

## Espaces confinés

## 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-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 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 collège représentant les employeurs et d'un collège 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 d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT), les Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et Caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, 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 trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

# Espaces confinés

Par un groupe d'ingénieurs  
des CARSAT, des CRAM  
et de l'INRS.

# Sommaire

<b>1. Définitions</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Nature des risques</b> .....	<b>4</b>
<b>3. Démarche de prévention</b> .....	<b>5</b>
3.1. Consignation .....	6
3.2. Mesure de l'état de l'atmosphère intérieure .....	6
3.3. Assainissement pour pénétration et intervention .....	7
3.4. Pénétration sans assainissement .....	8
3.5. Permis de pénétrer .....	8
<b>4. Principes d'assainissement</b> .....	<b>8</b>
<b>5. Techniques d'assainissement</b> .....	<b>8</b>
5.1. Captage .....	8
5.2. Dilution .....	8
<b>Annexe – Exemples d'accidents</b> .....	<b>12</b>

**C**e document a été établi par un groupe de travail constitué sous l'égide de la CNAM et comprenant des spécialistes en ventilation et nuisances chimiques de la CNAM, des CRAM et de l'INRS.

Il a été préparé dans le but de servir de guide et de document de référence à l'usage des personnes et organisations concernées par **la conception, l'exploitation et l'entretien** des "espaces confinés" tels que définis ci-après.

En ce qui concerne les nuisances chimiques, l'objectif minimal à atteindre est le maintien de la salubrité des locaux de travail. Un moyen d'y parvenir consiste à se référer aux valeurs limites pour les concentrations des substances dangereuses dans l'air des locaux de travail [1] au niveau des voies respiratoires, que celles-ci soient issues de la réglementation, de normes ou de règles de l'art en la matière.

Toutefois, dans certaines circonstances (voir ci-après), le maintien d'une concentration en vapeur à un niveau seulement non inflammable peut être envisagé **sous réserve de mesures compensatoires** en ce qui concerne les risques de toxicité.

Les critères de ventilation proposés constituent des **recommandations** propres à faciliter l'atteinte de cet objectif sur la base des données actuellement disponibles. Ces critères sont susceptibles d'évoluer en fonction de l'expérience acquise au cours de leur mise en œuvre, de résultats d'études nouvelles conduites sur ce thème ou de modifications apportées sur le plan réglementaire.

Ces données ont été adaptées à la nature des problèmes de l'industrie française après consultation des organismes suivants :

- Syndicat de l'aérotechnique,
- Centre technique des industries mécaniques,
- Syndicat national de l'industrie de la réparation navale,
- Centre d'études techniques des industries aérotechniques et thermiques.

Ce guide de ventilation sera réexaminé régulièrement et au besoin modifié. Le groupe de travail demande à toute personne ou organisme ayant des avis ou critiques à formuler sur ce document de bien vouloir les lui faire connaître (commentaires à adresser à l'INRS, en faisant référence au groupe de ventilation n° 8).

Les recommandations contenues dans ce guide s'appliquent non seulement aux travaux dans des espaces confinés, mais également lors de leur "construction".

## 1. Définitions

### Valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP)

Limite de la moyenne pondérée en fonction du temps de la concentration d'un agent chimique dangereux dans l'air de la zone de respiration d'un travailleur au cours d'une période de référence déterminée.

### Valeur limite court terme (VLCT)

VLEP destinée à protéger des effets des pics d'exposition. Elle se rapporte à une durée de référence de 15 minutes (sauf indication contraire).

### Valeur limite sur 8 heures (VL8h) ou valeur limite de moyenne d'exposition (VME)

VLEP destinée à protéger les travailleurs des effets à terme. Cette valeur doit être respectée en moyenne sur 8 heures de temps de travail.

### Limite inférieure d'explosivité (LIE)

Concentration minimale d'une substance inflammable dans l'air en volume à partir de laquelle l'explosion du mélange peut se produire sous l'effet d'un apport d'énergie correspondant à son énergie minimale d'inflammation (flamme, étincelle) ou sous l'effet d'une surface suffisamment chaude.

### Espace confiné

Un espace confiné est un espace totalement ou partiellement fermé,

1° qui n'est ni conçu, ni construit comme un poste de travail et qui n'est pas destiné à l'être, mais qui, de façon occasionnelle, peut être occupé temporairement par des personnes dans le cadre d'une inspection, d'un entretien ou d'une réparation ;

2° auquel les moyens d'accès sont restreints, empêchant l'air de circuler librement ;

3° au sein duquel l'atmosphère peut présenter un danger pour la santé et la sécurité de quiconque y pénètre, en raison :

- de l'insuffisance de ventilation naturelle ou mécanique,
- des matières ou substances qu'il contient,
- de sa conception,
- de son emplacement,
- des équipements qui y sont utilisés,
- ou de la nature des travaux qui y sont effectués.

### Exemples d'espaces confinés

- galeries étroites et longues<sup>(1)</sup>,
- grosses canalisations,
- pipe-lines,
- certaines cales de navires ou péniches,
- puits,
- regards,
- vides sanitaires,
- certaines caves mal aérées.
- citernes de stockage,
- citernes routières, wagons-citernes,
- cuves, réservoirs,
- ballast, compartiments de cales,
- silos,
- réacteurs dans l'industrie chimique.

## 2. Nature des risques

En dehors des risques généraux de chute, des risques mécaniques, électriques ou thermiques, les travaux dans les espaces confinés exposent à trois types de risques principaux :

- a) le risque d'asphyxie,
- b) le risque d'intoxication,
- c) le risque d'incendie et d'explosion.

Rappelons que l'air respirable contient environ 21 % d'oxygène et qu'en deçà d'une teneur de l'ordre de 17 %, l'air devient plus difficilement respirable et l'organisme commence à s'adapter.

Entre 13 et 10 %, des risques majeurs (perte de connaissance brutale sans signe précurseur) apparaissent. Les suites d'un tel incident peuvent être fatales si l'intéressé n'est pas immédiatement secouru.

Il existe plusieurs causes à la diminu-

tion du taux d'oxygène dans un espace confiné :

- consommation de l'oxygène par combustion vive (chauffage avec flamme, soudage...) ou lente (fermentation, rouille, chauffage catalytique...), par fixation sur un support quelconque (charbon actif humide par exemple);
- apport d'un gaz inerte, même non toxique :
  - inertage à l'azote, au dioxyde de carbone, à l'hélium, aux gaz de combustion...
  - utilisation de gaz protecteurs en cas de soudage sous gaz inerte,
  - évaporation d'azote liquide lors de son utilisation pour refroidissement ou congélation,
  - fonctionnement d'une installation d'extinction automatique<sup>(2)</sup>.

Étant donné la très grande différence entre la concentration à partir de laquelle un gaz est toxique et celle à partir de laquelle ce même gaz est inflammable (la VLCT s'exprime en parties par million, alors que la LIE s'exprime en pour cent), dans les zones où la concentration en polluant est inférieure à la VLCT, le risque d'explosion est, *a fortiori*, écarté.

Par contre, si les produits considérés sont à la fois toxiques et inflammables et que seul un niveau d'épuration de l'air permettant d'écarter le risque d'explosion peut être atteint, le risque d'intoxication persiste et il sera alors nécessaire d'avoir recours à une protection individuelle. Cette dernière sera obligatoirement du type isolant (adduction d'air ou autonome), avec éventuellement rafraîchissement ou réchauffage [3].

Les trois types de danger (asphyxie, intoxication et incendie-explosion) peuvent être inhérents :

- à l'état préexistant du lieu confiné,
- à la nature des travaux qui y sont effectués.

#### Remarque

Le risque de suroxygénation ne peut être négligé lorsque l'on se trouve en présence de substances inflammables. Cette suroxygénation entraîne un risque accru d'incendie et d'explosion.

(1) Les problèmes de ventilation des galeries sont traités par ailleurs [2].

(2) Une telle installation devrait pouvoir être neutralisée avant qu'il n'y ait pénétration dans un local ainsi protégé.

TABLEAU I

## Opérations de consignation

Nature du risque ►	Électrique	Chimique	Mécanique
▼ Phase de consignation			
<b>Séparation</b>	<b>Isolement</b> de tous les circuits de puissance et de commande, y compris les alimentations de secours de façon pleinement apparente	Suppression des arrivées de tous fluides ou solides, y compris les circuits "de sécurité" de façon pleinement apparente	Coupage de la transmission de toutes les formes d'énergie, y compris secours et accumulateurs d'énergie de façon pleinement apparente
<b>Condamnation</b>	<b>Verrouillage</b> par un dispositif matériel inviolable, dont l'état est visible extérieurement, réversible uniquement par un outil spécifique personnalisé pour chaque intervenant		
<b>Purge</b>	Mise à la terre et en court-circuit des conducteurs Décharge des condensateurs	Vidange, nettoyage (dérochage, décroûtage...) Ventilation (permanente si possible)	Mise au niveau d'énergie le plus bas par : - arrêt des mécanismes, y compris volants d'inertie - mise en équilibre mécanique stable (point mort bas) ou, à défaut, calage mécanique  Mise à pression atmosphérique ou mise à la terre et en court-circuit des circuits de puissance et de commande
<b>Vérification</b>	Absence de différence de tension entre tous les conducteurs, y compris le neutre, et entre eux et la terre Qualité des mises à la terre	Écoulement Pression Contrôle spécifique éventuel (atmosphère, pH...)	Contrôle visuel suivant le cas : - absence de tension - absence de pression
	<b>Signalisation</b> : information claire et permanente de la réalisation de la consignation ; éventuellement balisage des zones dangereuses		

## Exemples d'états préexistants

● États liés à la nature des produits ou à l'activité antérieure :

- inertage antérieur sans ventilation ultérieure suffisante,
- réacteurs de l'industrie chimique contenant des produits toxiques,
- cuve dont les fonds fermentent ou se décomposent (cuve de tannerie, regards d'égouts...),
- mise en suspension de poussières combustibles dans un silo par remplissage ou manutention de céréales.

● Évolution de l'état de l'atmosphère en fonction du temps :

- décomposition de substances telles que les céréales ou tourteaux humides avec formation de gaz inflammables,
- ballast ou réservoir métallique vide non ouvert depuis longtemps : la formation de rouille a consommé l'oxygène.

## Exemples de travaux effectués

● Travaux de peinture :

- risque toxique par les solvants, pigments et éventuellement autres composants,

- risque d'explosion par les solvants.

● Travaux de soudage et d'oxycoupage :

- risque toxique dû aux fumées et gaz de produits de décomposition, par la chaleur, des graisses, sous-couches de peinture, enduits, revêtements plastiques divers...

- risque d'explosion en cas de fuite d'alimentation des chalumeaux,

- risque de suroxygénation par fuite ou au cours de l'oxycoupage,

- risque d'asphyxie dû à la consommation d'oxygène par les procédés de soudage et d'oxycoupage.

● Travaux de nettoyage :

- nettoyage aux solvants : risque toxique, risque d'incendie-explosion,
- nettoyage de réservoirs ayant contenu des produits toxiques et/ou inflammables (grattage des boues).

● Réchauffage de pièces ou surfaces à l'intérieur de capacités entraînant la volatilisation de substances déposées sur les surfaces ; le chauffage au chalumeau peut provoquer la formation de vapeurs nitreuses.

● Application de revêtements avec des

colles à solvants, ou enduction de matières plastiques (mousses polyuréthane, urée-formol pour isolation).

● Travaux devant être faits impérativement sous inertage.

## 3. Démarche de prévention

Avant intervention :

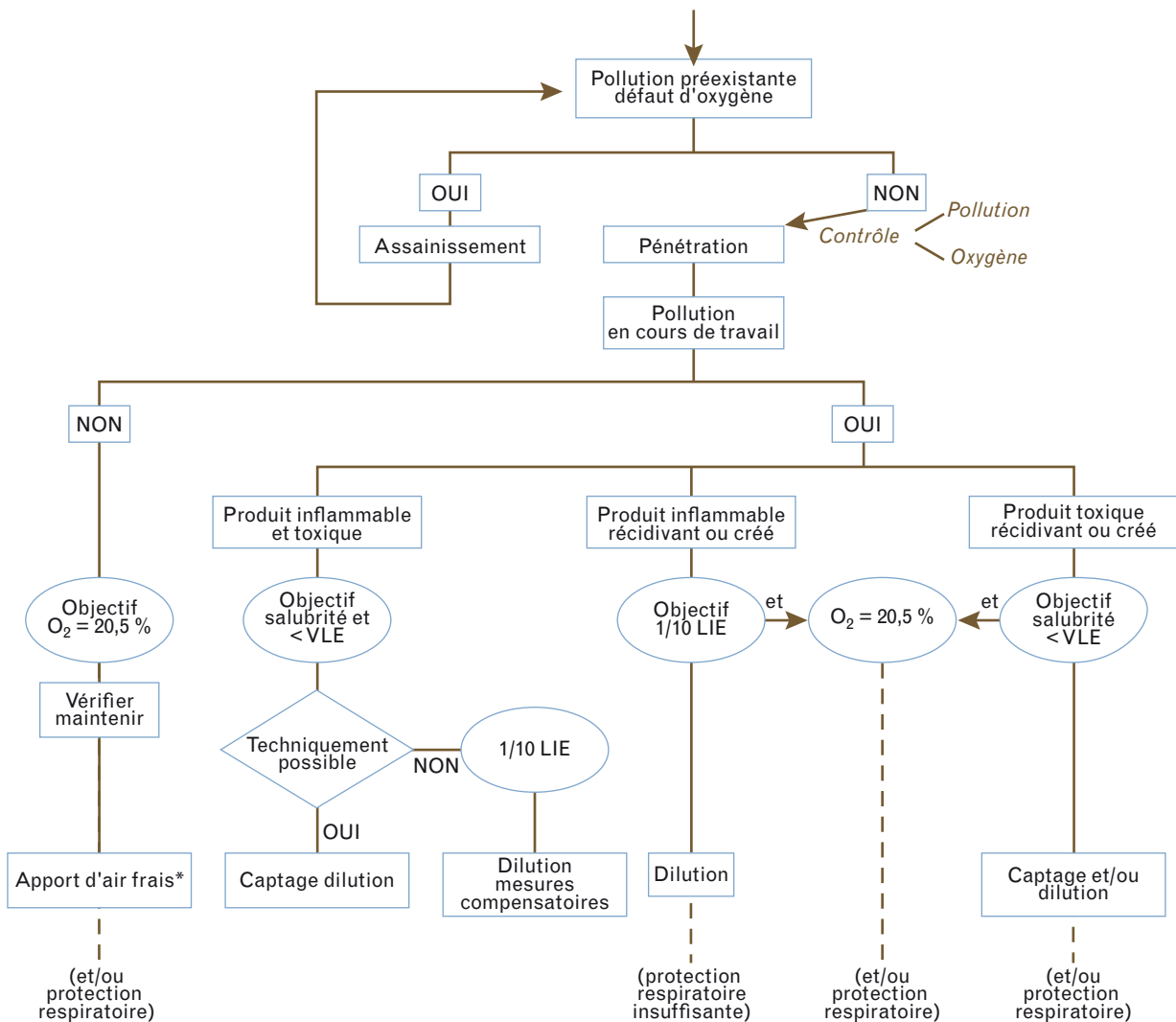
● procéder à une analyse détaillée des risques ;

● en fonction de cette analyse, déterminer la procédure d'intervention et notamment :

- la procédure et les moyens de consignation,

(3) Dans le cas des travaux devant être effectués sous inertage, seule la protection respiratoire individuelle par appareil isolant doit être envisagée.





\* Débit minimum conforme aux articles R. 4222-23 et R. 4222-24 du code du travail.

**Fig. 1. Démarche de prévention.**

- le contrôle d'atmosphère avant pénétration,
- les moyens permettant de rendre l'atmosphère salubre,
- les moyens permettant de maintenir l'atmosphère salubre pendant toute l'intervention<sup>(3)</sup>.

### 3.1. Consignation

Il s'agit de l'ensemble des dispositions visant à mettre et à figer en sécurité une situation de façon à ce qu'une modification soit impossible sans l'action volontaire de tous les intervenants.

Ce sujet, traité en d'autres lieux, ne

sera pas détaillé ici, car il nécessite un développement important hors du sujet d'un guide de ventilation.

Le tableau 1, page précédente, reprend synthétiquement les quatre phases de cette opération : séparation, condamnation, purge, vérification.

L'analyse préalable des risques peut conduire à une réalisation dans un ordre différent ; la purge par exemple sera souvent la première opération à effectuer.

#### Remarque

**Si un balayage à l'air peut être effectué au préalable, un contrôle d'atmosphère doit cependant toujours être réalisé avant pénétration dans l'espace confiné.**

### 3.2. Mesure de l'état de l'atmosphère intérieure (fig. 1)

Avant de procéder à toute mesure, un pronostic de l'état de l'atmosphère doit être effectué à partir des données existantes sur l'espace confiné : matériaux de construction, historique de l'utilisation (cf chapitre 2).

Trois types de contrôle sont effectués **obligatoirement** :

- risque d'explosion,
- risque d'asphyxie,
- risque d'intoxication.

Dès qu'une des valeurs limites de référence (LIE, teneur en oxygène, VLCT) est



dépassée, un assainissement du volume doit avoir lieu.

Le contrôle s'effectuera de préférence de l'extérieur. Si, pour des raisons particulières, la mesure ne peut être faite que de l'intérieur, on procédera de la manière suivante : dans un premier temps, depuis l'extérieur, on effectuera le contrôle dans toute la zone accessible à l'appareil de mesure ou sa sonde. Si le contrôle ne révèle pas de risque, on pourra pénétrer dans cette première zone, muni obligatoirement d'une protection respiratoire isolante, et poursuivre le contrôle de la zone suivante à partir de la première et ainsi de suite, de proche en proche.

Si, par contre, un risque apparaît, le contrôle doit être arrêté, on procédera à un assainissement et on reprendra le contrôle après assainissement.

On veillera notamment à contrôler les points particuliers (parties basses, proximité de parois, recoins...)

### a) Contrôle du risque d'explosion

D'une manière générale, on recherchera le risque d'explosion dès lors que le volume a contenu des produits inflammables (solvant, essence, gaz inflammable...).

Il sera utilisé des explosimètres portables [4]. Ceux-ci seront de préférence étalonnés avec le gaz susceptible d'être présent ; à défaut, on se référera aux courbes d'étalonnage fournies par le fabricant.

La première mesure sera faite depuis l'extérieur en balayant toute la zone que l'on peut atteindre avec la sonde de mesure à l'extrémité d'un câble ou d'une perche.

Si la mesure révèle une concentration en vapeur inférieure au 1/10<sup>e</sup> de la LIE, la mesure pourra être poussée plus avant par pénétration et, de proche en proche, tout le volume devra être examiné.

#### Remarque

Si on admet que le risque d'explosion est faible en deçà de 25 % de la LIE et que de telles concentrations peuvent être admises en l'absence de personnel, il est nécessaire de descendre en deçà de 10 % dès lors qu'il y a présence humaine et activité dans une enceinte dont l'atmosphère pourrait être inflammable, en l'absence de tout risque toxique.

Si, bien qu'étant dans une zone de concentration inférieure au 1/10<sup>e</sup> de la LIE, l'atmosphère risque de devenir explosive, le matériel électrique (en particulier l'éclairage) devra être conforme aux prescriptions de l'arrêté modifié du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter [5].

S'il est mesuré des concentrations supérieures au 1/10<sup>e</sup> de la LIE, toute intervention devra être stoppée et on procédera à l'assainissement de l'espace confiné ou à son inertage.

### b) Mesure de la teneur en oxygène

Conjointement, il sera fait le contrôle de la teneur en oxygène de l'atmosphère ambiante à l'aide d'un oxygénomètre portable [6] dans les mêmes conditions que pour la mesure d'explosivité.

Si la teneur en oxygène est inférieure à 19 %, la pénétration ne devra s'effectuer qu'avec un équipement de protection respiratoire isolant [7].

Il est à noter que toute concentration en oxygène mesurée inférieure à 20,5 % traduit déjà une anomalie dans l'atmosphère de l'espace confiné (consommation d'oxygène ou accumulation d'un autre gaz).

### c) Mesure de la toxicité

En fonction du type d'installation et de la suspicion de présence d'un gaz toxique, on utilisera des détecteurs spécifiques (oxyde de carbone, hydrogène sulfuré...) ou, à défaut, d'autres modèles de détecteurs non spécifiques (infrarouge, tubes colorimétriques...) [6].

Si les concentrations mesurées sont supérieures aux VLCT, il faudra procéder à un assainissement avant pénétration pour le travail.

Dans un tel cas, la pénétration pour le contrôle, si elle est nécessaire, ne pourra s'effectuer que sous protection respiratoire isolante.

La personne qui pénètre doit être surveillée en permanence, encordée à l'aide d'un baudrier de sécurité, et le surveillant extérieur doit disposer d'un équipement permettant de lui porter secours (dispositif d'appel, appareil respiratoire isolant autonome...).

## 3.3. Assainissement pour pénétration et intervention

Préalablement à toute intervention, la consignation des installations est obligatoire, afin d'éviter toute fuite de produits dangereux à partir de capacités ou canalisations adjacentes.

Si un risque est détecté, on procédera à l'assainissement du volume intérieur par ventilation.

Bien souvent, il faut attendre au moins trois renouvellements complets du volume d'air intérieur, la ventilation assurant un balayage homogène de tout le volume, avant que les valeurs limites de référence ne soient respectées (voir 3.2.).

S'il subsiste des résidus de produits dangereux après nettoyage, en plus de la ventilation nécessaire à la survie, il faudra maintenir une ventilation d'assainissement, ventilation qui pour être efficace devra être, dans la plupart des cas, mécanique.

En présence d'un risque persistant, dû soit aux caractéristiques de l'espace confiné, soit aux travaux qui doivent y être effectués (travaux générant une émission de polluants), la ventilation sera permanente pendant toute la durée des travaux.

S'il n'est pas possible de ventiler efficacement l'espace confiné et d'écartier ainsi tout risque d'intoxication, le personnel pénétrant dans cet espace portera un équipement de protection respiratoire isolant.

Aucune intervention ne pourra avoir lieu dans l'espace confiné tant que la concentration en vapeur inflammable sera supérieure au 1/10<sup>e</sup> de la LIE.

La ventilation devra être assurée par un équipement dédié, distinct de l'équipement d'intervention : le système d'aspiration des déchets d'un camion de pompage ou d'un véhicule hydrocureur, par exemple, ne devra pas être utilisé pour assurer la ventilation de l'espace de travail, car il ne garantit pas un apport permanent d'air neuf en toutes circonstances.

Le bon fonctionnement de la ventilation et l'état de salubrité de l'atmosphère devront être surveillés en continu pendant toute la durée de l'intervention. En cas de défaillance, le surveillant doit stopper l'intervention sur le champ et donner l'ordre d'évacuation.

### 3.4. Pénétration sans assainissement

Si aucun risque n'est détecté préalablement à l'intervention, la salubrité de l'air de l'espace confiné doit néanmoins être assurée pendant toute la durée de l'intervention par un apport d'air propre.

Si l'intervention à l'intérieur de l'espace confiné génère une émission de polluants, leur captage doit être prévu. L'air extrait devra alors être compensé par l'apport d'air propre. Le débit de captage et de compensation d'air sera calculé en fonction de la nature et de la quantité de polluants émis.

Dans tous les cas, l'état de salubrité de l'air devra être contrôlé pendant toute la durée de l'intervention (contrôle continu).

### 3.5. Permis de pénétrer

Rappelons qu'il devrait être interdit de pénétrer dans un espace confiné sans un permis dûment visé constatant l'absence de risque et/ou précisant les mesures de prévention à mettre en œuvre.

## 4. Principes d'assainissement

Les mots clés du système sont :

- **capter** les polluants à la source ;
- **diluer** les polluants, quand l'émission de polluants n'est pas localisée ou quand les sources d'émission de polluants sont multiples ;
- **balayer** la zone de travail avec un flux d'air propre dont la vitesse est supérieure à 0,3 m/s ;
- **réintroduire** de l'air neuf en quantité égale à la quantité d'air captée.

Quelle que soit la technique utilisée et indépendamment de tout captage de polluant, un apport d'air neuf au poste de travail est nécessaire dès lors que la durée de l'intervention dépasse quelques minutes.

### Cas des atmosphères nocives ou toxiques

Les équipements de captage et de dilution seront dimensionnés de manière à maintenir une concentration en substance nocive ou toxique inférieure aux valeurs limites admises dans la zone d'évolution du personnel.

### Cas des atmosphères inflammables

Il faudra maintenir, par la ventilation, une concentration atmosphérique en substance inflammable inférieure au 1/10<sup>e</sup> de la LIE en tout point de l'espace confiné.

Quand le dégagement de substances inflammables est permanent, un suivi de l'évolution de leur concentration atmosphérique s'impose. Celui-ci est au minimum séquentiel et devient continu dès que la concentration en vapeurs inflammables dépasse 1/20<sup>e</sup> de la LIE.

#### Remarque

**Quel que soit le niveau d'émission, il est recommandé de mettre en place un système de contrôle d'atmosphère en continu avec alarme.**

Si la valeur de 10 % de la LIE est atteinte, l'intervention doit être interrompue et ne pourra reprendre qu'après assainissement, quand un nouveau contrôle aura confirmé que la concentration en vapeurs inflammables est redescendue en-deçà du 1/10<sup>e</sup> de la LIE.

### Cas des atmosphères nocives, toxiques et inflammables

La valeur de référence à respecter est, dans ce cas, la VLCT (voir chapitre 2).

Lorsqu'il n'est techniquement pas possible d'atteindre une concentration en polluant inférieur à la VLCT, le niveau d'épuration de l'air devra néanmoins permettre d'écartier tout risque d'explosion (maintien de la concentration en vapeurs inflammables en-deçà au 1/10<sup>e</sup> de la LIE) et des mesures compensatoires devront être prévues pour protéger les intervenants contre tout risque d'intoxication.

## 5. Techniques d'assainissement

### 5.1. Captage

Quand la source de pollution est localisée, un captage à la source d'émission des polluants est mis en place.

Lorsque la compensation en air neuf ne pourra pas se faire naturellement par les orifices de l'espace confiné, on installera des dispositifs de soufflage.

Pour le calcul des débits d'air à mettre en œuvre, on se référera au *Guide pratique de ventilation n°0* [8] ou au guide pratique de ventilation spécifique à l'activité considérée. L'installation de ventilation sera dimensionnée de telle sorte que les vitesses minimales de captage requises soient respectées.

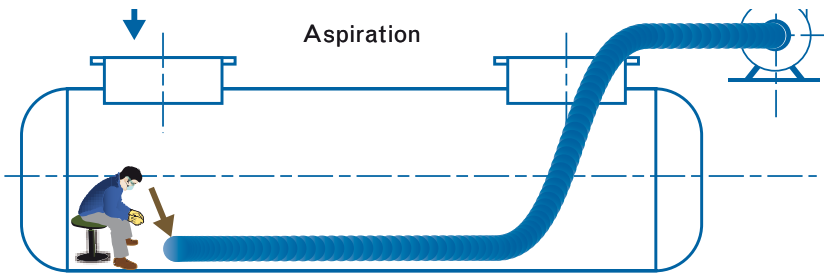
### 5.2. Dilution

Lorsque les sources de pollution sont diffuses, la technique d'assainissement de choix est la dilution. Cette technique peut être réalisée de deux façons : par aspiration et par soufflage. Il est à noter que si la seconde solution permet d'assainir une zone plus importante que la première, elle peut cependant contribuer à déplacer les polluants vers une zone propre.

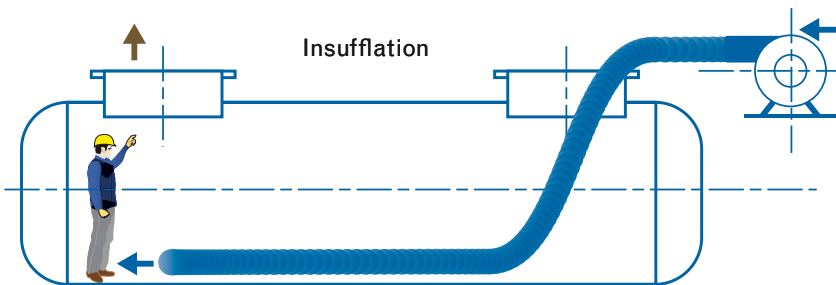
Par ailleurs, la technique de dilution nécessite des débits d'air supérieurs à ceux requis pour le captage : les installations de ventilation par dilution (et en particulier leur tuyauterie) sont donc plus volumineuses que les installations de ventilation par captage.

Les débits à mettre en œuvre doivent être calculés pour maintenir la concentration en produits indésirables aux valeurs définies précédemment, c'est-à-dire inférieures aux VLCT ou au 1/10<sup>e</sup> de la LIE.

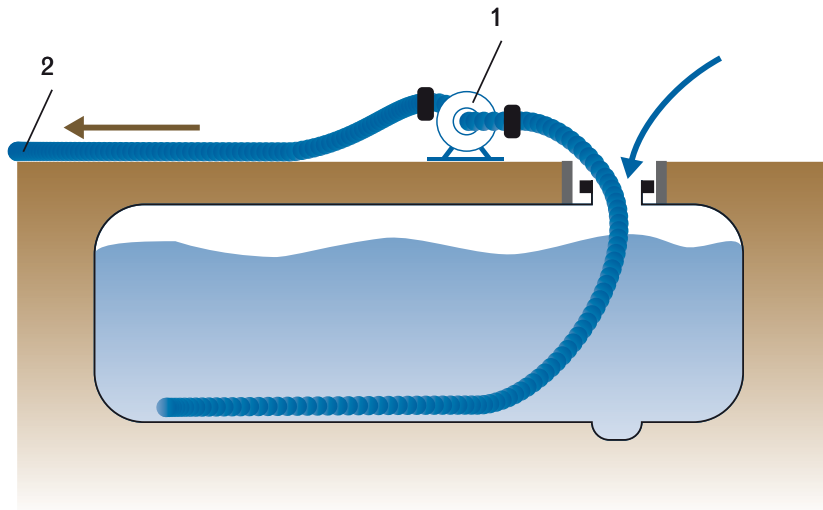
Ces débits seront calculés non seulement sur la base de la concentration réellement mesurée dans l'atmosphère de la zone considérée, mais encore en tenant compte de l'ensemble des produits présents sous forme liquide, susceptibles de s'évaporer pendant la durée des opérations. C'est notamment le cas lors des travaux d'enduction (évapora-



2a. Risque toxique - Ventilation par aspiration en présence d'un opérateur.



2b. Risque toxique - Ventilation par insufflation en présence d'un opérateur.



2c. Risque d'inflammation - Ventilation d'une réserve ayant contenu des vapeurs inflammables.

1. Ventilateur anti-étincelles et antidéflagrant.
2. Rejet de l'air ou brûlage si concentration importante.

**Fig. 2. Exemples d'insufflation et d'aspiration.**

Pour les figures 2a et 2b, on utilise des tuyauteries mobiles pour l'amenée et l'évacuation de l'air, le principe étant toujours que l'opérateur soit dans un flux d'air propre.

tion des solvants lors du séchage des peintures, par exemple).

Le débit minimal d'air à introduire ne peut être inférieur aux valeurs fixées par le code du travail (articles R. 4222-23 et R4222-24).

Par ailleurs, la vitesse de l'air ne devrait pas être inférieure à 0,3 m/s au niveau des opérateurs sauf disposition particulière.

**Remarques**

- Les opérateurs devront être placés dans un courant d'air neuf. On a souvent intérêt à introduire l'air par soufflage près de ceux-ci. Ce soufflage entraîne par contre une dilution de polluants provenant du travail dans l'ensemble de la capacité. C'est pourquoi, lorsque le travail est lui-même polluant, il peut être avantageux de capter les polluants au plus près et d'introduire l'air soit artificiellement par un soufflage en amont, soit naturellement par les orifices.

- La prise d'air des ventilateurs sera située dans une zone hors contamination, en particulier à contresens du vent et loin de la sortie de l'air pollué provenant de l'espace confiné, ainsi que des échappements des moteurs thermiques utilisés pour les travaux qui devront être placés à l'air libre.

- Les circuits de ventilation (soufflage ou extraction ou la combinaison des deux) dépendent de nombreux facteurs dont le type de travail effectué, la forme de l'espace et la concentration des gaz toxiques.

- Dans le cas de très grands volumes, il peut être utile de disposer, en complément, des brasseurs d'air à l'intérieur de la capacité pour aider à la dilution et assurer un meilleur balayage des angles morts.

- Les débits de ventilation sont généralement un facteur moins important que la nature du circuit d'air utilisé pour éliminer les polluants de l'espace confiné.

- Le positionnement des bouches de soufflage et d'extraction est très important afin d'éviter tout "court-circuit" d'air frais introduit (entrée et sortie très proches sans balayage) (fig. 2).

- Il est très important de veiller à ce qu'il ne se produise pas de poche de gaz toxique ou inflammable à la sortie de l'espace confiné.

- Tous les équipements de ventilation devront être reliés à la terre ainsi qu'à la structure de l'espace confiné si celui-ci est métallique.

- En aucun cas, l'oxygène pur ne sera utilisé pour ventiler un espace confiné.

### Exemple calculé de dilution dans le cas d'une peinture

En premier lieu, les peintures sans solvant ou, à défaut, dont le point d'éclair est le plus élevé possible par rapport à la température d'application, sont à préférer.

Si la différence entre le point d'éclair et la température d'application de la peinture est faible, l'atmosphère de l'espace confiné doit être contrôlée en continu à l'aide d'un explosimètre muni d'une alarme.

Le cas de travaux de peinture par pulvérisation, en espace confiné, est un exemple où il est souvent difficile de maintenir une teneur en vapeur de solvant inférieure à la VLCT ; de plus, la présence de l'aérosol de peinture pose également un problème d'hygiène ; aussi les peintres devront-ils porter des équipements de protection individuelle adaptés : un vêtement de protection contre les produits chimiques étanche aux aérosols de la peinture utilisée, des gants et des chaussures résistant aux produits utilisés et un appareil de protection respiratoire à adduction d'air.

Le débit de ventilation sera calculé pour maintenir une concentration en vapeur inflammable inférieure au 1/20<sup>e</sup> de la LIE de la manière indiquée ci-contre.

Pour le calcul, la LIE des solvants de peinture est fixée à 0,8 % (valeur inférieure à la LIE des solvants susceptibles d'entrer dans la composition des peintures).

### Exemple pratique de ventilation d'espaces confinés

#### 1) Peinture intérieure d'un réservoir de pétrolier

Données prévisionnelles

- Débit de peinture 180 l/h.
- Ventilation calculée à mettre en place pour 5 % de la LIE : 24 000 m<sup>3</sup>/h.

Données mesurées

- Débit de peinture 100 l/h.
- Débit d'extraction 17 500 m<sup>3</sup>/h donnant 3 % de la LIE mesurée dans l'ambiance.

#### 2) Soudage dans un caisson de l'industrie "off shore"

- Dimensions du caisson 6 m x 8 m x 8 m.

• Caisson muni de deux ouvertures de 0,4 m x 0,6 m, une en partie haute (réservée au passage des manches et des énergies), l'autre en partie basse pour l'accès des personnels.

- À l'intérieur, quatre soudeurs à l'arc munis chacun d'une manche de diamètre de 150 mm avec aimant (pour le

positionnement) reliée à un ventilateur polywind placé sur la partie supérieure du caisson.

- Débit par manche environ 800 m<sup>3</sup>/h.
- Débit total extrait environ 3 200 m<sup>3</sup>/h.

#### 3) Travaux (inspection, nettoyage, soudage) dans un pipe-line (Ø 34 pouces, soit 86 cm ; longueur 430 m)

- Ventilation créée de bout en bout par un aspirateur à alimentation pneuma-

Mode de calcul	Exemple chiffré
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si on connaît :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- le débit de la peinture utilisé m (en kg/h)</li> <li>- la nature du solvant dans la peinture</li> <li>- la fraction massique du solvant dans la peinture p</li> </ul> </li> </ul>	30 kg/h white-spirit 35 %
<ul style="list-style-type: none"> <li>• On recherche la masse molaire du solvant M (en kg)</li> </ul>	0,150 pour le white-spirit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• On calcule le volume de vapeur de solvant produit V à 20 °C par heure (en m<sup>3</sup>)</li> </ul> $V = \frac{m}{M} \times p \times 0,024$ avec : $\frac{m}{M} \times p = \text{nombre de moles de solvant}$ 0,024 = volume molaire en m <sup>3</sup> dans les conditions ordinaires de température et de pression	$V = \frac{30}{0,150} \times 0,350 \times 0,024$ $V = 1,68 \text{ m}^3/\text{h}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• On en déduit le débit de ventilation Q à partir de</li> </ul> $\frac{V}{Q} \leq C$ C = concentration en vapeurs Pour un travail en présence d'opérateur, on a retenu	Avec LIE = 0,8 % $\frac{V}{Q} < 0,008 \times 0,05 = 0,0004$
C ≤ 5 % de la LIE	$Q > \frac{1,68}{0,0004} = 4\,200 \text{ m}^3/\text{h}$

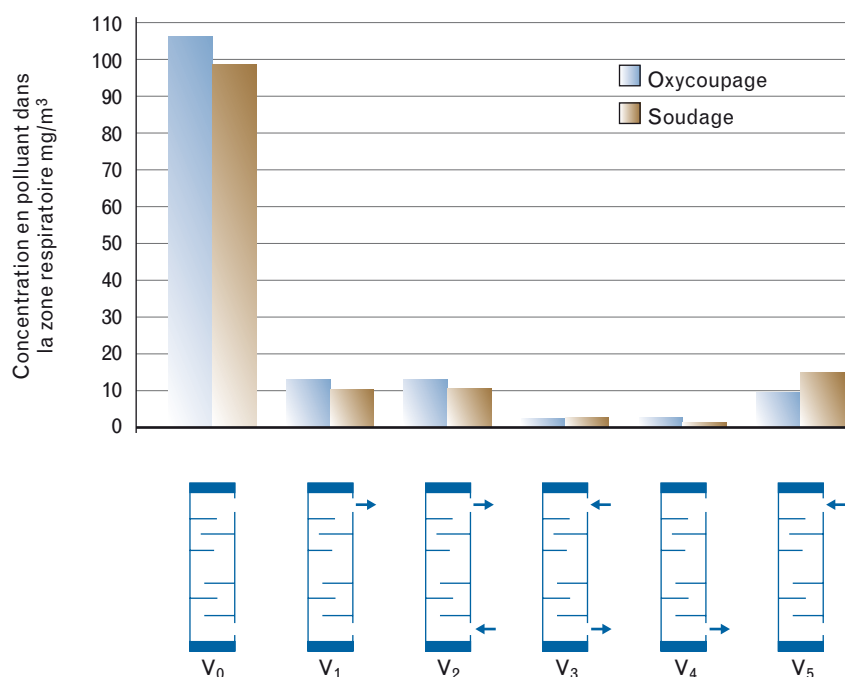
tique fixé "étanche" à une extrémité du conduit et induisant un balayage dont la vitesse était réglée en fonction du "confort" des salariés (entre 0,5 et 1 m/s).

#### Remarque

Les salariés étaient situés, dans le tube, en amont de leurs travaux par rapport aux mouvements de l'air.

### Exemples de procédés de ventilation par aspiration, soufflage ou combinaison (fig.3)

Bien que tous les procédés donnent de bons résultats comparés au cas sans ventilation ( $V_0$ ), les schémas  $V_3$  et  $V_4$  montrent que l'aspiration par le bas présente les meilleures performances. En  $V_5$ , où le sens de la circulation de l'air est identique à  $V_3$  et  $V_4$ , le résultat est moins bon en raison de turbulences créées par le soufflage seul, l'aspiration en  $V_3$  et  $V_4$  rend le flux d'air plus homogène.



**Fig. 3. Performances comparées de cinq schémas de ventilation pour soudage et oxycoupage au sol. Les flèches indiquent une aspiration ou un soufflage forcé (d'après : Guidelines for work in confined spaces - Exxon Corporation Medical Department).**

## BIBLIOGRAPHIE

1. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. *INRS, ND 2098, 2005.*
2. Guide technique. Mise en œuvre de dispositifs de ventilation mécanique lors des travaux de creusement de galeries. *Paris, CNAM, 11 avril 1985.*
3. Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation. *INRS, ED 780, 2002.*
4. Les explosimètres (fiche pratique de sécurité). *INRS, ED 116, 2004.*
5. Les mélanges explosifs. Partie 1. Gaz, vapeurs. *INRS, ED 911, 2004.*
6. La détection des gaz et vapeurs dans l'atmosphère des locaux de travail. *INRS, ED 894, 2002.*
7. Cuves et réservoirs. Prévention des risques présentés par les interventions à l'extérieur ou à l'intérieur des installations fixes contenant ou véhiculant des produits gazeux, liquides ou solides. *CNAMTS, Recommandation R276, 1985.*
8. Guide pratique de ventilation. 0 - Principes généraux de ventilation. *INRS, ED 695, 1986.*

### Double accident mortel par asphyxie dans une cuve

→ Opération : nettoyage au jet d'eau sous pression, après la vidange du moût de raisin.

→ Ventilation : néant.

→ Caractéristiques de la cuve :

- capacité : 240 hectolitres ;
- profondeur : 2,6 m ;
- ouverture : 0,8 x 0,8 m ;
- accès par échelle mobile.

→ La première victime a été l'opérateur de nettoyage, la deuxième a été accidentée en portant secours à la première sans précaution.

→ Cause de l'accident : fermentation des restants de moût provoquant la libération de dioxyde de carbone en quantité suffisante pour abaisser la teneur en oxygène de l'atmosphère de la cuve.

### Double accident sans conséquence dans une cuve

→ Opération : visite de contrôle après travaux de soudure à l'argon.

→ Ventilation : néant.

→ Caractéristiques de la cuve :

- sphérique en inox de 4 m de diamètre ;
- accès par un trou d'homme à 6,10 m de hauteur.

→ Le premier ouvrier, arrivant au fond de la cuve, a perdu connaissance, le deuxième, venu lui porter secours, également ; le chef d'équipe plonge un tuyau d'air comprimé dans la cuve et peut, avec l'aide d'une autre personne, secourir les deux victimes qui seront réanimées au poste de secours.

→ Cause de l'accident : accumulation d'argon au fond de la cuve.

### Intoxication dans une soute de pétrolier

→ Opération : nettoyage des parois par pulvérisation de solvant à base de dichlorométhane, puis grattage à la main des résidus de mazout.

→ Ventilation : extracteur de 3 000 m<sup>3</sup>/h, arrivée d'air frais naturelle par brèche dans la coque.

→ Caractéristiques de la soute :

- capacité : 670 m<sup>3</sup>.

→ Cause de l'accident : les manches d'extraction n'arrivaient pas au fond, où

le travail avait lieu ; il y avait bien un renouvellement d'air mais sans balayage au poste de travail ; l'opérateur ne portait pas de protection respiratoire individuelle.

### Accident mortel dans un puits

→ Opération : pompage à l'aide d'une pompe à moteur thermique.

→ Ventilation : néant.

→ Caractéristiques du puits :

- profondeur : 10 m ;
- diamètre : 2 m ;
- trappe de descente : 0,6 x 0,6 m.

→ L'opérateur assuré par une corde est descendu au fond pour fixer des colliers sur la tuyauterie de refoulement qui fuyait. Son compagnon, resté en haut et sentant un raidissement de la corde, tire celle-ci qui se rompt. Le premier ouvrier tombe, il sera remonté par les pompiers équipés d'appareils de protection respiratoire autonome.

→ Cause de l'accident : asphyxie par les gaz d'échappement du moteur.

### Brûlures par inflammation de vapeurs de solvant

→ Opération : traitement de bois par pulvérisation dans un vide sanitaire.

→ Ventilation : néant.

→ Caractéristiques du vide sanitaire :

- hauteur : 0,8 m ;
- longueur : 8 m ;
- largeur : 8 m ;
- accès par une ouverture de 0,80 m<sup>2</sup>.

→ Cause de l'accident : accumulation de vapeurs inflammables et inflammation par le bris d'une ampoule de baladeuse non étanche.

### Intoxication mortelle dans une cuve

→ Opération : nettoyage de l'intérieur d'une cuve de dégraissage ayant contenu du 1,1,1-trichloroéthane.

→ Ventilation : néant.

→ Caractéristiques de la cuve :

- 2 m x 1 m x 1,5 m.

→ Cause de l'accident : présence de vapeurs toxiques et utilisation d'un appareil de protection respiratoire à l'air libre dont l'étanchéité était compromise par la chevelure abondante de la victime.

### Accident mortel par asphyxie dans une cuve

→ Opération : nettoyage au fond d'une cuve de dégraissage utilisée pour la régénération par distillation de perchloroéthylène usagé.

→ Ventilation : néant.

→ Cause de l'accident : port d'un appareil de protection respiratoire filtrant anti-poussière, donc totalement inadapté, et absence de surveillance.

### Accident mortel par asphyxie et anoxie dans une cale de navire

→ Opération : déchargement du navire.

→ Ventilation : néant.

→ Caractéristiques :

- trappe de 0,8 x 0,8 m.

→ L'ouvrier est descendu sans précaution dans une cale pleine de manioc à 5 m. Arrivé au bas de l'échelle, il est victime d'un malaise et ne peut être dégagé immédiatement.

→ Cause de l'accident : fermentation du manioc pendant le transport avec formation de dioxyde de carbone et consommation d'oxygène.

### Accident mortel par explosion d'une citerne routière

→ Opération : inspection de la citerne.

→ Ventilation : néant.

→ Cause de l'accident : la citerne ayant contenu des carburants était mal dégazée. L'explosion a été provoquée par la chute d'une baladeuse qui s'est brisée.

### Deux brûlés à l'intérieur d'un conduit sur une barge

→ Opération : travaux de peinture au pistolet.

→ Ventilation : néant.

→ Caractéristiques du conduit :

- longueur : 12 m ;
- hauteur : 3 m ;
- largeur : 1 m, séparé en compartiments accessibles de l'un à l'autre par des trous d'homme.

→ 20 litres de peinture à point d'éclair voisin de 21 °C avaient été utilisés.

→ Cause de l'accident : bris d'une ampoule de baladeuse.



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

## Services prévention des CARSAT et des CRAM

### CRAM 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@cram-alsace-moselle.fr  
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 88 14 33 02  
fax 03 89 21 62 21  
www.cram-alsace-moselle.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)  
48-50 boulevard Lafayette  
63058 Clermont-Ferrand cedex 1  
tél. 04 73 42 70 76  
fax 04 73 42 70 15  
preven.carsat@orange.fr  
www.carsat-auvergne.fr

### CARSAT 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. 08 21 10 21 21  
fax 03 80 70 52 89  
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 Châteauaugiron  
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

(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)  
4 rue de la Reynie  
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  
prevention.atmp@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  
tél. 0820 904 231 (0,118 €/min)  
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  
service.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. 0821 100 110  
fax 02 51 82 31 62  
prevention@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 96 96  
fax 04 72 91 97 09  
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 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.palmont@cgss-guadeloupe.fr

### CGSS GUYANE

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

### 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 - 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. Ventilation des cuves et bains de traitement de surface	ED 651
3. Mise en œuvre manuelle des polyesters 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. Deuxième transformation du bois	ED 750
13. Fabrication des accumulateurs au plomb	ED 746
14. Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine	ED 768
15. Réparation des radiateurs automobiles	ED 752
16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires	ED 760
17. Emploi des matériaux pulvérulents	ED 767
18. Sorbonnes de laboratoire	ED 795
19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement	ED 820
20. Postes d'utilisation manuelle de solvants	ED 6049



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 703**

3<sup>e</sup> édition • décembre 2010 • 2 000 ex. • ISBN 978-2-7389-1886-4 • impression groupe Corlet S.A.

