvants, utilisation simplifiée, nettoyage plus aisé... Leur pénétration dans d'autres domaines industriels tel que l'automobile a été plus lente pour diverses raisons :

- leur utilisation nécessite généralement une modification notable des installations et des équipements d'application ;
- leur utilisation a nécessité une mise au point des techniques et des formulations de manière à ce qu'elles remplissent des exigences techniques très précises et particulièrement sévères ;
- de nouvelles technologies permettant l'application sur des supports tels que le verre, le bois, les matières plastiques... ont dû être développées.

Les peintures en poudre constituent donc une alternative à l'utilisation des peintures en phase aqueuse et en phase solvant. Elles permettent de satisfaire à la réduction drastique d'émissions exigée par la directive COV qui a accéléré leur développement. Elles sont en cela plus performantes pour la protection de l'environnement.

L'application des mesures de prévention décrites dans ce document s'avère cependant nécessaire, tant au cours de la fabrication que de l'utilisation de ces peintures.

De plus, la formation et l'information des salariés qui mettent en œuvre ces peintures (fabrication, application) restent une étape importante et indispensable pour attirer leur attention sur les risques encore présents.

## COMPLÉMENT BIBLIOGRAPHIQUE

[1] ■ **Safe Handling of pigments, ETAD/BCMA/VdMI/ EPSOM. European Edition, français, 1995.**

[2] ■ **Produits chimiques cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction. Classification réglementaire. ND 2168, INRS, Paris, 2002.**

[3] ■ **Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. ND 2098, INRS, Paris, 2004.**

[4] ■ **Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses. Valeurs compilées par l'ACGIH. Guide for Occupational Exposure - ACGIH 2003.**

[5] ■ **Safe Powder Coating Guideline. CEPE, 5<sup>th</sup> edition, 2001.**

[6] ■ **Guide pratique de ventilation n° 0. Principes généraux de ventilation. ED 695, INRS, Paris, 1989.**

[7] ■ **Guide pratique de ventilation n° 1. L'assainissement de l'air des locaux de travail. ED 657, INRS, Paris, 1989.**

[8] ■ **Guide pratique de ventilation n° 17. Emploi des matériaux pulvérulents. ED 767, INRS, Paris, 2003.**

[9] ■ **Les mélanges explosifs (1 et 2 : gaz et poussières). (1) ED 911, (2) ED à paraître, INRS Paris.**

[10] ■ **Le point des connaissances sur... Explosion et lieux de travail. ED 5001, INRS, Paris, 2003.**

[11] ■ **Guide pratique de ventilation n° 9.2. Ventilation des cabines d'application par projection de peintures en poudre. ED 928, INRS, Paris, 2004.**

[12] ■ **Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses - Textes réglementaires et commentaires. ND 1946, INRS, Paris.**

[13] ■ **Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Guide de classification et d'étiquetage. ND 1961, INRS, Paris.**

[14] ■ **Classification et étiquetage des substances chimiques dangereuses figurant à l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié, disponibles sur le site Internet du Bureau Européen des substances Chimiques (ECB) : <http://ecb.jrc.it/>**

[15] ■ **La fiche de données de sécurité. ED 954, INRS, Paris, 2005.**

[16] ■ **Déclaration des produits chimiques. Informations à transmettre à l'INRS. Textes réglementaires. ND 2053, INRS, Paris, 1998.**

### Autres documents

■ **Peintures en phase aqueuse (ou peintures à l'eau). Composition, risques toxicologiques, mesures de prévention. ED 955, INRS, Paris, 2005.**

■ **Peintures à solvants. Composition et risques toxicologiques, mesures de prévention. ED 957, INRS, Paris, 2005.**

■ **Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation. ED 780, INRS, Paris, 1999.**

■ **Des gants contre les risques chimiques, fiche pratique de sécurité. ED 112, INRS, Paris, 2003.**

■ **Les maladies professionnelles. Guide d'accès aux tableaux du régime général et du régime agricole de la sécurité sociale. ED 835 ; INRS, Paris, 2004.**

■ **Silos matières plastiques pulvérulentes. Prévention des risques d'incendie et d'explosion dans les installations industrielles de stockage de matières plastiques pulvérulentes. ED 891, INRS, Paris, 2002.**

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

## Services prévention des CRAM

### ALSACE-MOSELLE

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

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

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

### AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,  
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,  
64 Pyrénées-Atlantiques)  
80 avenue de la Jallère  
33053 Bordeaux cedex  
tél. 05 56 11 64 00  
fax 05 56 39 55 93  
documentation.prevention@cramaquitaine.fr

### AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire,  
63 Puy-de-Dôme)  
48-50 boulevard Lafayette  
63058 Clermont-Ferrand cedex 1  
tél. 04 73 42 70 22  
fax 04 73 42 70 15  
preven.cram@wanadoo.fr

### BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs, 39 Jura,  
58 Nièvre, 70 Haute-Saône,  
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,  
90 Territoire de Belfort)  
ZAE Cap-Nord  
38 rue de Cracovie  
21044 Dijon cedex  
tél. 03 80 70 51 22  
fax 03 80 70 51 73  
prevention@cram-bfc.fr

### BRETAGNE

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

### CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,  
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)  
36 rue Xaintrailles  
45033 Orléans cedex 1  
tél. 02 38 79 70 00  
fax 02 38 79 70 30  
prev@cram-centre.fr

### CENTRE-OUEST

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

### ÎLE-DE-FRANCE

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

### LANGUEDOC-ROUSSILLON

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

### MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,  
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,  
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)  
2 rue Georges-Vivent  
31065 Toulouse cedex 9  
tél. 05 62 14 29 30  
fax 05 62 14 26 92  
doc.prev@cram-mp.fr

### NORD-EST

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

### NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,  
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)  
11 allée Vauban  
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex  
tél. 03 20 05 60 28  
fax 03 20 05 63 40  
www.cram-nordpicardie.fr

### NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,  
61 Orne, 76 Seine-Maritime)  
Avenue du Grand-Cours, 2022 X  
76028 Rouen cedex  
tél. 02 35 03 58 21  
fax 02 35 03 58 29  
catherine.lefebvre@cram-normandie.fr  
dominique.morice@cram-normandie.fr

### PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,  
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)  
2 place de Bretagne  
BP 93405, 44034 Nantes cedex 1  
tél. 02 51 72 84 00  
fax 02 51 82 31 62  
prevention@cram-pl.fr

### RHÔNE-ALPES

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

### SUD-EST

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

## Services prévention des CGSS

### GUADELOUPE

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

### GUYANE

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

### LA RÉUNION

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

### MARTINIQUE

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

## COLLECTION DES AIDE-MÉMOIRE TECHNIQUES

Cette brochure présente un inventaire détaillé des principaux constituants des peintures en poudre (liants, pigments, charges, additifs...).

Les risques propres à chacun des composants sont ensuite exposés ainsi que les textes réglementaires correspondants.

En dernier lieu sont présentées, les mesures de prévention technique à mettre en œuvre lors de la fabrication et de l'application de ces peintures, l'information à donner à l'utilisateur concernant les dangers de ces produits, la formation à dispenser au personnel et enfin, la surveillance médicale des travailleurs.



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

**Édition INRS ED 956**

1<sup>re</sup> édition • avril 2005 • 3 000 ex. • ISBN 2-7389-1309-1