

Prévention des explosions

- principes
- prescriptions minimales
- zones

Suva
Sécurité au travail

Renseignements:
Case postale, 1001 Lausanne
Tél. 021 310 80 40–42
Fax 021 310 80 49

Commandes:
Case postale, 6002 Lucerne
www.suva.ch/waswo-f
Fax 041 419 59 17
Tél. 041 419 58 51

Prévention des explosions – Principes, prescriptions minimales, zones

Secteur chimie

La reproduction est autorisée, sauf à des fins commerciales, si la source est mentionnée.

1^{re} édition: 1979

Edition entièrement revue et corrigée: janvier 2004

5^e édition revue et corrigée: juillet 2008, de 8 000 à 10 000 exemplaires

Référence: 2153.f

Le présent feuillet d'information constitue un moyen auxiliaire dans la protection de la vie et de la santé des travailleurs contre les dangers d'explosion. Les dangers d'explosion peuvent se manifester dans toutes les entreprises dans lesquelles des matières combustibles sont stockées ou utilisées. Ces matières peuvent être des gaz inflammables (p. ex. gaz liquéfié, gaz naturel), des liquides inflammables (p. ex. solvants, carburants) et des poussières de substances solides combustibles (p. ex. bois, aliments, métaux, matières synthétiques).

En cas d'explosion, les personnes sont menacées par les effets incontrôlés de flammes et de pression sous forme de rayonnement thermique, flammes, ondes de choc, par des projections de débris et par la libération de produits réactionnels nocifs.

L'objectif du présent feuillet d'information est de permettre à l'employeur:

- de déterminer quels sont les dangers et d'évaluer les risques
- de répartir les domaines de travail en zones
- de prendre des mesures spécifiques
- d'élaborer un document relatif à la protection contre les explosions et
- de définir des mesures et des modalités de coordination.

Le feuillet d'information n'est pas applicable pour:

- les lieux destinés au traitement médical des patients
- l'utilisation d'appareils à gaz
- l'emploi d'explosifs
- l'utilisation de moyens de transports lorsque sont applicables les dispositions ad hoc des accords internationaux (p. ex. ADR, RID). Les moyens de transport destinés à être utilisés conformément aux prescriptions dans une atmosphère explosible ne sont pas exclus.

Table des matières

Prévention des explosions

- Principes¹
- Prescriptions minimales²
- Zones

1	Principes de la prévention des explosions	6
1.1	Appréciation des risques	6
1.2	Mesures de prévention des explosions selon ATEX 95 et ATEX 137	10
1.3	Données techniques de sécurité	12
1.4	Installations de mesure et de régulation	13
1.5	Mesures d'urgence	14
1.6	Mesures en matière de construction des locaux	14
1.7	Effets possibles d'une explosion	15
2	Mesures qui empêchent ou restreignent la formation d'atmosphères explosibles dangereuses	17
2.1	Remplacement	18
2.2	Limitation des concentrations	18
2.3	Inertage	19
2.4	Systèmes fermés	20
2.5	Ventilation	21
2.6	Surveillance des concentrations	23
2.7	Eviter les accumulations de poussières	24
3	Mesures qui empêchent l'ignition d'atmosphères explosibles dangereuses	26
3.1	Emplacements où des atmosphères explosibles peuvent se présenter	26
3.2	Zones	26
3.3	Elimination des sources d'ignition	31
4	Mesures constructives	43
4.1	Construction résistant aux explosions	44
4.2	Décharge de la pression d'explosion	44
4.3	Suppression de l'explosion	45
4.4	Isolement et interruption de l'explosion (découplage)	46

5	Mesures de prévention des explosions selon la directive 1999/92/CE	48
5.1	Prescriptions minimales	48
5.2	Contrôles des mesures de prévention des explosions	49
6	Mesures organisationnelles	50
6.1	Document relatif à la protection contre les explosions	50
6.2	Information et instruction des travailleurs	51
6.3	Instructions écrites et autorisation d'exécuter des travaux	51
6.4	Devoir de coordination	52
6.5	Maintenance.	52
6.6	Equipement de protection individuelle	54
6.7	Signalisation des zones.	54
7	Bibliographie	55
7.1	Ordonnances et directives	55
7.2	Normes internationales	55
7.3	Normes suisses.	58
7.4	Documents techniques	58
	Exemples	59
	Explication des exemples	59
	Index des exemples	119

¹ Le feuillet d'information concrétise les dispositions de l'art. 29 «Sources d'inflammation» et de l'art. 36 «Dangers d'explosion et d'incendie» de l'Ordonnance du Conseil fédéral du 19.12.1983 sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles (RS 832.30), référence Suva: 1520.f

² Le feuillet d'information décrit les prescriptions minimales selon la directive européenne 1999/92/CE «Amélioration de la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives» (nommée ATEX 137). Les dispositions de cette directive sont signalées par un fond gris dans le présent feuillet d'information.

1 Principes de la prévention des explosions

Une explosion³ se produit lorsqu'une **atmosphère explosible**⁴ et une **source d'ignition efficace**⁵ sont simultanément présentes au même endroit. Si l'une de ces deux conditions est éliminée, aucune explosion ne peut se produire. Les conditions pour que des explosions se produisent sont extensivement décrites dans les brochures AISS⁶ «Explosions de gaz» (n° 2032) et «Explosions de poussière» (n° 2044).

Le danger d'explosion se présente p. ex. lors de la fabrication, de la mise en œuvre, du stockage et du transport, ainsi que lors du traitement, du transvasement et du débordement de matières combustibles⁷ susceptibles de créer une atmosphère explosible.

1.1 Appréciation des risques

Pour atteindre la sécurité voulue, une appréciation du risque doit être faite dans chaque cas spécifique; celle-ci doit comporter les éléments suivants:

- Identification des **dangers d'explosion** (détermination des dangers).
On se réfère ici aux valeurs caractéristiques en matière de technique de sécurité, valeurs qui indiquent, p. ex., si les substances sont combustibles et quelle est leur inflammabilité;
- **Estimation du risque**
 - déterminer si, et en quelle quantité, il faut s'attendre à la **formation d'une atmosphère explosible**;
 - déterminer si des **sources d'ignition** sont présentes, qui peuvent enflammer l'atmosphère explosible;
 - déterminer quelles peuvent être les **conséquences** d'une explosion;
- **Evaluation du risque**;
- **Diminution du risque** par la détermination des mesures à prendre.

Lors de la planification de mesures de prévention des explosions, il faut prendre en considération les conditions d'exploitation normales, y compris les procédures de mise en marche et d'arrêt des installations. Il faut en outre y inclure aussi bien les dérangements techniques que les erreurs humaines possibles.

Art. 4 ATEX 137

(1) Dans l'accomplissement de ses obligations, l'employeur évalue les risques spécifiques créés par des atmosphères explosives, en tenant compte au moins:

- de la probabilité que des atmosphères explosives se présenteront et persisteront;
- de la probabilité que des sources d'inflammation, y compris des décharges électrostatiques, seront présentes et deviendront actives et effectives;
- des installations, des substances utilisées, des procédés et de leurs interactions éventuelles,
- de l'étendue des conséquences prévisibles.

Les risques d'explosion doivent être appréciés globalement.

(2) Il est également tenu compte, pour l'évaluation des risques d'explosion, des emplacements qui sont, ou peuvent être, reliés par des ouvertures aux emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.

De manière à évaluer des procédés ou des installations techniques quant à leur risques d'explosion, le recours à des méthodes appropriées fournit la systématique nécessaire aux vérifications en matière de technique de sécurité. «Systématique» signifie ici que l'on procède dans une perspective factuelle et logique. On examinera les sources de danger existantes pour la formation de mélanges explosibles, ainsi que les possibilités de présence simultanée de sources d'ignition efficaces.

En pratique, il suffit dans la plupart des cas de déterminer et d'évaluer systématiquement le risque d'explosion au moyen d'une série de questions spécifiques (cf. fig. 1).

Lors de l'évaluation, il faut partir de l'idée que l'ignition d'une éventuelle atmosphère explosible est toujours possible. L'évaluation est donc indépendante de la question de savoir si des sources d'ignition sont présentes ou non.

³ Une **explosion** est une réaction chimique d'une substance inflammable qui se déroule très rapidement et qui libère de grandes quantités d'énergie.

⁴ On entend par **atmosphère explosible** un mélange constitué d'air et de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières combustibles, sous conditions atmosphériques, et dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.

Ci-après, **atmosphère explosible dangereuse** désigne une atmosphère dans laquelle une explosion entraîne des dommages. Sur la base de l'expérience, un volume unitaire ouvert de moins de dix litres est généralement considéré comme non dangereux.

⁵ Une **source d'ignition** est dite **efficace** lorsqu'elle peut fournir à l'atmosphère explosible une énergie suffisante pour que la combustion se poursuive par elle-même.

⁶ Les brochures de l'Association internationale de la sécurité sociale (AISS) peuvent être commandées à la Suva, service clientèle central, case postale, 6002 Lucerne.

⁷ Une **substance combustible** est une substance sous forme de gaz, de vapeur, de liquide, de solide ou de leurs mélanges, capable de produire une réaction exothermique avec l'air après inflammation

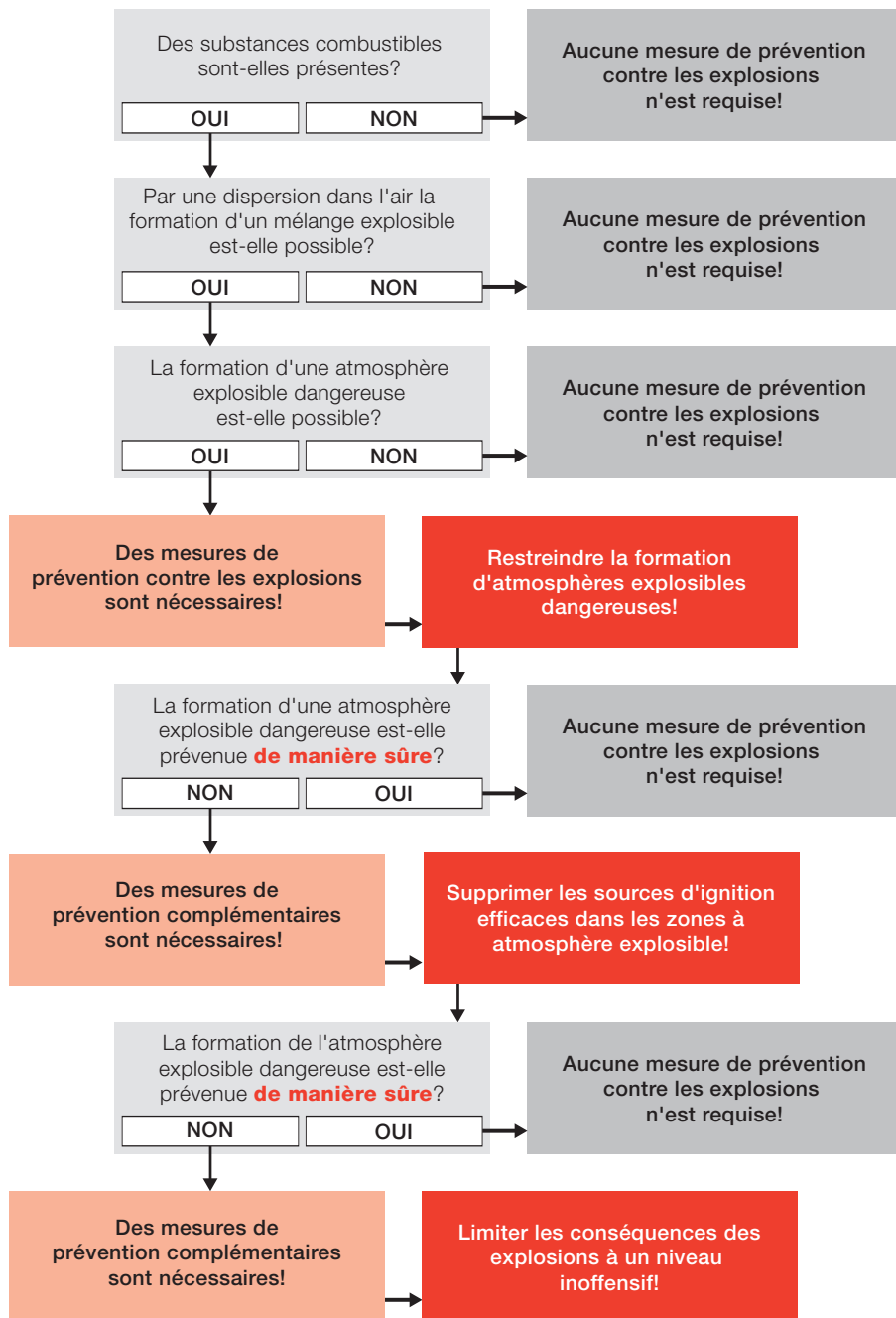


Fig. 1: schéma d'évaluation pour la prévention des explosions.

Prévention des explosions (empêcher une explosion)

Les mesures de prévention des explosions, c.-à-d. empêcher la formation d'une atmosphère explosible et éviter son ignition, ne peuvent pas être choisies librement. Les mesures qui visent à empêcher la formation d'une atmosphère explosible sont, par principe, prioritaires par rapport à toutes les autres mesures de prévention des explosions; dans le cas idéal, il est ainsi possible soit d'empêcher totalement la formation d'une atmosphère explosible, soit au moins de la réduire à un niveau qui ne présente pas de danger. Les mesures qui visent à éliminer les sources d'ignition efficaces sont en principe des mesures auxiliaires et elles doivent toujours être appliquées.

En tant que **mesure unique, l'élimination des sources d'ignition efficaces** n'offre en général pas **une sécurité suffisante** au niveau pratique. Des mesures de prévention additionnelles sont donc généralement nécessaires.

On ne peut renoncer aux mesures d'élimination des sources d'ignition efficaces que dans les cas où les mesures qui visent à empêcher ou limiter la formation d'une atmosphère explosible dangereuse

- **sont efficaces et**
- **sont surveillées** (p. ex. détecteurs de flux dans les canaux d'aération avec verrouillage de l'alimentation en combustible).

Mesures constructives pour la prévention des explosions

En plus des mesures de prévention des explosions qui visent à empêcher la formation d'atmosphères explosibles et à éliminer les sources d'ignition efficaces, l'objectif peut également être atteint par le mode de construction et/ou l'équipement des installations de production.

Art. 3 ATEX 137

Aux fins de la prévention des explosions et de la protection contre celles-ci, l'employeur prend les mesures techniques et/ou organisationnelles appropriées au type d'exploitation, par ordre de priorité et sur la base des principes suivants:

- empêcher la formation d'atmosphères explosives ou, si la nature de l'activité ne le permet pas,
- éviter l'ignition d'atmosphères explosives et
- atténuer les effets nuisibles d'une explosion dans l'intérêt de la santé et de la sécurité des travailleurs.

Au besoin, ces mesures sont combinées avec des mesures contre la propagation des explosions et/ou complétées par de telles mesures; elles font l'objet d'un examen périodique et, en tout état de cause, sont réexaminées chaque fois que des changements importants se produisent.

Les mesures qui réduisent les conséquences d’une explosion à un niveau inoffensif sont désignées comme des mesures constructives de prévention.

La combinaison de mesures de prévention et de mesures constructives peut être judicieuse, voire même être une exigence dans la pratique. Les mesures techniques doivent toujours être accompagnées de mesures organisationnelles et, si nécessaire, de mesures constructives.

1.2 Mesures de prévention des explosions selon ATEX 95 et ATEX 137

Afin de déterminer quelles sont les mesures adéquates, un **concept de prévention des explosions** doit être élaboré dans chaque cas spécifique. Les résultats doivent être consignés dans un **document relatif à la protection contre les explosions** (cf. point 6.1).

Les **mesures de prévention des explosions** doivent être appliquées de manière conséquente

- aux équipements de travail⁸ et
- au poste de travail et à son environnement (fig. 2).

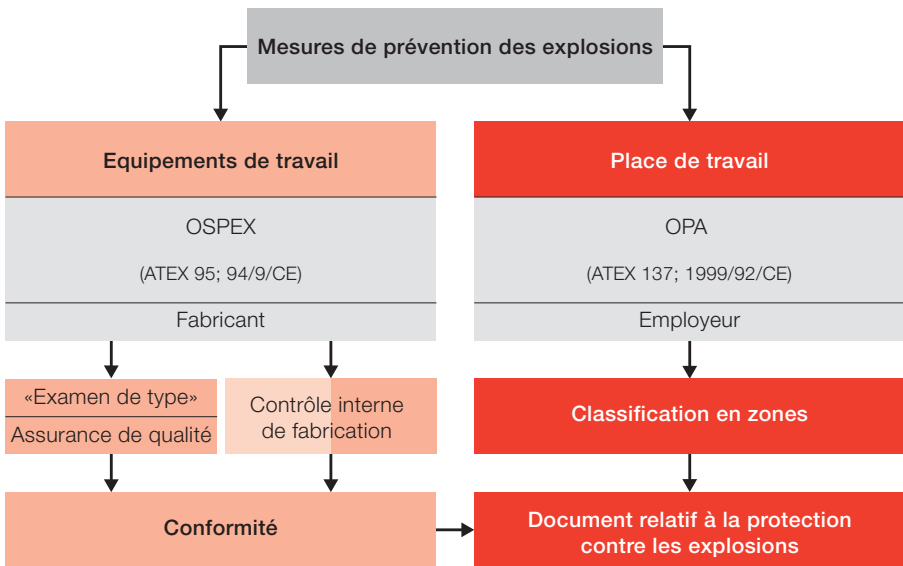


Fig. 2: principes de base pour les mesures de prévention des explosions applicables aux équipements de travail et au poste de travail.

- Les **équipements de travail** utilisés dans les zones soumises à un risque d'explosion⁹ doivent satisfaire aux exigences de l'Ordonnance sur les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible (OSPEX¹⁰). (Pour les équipements qui ne sont pas soumis à l'OSPEX, les dispositions de la directive 98/37/CE concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux machines sont applicables si nécessaire.)

L'OSPEX est la transposition suisse de la directive 94/9/CE sur les «appareils¹¹ et les systèmes de protection¹² destinés à être utilisés en atmosphères explosibles» (nommée ATEX 95). Cette directive définit les exigences auxquelles doivent satisfaire les produits, et a pour but d'augmenter la sécurité des produits et de diminuer les obstacles commerciaux à leur circulation. Des variantes nationales sont autorisées. Le fabricant est responsable de la conformité aux dispositions de l'OSPEX. Par la **déclaration de conformité**, le fabricant atteste que son matériel satisfait aux exigences définies dans l'ordonnance.

En plus de la déclaration de conformité, le fabricant doit également fournir une **notice d'instructions**. Cette notice doit contenir des indications pour la mise en service et pour l'entretien, telles que:

- instructions pour les conditions de service normales, y compris mise en marche et arrêt
- instructions pour l'entretien systématique, y compris les mesures de sécurité lors de l'ouverture des appareils et installations
- instructions pour les opérations de nettoyage nécessaires, y compris l'élimination des poussières et les procédés de travail les plus sûrs

⁸ Les **équipements de travail** sont les machines, installations, appareils et outils utilisés au travail. Cette définition englobe également les installations et appareils techniques (IAT) qui ne sont pas directement utilisés pour travailler, mais qui appartiennent à l'environnement de travail (p. ex. ventilation, chauffage, éclairage) ainsi que les équipements de protection individuelle (EPI).

⁹ La **zone soumise à un risque d'explosion** est la zone dans laquelle, au vu des conditions du lieu et de l'exploitation, une atmosphère explosible peut se former.

¹⁰ OSPEX: Ordonnance du Conseil fédéral du 2 mars 1998 sur les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (RS 734.6), à commander à l'Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL), diffusion des publications, 3003 Berne.

¹¹ Sont considérés comme **appareils** les machines, les matériels, les dispositifs fixes ou mobiles, les organes de commande, l'instrumentation et les systèmes de détection et de prévention qui, seuls ou combinés, sont destinés à la production, au transport, au stockage, à la mesure, à la régulation, à la conversion d'énergie ou à la transformation de matériaux et qui, par les sources potentielles d'ignition qui leur sont propres, peuvent provoquer une explosion.

¹² Sont considérés comme **systèmes de protection** les dispositifs qui stoppent immédiatement les explosions ou qui doivent limiter les zones touchées par une explosion, et qui peuvent être mis séparément sur le marché comme systèmes à fonction autonome.

- instructions pour la reconnaissance des défauts et la prise des mesures correctives adéquates
- données relatives aux risques exigeant des mesures particulières, p. ex. informations sur les possibilités de formation d’atmosphère explosible, afin d’éviter que le personnel de service ou d’autres personnes ne constituent des sources d’ignition
- instructions pour le contrôle des appareils et des installations après déclenchement des mesures de sécurité.

■ **L’employeur** est responsable de la mise en application des mesures de prévention des explosions au **poste de travail** et dans son environnement, conformément à «l’Ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles» (OPA) (p. ex. répartition en zones, cf. point 3.2, et document relatif à la prévention des explosions, cf. point 6.1). La directive européenne 1999/92/CE (nommée ATEX 137) définit les exigences minimales à appliquer en vue d’améliorer la protection de la santé et la sécurité des employé(e)s. Chaque Etat peut en outre édicter des prescriptions supplémentaires.

1.3 Données techniques de sécurité

Pour la mise en application desdites mesures de prévention, il est nécessaire de connaître les données techniques de sécurité des substances combustibles utilisées.

Les substances combustibles sont considérées comme des substances pouvant donner lieu à la formation d’une atmosphère explosible, à moins qu’il ne soit avéré, après examen de leurs propriétés, qu’elles ne sont pas en mesure de propager par elles-mêmes une explosion lorsqu’elles sont mélangées avec l’air.

Les données techniques les plus importantes peuvent être tirées des **fiches de données de sécurité**, de la publication Suva «Caractéristiques de liquides et gaz» (référence Suva 1469.f) ou du rapport BIA¹³ «Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben». Pour de plus amples informations quant aux données techniques de sécurité et aux dispositions correspondantes, voir les publications suivantes:

- «Tests de sécurité pour produits chimiques»¹⁴ (CESICS, cahier 1)
- «Determination of the Combustion and Explosion Characteristics of Dust»¹⁵ (Brochure AISS N° 2018)

En présence de mélanges de liquides inflammables, les données techniques de sécurité de chacun des composants ne peuvent être utilisées seules pour fonder l'évaluation du danger d'explosion. Il faut, dans un tel cas, accorder une importance particulière à l'abaissement des valeurs causé par le mélange (abaissement du point d'éclair).

Pour la définition des diverses mesures de prévention, les données techniques pertinentes correspondantes doivent être connues.

1.4 Installations de mesure et de régulation

Les mesures constructives et de prévention des explosions décrites ci-dessous peuvent être mises en application, ou contrôlées, par le recours à des installations de mesure et de régulation. Ceci implique que des mesures de régulation des processus peuvent être appliquées pour les trois principes fondamentaux de la prévention des explosions:

- empêcher l'atmosphère explosible
- éliminer les sources d'ignition efficaces
- limiter les conséquences d'une explosion.

La **fiabilité** requise des systèmes de surveillance et de régulation est déterminée par l'estimation du risque, correspondant à la probabilité de formation d'une atmosphère explosible, à la probabilité de présence d'une source d'ignition efficace, et à l'étendue des dommages.

Les installations de mesure et de régulation peuvent déclencher une alarme et/ou un **arrêt automatique**, ou lancer d'autres fonctions d'urgence. La conception et l'importance du système, p. ex. dispositions «Failsafe»¹⁶ – ou degré de redondance¹⁷, ainsi que les mesures déclenchées par ce dernier dépendent de l'appréciation du risque.

¹³ Le rapport BIA «Brenn- und Explosionskenngrössen von Stäuben» peut être commandé auprès de: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Alte Heerstrasse 111, D-53757 Sankt Augustin.

¹⁴ Ces publications de la Commission des Experts pour la Sécurité dans l'Industrie Chimique en Suisse (CESICS) peuvent être commandées à la Suva, secteur chimie, case postale, 6002 Lucerne.

¹⁵ Les brochures de l'Association internationale de la sécurité sociale (AISS) peuvent être commandées à la Suva, service clientèle central, case postale, 6002 Lucerne.

¹⁶ Le comportement **Failsafe** (comportement aux fins de sécurité) signifie que la défaillance d'éléments d'installation doit être prise en compte dans le concept de sécurité de manière à ce que l'installation passe obligatoirement en position de sécurité.

¹⁷ Lors de conception redondante d'un système (**redondance**), des moyens techniques additionnels indépendants sont prêts à fonctionner sans qu'ils ne soient nécessaires pour la seule exécution de la fonction.

1.5 Mesures d'urgence

Dans le cas où les processus ne se déroulent pas comme prévu, ainsi que pour la prévention des explosions, des mesures d'urgence particulières peuvent être exigibles, p. ex.:

- arrêt d'urgence de tout ou partie de l'installation
- interruption des flux de matière entre les parties de l'installation
- remplissage de parties de l'installation, p. ex. avec de l'azote ou de l'eau.

Un nombre suffisant **d'installations d'extinction et de refroidissement**, telles que extincteurs portatifs, postes incendie, hydrantes intérieures ou installations d'extinction fixes, doivent être posées aux endroits adéquats. Ces endroits doivent être signalisés. Les installations d'extinction et de refroidissement doivent pouvoir être actionnées à partir d'endroits appropriés, aisément accessibles également en cas d'incendie. Lorsque les circonstances l'exigent, des installations de détection d'incendie, des installations sprinklers ou des installations de détection de gaz doivent être posées conformément à la «Norme de protection incendie»¹⁸ de l'AEAI.

Pour les mesures techniques de protection contre l'incendie qui doivent être appliquées à la construction et au montage de machines, la norme CEN «Sécurité des machines – Prévention et protection contre l'incendie»¹⁹ (EN 13478) est applicable.

1.6 Mesures en matière de construction des locaux

Par des mesures architecturales, il est possible, d'une part, de limiter les mises en danger dues aux explosions et, d'autre part, de limiter les effets d'une explosion, p. ex. sur le bâtiment.

Exemples de mesures architecturales destinées à augmenter la sécurité:

- construire en **compartiments coupe-feu**²⁰ les locaux dans lesquels se trouvent des zones dangereuses
- **prendre des mesures pour retenir** les écoulements de liquides et les empêcher de s'infiltrer dans les locaux voisins, les canalisations, etc.
- **rendre étanches les passages** de câbles, tuyaux, récipients, etc. sortant des zones soumises à un danger d'explosion, de manière à empêcher que les gaz, les liquides inflammables ou leurs vapeurs, ainsi que les poussières ne se répandent
- poser des siphons aux entrées des canaux (p. ex. évacuation des eaux au sol) dans les locaux soumis à un danger d'explosion

- séparer les parties d'installations dangereuses, p. ex. stations de remplissage pour liquides inflammables, locaux des pompes, stations de compression, des parties moins dangereuses, telles que les locaux de stockage
- séparer les parties d'installations qui produisent des poussières, p. ex. ensacheuses, postes de transbordement de tapis roulants, des parties d'installations fermées, p. ex. à l'aide de parois de séparation
- remplacer les parois rugueuses par des surfaces lisses et supprimer les surfaces horizontales inutiles afin d'éviter les accumulations de poussières
- définir des distances de sécurité jusqu'aux objets voisins
- garantir des voies d'évacuation permettant de quitter les lieux en sécurité.

1.7 Effets possibles d'une explosion

Les flammes qui se propagent dans une atmosphère explosible peuvent prendre un volume jusqu'à dix fois plus important que celui de l'atmosphère explosible avant son ignition. Lors de l'expansion dans une direction, il faut donc s'attendre à des jets de flammes d'une longueur correspondante.

Une explosion peut également entraîner des dommages aux alentours, en libérant des matières combustibles ou d'autres matières dangereuses et, le cas échéant, en enflammant celles-ci.

En cas d'explosion, il faut tenir compte de ses effets possibles, p. ex.:

- flammes
- rayonnement thermique
- souffle
- projections
- libération de matières dangereuses.

¹⁸ La Norme de protection incendie peut être demandée à l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI), Bundesgasse 20, case postale 4081, 3001 Berne.

¹⁹ Les normes CEN peuvent être commandées à: Centre suisse d'information pour les règles techniques (switec), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur

²⁰ Les **compartiments coupe-feu** sont des parties de bâtiments séparées par des parois et plafonds résistant suffisamment au feu (cf. notamment les Directives de protection incendie de l'AEAI: «Matériaux et parties de construction», «Voies d'évacuation et d'intervention», «Distances de sécurité – Compartiments coupe-feu», à commander à l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI), Bundesgasse 20, case postale 4081, 3001 Berne).

Les effets dépendent:

- des propriétés chimiques, toxiques et physiques des substances libérées et des produits de combustion
- de la quantité et du confinement de l'atmosphère explosible
- de la géométrie de l'environnement
- de la solidité des constructions, des installations et des bâtiments
- de l'équipement de protection porté par le personnel soumis au danger
- des propriétés physiques des objets soumis au danger.

Une évaluation des dommages corporels ou matériels potentiels et des dimensions de la zone touchée est donc spécifique à chaque cas envisagé.

Dans le cas d'installations contenant une grande quantité de substances inflammables ou présentant un risque élevé, il est nécessaire d'appliquer les dispositions de l'«Ordonnance sur les accidents majeurs» (OPAM²¹).

²¹ OPAM: Ordonnance du Conseil fédéral du 27 février 1991 sur la protection contre les accidents majeurs (RS 814.012), à commander auprès de: Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL), diffusion des publications, 3003 Berne.

2 Mesures qui empêchent ou restreignent la formation d'atmosphères explosibles dangereuses

La formation d'atmosphères explosibles dangereuses dépend des facteurs suivants:

- présence d'une **substance combustible**
- **degré de dispersion**²² de la substance combustible (dans le cas de brouillards ou de poussières, une atmosphère explosible peut être produite si les gouttelettes ou les particules sont de dimension inférieure à 0,5 mm; dans le cas de substances sous forme de gaz ou de vapeur, le degré de dispersion est suffisant en raison de la nature même de la substance)
- concentration de la substance combustible dans l'air comprise dans le **domaine d'explosibilité**²³
- présence d'une **atmosphère explosible en quantité** telle qu'elle entraîne des dommages en cas d'ignition.

Lorsqu'il faut s'attendre à la formation d'une atmosphère explosible, il est possible de prendre des mesures de prévention qui empêchent ou limitent la formation d'une telle atmosphère:

- **remplacement** des liquides facilement inflammables²⁴, des gaz ou des poussières inflammables par des substances incapables de produire une atmosphère explosible
- **limitation des concentrations** à l'intérieur des appareils de manière à ce que les matières inflammables soient maintenues à des concentrations hors du domaine d'explosibilité
- **inertage** du volume des appareils de manière à ce que la concentration en oxygène soit inférieure à la valeur critique
- **diminution de la pression** qui abaisse le danger d'explosion, de manière à ce qu'aucune explosion ne puisse plus se produire, ou que la pression d'explosion maximale (cf. point 4) soit réduite

²² Le **degré de dispersion** correspond à la dimension des particules les plus fines d'une substance combustible en suspension dans l'air.

²³ Le **domaine d'explosibilité** est celui dans lequel la concentration d'une substance combustible dans l'air est telle qu'une explosion peut avoir lieu.

²⁴ Les **liquides facilement inflammables** sont des liquides inflammables dont le point d'éclair est inférieur à 30 °C.

- **utilisation de systèmes fermés** qui empêchent la formation d'atmosphère explosible en dehors des installations
- **mesures de ventilation** qui empêchent ou limitent la formation d'une atmosphère explosible
- **surveillance des concentrations** à proximité des installations au moyen de détecteurs de gaz qui, le cas échéant, mettent automatiquement en œuvre d'autres mesures de protection
- **élimination des dépôts de poussières** pour éviter la formation d'atmosphère explosible par dispersion de ces poussières dans l'air.

2.1 Remplacement

Il est souvent possible de remplacer une substance inflammable par une autre **incapable d'engendrer une atmosphère explosible**. Parmi les diverses possibilités, on peut considérer:

- les solutions aqueuses
- les hydrocarbures halogénés ininflammables
- les solvants ou mélanges avec point d'éclair²⁵ supérieur à 30 °C et/ou point d'éclair suffisamment supérieur à la température de travail, soit 15 °C pour les mélanges et 5 °C pour les liquides purs. Les installations dans lesquelles des liquides inflammables sont chauffés doivent être munies d'un élément de sécurité à fonctionnement indépendant de la commande de température (p. ex. déclencheur thermique avec arrêt automatique du chauffage), élément qui empêche de manière contraignante le dépassement de la température maximum admissible. On remarquera cependant que le critère du point d'éclair n'est pas applicable pour les liquides inflammables sous forme de brouillard (aérosols) car ils sont capables d'exploser même à des températures inférieures au point d'éclair
- les matières de remplissage incombustibles
- les matériaux peu poussiéreux, à gros grains (veiller toutefois à une possible abrasion)
- les produits pâteux, ainsi que l'humidification de la poussière de manière à empêcher sa mise en suspension dans l'air.

2.2 Limitation des concentrations

Si la **concentration** doit être maintenue **au-dessous de la limite inférieure d'explosibilité**, alors la **température du liquide** doit se situer à **au moins 15 °C au-dessous du point d'éclair pour les mélanges, et à**

au moins 5 °C au-dessous du point d'éclair pour les liquides inflammables purs.

A l'intérieur des appareils, le fait de **limiter la concentration de vapeurs à un niveau supérieur à la limite supérieure d'explosibilité**²⁶ doit être surveillée, car cette concentration traverse le **domaine d'explosibilité** lors de la mise en marche ou de l'arrêt de l'installation. La surveillance, p. ex. au moyen d'installations de détection de gaz ou de contrôle de flux, doit être couplée à des alarmes, à d'autres systèmes de protection ou à des mesures d'urgence automatiques.

Le calcul des concentrations en vapeur sur la base de la tension de vapeur, p. ex. dans une installation de distillation, n'est pas fiable du fait que le mélange ne peut pas toujours être considéré comme homogène. Dans de grands réservoirs, la concentration peut varier en fonction de la distance à la surface du liquide et donc se trouver dans le domaine d'explosibilité.

Dans le cas des mélanges air-poussière, il n'est possible de travailler au-dessus ou au-dessous de la limite d'explosibilité que dans certains cas, parce qu'il est rare que les mélanges soient homogènes. Une humidification avec des liquides ininflammables peut empêcher la formation de nuages de poussières.

2.3 Inertage

On désigne par inertage l'ajout d'une substance inerte²⁷ pour empêcher la création d'une atmosphère explosible, p. ex. le remplacement partiel de l'oxygène atmosphérique par un gaz inerte dans un espace délimité. L'inertage par des gaz inertes consiste à diminuer la concentration d'oxygène atmosphérique afin que le mélange combustible-air-gaz inerte ne soit plus explosible.

²⁵ Le **point d'éclair** est la température la plus basse à partir de laquelle un échantillon de liquide inflammable chauffé selon les prescriptions dégage suffisamment de vapeurs pour former avec l'air ambiant un mélange qui s'enflamme momentanément à l'approche d'une flamme. (Les points d'éclair sont listés dans le document «Caractéristiques de liquides et de gaz», référence Suva 1469.f)

²⁶ Les **limites d'explosibilité** sont les limites du domaine d'explosibilité. La limite inférieure d'explosibilité (LIE) et la limite supérieure d'explosibilité (LSE) sont les limites inférieure et supérieure de la concentration d'une substance combustible dans un mélange de gaz, vapeurs, brouillards et/ou poussières avec de l'air, hors desquelles, après ignition, une flamme indépendante de la source d'ignition ne peut plus se propager par elle-même.

²⁷ Les **substances inertes** sont des substances peu réactives, qui dans des conditions normales ne participent pas aux réactions chimiques.

La concentration d'oxygène maximum admissible est déterminée par la concentration limite en oxygène²⁸ dont on soustrait une marge de sécurité. La plupart des mélanges combustibles ne sont plus inflammables lorsque, en conditions normales, la teneur de l'air en oxygène est inférieure à 8% (4% pour les mélanges hydrogène/air et monoxyde de carbone/air). Pour inertiser, on utilise généralement l'azote ou le dioxyde de carbone.

Le déplacement de l'oxygène se fait en deux étapes:

- 1 dégazage du récipient ou de l'installation avant sa mise en opération (p. ex. en y faisant le vide puis en le remplissant d'azote)
- 2 maintien, durant la mise en œuvre et/ou le processus de travail, de la valeur inférieure de concentration en oxygène atteinte durant le dégazage, par compensation des pertes de gaz inerte.

Pour contrôler que l'**inertage** dans les installations est suffisant ou pour le **surveiller**, on peut p. ex. mesurer la concentration en oxygène pour autant qu'elle ne soit pas déjà garantie par les conditions du procédé.

Les méthodes et moyens utilisables pour empêcher la formation de mélanges explosibles de substances et d'air dans les installations de production chimique sont décrits, p. ex., dans la publication «Inertisierung»²⁹ (Cahier 3 de la CESICS, non traduit).

2.4 Systèmes fermés

Lorsque les installations dans lesquelles sont traités des produits inflammables sont construites comme des systèmes fermés, elles présentent l'avantage d'éviter que **des gaz, des vapeurs ou des poussières ne s'en échappent, et que presque aucune poussière combustible ne se disperse dans l'espace environnant.**

Ceci peut être réalisé par les mesures suivantes:

- addition dosée par le biais de tuyaux
- récupération des gaz
- équilibrage de pression à l'extérieur et en un lieu ne présentant aucun risque
- remplissage et vidage par système d'écluses ou de sas
- conduites soudées en continu
- appareils techniquement étanches à long terme.

Pour diminuer les taux de fuite et empêcher la propagation de substances combustibles, il est, p. ex., possible de prendre les mesures suivantes:

- limiter le nombre et les dimensions des éléments de liaison démontables à un minimum
- assurer l'intégrité des conduites, p. ex. par une protection ou par un agencement spatial adéquats contre les effets mécaniques et les influences thermiques trop importants
- limiter les conduites flexibles à un minimum.

Sont p. ex. considérées comme des joints garantissant une étanchéité permanente les brides à emboîtement double, les brides à emboîtement simple, les brides à lèvres soudées. Les joints garantissant une étanchéité permanente doivent être mentionnés dans le document relatif à la protection contre les explosions (cf. point 6.1) s'il n'est pas possible de déterminer des zones autour de ceux-ci (cf. point 3.2).

Avant la première mise en service ainsi qu'après une longue interruption de production, ou après des modifications ou des opérations de maintenance importantes, l'étanchéité des installations doit être contrôlée au moyen de méthodes appropriées.

Dans la mesure où des installations qui ont été conçues comme des systèmes fermés constituent un danger en fonctionnement ouvert, il faut s'assurer, p. ex. au moyen de dispositifs de verrouillage, qu'elles ne peuvent être utilisées que fermées.

2.5 Ventilation

Les mesures de ventilation permettent de limiter la formation d'atmosphère explosible aux alentours des installations et appareils, et de restreindre ainsi la zone menacée par un risque d'explosion.

La conception d'une ventilation efficace dépend en premier lieu de la probabilité de présence et de l'importance de la source, ainsi que des propriétés des gaz, liquides ou poussières combustibles impliqués.

²⁸ La **concentration limite en oxygène**, déterminée dans des conditions de test spécifiées, est la concentration maximale en oxygène, dans un mélange de substance combustible avec de l'air et un gaz inerte, à laquelle il ne se produit pas d'explosion.

²⁹ Les publications de la Commission des Experts pour la Sécurité dans l'Industrie Chimique en Suisse (CESICS) peuvent être commandées à la Suva, secteur chimie, case postale, 6002 Lucerne.

La ventilation peut s'effectuer de diverses manières:

- aération naturelle
- aération artificielle: ventilation des locaux ou aspiration à la source.

Une **aération artificielle** est indispensable dans les situations suivantes:

- lors d'emploi, transformation ou manipulation **en système ouvert** de substances combustibles susceptibles de former une atmosphère explosible
- lors d'entreposage de liquides inflammables de point d'éclair inférieur à 30 °C, et de gaz combustibles plus lourds que l'air, en sous-sol ou dans des locaux fermés.

La ventilation artificielle est exigée, car elle assure un flux d'air plus grand et plus continu ainsi qu'une direction du déplacement d'air mieux contrôlée que ne peut le faire une aération naturelle. On trouvera des exemples pour le calcul des valeurs de ventilation dans l'annexe B de EN 60079-10³⁰ (Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 10: Classement des régions dangereuses).

En règle générale, on préférera une aspiration sur le lieu de formation du mélange à la ventilation artificielle des locaux, car elle est plus efficace et moins coûteuse. Dans le cas des poussières, les mesures de ventilation ne permettent une protection suffisante que si la poussière est aspirée à la source et si, de plus, les accumulations de poussières dangereuses sont évitées. Il faut encore remarquer que la vitesse de l'air diminue rapidement lorsqu'augmente la distance jusqu'à la bouche d'aspiration. A une distance de la bouche d'aspiration égale au diamètre de cette bouche, la vitesse de l'air n'atteint plus que quelques pour cent de celle obtenue à l'intérieur du tuyau d'aspiration.

Les mesures d'aération et de ventilation appliquées en vue de protéger la santé du personnel remplissent souvent aussi les conditions nécessaires à la prévention des explosions.

Les vapeurs de liquides inflammables et les gaz plus lourds que l'air doivent être aspirés le plus près possible du point d'émanation ou aussi près que possible du sol. Les gaz plus légers que l'air (p. ex. hydrogène et méthane) doivent être aspirés par des ouvertures de ventilation situées à proximité du plafond.

La séparation des constituants d'un mélange en fractions lourdes et légères sur la seule base de la force de gravité n'est pas possible. Les vapeurs

lourdes tombent et se répandent. Elles peuvent également se propager sur de grandes distances et s'enflammer en un lieu éloigné.

L'aspiration au moyen d'un ventilateur d'évacuation doit être préférée à la pulsion d'air, car, en règle générale, seule l'aspiration assure l'évacuation de l'air vicié sans danger.

Le dimensionnement de l'installation de ventilation (c.-à-d. des flux d'amenée et d'évacuation d'air) doit permettre d'éviter qu'une atmosphère explosive ne se propage à une zone voisine non soumise au danger d'explosion, p. ex. par dépression.

Pour l'aération des locaux, en particulier dans le cas d'aération naturelle, les ouvertures d'amenée et d'évacuation d'air doivent être disposées de manière à créer un courant à travers le local.

L'air aspiré doit être évacué sans danger; s'il est conduit dans une installation de combustion, des mesures adéquates doivent être prises pour empêcher tout risque d'ignition non contrôlé, p. ex. découplage technique des systèmes en cas d'explosion (cf. point 4.4). Si l'air évacué est vicié, il faut respecter les dispositions de l'Ordonnance sur la protection de l'air³¹.

Si l'air vicié est aspiré au moyen de ventilateurs hors d'une zone soumise au danger d'explosion, des mesures doivent être prises dans et sur les ventilateurs, en fonction des zones présentes (cf. point 3.2), pour contrer le danger d'ignition.

2.6 Surveillance des concentrations

La surveillance des concentrations à proximité des appareils et autres installations au moyen de détecteurs de gaz qui déclenchent automatiquement des mesures de protection additionnelles permet de restreindre la zone soumise à un risque d'explosion.

Lors de l'installation, à cette fin, d'une installation de détection de gaz, certaines conditions doivent être remplies:

- il est indispensable de connaître le risque présenté par la partie d'une installation à surveiller afin de choisir le détecteur de gaz adéquat

³⁰ La norme IEC/EN 60079-10 peut être obtenue auprès de l'IEC (www.iec.ch) ou de electrosuisse, Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf.

³¹ L'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) du 16 décembre 1985 (RS 814.318.142.1) peut être obtenue auprès de: Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL), diffusion des publications, 3003 Berne.

- **l'installation de détection de gaz doit toujours déclencher automatiquement d'autres circuits ou mesures de protection telles que la mise hors service de sources d'ignition, une ventilation tempête, un arrêt sécurisé de l'installation ou d'autres mesures similaires**
- en cas d'atteinte du seuil d'alarme (p. ex. 10 % de la limite inférieure d'explosibilité LIE), lors de dérangements ainsi qu'en cas de panne du détecteur de gaz, les mesures de protection doivent s'enclencher automatiquement
- le temps de réponse du système (temps écoulé jusqu'à ce que les mesures de protection soient efficaces) doit être suffisamment bref pour qu'aucune ignition ne soit possible
- la concentration à laquelle doit réagir le détecteur de gaz doit être fixée suffisamment bas. La santé des personnes occupant le local ne doit en aucun cas être mise en danger par suite du choix d'un seuil de concentration d'alarme trop élevé
- aux endroits où l'on peut s'attendre à la formation d'une atmosphère explosible, des détecteurs doivent être placés en nombre suffisant
- l'installation de détection de gaz doit faire l'objet d'une maintenance régulière effectuée par des spécialistes; il faut notamment contrôler la validité du seuil de concentration et le fonctionnement des mises hors circuit ou des mesures de protection (mesures d'urgence) automatiques
- les dispositifs complémentaires de protection doivent en tout temps pouvoir être mis en service manuellement.

Il faut en outre appliquer les dispositions de la directive de protection incendie de l'AEAI «Installations de détection de gaz»³².

2.7 Eviter les accumulations de poussières

Pour **empêcher** la formation d'une atmosphère explosible par dispersion de **dépôts de poussières**, les équipements de travail ainsi que l'environnement de travail doivent être conçus de manière à prévenir les dépôts de poussières combustibles. Ceci peut être réalisé comme suit:

- habiller les éléments de construction
- incliner les surfaces de dépôt inévitables
- utiliser des surfaces lisses sur lesquelles la poussière ne s'accroche pas, et qui sont faciles à nettoyer

³² La directive de protection incendie «Installations de détection de gaz» peut être obtenue auprès de l'Association des Etablissements d'Assurance Incendie (AEAI), Bundesgasse 20, case postale 4081, 3001 Berne.

- concevoir les installations d'alimentation et les séparateurs de poussière selon les principes de la dynamique des fluides, en tenant particulièrement compte du passage dans les conduites, de la vitesse d'écoulement et de la rugosité des surfaces.

3 Mesures qui empêchent l'ignition d'atmosphères explosibles dangereuses

Il n'est en règle générale pas possible d'empêcher complètement la formation d'atmosphères explosibles; parfois même, il n'est pas du tout possible de l'empêcher. Des **mesures** doivent donc être prises **afin d'éviter l'ignition d'atmosphères explosibles dangereuses**. La probabilité qu'une atmosphère explosible se forme permet d'estimer l'importance des mesures de protection à appliquer.

3.1 Emplacements où des atmosphères explosibles peuvent se présenter

Art. 7 ATEX 137

- (1) L'employeur subdivise en zones les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.
- (2) L'employeur s'assure que les mesures de prévention des explosions d'ordre technique et organisationnel soient appliquées dans les zones.
- (3) Si nécessaire, les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé et la sécurité des travailleurs sont signalés au niveau de leurs accès respectifs³³.

3.2 Zones

La classification en différentes zones constitue un outil pour la prévention des explosions. Cette classification permet d'identifier les emplacements dans lesquels les sources d'ignition efficaces doivent être empêchées, ainsi que la probabilité de la formation de mélanges explosibles lors de la fabrication, de la mise en œuvre, du traitement, du stockage, du transvasement et du transport de gaz et liquides inflammables ou de poussières combustibles.

Les matières suivantes peuvent donner lieu à la formation d'atmosphères explosibles:

- tous les gaz inflammables
- les liquides combustibles
 - dont le point d'éclair est inférieur à 30°C
 - qui sont chauffés au-dessus de leur point d'éclair ou
 - qui se présentent sous forme de brouillard

- les poussières combustibles formées de particules de taille inférieure à 0,5 mm.

On distingue les zones suivantes selon la

- **fréquence et la**
- **durée**

d'existence d'une atmosphère explosible:

■ Zones pour les gaz, vapeurs et brouillards combustibles

ANNEXE I/2 ATEX 137

Zone 0

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est présente en permanence, **pendant de longues périodes** ou fréquemment.

Zone 1

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se présenter **occasionnellement** en fonctionnement normal.

Zone 2

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que **de courte durée**.

■ Zones pour les poussières combustibles

ANNEXE I/2 ATEX 137

Zone 20

Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence, **pendant de longues périodes** ou fréquemment.

Zone 21

Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter **occasionnellement** en fonctionnement normal.

Zone 22

Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal, ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que **de courte durée**.

³³ Cette signalisation doit être réalisée au moyen d'un **panneau d'avertissement «Ex»** approprié (p. ex. référence Suva 1729/90).

Notes:

1. Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent être considérés comme toute autre source susceptible de former une atmosphère explosible.
2. Par «fonctionnement normal», on entend la situation où les installations sont utilisées conformément à leurs paramètres de conception.
3. Dans les zones 2 et 22, la présence d'une atmosphère explosible est peu probable. Elle peut cependant se présenter:
 - en **situation anormale** (p. ex. perturbations) ou
 - en **situation normale d'exploitation, rarement** (c.-à-d. seulement quelques fois par année)et ceci uniquement **pendant une courte durée**, c.-à-d. à chaque fois pendant moins de deux heures.

Remarques générales relatives à la classification en zones des emplacements présentant un risque d'explosion

Zone 0

L'intérieur des réservoirs, des installations, des appareils et des tuyaux est généralement classé zone 0.

Une zone ne peut être classée zone 0 que si les conditions d'un tel classement sont réellement satisfaites.

Zone 1

Sont en général considérés comme zone 1:

- l'environnement immédiat de la zone 0
- l'environnement immédiat des ouvertures d'alimentation
- le voisinage immédiat des équipements de remplissage et de vidange
- le voisinage immédiat des presse-étoupe dont l'étanchéité est insuffisante (p. ex. sur les pompes et les vannes)
- le voisinage immédiat des appareils qui peuvent se briser facilement.

La zone 1 peut être appliquée dans l'industrie chimique et pharmaceutique:

- dans les appareils et installations inertisés (selon les règles de la technique) (cf. point 2.3)
- dans les conduites et la robinetterie qui sont complètement remplies de liquides en fonctionnement normal.

Zone 2

Sont en général considérés comme zone 2:

- l'environnement immédiat des zones 0 ou 1
- l'environnement immédiat des soupapes de sécurité
- les locaux de stockage de liquides et gaz inflammables en réservoirs fermés.

La zone 2 est appliquée dans les locaux de fabrication de l'industrie chimique et pharmaceutique, dans la mesure où les conditions suivantes sont remplies:

- la surveillance des installations est fiable.
- une installation de ventilation adaptée aux dérangements prévisibles est disponible.
- le travail y est effectué avec des appareillages fermés.

Zone 20

La classification en zone 20 doit en général être appliquée uniquement à l'intérieur des récipients, conduites, appareils, etc. Par «fréquemment», on entend «de manière prépondérante dans le temps».

Zone 21

La zone 21 comprend notamment les emplacements suivants:

- les appareils et installations inertisés (selon les règles de la technique) (cf. point 2.3)
- les emplacements situés à proximité immédiate des points de soutirage et de remplissage de matières pulvérulentes
- les emplacements dans lesquels apparaissent des dépôts de poussière qui, en fonctionnement normal, peuvent former une concentration explosible de poussières combustibles en mélange avec l'air.

Zone 22

Peuvent être notamment classés en zone 22 les emplacements situés à proximité d'appareils contenant de la poussière, appareils à partir desquels de la poussière peut s'échapper par des inétanchéités pour former des dépôts de poussières en quantités dangereuses.

La probabilité de présence d'une atmosphère explosible est mentionnée dans les définitions des diverses zones. La prochaine étape consiste à estimer l'étendue de l'emplacement dans lequel une atmosphère explosible peut se former. Pour ce faire, on se base surtout sur la source du danger, soit l'endroit où une atmosphère explosible peut exister ou se former.

Étendue de l'emplacement exposé au danger d'explosion

Les facteurs suivants doivent être pris en compte lors de la détermination de l'étendue de l'emplacement exposé au danger d'explosion (= distances, éloignement par rapport à la source potentielle du danger):

- **Quantité et comportement** prévisibles des gaz, vapeurs, brouillards et poussières prévisibles. Les points importants qui permettent d'estimer l'étendue de l'emplacement exposé au danger d'explosion sont p. ex.:
 - la quantité maximale susceptible de s'échapper
 - **l'intensité de la source**, p. ex. le volume déplacé par unité de temps lors du remplissage de réservoirs
 - la grandeur donnée ou prévisible de la **surface** d'évaporation d'un liquide facilement inflammable
 - la propagation des gaz et des vapeurs, en particulier en fonction de leur **densité**; toutes les vapeurs et tous les gaz sont plus denses que l'air et tendent par conséquent à se répandre sur le sol, à l'exception de l'acétylène, de l'ammoniac, de l'acide cyanhydrique, de l'éthylène, du monoxyde de carbone, du méthane et de l'hydrogène.

La limite inférieure déterminant la quantité dangereuse d'une atmosphère explosible est fixée à un volume de 10 litres.

■ Mesures qui restreignent la propagation d'une atmosphère explosible

Données relatives aux appareils et à la construction

En général, les éléments de construction tels que parois, écrans massifs (murs pare-feu) et bassins de rétention limitent l'emplacement exposé au danger d'explosion.

Les zones qualifiées de non dangereuses, telles que les vestibules et les cages d'escaliers, doivent être séparées des emplacements contigus exposés au danger d'explosion, p. ex. par des:

- sas
- portes à fermeture automatique
- clapets d'explosion ou clapets coupe-feu.

Les locaux abritant des appareils électriques et d'analyse ainsi que les locaux de contrôle (dans lesquels, en fonctionnement normal, des sources d'ignition apparaissent souvent), dont les accès se trouvent à proximité immédiate d'une zone 1, doivent être placés en surpression

avec un contrôle permanent raccordé à une alarme. Cette mesure doit ainsi permettre d'éviter que l'atmosphère explosible ne se propage dans des locaux contenant des appareils électriques et d'analyse (cf. également IEC 60079-13 «Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses - Partie 13: Construction et exploitation de salles ou bâtiments protégés par surpression interne»).

La limite entre un emplacement exposé au danger d'explosion et un emplacement non dangereux est dans la pratique le plus souvent dépendante des conditions de ventilation.

■ Autres facteurs

- température et pression des matières combustibles et de leur environnement
- thermique et diffusion
- organisation de l'entreprise.

Des exemples de classification en zones d'emplacements exposés au danger d'explosion sont énumérés en annexe.

Dans toutes les zones, il faut éliminer les sources d'ignition efficaces de toutes natures, ou prendre des mesures de protection qui empêchent tout danger d'ignition.

3.3 Elimination des sources d'ignition

Par principe, il faut avant tout **éviter ou éliminer les sources d'ignition** dans les zones à risque d'explosion. Lorsque ce n'est pas possible, d'autres mesures seront prises pour neutraliser les sources d'ignition ou du moins réduire leur efficacité potentielle.

Catégories d'appareils

Sauf dispositions contraires prévues par le document relatif à la protection contre les explosions (cf. point 6.1), fondé sur une estimation des risques, il convient d'utiliser dans tous les emplacements où des atmosphères explosibles peuvent se présenter des appareils et des systèmes de protection conformes aux groupes d'appareils³⁴ et aux catégories d'appareils selon OSPEX³⁵.

Les catégories du groupe d'appareils II sont définies de la manière suivante (cf. tableau 1):

- La **catégorie 1** comprend les appareils conçus pour fonctionner conformément aux paramètres opérationnels établis par le fabricant et assurer un **très haut niveau de protection**.

Les appareils de cette catégorie sont destinés à un environnement où règne constamment, ou pour une longue période, ou fréquemment une atmosphère explosible due au mélange de l'air avec des gaz, des vapeurs, des brouillards ou des poussières (zone 0 et zone 20).

Ces appareils devant assurer le niveau de sécurité requis, même en cas de **dérangement rare**, ils sont dotés de moyens de protection tels que:

- en cas de défaillance d'un des moyens de protection, le niveau de sécurité requis reste assuré par au moins un second moyen de protection indépendant, ou que
- en cas d'apparition de deux défauts indépendants, le niveau de sécurité requis reste assuré.

- La **catégorie 2** comprend les appareils conçus pour fonctionner conformément aux paramètres opérationnels établis par le fabricant et assurer un **haut niveau de protection**.

Les appareils de cette catégorie sont destinés à un environnement où il faut prévoir occasionnellement une atmosphère explosible dues à des gaz, des vapeurs, des brouillards ou au mélange d'air et de poussières (zone 1 et zone 2).

Les moyens dont sont dotés ces appareils assurent le niveau de sécurité requis, même en cas de dérangements fréquents ou de **défauts de fonctionnement dont il faut habituellement tenir compte**.

- La **catégorie 3** comprend les appareils conçus pour fonctionner conformément aux paramètres opérationnels établis par le fabricant et assurer un **niveau normal de protection**.

Les appareils de cette catégorie sont destinés à un environnement où il ne faut pas s'attendre à une atmosphère explosible due à des gaz, des vapeurs, des brouillards ou au mélange d'air et de poussières et où une

³⁴ Le **groupe d'appareils I** comprend les appareils destinés aux travaux souterrains dans les mines et aux parties de leurs installations de surface, susceptibles d'être mises en danger par le grisou ou des poussières combustibles.

Le **groupe d'appareils II** comprend les appareils destinés à être utilisés dans d'autres lieux susceptibles d'être mis en danger par des atmosphères explosibles.

³⁵ OSPEX (94/9/CE): Ordonnance du Conseil fédéral du 2 mars 1998 sur les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (RS 734.6), à commander à l'Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL), diffusion des publications, 3003 Berne.

telle atmosphère, si elle survient, ne subsistera que brièvement (zone 2 et zone 22).

Les appareils de cette catégorie assurent le niveau de protection requis en cas de fonctionnement normal.

Catégorie d'appareils	Utilisation dans les zones		Niveau de sécurité requis	Garantie de sécurité
	Gaz Vapeurs Brouillards	Poussières		
Catégorie 1	Zone 0 Zone 1 Zone 2	Zone 20 Zone 21 Zone 22	très élevé	même en cas de dérangements rares
Catégorie 2	Zone 1 Zone 2	Zone 21 Zone 22	élevé	en cas de dérangements prévisibles
Catégorie 3	Zone 2	Zone 22	normal	dans des conditions de fonctionnement normal

Tableau 1: appareils et systèmes de protection homologués du groupe d'appareils II.

Groupe d'appareils I: les **appareils des catégories M1 et M2** sont destinés aux travaux souterrains dans les mines et dans leurs installations de surface susceptibles d'être mises en danger par le grisou ou des poussières combustibles.

Note:

Une attestation d'examen de type est nécessaire pour:

- les appareils électriques des catégories 1 et 2
- les appareils non électriques de la catégorie 1.

Les catégories suivantes d'appareils, adaptés aux gaz, vapeurs et brouillards (G) ou poussières (D), doivent être utilisées dans les zones:

- dans la zone 0: catégorie d'appareils 1G
- dans la zone 1: catégorie d'appareils 2G ou 1G
- dans la zone 2: catégorie d'appareils 3G, 2G ou 1G
- dans la zone 20: catégorie d'appareils 1D
- dans la zone 21: catégorie d'appareils 2D ou 1D
- dans la zone 22: catégorie d'appareils 3D, 2D ou 1D.

Si les appareils ou les systèmes de protection sont utilisés hors des **conditions atmosphériques** (température: -20 à +60 °C et pression: 0,8 à

1,1 bar, selon les commentaires ATEX 95), l'exploitant doit procéder à une analyse des risques avant la mise en service (si aucune homologation du fabricant n'est disponible).

Sources d'ignition et mesures de protection

L'expérience a montré que, parmi les nombreuses sources d'ignition possibles, seules les suivantes sont importantes:

- **flammes**
- **surfaces chaudes**
- **équipements électriques**
- **électricité statique**
- **étincelles d'origine mécanique**
- **foudre**
- **réactions chimiques.**

Les appareils non électriques doivent satisfaire aux normes européennes en vigueur³⁶ (ou projets de norme) «Matériels non électriques pour utilisation en atmosphères explosibles», EN 13463-1 à EN 13463-8, (cf. point 7).

Flammes

Les flammes, également celles de très faibles dimensions, ainsi que les perles de soudage apparaissant lors de travaux de soudure ou de coupe³⁷, comptent parmi les sources d'ignition les plus efficaces.

De telles sources d'ignition sont interdites dans les zones 0 et 20; elles ne sont tolérées dans les zones 1, 2, 21 et 22 qu'à la condition que soient prises des mesures préventives spéciales d'ordre technique et organisationnel (p. ex. captage de particules incandescentes et systèmes avec flammes confinées). Lors de travaux générant des étincelles, une attention particulière sera accordée à la projection de matières incandescentes (selon la hauteur du poste de travail et la pression de l'oxygène utilisé pour l'oxycoupage).

Des flammes peuvent également apparaître lors de l'"éclatement" de feux couvants.

³⁶ Les normes CEN peuvent être commandées auprès du Centre suisse d'information pour les règles techniques (switec), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthour. Il faut à chaque fois prendre en compte la version actualisée des normes européennes.

³⁷ Les **perles de soudure** peuvent être considérées comme des étincelles de très grande surface.

Feu couvant

Des feux couvants peuvent être déclenchés, p. ex. dans les dépôts de poussière, par des perles de soudure, des étincelles lors de traitement mécanique ou par des surfaces chaudes.

Dans les secteurs menacés par des poussières, des mesures doivent être prises afin de prévenir les feux couvants (cf. également point 2.7), p. ex.:

- éliminer les dépôts de poussière avant le début de travaux générant des étincelles
- maintenir les surfaces humides
- utiliser des installations de détection des étincelles et d’extinction.

Surfaces chaudes

Outre les surfaces chaudes facilement reconnaissables telles que les corps de chauffe, les étuves et les serpentins de chauffe, des processus mécaniques (p. ex. freinage de chariots de manutention et de centrifugeuses, échauffement de pièces en mouvement à cause d’une lubrification insuffisante) ainsi que l’usinage par enlèvement de copeaux peuvent également conduire à la formation de surfaces chaudes dangereuses.

Dans les zones 1 et 2, la température de surface ne doit pas dépasser la température d’inflammation³⁸ des matériaux présents. Dans la zone 0, il faut de plus respecter une marge de sécurité de 20 % par rapport à la température d’inflammation, p. ex. si la température d’inflammation est de 200 °C, la température maximale de surface ne doit pas excéder 160 °C. Il faut en outre veiller au moyen de mesures adéquates, telles que limitation de la température de surface, à ce que, p. ex. le chauffage soit coupé avant d’atteindre la température d’inflammation.

Dans un objectif de simplification (en particulier pour les essais des équipements électriques), les températures d’inflammation des gaz et vapeurs sont réparties en différentes classes selon le tableau suivant:

Température d’inflammation du gaz ou de la vapeur (°C)	Température maximale de surface (valeurs limite)	Classe de température
plus de 450	450	T 1
300–450	300	T 2
200–300	200	T 3
135–200	135	T 4
100–135	100	T 5
85–100	85	T 6

Tableau 2: Classes de température

Lors de la classification en zones, la classe des gaz ou liquides inflammables appartenant aux classes de température T4, T5 et T6 doit être indiquée.

Dans les zones 20, 21 et 22, les températures de l'ensemble des surfaces qui peuvent entrer en contact avec des nuages de poussières ne doivent pas dépasser deux tiers de la température minimale d'inflammation du nuage de poussières³⁹. De plus, les températures des surfaces sur lesquelles peut se déposer de la poussière doivent présenter une marge de sécurité d'au moins 75 °C inférieure à la température minimale d'inflammation du dépôt⁴⁰ pouvant se former à partir de ladite poussière.

Les dépôts de poussières ont un effet isolant et empêchent de ce fait la dissipation de la chaleur dans l'environnement. Plus le dépôt de poussière est épais et plus la dissipation de chaleur est faible. Ce phénomène peut conduire à une accumulation de chaleur et provoquer une hausse supplémentaire de la température, jusqu'à atteindre une inflammation du dépôt de poussière. Les équipements électriques qui peuvent être utilisés en toute sécurité dans une atmosphère explosible gaz-air ne sont donc pas forcément adaptés au fonctionnement dans des secteurs soumis au danger d'explosion de poussières.

Equipements électriques

Dans le cas des appareils électriques, des étincelles électriques et des surfaces chaudes ainsi que des arcs électriques et des courants de fuite peuvent se former et constituer des sources d'ignition. Une basse tension (p. ex. inférieure à 50 V) n'assure que la protection des personnes mais ne constitue en aucun cas une mesure de protection contre les explosions.

³⁸ La **température d'inflammation** (température d'auto-inflammation d'un gaz ou d'un liquide inflammable) est la température la plus basse déterminée selon des directives d'essai standard, à laquelle un mélange inflammable vapeur-air ou gaz-air est capable de s'enflammer spontanément (cf. référence Suva 1469.f).

³⁹ La **température minimale d'inflammation d'un nuage de poussière** est la température la plus basse (déterminée dans des conditions d'essai standard) d'une surface chaude au contact de laquelle le mélange le plus facilement inflammable de cette poussière avec l'air s'enflamme.

⁴⁰ La **température minimale d'inflammation d'un dépôt de poussière** est la température la plus basse (déterminée dans des conditions d'essai standard), à laquelle le dépôt de poussière s'enflamme.

Les équipements électriques doivent être conçus, choisis, installés et entretenus conformément aux normes européennes en vigueur EN IEC 60079-14 «Installations électriques dans les emplacements dangereux (autres que les mines)» et EN IEC 60079-17 «Inspection et entretien des installations électriques dans les emplacements dangereux (autres que les mines)» (cf. point 7).

Dans les zones à risque d'explosion, on utilisera les équipements électriques protégés et signalés conformément aux normes pour les modes de protection suivants⁴²:

■ **EPL Ga⁴¹ ou 1G pour zone 0**

sécurité intrinsèque «ia»⁴³, encapsulage «ma» et combinaisons déterminées de modes de protection dont chacune remplit le critère EPL Gb conformément à la norme EN IEC 60079-26.

■ **EPL Gb ou 2G pour zone 1**

en sus: immersion dans l'huile «o», remplissage pulvérulent «q», enveloppe antidéflagrante «d»⁴³, sécurité intrinsèque «ib»⁴³, sécurité augmentée «e», encapsulage «mb» et surpression interne «p», «px» et «py».

■ **EPL Gc ou 3G pour zone 2**

en sus: équipements électriques ne générant pas d'étincelles «n» (nA, nC⁴³, nR et nL⁴³) sécurité intrinsèque «ic»⁴³, encapsulage «mc» et surpression interne «pz».

■ **EPL Da ou 1D pour zone 20⁴⁴**

sécurité intrinsèque «iaD», encapsulage «maD», protection par enveloppe «tD» ou IP 6X (mode de protection de l'enveloppe⁴⁵) avec limitation de la température de surface.

■ **EPL Db ou 2D pour zone 21⁴⁴**

en sus: sécurité intrinsèque «ibD», encapsulage «mbD», protection par surpression «pD» et protection par enveloppe «tD» ou IP 6X (p. ex. IP 65).

■ **EPL Dc ou 3D pour zone 22⁴⁴**

en sus: protection par enveloppe «tD» ou IP 5X (p. ex. IP 54), dans la mesure où la poussière n'est pas conductrice.

Les bâtiments et les installations comportant des zones à risque d'explosion doivent être reliés à un disjoncteur à courant de défaut FI. Dans le cas des installations chimiques, il faut, dans certaines conditions, renoncer à un disjoncteur à courant de défaut FI de manière à ce que l'installation reste dans un état sûr en cas d'arrêt intempestif ou de défaillance, ou qu'elle puisse être mise dans un état sûr au moyen de mesures appropriées.

Electricité statique

L'électricité statique se forme lors de **processus de contact/séparation de charges**. Des décharges (en étincelles, en couronne, en aigrette, glissante de surface et de cône) peuvent se produire, p. ex. lors de:

- transvasement, transport, brassage, pulvérisation, p. ex. d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, d'éther
- déplacement avec des chaussures isolantes sur un sol non-conducteur, p. ex. revêtu de matière synthétique
- transvasement, mise en suspension, écoulement de poudres ou de matières formant des poussières
- écoulement de suspensions ou de gaz, pollués par des matières solides ou des gouttelettes
- dévidage de rubans (rouleaux) de papier ou de matières synthétiques.

Dans les zones à risque d'explosion, il faut p. ex. prendre les mesures suivantes:

- éviter les matériaux et les objets à faible conductivité électrique
- **raccorder et mettre à la terre tous les éléments conducteurs**
- utiliser des récipients métalliques lors du transvasement de liquides facilement inflammables (les récipients en plastique pas suffisamment conducteurs sont autorisés jusqu'à un volume de 5 l)
- augmenter la conductivité électrique grâce à des additifs spéciaux afin d'abaisser la résistance spécifique au-dessous de $10^8 \Omega \cdot m$

⁴¹ EPL = Equipment Protection Level (niveau de protection des appareils) selon EN IEC 60079-0.

⁴² Le **mode de protection** est une mesure spécifique qui est utilisée sur les appareils pour éviter l'inflammation d'une atmosphère explosible environnante.

⁴³ Lors de l'utilisation d'appareils du mode de protection «i» et «d» (ainsi que «n» ou «o» pour certains appareils), il faut tenir compte des groupes d'explosion IIA, IIB et IIC correspondant à chaque gaz et vapeur inflammables.

⁴⁴ Les normes à appliquer sont celles de la IEC et du CENELEC relatives aux «Matériels électriques destinés à être utilisés en présence de poussières combustibles». L'état actuel des normes européennes est à chaque fois déterminant.

⁴⁵ Le **mode de protection de l'enveloppe (IP)** est une classification numérique de l'enveloppe des appareils, précédée du symbole «IP». La classification se fonde sur la norme EN 60529 relative à:
– la protection contre le contact d'éléments en mouvement à l'intérieur de l'enveloppe
– la protection de l'appareil contre la pénétration de corps étrangers solides
– la protection de l'appareil contre la pénétration nuisible de liquides ou de poussières.
Les codes IP conformes à la norme EN 60529 «Degrés de protection procurés par les enveloppes» peuvent être commandés auprès du Centre suisse d'information pour les règles techniques (switec), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur.

- maintenir une vitesse d'écoulement peu élevée, c.-à-d. en dessous de 1 m/s
- dans les zones 1 et 21, utiliser des revêtements de sols conducteurs (résistance d'isolement inférieure à $10^8 \Omega$) et porter des chaussures conductrices avec résistance d'isolement inférieure à $10^8 \Omega$, p. ex. lors du transvasement de liquides facilement inflammables. En règle générale, personne ne travaille dans les zones 0 et 20.

S'il n'est pas possible de prévenir de manière satisfaisante la formation d'électricité statique, des mesures supplémentaires doivent être prises pour empêcher ou limiter la formation d'une atmosphère explosible dangereuse (p. ex. inertage), ou bien il faut adopter des mesures constructives.

D'autres informations, méthodes, principes et règles pour la sécurité en entreprise sont disponibles dans les publications suivantes: «Statische Elektrizität»⁴⁶, Cahier 2 de la série de publication de la CESICS (non traduit), «Electricité statique – Risques d'inflammation et mesures de protection»⁴⁷, brochure n° 2017 de l'AISS et le CENELEC Report TR 50404:2003 «Static Electricity».

Étincelles d'origine mécanique

Il s'agit d'étincelles qui peuvent se former lors des processus suivants:

- frottement
- choc
- abrasion, p. ex. meulage.

A partir de matériaux compacts des éléments peuvent se détacher et la température de ces derniers peut s'élever en raison de l'énergie dégagée lors du processus de séparation. Si les particules (étincelles) sont constituées de substances oxydables, p. ex. fer ou acier, elles peuvent s'oxyder et atteindre ainsi des températures encore plus élevées.

Dans les zones 0 et 20, aucune étincelle ne doit se former par frottements, chocs ou abrasions.

Dans les zones 1 et 2, elles ne sont tolérées que lorsque des mesures techniques ou organisationnelles spéciales sont appliquées:

- les étincelles dues au frottement ou aux chocs peuvent être évitées efficacement par des combinaisons adéquates de matériaux (p. ex. métaux non ferreux ou légers, acier inoxydable)

- lors du meulage, un refroidissement à l'eau de la pièce meulée permet d'éviter les étincelles.

Outils pouvant être utilisés dans les zones

- Dans les zones 0 et 20, il est interdit d'utiliser des outils qui peuvent provoquer des étincelles.
- Les outils manuels en acier dont l'utilisation ne peut provoquer que des étincelles uniques (p. ex. clé plate, tournevis) peuvent être utilisés dans les zones 1, 2, 21 et 22.
- Les outils qui provoquent une gerbe d'étincelles ne peuvent être utilisés que si les conditions suivantes sont remplies:
 - dans les zones 1 et 2, s'il est garanti qu'il n'y a pas d'atmosphère explosible dangereuse au poste de travail
 - dans les zones 21 et 22, si le lieu de travail est protégé et si les dépôts de poussières ont été éliminés du lieu de travail, ou encore si le lieu de travail est maintenu à un niveau d'humidité tel que la poussière ne peut pas former de nuage ni provoquer de feu couvant.

Foudre

Les bâtiments et les installations comprenant des zones à risque d'explosion doivent être protégés par des mesures adaptées de protection contre la foudre conformément à la «Norme de protection incendie»⁴⁸ de l'AEAI, telles que p. ex. formation de «cage de Faraday» de manière à ce que toute surtension potentielle soit évacuée sans danger. Pour la construction des installations de protection contre la foudre, il faut prendre en compte les dispositions des «Recommandations concernant les installations de protection contre la foudre»⁴⁹ (SN 414022).

Réactions chimiques

Par réactions chimiques avec dégagement de chaleur (**réaction exothermique**) certaines substances peuvent s'échauffer et devenir des sources

⁴⁶ Les publications de la Commission des Experts pour la Sécurité dans l'Industrie Chimique en Suisse (CESICS) peuvent être commandées à la Suva, secteur chimie, case postale, 6002 Lucerne.

⁴⁷ Les brochures de l'Association internationale de la sécurité sociale (AISS) peuvent être commandées à la Suva, service clientèle central, case postale, 6002 Lucerne.

⁴⁸ La Norme de protection incendie peut être commandée auprès de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI) Bundesgasse 20, case postale 4081, 3001 Berne.

⁴⁹ Les Recommandations concernant les installations de protection contre la foudre peuvent être commandées auprès de electrosuisse, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf.

d'ignition. Cet auto-échauffement est possible lorsque la vitesse de production de chaleur est plus élevée que la dissipation de chaleur dans l'environnement. La vitesse de réaction peut augmenter du fait de la perturbation de la dissipation de chaleur ou de l'élévation de température, à un point tel que les conditions nécessaires à une ignition sont réunies. Outre d'autres paramètres, le rapport volume-surface du système réactif, la température ambiante et le temps de séjour sont déterminants. La température élevée peut conduire aussi bien à l'ignition de l'atmosphère explosible qu'à la formation de feu couvant et/ou d'incendies. Les substances inflammables pouvant se former lors de la réaction (p. ex. gaz ou vapeurs) peuvent elles-mêmes former à nouveau des atmosphères explosibles avec l'air ambiant et ainsi augmenter considérablement le danger de tels systèmes en tant que sources d'ignition.

Il faut par conséquent éviter au maximum dans toutes les zones les substances qui ont tendance à s'auto-enflammer. Lorsque de telles substances sont manipulées, les mesures de protection requises doivent être adaptées à chaque cas spécifique.

Parmi les mesures appropriées, il faut citer:

- la stabilisation
- l'amélioration de la dissipation de chaleur p. ex. par répartition des quantités de substances en plus petites unités ou par stockage dans des locaux intermédiaires
- la régulation de la température et de la pression
- la limitation des temps de séjour
- le stockage à plus basse température
- l'inertage.

Autres sources d'ignition

Pour de plus amples informations et connaître les mesures de protection appropriées pour prévenir les autres sources d'ignition efficaces (p. ex. courants vagabonds, ondes électromagnétiques, rayonnement ionisant, ultrasons et compression adiabatique), se référer à la norme européenne «Atmosphères explosives, Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion, Partie 1: Notions fondamentales et méthodologie»⁵⁰ (EN 1127-1).

Sources d'ignition mobiles

Les sources d'ignition mobiles ne peuvent être introduites dans des zones à risque d'explosion que lorsque, en se fondant sur une analyse du risque ou sur l'expérience acquise, il est possible d'assurer qu'**aucune atmosphère explosible ne peut s'y trouver simultanément**. Les appareils électroniques non protégés contre le risque d'explosion peuvent être introduits momentanément en zone 2, s'ils sont suffisamment protégés contre le bris. Les engins de manutention (p. ex. chariots élévateurs) autorisés pour la zone 2 ne doivent séjourner que pour une courte durée dans la zone 1 (entrer et sortir, p. ex. pour la livraison de marchandises).

⁵⁰ Les normes CEN peuvent être commandées auprès du Centre suisse d'information pour les règles techniques (switec), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur.

4 Mesures constructives

Il est possible que les mesures de prévention des explosions lors de la manipulation de gaz, liquides et poussières inflammables ne soient pas réalisables, qu'elles ne soient pas ou insuffisamment efficaces ou encore disproportionnées. Dans de tels cas, il existe des mesures constructives **qui n'empêchent pas l'explosion de se produire mais en limitent les effets dans une proportion telle que l'explosion ne constitue plus un danger**. Ces mesures se fondent sur les caractéristiques des produits, relevées lors d'essais relatifs à leur explosion.

Les caractéristiques principales sont:

- la pression maximale d'explosion⁵¹ (pour les gaz, vapeurs et les poussières, elle se situe dans des conditions normales en règle générale entre 8 et 10 bars, pour les poussières de métaux légers, elle peut toutefois être supérieure)
- la vitesse maximale de montée en pression⁵² comme valeur déterminante de la violence de l'explosion
- interstice expérimental maximal de sécurité.⁵³

En outre, pour les poussières, il faut également prendre en compte la température minimale d'inflammation et l'énergie minimale d'inflammation⁵⁴.

La vitesse maximale d'augmentation de pression détermine la répartition en classes d'explosibilité de la poussière et est dépendante, notamment, de la taille des particules et de l'humidité du produit.

⁵¹ La **pression maximale d'explosion (P_{\max})** est la surpression maximale déterminée dans des conditions d'essai standard, qui apparaît dans un récipient fermé lors de l'explosion d'une atmosphère explosible.

⁵² La **vitesse maximale de montée en pression (dp/dt) $_{\max}$** est la vitesse de montée en pression la plus élevée déterminée dans des conditions d'essai standard dans un récipient fermé, qui apparaît lors de l'explosion d'une atmosphère explosible.

⁵³ L'**interstice expérimental maximal de sécurité** est l'interstice maximal d'un joint d'une longueur de 25 mm, qui, dans des conditions d'examen normalisées, ne donne pas lieu à une transmission de flamme.

⁵⁴ L'**énergie minimale d'inflammation** est l'énergie la plus faible déterminée dans des conditions d'essai prescrites, qui suffit, lors de la décharge, à enflammer le mélange le plus facilement inflammable d'une atmosphère explosible.

⁵⁵ Les publications de la Commission des Experts pour la Sécurité dans l'Industrie Chimique en Suisse (CESICS) peuvent être commandées à la Suva, secteur chimie, case postale, 6002 Lucerne.

Les méthodes et moyens servant à évaluer la sécurité de poussières combustibles ainsi que les mesures de protection à respecter sont décrites dans le cahier 5 «Broyage des substances combustibles»⁵⁵ de la série de publications de la CESICS.

Les mesures constructives suivantes peuvent s'appliquer:

- construction résistant aux explosions
- décharge de la pression d'explosion
- suppression de l'explosion
- isolement et interruption de l'explosion (découplage).

Ces mesures ont en règle générale pour effet de réduire les conséquences dangereuses des explosions qui proviennent de l'intérieur des équipements.

4.1 Construction résistant aux explosions

Il y a deux façons fondamentales de réaliser une construction «résistant aux explosions»: les récipients et les appareils peuvent être soit conçus comme résistant à la pression d'explosion soit comme résistant à l'onde de choc de l'explosion.

Les récipients ou les appareils **construits pour résister à la pression de l'explosion** supportent la pression prévisible sans subir de déformation plastique.

Les récipients ou les appareils **résistant à l'onde de choc de l'explosion** sont conçus pour absorber une onde de choc de l'ordre de grandeur de celle prévisible, et cela en subissant une déformation non réversible.

Si une mesure de protection «construction résistant aux explosions» est appliquée, il faut également veiller à «l'isolement et interruption de l'explosion» pour les parties d'installations placées en amont et en aval.

4.2 Décharge de la pression d'explosion

Cette mesure préventive constructive est une manière de protéger des conséquences des explosions (éclatement, déformation) les réservoirs dans lesquels une explosion est possible et de les concevoir pour une pression d'explosion réduite⁵⁶. Par l'ouverture de surfaces déterminées et pourvues

de disques de rupture ou de clapets antidéflagrants, le relâchement de la pression interne limite cette dernière à une grandeur tolérée par la résistance mécanique à la pression du réservoir. Il faut accorder ici une attention toute particulière au fait que la décharge de la pression interne ne puisse pas à son tour constituer un danger.

Les systèmes de décharge de la pression doivent être placés de manière à ce que les personnes ne puissent pas être blessées lors du fonctionnement. La décharge de pression n'est pas autorisée dans les locaux de travail sauf s'il est prouvé que les personnes ne peuvent pas être mises en danger p. ex. par des flammes, des débris projetés ou des ondes de pression. Il faut prendre en compte les effets de la décharge de pression sur l'environnement ainsi que les forces de recul qui agissent sur les appareils.

La surface de décharge requise pour un système de décharge de la pression dépend notamment des facteurs suivants:

- résistance du réservoir
- volume et géométrie du réservoir
- violence de l'explosion
- poids, nature et pression de déclenchement du dispositif de décharge.

Les données relatives au dimensionnement des orifices de décharge sont disponibles dans la norme européenne «Systèmes de protection par évent contre les explosions de poussières» (EN 14491)⁵⁷. Si une mesure de protection «décharge de la pression d'explosion» est appliquée, il faut également veiller au «découplage» pour les parties d'installations placées en amont et en aval.

4.3 Suppression de l'explosion

La suppression des explosions par des appareils d'extinction automatique est un mode de prévention par lequel l'explosion est détectée par des capteurs adéquats immédiatement après son déclenchement. L'explosion est alors étouffée par une rapide pulvérisation d'agent extincteur avant qu'elle n'atteigne une puissance destructrice.

4.4 Isolement et interruption de l'explosion (découplage)

Des dispositifs de sécurité passifs et actifs peuvent être utilisés pour **empêcher la propagation des explosions**, p. ex. par l'intermédiaire des conduites compensatrices de pression ou des conduites de remplissage.

Pour les **gaz, vapeurs et brouillards**, il s'agit de dispositifs arrête-flammes⁵⁸ (arrête-déflagrations⁵⁹, arrête-détonations⁶⁰, arrête-flammes résistant à la combustion de longue durée⁶¹ ou dispositif évitant le retour de flammes⁶²) et de barrières d'agent extincteur.

L'aptitude des dispositifs arrête-flammes est déterminée par les propriétés de combustion de la substance, les interstices expérimentaux maximaux de sécurité ainsi que la pression et la température des mélanges. Ces dispositifs doivent satisfaire aux exigences de la norme «Arrête-flamme»⁶³ (EN 12874).

L'utilisation dans la pratique d'un arrête-détonations dépend du rapport de la longueur (L) de la conduite du côté non protégé (en mètres) au diamètre de la conduite (D en millimètres). Avec les gaz et vapeurs, il est improbable que l'onde de choc engendre des pressions inacceptables lorsque le rapport $L/D < 5$, c.-à-d. que, dans ces cas-là, des arrête-déflagrations peuvent être utilisés.

⁵⁶ La **pression d'explosion réduite** est la pression produite par l'explosion d'une atmosphère explosible dans une enceinte protégée par la décharge de la pression d'explosion ou par la suppression d'explosion.

⁵⁷ Les normes CEN peuvent être commandées auprès du Centre suisse d'information pour les règles techniques (switec), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthour.

⁵⁸ Les **dispositifs arrête-flammes** sont des dispositifs montés sur l'ouverture d'une enceinte ou sur la tuyauterie de raccordement d'un système d'enceintes et dont la fonction prévue est de permettre l'écoulement, tout en prévenant la propagation de flammes.

⁵⁹ Les **arrête-déflagrations** empêchent la propagation d'une explosion par les flammes et résistent à la pression et à l'élévation de température dues aux explosions.

⁶⁰ Les **arrête-détonations** résistent aux sollicitations mécaniques et thermiques liées aux détonations, empêchent leur propagation et agissent également comme protection contre les explosions.

⁶¹ Les **arrête-flammes résistant à la combustion de longue durée** préviennent le déclenchement d'explosions dans le cas d'une flamme qui brûle en permanence sur ou près de l'orifice de sortie de cet arrête-flammes.

⁶² Pour les **dispositifs évitant le retour de flammes**, le retour de flamme est empêché par la forme particulière de l'entrée du mélange (p. ex. tube Venturi), l'écoulement du mélange est totalement arrêté si le débit tombe au-dessous d'une valeur minimale (p. ex. au moyen d'un volet de contrôle de débit).

⁶³ Les normes CEN peuvent être commandées auprès du Centre suisse d'information pour les règles techniques (switec), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthour.

Pour les **poussières**, outre les barrières d'agent extincteur, les dispositifs suivants sont autorisés: clapets ou vannes à fermeture rapide, écluses à roue cellulaire, cheminées de détente d'explosion, vannes doubles et systèmes d'étouffement.

Les descriptions du fonctionnement des divers dispositifs de découplage pour les poussières sont disponibles dans la brochure de l'AISS 7⁶⁴ «Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten-Grundlagen» (n° 2033).

⁶⁴ Les brochures de l'Association internationale de la sécurité sociale (AISS) peuvent être commandées à la Suva, service clientèle central, case postale, 6002 Lucerne.

5 Mesures de prévention des explosions selon la directive 1999/92/CE

Art. 5 ATEX 137

Afin de préserver la sécurité et la santé des travailleurs, et en application des principes fondamentaux d'évaluation des risques ainsi que des principes visant à réduire les explosions ou à s'en protéger, l'employeur prend les mesures nécessaires pour que

- lorsque des atmosphères explosives peuvent se former en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé et la sécurité des travailleurs ou d'autres personnes, le milieu de travail soit tel que le travail puisse être effectué en toute sécurité,
- une surveillance adéquate soit assurée, conformément à l'évaluation des risques, pendant la présence de travailleurs en utilisant des moyens techniques appropriés, dans les milieux de travail où des atmosphères explosives peuvent se former en quantités susceptibles de présenter un risque pour la sécurité et la santé des travailleurs.

5.1 Prescriptions minimales

ANNEXE II A/2 ATEX 137

- Toute émanation et/ou dégagement, intentionnel ou non, de gaz inflammables, de vapeurs, de brouillards ou de poussières combustibles susceptibles de donner lieu à un risque d'explosion doivent être convenablement déviés ou évacués vers un lieu sûr ou, si cette solution n'est pas réalisable, être confinés de manière sûre ou sécurisés par une autre méthode appropriée.
- Lorsque l'atmosphère explosive contient plusieurs sortes de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières inflammables et/ou combustibles, les mesures de protection doivent correspondre au potentiel de risque le plus élevé.
- En vue de prévenir les risques d'inflammation, il convient de prendre également en compte les décharges électrostatiques provenant des travailleurs ou du milieu de travail en tant que porteurs ou générateurs de charges. Des vêtements de travail appropriés doivent être mis à la disposition des travailleurs; ces vêtements doivent être réalisés en matériaux qui ne produisent pas de décharges électrostatiques susceptibles d'enflammer des atmosphères explosives.
- L'installation, les appareils, les systèmes de protection et tout dispositif de raccordement associé ne sont mis en service que s'il ressort du document relatif à la protection contre les explosions qu'ils peuvent être utilisés en toute sécurité en atmosphères explosives. Ceci vaut aussi pour les équipements de travail et les dispositifs de raccordement associés qui ne sont pas des appareils ou systèmes de protection au sens de l'OSPEX, si leur intégration dans une installation peut, à elle seule, susciter un danger d'ignition. Des mesures nécessaires sont prises pour éviter une confusion entre dispositifs de raccordement.
- Tout doit être mis en œuvre pour assurer que le lieu de travail, les équipements de travail et tout dispositif de raccordement associé mis à la disposition des travailleurs, d'une part, ont été conçus, construits, montés et installés, et, d'autre part, sont entretenus et utilisés de manière à réduire au maximum les risques d'explosion; si néanmoins une explosion se produit, tout doit être fait pour en maîtriser, ou réduire au maximum, la propagation sur le lieu de travail et/ou dans les équipements de travail. Sur ces lieux de travail, des mesures appropriées sont prises pour réduire au maximum les effets physiques potentiels d'une explosion sur les travailleurs.

- Les travailleurs doivent, au besoin, être alertés par des signaux optiques et/ou acoustiques, et être évacués avant que les conditions d'une explosion ne soient réunies.
- Lorsque le document relatif à la protection contre les explosions l'exige, des issues d'évacuation doivent être prévues et entretenues afin d'assurer que, en cas de danger, les travailleurs puissent quitter les zones dangereuses rapidement et en toute sécurité.
- Avant la première utilisation de lieux de travail comprenant des emplacements où une atmosphère explosive peut se présenter, il convient de vérifier la sécurité, du point de vue du risque d'explosion, de l'ensemble de l'installation. Toutes les conditions nécessaires pour assurer la protection contre les explosions doivent être maintenues. La réalisation des vérifications est confiée à des personnes qui, de par leur expérience et/ou leur formation professionnelle, possèdent des compétences dans le domaine de la protection contre les explosions.
- Si l'évaluation des risques en montre la nécessité,
 - il doit être possible, lorsqu'une coupure d'énergie peut entraîner des dangers supplémentaires, d'assurer que les appareils et les systèmes de protection puissent continuer de fonctionner en toute sécurité indépendamment du reste de l'installation en cas de coupure d'énergie;
 - les appareils et systèmes de protection fonctionnant en mode automatique qui s'écartent des conditions de fonctionnement prévues doivent pouvoir être coupés manuellement pour autant que cela ne compromette pas la sécurité. Les interventions de ce type ne peuvent être effectuées que par des travailleurs compétents;
 - lorsque les dispositifs de coupure d'urgence sont actionnés, les énergies accumulées doivent être dissipées aussi vite et aussi sûrement que possible ou être isolées de façon à ce qu'elles ne soient plus une source de danger.

5.2 Contrôles des mesures de prévention des explosions

Les organes de la police du feu (p. ex. assurance-incendie cantonale) et les organes d'exécution de la sécurité au travail (Suva, organisations spécialisées, inspectorats du travail) qui évaluent le danger d'explosion contrôlent la classification des zones (le cas échéant la classe de température).

Les organes qui réalisent les contrôles ultérieurs des appareils et des systèmes de protection selon OSPEX sont:

- pour les appareils avec sources d'ignition électriques ainsi que l'installation électrique selon l'«Ordonnance sur les installations à basse tension» (OIBT)⁶⁵: l'organisme d'inspection de l'Inspection fédérale des installations à courant fort ou l'organe de contrôle indépendant
- pour les autres appareils selon l'ordonnance relative à la «sécurité d'installations et d'appareils techniques» (OSIT)⁶⁵: la Suva et les organisations spécialisées désignées.

⁶⁵ L'Ordonnance sur les installations à basse tension (OIBT, RS 734.27) et l'Ordonnance sur la sécurité d'installations et d'appareils techniques (OSIT, RS 819.11) peuvent être commandées auprès de: Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL), diffusion des publications, 3003 Berne.

6 Mesures organisationnelles

L'employeur garantit, au moyen d'une évaluation globale du poste de travail, que les équipements de travail ainsi que l'ensemble de l'appareillage sont adaptés au fonctionnement dans les zones à risque d'explosion et qu'ils sont montés, installés et utilisés de manière à ce qu'ils ne puissent pas donner lieu à une explosion.

Lorsque des zones à risque d'explosion font l'objet de modifications, d'extensions ou de transformations, l'employeur est tenu de prendre les mesures nécessaires pour que ces modifications, extensions ou transformations soient conformes aux prescriptions minimales de la prévention des explosions.

L'employeur

- documente les mesures de prévention des explosions
- marque les zones à risque d'explosion
- élabore des instructions de travail écrites
- sélectionne des employés adéquats
- informe les travailleurs suffisamment et de manière adaptée à la prévention des explosions
- applique un système d'autorisation pour l'exécution d'activités dangereuses et pour celles qui peuvent se révéler dangereuses par leur interaction avec d'autres travaux
- réalise les contrôles et les surveillances nécessaires.

6.1 Document relatif à la protection contre les explosions

Art. 8 ATEX 137

Lorsqu'il s'acquitte de ses obligations, l'employeur s'assure qu'un document, ci-après dénommé «document relatif à la protection contre les explosions», est établi et tenu à jour.

Le document relatif à la protection contre les explosions doit, en particulier, faire apparaître:

- que les risques d'explosions ont été déterminés et évalués;
- que des mesures adéquates seront prises pour atteindre les objectifs des prescriptions minimales;
- quels sont les emplacements classés en zones;
- quels sont les emplacements auxquels s'appliquent les prescriptions minimales;
- que les lieux et les équipements de travail, y compris les dispositifs d'alarme, sont conçus, utilisés et entretenus en tenant dûment compte de la sécurité;
- que des dispositions ont été prises pour que l'utilisation des équipements de travail soit sûre.

Le document relatif à la protection contre les explosions doit être élaboré avant le commencement du travail et doit être révisé lorsque des modifications, des extensions ou des transformations notables sont apportées notamment aux lieux, aux équipements de travail ou à l'organisation du travail.

L'employeur peut combiner les estimations des risques existantes, des documents ou d'autres rapports équivalents.

Les données suivantes doivent par exemple être notées par écrit dans le document relatif à la protection contre les explosions:

- description de l'emplacement de travail, du procédé, des activités et de la quantité de substances présentes (p. ex. n'entreposer dans les locaux de travail que les quantités de substances combustibles nécessaires au déroulement normal des travaux)
- informations sur les substances (données techniques de sécurité)
- appréciation des risques
- concept de prévention des explosions comprenant
 - classification des zones
 - mesures de prévention (techniques et organisationnelles)
 - mesures d'urgence
- instructions et autorisation de travail
- notices explicatives relatives aux appareils et aux systèmes de protection qui ne disposent d'aucune homologation selon OSPEX mais qui satisfont néanmoins à l'état de la technique.

6.2 Information et instruction des travailleurs

Pour les travaux effectués dans les emplacements dans lesquels une atmosphère explosible est susceptible de se produire, l'employeur doit informer suffisamment les travailleurs, à intervalles réguliers et de manière adaptée, quant aux dangers potentiels ainsi qu'aux mesures de prévention des explosions, et instruire quant au comportement correct à adopter.

6.3 Instructions écrites et autorisation d'exécuter des travaux

ANNEXE II A/1 ATEX 137

Lorsque le document relatif à la protection contre les explosions l'exige:

- l'exécution de travaux dans les zones à risque d'explosion s'effectue selon des instructions écrites de l'employeur.
- un système d'autorisation en vue de l'exécution de travaux dangereux ainsi que de travaux susceptibles d'être dangereux lorsqu'ils interfèrent avec d'autres opérations doit être appliqué.

L'autorisation d'exécuter des travaux doit être délivrée avant le début des travaux par une personne habilitée à cet effet.

Les instructions de travail doivent régler le comportement des employés à la fois dans des conditions de service normales ainsi qu'en cas de dérangements. Les responsabilités quant à la prise de mesures doivent être clairement fixées. Par activités dangereuses, on entend notamment le soudage, le meulage ou la maintenance de matériels électriques.

6.4 Devoir de coordination

Lorsque des personnes ou des groupes de travail indépendants l'un de l'autre effectuent des travaux simultanément à proximité, des mises en danger réciproques inopinées sont susceptibles de se produire. Ces mises en danger sont en particulier dues au fait que les employés ne se concentrent tout d'abord que sur leurs tâches. Le début, la nature et l'ampleur des travaux de personnes se trouvant à proximité ne sont de ce fait souvent pas ou insuffisamment connus.

Même un comportement adéquat quant à la sécurité à l'intérieur d'un groupe de travail n'exclut pas le risque de mise en danger de personnes situées à proximité. Seule une bonne coordination des travaux entre les personnes impliquées permet d'assurer la prévention des risques réciproques, raison pour laquelle les donneurs d'ordre et les mandataires sont soumis à une obligation de coordination avant l'attribution des travaux.

Art. 6 ATEX 137

Lorsque des travailleurs de plusieurs entreprises sont présents sur un même lieu de travail, chaque employeur est responsable pour toutes les questions relevant de son contrôle.

Sans préjudice de la responsabilité individuelle de chaque employeur, l'employeur qui a la responsabilité du lieu de travail coordonne la mise en œuvre de toutes les mesures relatives à la sécurité et à la santé des travailleurs et précise, dans le document relatif à la protection contre les explosions, le but, les mesures et les modalités de mise en œuvre de cette coordination.

6.5 Maintenance

Il faut veiller à une maintenance régulière des installations et des appareils:

- **inspection** (mesures, contrôles, enregistrement des données),
- **maintenance** (p. ex. nettoyage, entretien, graissage) et
- **remise en état** (échange de pièces, réparations).

Il faut accorder une attention particulière à la remise en état des équipements techniques de sécurité, tels qu'installations de ventilation, dispositifs

arrête-flammes, clapets de décharge d'explosion, éléments des systèmes de suppression de l'explosion, sondes de mesures, vannes à fermeture rapide, et les équipements ou les éléments d'installation qui peuvent agir comme sources d'ignition (p. ex. paliers ou câbles électriques).

Les personnes qui effectuent la maintenance d'installations, équipements ou appareils électriques ou mécaniques doivent disposer des connaissances essentielles relatives à la prévention des explosions et connaître les exigences ad hoc que doivent remplir les équipements de travail. La formation continue de ces personnes doit être assurée et documentée.

Les travaux de soudage, coupe, meulage et similaires dans les zones à risque d'explosion nécessitent en règle générale des mesures de prévention complémentaires ainsi qu'un **permis de soudage** (autorisation pour travaux avec flammes nues).

Il faut empêcher la formation d'une atmosphère explosible dangereuse lors des travaux de maintenance avec danger d'ignition aux emplacements à risque d'explosion, et ce durant toute la durée du travail.

Dans le détail, il faut en particulier veiller aux points suivants:

- les éléments d'installation à entretenir sont, si nécessaire, vidés, mis hors tension, nettoyés, rincés et sont exempts de substances combustibles. Lors des travaux, ces substances sont interdites sur le lieu de travail
- des écrans appropriés doivent être installés lors des travaux au cours desquels une projection de particules incandescentes est possible (p. ex. soudage, combustion, meulage)
- si nécessaire, il faut mettre sur pied un piquet d'incendie.

Les mesures de prévention nécessaires doivent à nouveau être activées de manière sûre si une atmosphère explosible se forme lors de travaux. Dans un tel cas, les employés doivent être avertis par des signaux optiques et/ou acoustiques et doivent, si nécessaire, quitter leur lieu de travail.

A la fin des travaux de maintenance, il faut s'assurer que les mesures de prévention des explosions nécessaires aux conditions de service normales sont à nouveau efficaces avant la remise en service.

L'introduction d'un «programme de sécurité, entretien et contrôle» (liste de contrôle) ou l'intégration de la maintenance dans le système de gestion de la qualité a fait ses preuves dans la pratique.

Il est très important de nettoyer les installations et en particulier leur environnement pour éliminer les dépôts de poussière. En effet, un dépôt de poussière d'une épaisseur de moins de 1 mm suffit déjà à former un mélange poussière-air explosible lors de mise en suspension, p. ex. due au phénomène de pression d'une explosion primaire. Il faut par conséquent non seulement nettoyer à intervalles réguliers mais aussi pendant ou après les travaux produisant une quantité de poussière élevée. Les procédés d'aspiration pour éliminer les dépôts de poussière se sont révélés avantageux du point de vue de la technique de sécurité, p. ex. installation d'aspiration centralisée appropriée ou aspirateur industriel roulant, protégé contre le risque d'explosion. Il faut éviter de souffler sur les dépôts de poussières.

6.6 Equipement de protection individuelle

L'employeur doit veiller à ce que les équipements de protection individuelle requis, p. ex. chaussures conductrices, soient mis à disposition, utilisés et maintenus fonctionnels.

6.7 Signalisation des zones

Les emplacements (zones) à risque d'explosion doivent (lorsque ceci est prévu par le document relatif à la protection contre les explosions) être signalisés par un **panneau d'avertissement «EX»** approprié (p. ex. référence Suva 1729/90). Les emplacements dans lesquels existent des dangers dus aux processus de décharge d'explosion (effets de pression et de flammes) ou à l'utilisation de gaz inertes (risque d'asphyxie) doivent être interdits d'accès.

7 Bibliographie

7.1 Ordonnances et directives

- Ordonnance du 19 décembre 1983 sur la «Prévention des accidents et des maladies professionnelles» (Ordonnance sur la prévention des accidents, OPA), RS 832.30
- Ordonnance du 12 juin 1995 sur la «Sécurité d'installations et d'appareils techniques» (OSIT), RS 819.11
- Ordonnance du 2 mars 1998 sur les «Appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles» (OSPEX/ATEX 95), RS 734.6
- Ordonnance du 27 février 1991 sur la «Protection contre les accidents majeurs» (OPAM), RS 814.012
- Ordonnance du 7 novembre 2001 sur les «Installations électriques à basse tension» (OIBT), RS 734.27
- Directive 1999/92/CE du 16 décembre 1999 concernant 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», (ATEX 137)

7.2 Normes internationales

- Norme EN «Atmosphères explosibles – Termes et définitions pour les appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles» (EN 13237:2003)
- Norme EN « Atmosphères explosibles – Application des systèmes qualité» (EN 13980:2002)
- Norme EN «Méthodologie relative à l'évaluation de la sécurité fonctionnelle des systèmes de protection pour atmosphères explosibles» (EN 15233:2007)
- Norme EN «Méthodes pour l'évaluation du risque d'inflammation des appareils et des composants non électriques destinés à être utilisés en atmosphères explosibles» (EN 15198:2007)

- Normes EN «Appareils non électriques destinés à être utilisés en atmosphères explosibles»:
 - Partie 1: Prescriptions et méthodes de base (EN 13463-1)
 - Partie 2: Protection par enveloppe à circulation limitée «fr» (EN 13463-2)
 - Partie 3: Protection par enveloppe antidéflagrante «d»
 - Partie 4: Protection par sécurité inhérente «g» (prEN 13463-4)
 - Partie 5: Protection par sécurité de construction «c» (EN 13463-5)
 - Partie 6: Protection par contrôle de la source d'inflammation «b» (EN 13463-6)
 - Partie 7: Protection par pressurisation 0171 «p» (prEN 13463-7)
 - Partie 8: Protection par immersion dans un liquide «k» (EN 13463-8)
- Norme EN «Conception des ventilateurs pour les atmosphères explosibles» (EN 14986:2007)
- Norme EN IEC «Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)» (EN IEC 60529)
- Norme EN «Atmosphères explosives – Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion – Partie 1: Notions fondamentales et méthodologie» (EN 1127-1:2007)
- Norme EN «Sécurité des machines – Prévention et protection contre l'incendie» (EN 13478)
- Norme EN «Appareil résistant à l'explosion» (EN 14460:2006)
- Norme EN «Systèmes de protection par événement contre les explosions de poussières» (EN 14491)
- Norme EN «Systèmes de protection par événement contre les explosions de gaz » (EN 14994:2007)
- Norme EN «Dispositifs de décharge d'explosion» (EN 14797:2006)
- Norme EN «Systèmes de suppression d'explosion» (EN 14373:2005)
- Norme EN «Systèmes d'isolement d'une explosion» (prEN 15089)
- Norme EN «Arrête-flamme – Exigences de performance, méthodes d'essai et limites d'utilisation» (EN 12874:2001)
- Normes EN et IEC «Matériel électrique pour atmosphères explosives», en particulier:
 - Partie 0: Règles générales (EN IEC 60079-0)
 - Partie 1: Enveloppes antidéflagrantes «d» (EN IEC 60079-1)
 - Partie 2: Enveloppes à surpression interne «p» (EN IEC 60079-2)
 - Partie 5: Remplissage pulvérulent «q» (EN 50017, IEC 60079-5)
 - Partie 6: Immersion dans l'huile «o» (EN 50015, IEC 60079-6)
 - Partie 7: Sécurité augmentée «e» (EN IEC 60079-7)

- Partie 10-1: Classement des emplacements dangereux (EN IEC 60079-10-1)
- Partie 10-2: Classification des emplacements (EN IEC 60079-10-2)
- Partie 11: Sécurité intrinsèque «i» (EN IEC 60079-11)
- Partie 13: Construction et exploitation de salles ou bâtiments protégés par surpression interne (IEC TR 60079-13)
- Partie 14: Installations électriques dans les emplacements dangereux (autres que les mines) (EN IEC 60079-14)
- Partie 15: Mode de protection «n» (EN IEC 60079-15)
- Partie 17: Inspection et entretien des installations électriques dans les emplacements dangereux (autres que les mines) (EN IEC 60079-17)
- Partie 18: Encapsulage «m» (EN IEC 60079-18)
- Partie 19: Réparation, révision et remise en état du matériel (IEC 60079-19)
- Partie 20: Données pour gaz et vapeurs inflammables (IEC TR 60079-20)
- Partie 20-2: Données pour poussières inflammables (IEC 60079-20-2)
- Partie 25: Systèmes électriques de sécurité intrinsèque «i» (EN IEC 60079-25)
- Partie 26: Construction, essais et marquage des matériels électriques de Groupe II, EPL Ga (EN IEC 60079-26)
- Partie 27: Concept de réseau de terrain de sécurité intrinsèque (EN IEC 60079-27)
- Partie 28: Protection du matériel et des systèmes de transmission utilisant le rayonnement optique (EN IEC 60079-28:2007)
- Partie 31: Protection par enveloppe «tD» (EN IEC 60079-31)
- Normes EN et IEC «Matériels électriques destinés à être utilisés en présence de poussières combustibles»
 - Partie 0: Prescriptions générales (IEC 61241-0)
 - Partie 2: Protection par surpression interne «pD» (IEC 61241-2)
 - Partie 11: Sécurité intrinsèque «iD» (IEC 61241-11)
 - Partie 14: Choix et installation (IEC 61241-14)
 - Partie 17: Inspection et maintenance (IEC 61241-17)
 - Partie 18: Protection par encapsulage «mD» (IEC 61241-18)
 - Norme EN «Construction et essais» (EN 50281-1-1)
 - Norme EN «Sélection, installation et entretien» (EN 50281-1-2)

7.3 Normes suisses

- Normes et directives de protection incendie AEA
- Normes pour les installations électriques à basse tension (NIBT, SN-ASE 1000)
- Directives concernant les installations de protection contre la foudre (SN-ASE 414022)

7.4. Documents techniques

- Liste de contrôle Suva «Risques d'explosion. Document pour la prévention des explosions à destination des PME» (réf. 67132.f)
- Publication Suva «Caractéristiques de liquides et de gaz» (réf. 1469.f)
- Rapport BIA «Brenn- und Explosionskenngrössen von Stäuben»
- Rapport CENELEC «Electrostatics – Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity» (CLC/TR 50404)
- Rapport CEN «Guide de l'inertage pour la prévention des explosions» (CEN/TR 15281:2006)
- Cahier AISS «Electricité statique – risques d'inflammation et mesures de protection» (n° 2017)
- Cahier AISS «Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten – Grundlagen» (n° 2033)
- Cahier AISS «Gasexplosionen» (n° 2032)
- Cahier AISS «Staubexplosionen» (n° 2044)
- Cahier AISS «Bestimmen der Brenn- und Explosions-Kenngrössen» (n° 2018)
- Lignes directrices sur l'application de la directive 94/9/CE (lignes directrices ATEX) http://europa.eu.int/comm/enterprise/atex/guide/guide_fr.pdf

Exemples

Explication des exemples

- 1 La classification en zones et les mesures des différents exemples se réfèrent en règle générale à des conditions de service normales (y compris la mise en route et l'arrêt); elles prennent néanmoins en compte les arrêts de fonctionnement techniques et les erreurs humaines possibles.
- 2 Les exemples présentés supposent une bonne aération naturelle ou une ventilation artificielle suffisante.
- 3 Les liquides facilement inflammables sont ceux dont le point d'éclair est inférieur à 30 °C. Les gaz dont la densité $[d]$ est inférieure à 1,3 kg/Nm³ sous 273 K et 1 bar sont plus légers que l'air.
- 4 Pour des raisons pratiques, les zones sont représentées dans une géométrie rectangulaire lorsque les données dans les plans horizontaux telles que cuves, parois, obstacles doivent être considérées.

5 Symboles

 ventilation naturelle ou artificielle

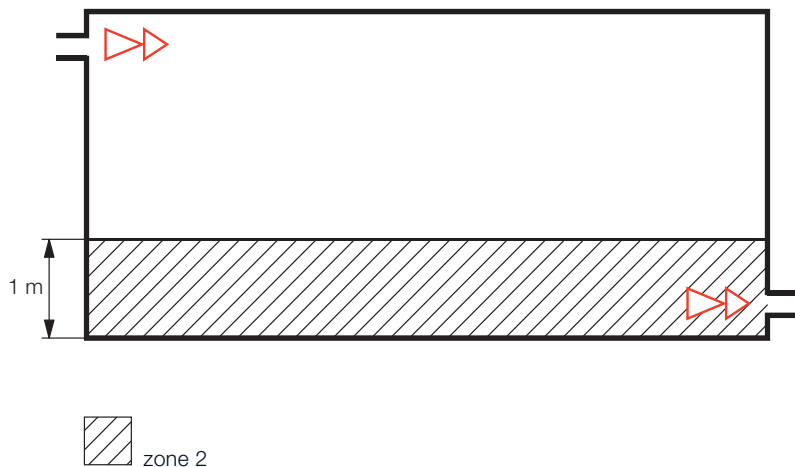
 aspiration

- 6 Si les mesures primaires qui empêchent ou restreignent la formation d'atmosphères explosibles dangereuses ou si d'autres facteurs influençant l'étendue du domaine menacé par le risque d'explosion prennent une importance décisive, cela se répercutera sur le dimensionnement des zones, qui seront alors réduites ou agrandies en conséquence.

1 Stockage de liquides facilement inflammables

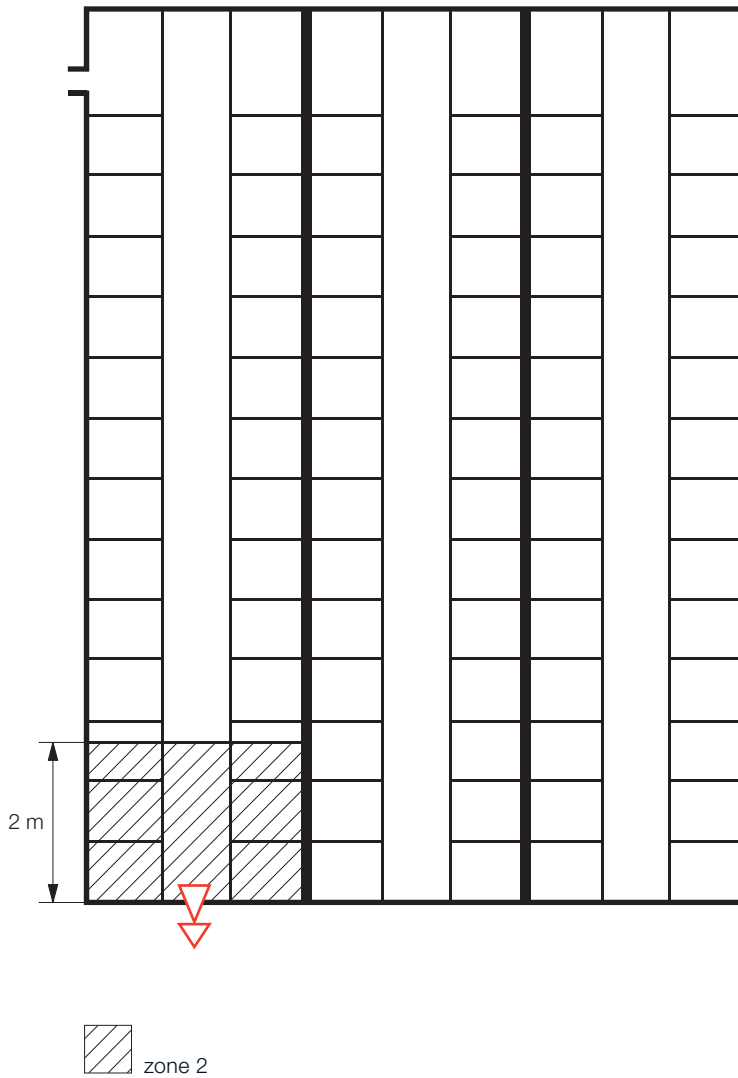
1.1 Stockage en récipients et petits réservoirs
(volume utile jusqu'à 2 000 l par unité)

1.1.1 Dépôt de solvants sans transvasement
(ventilation naturelle ou artificielle)

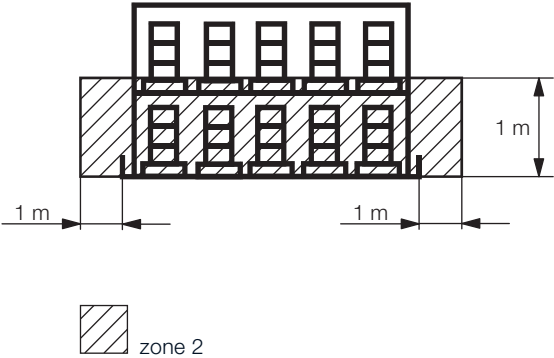


1.1.2 Entrepôt de grande hauteur

Stockage des liquides facilement inflammables dans des compartiments séparés



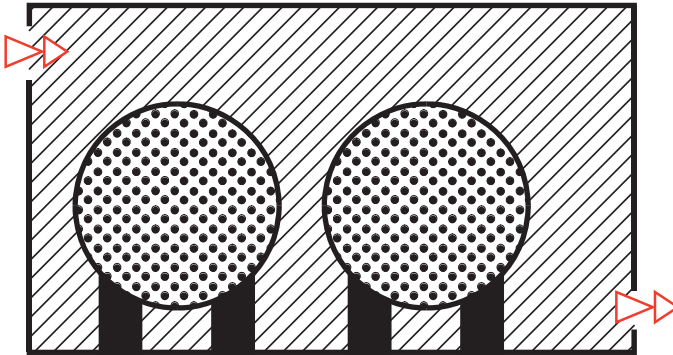
1.1.3 Dépôt de solvants en plein air



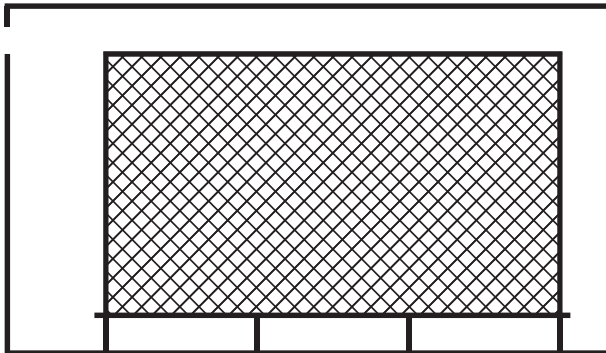
1.2 Stockage en réservoirs de moyenne grandeur (jusqu'à 250 000 l)

1.2.1 Local des réservoirs

- réservoirs pour liquides facilement inflammables avec point d'éclair $< 30^{\circ}\text{C}$



- réservoirs pour mazout/diesel



zone 0

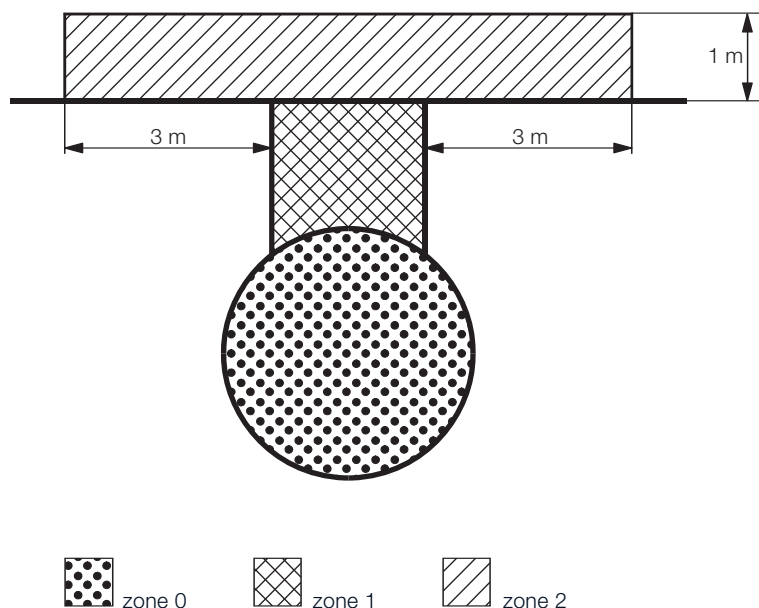


zone 1



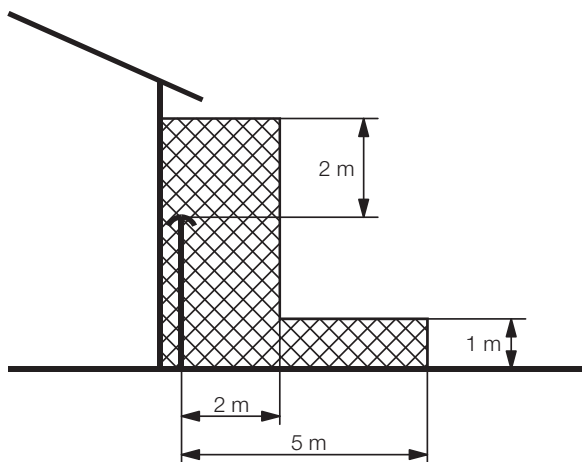
zone 2

1.2.2 Installations souterraines de stockage de liquides facilement inflammables

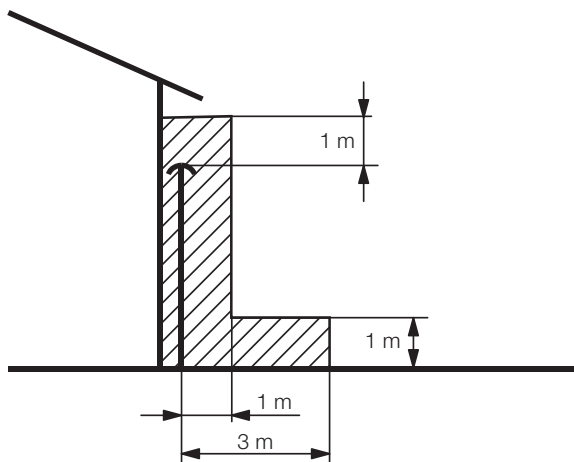


1.2.3 Conduite compensatrice de pression de citerne pour liquides facilement inflammables

– évent sans récupération des vapeurs



– installations équipées d'une soupape à pression/dépression ou d'une soupape d'arrêt automatique située à l'endroit de la récupération

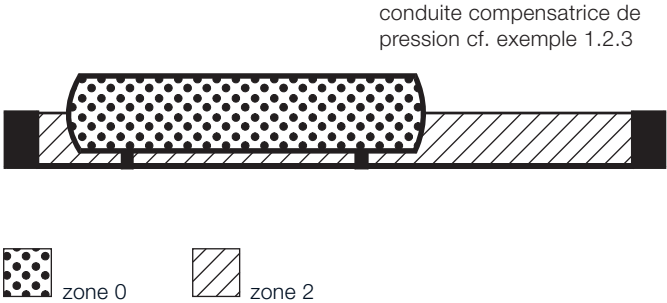


zone 1



zone 2

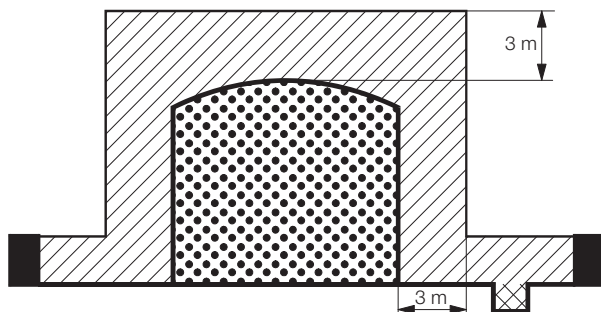
1.2.4 Citernes en plein air, non enterrées, avec récupération des vapeurs



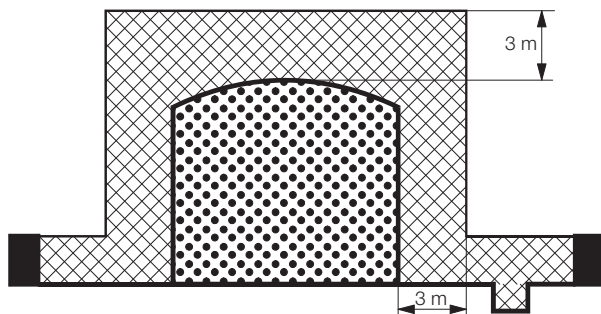
1.3 Stockage dans de grands réservoirs (plus de 250 000 l)

1.3.1 Réservoirs verticaux pour liquides facilement inflammables avec point d'éclair < 30 °C

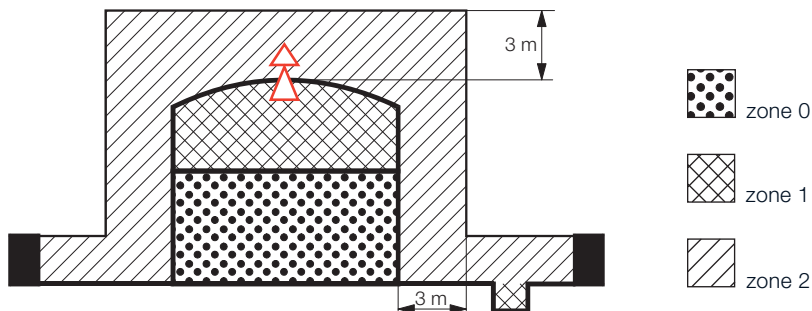
- réservoir à toit fixe (avec système de récupération des vapeurs)



- réservoir à toit fixe (avec soupape de sécurité)

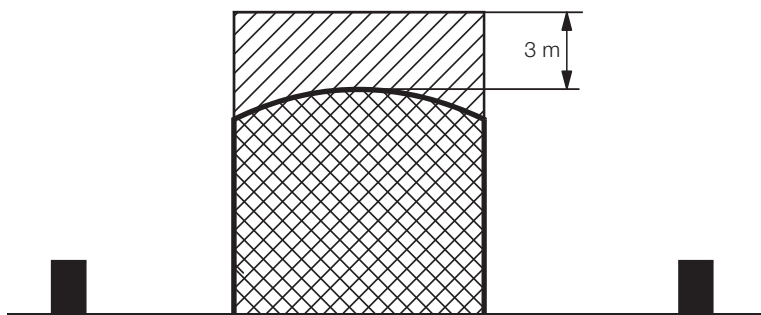


- réservoir à membrane (ventilation naturelle de l'espace au-dessus de la membrane flottante)

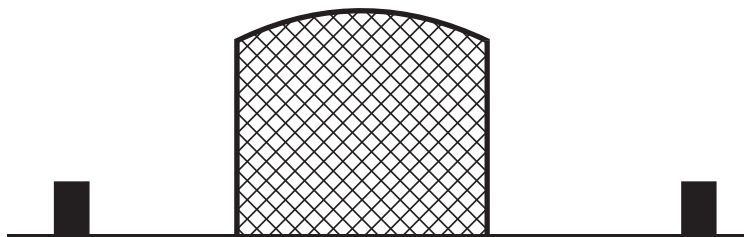


1.3.2 Réservoirs verticaux pour mazout/diesel

- entrepôt mixte (possibilité de stocker aussi des liquides avec point d'éclair $< 30^{\circ}\text{C}$).

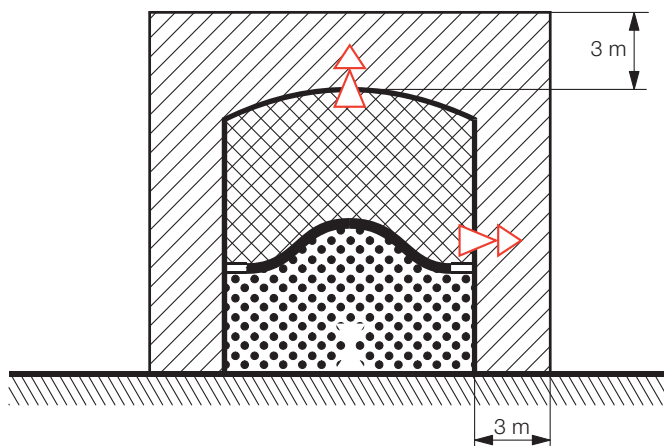


- entrepôts pour stockage exclusif de liquides avec point d'éclair $> 30^{\circ}\text{C}$

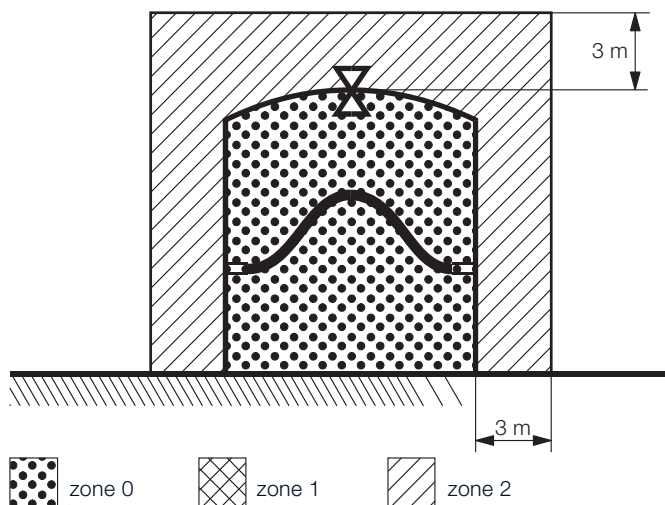


1.4 Réservoir (gazomètre) pour vapeurs de liquides facilement inflammables

- réservoir (gazomètre) avec ventilation naturelle de l'espace au-dessus de la membrane



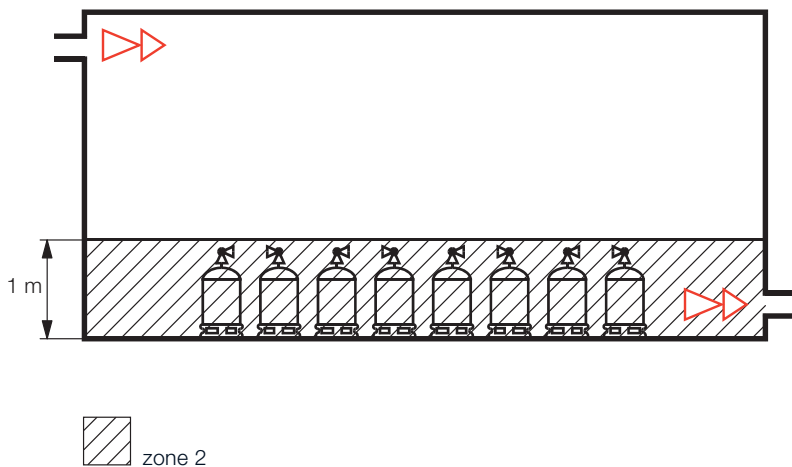
- réservoir (gazomètre) fermé



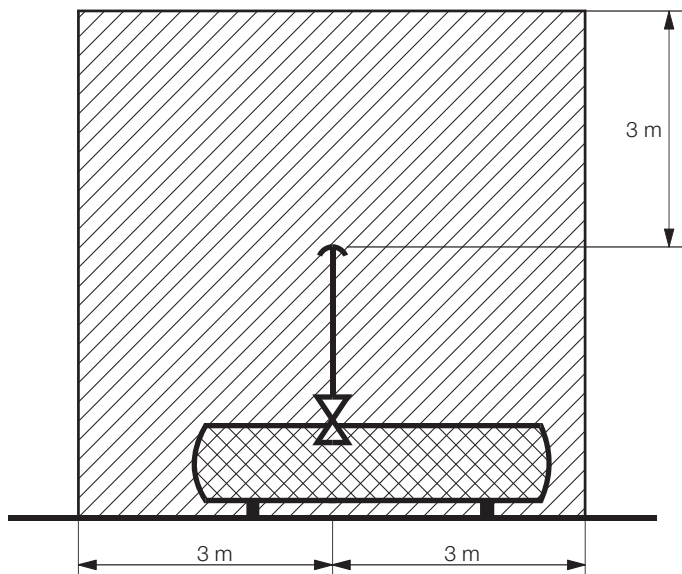
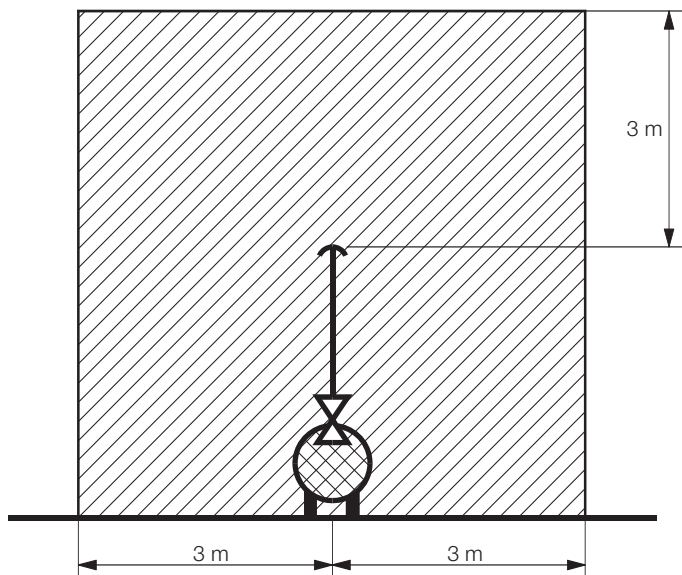
Remarque: si l'installation dispose d'une surveillance des concentrations (cf. point 2.6), une zone 2 peut être déterminée dans l'espace situé au-dessus de la membrane.

2 Stockage de gaz liquéfiés (GPL)

2.1 Dépôt de bouteilles (ventilation naturelle ou artificielle)



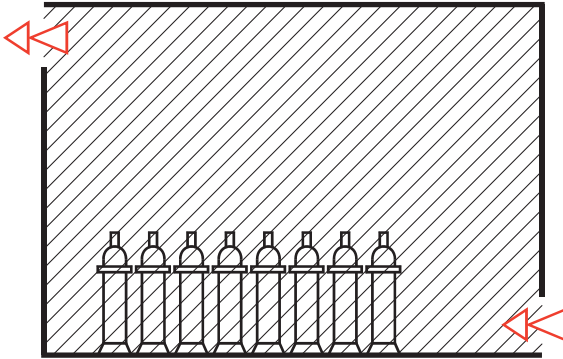
2.2 Citerne de gaz liquéfié (en plein air)
soupape de sécurité (orifice d'échappement)



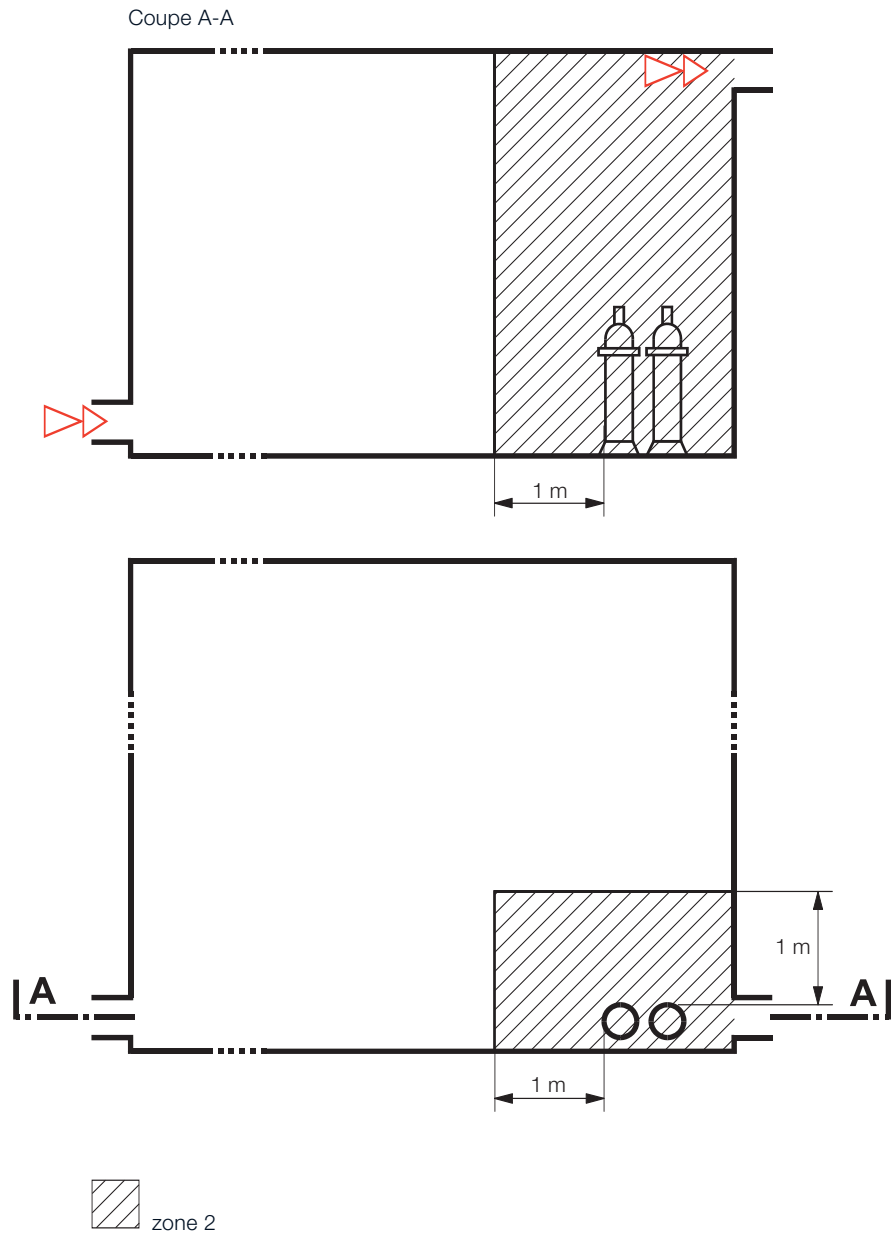
3 Stockage de gaz inflammables, plus légers que l'air

(densité inférieure à $1,3 \text{ kg/Nm}^3$ pour 273 K et 1 bar)

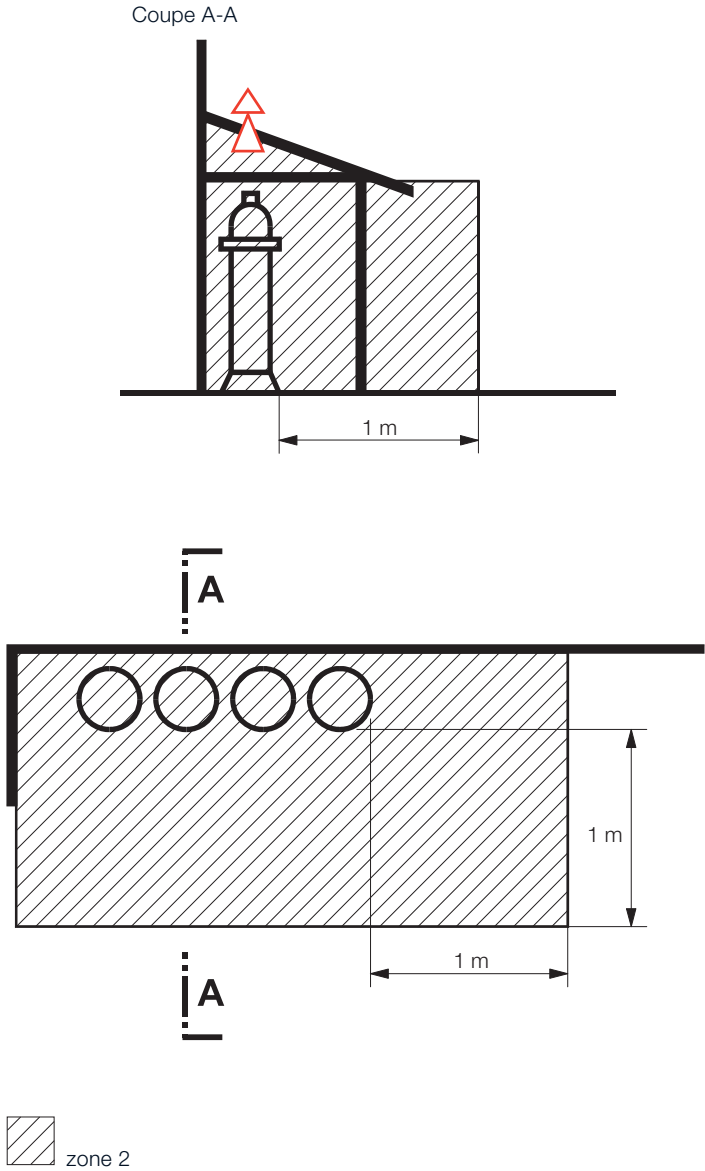
- 3.1 Stockage de bouteilles ou batteries de bouteilles de gaz dans un local spécifique



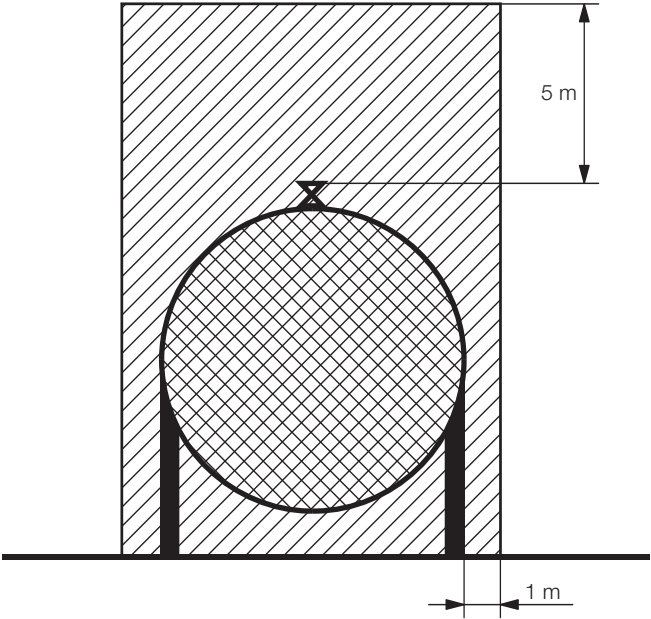
3.2 Entreposage de bouteilles de gaz dans un grand dépôt
(ventilation naturelle ou artificielle)



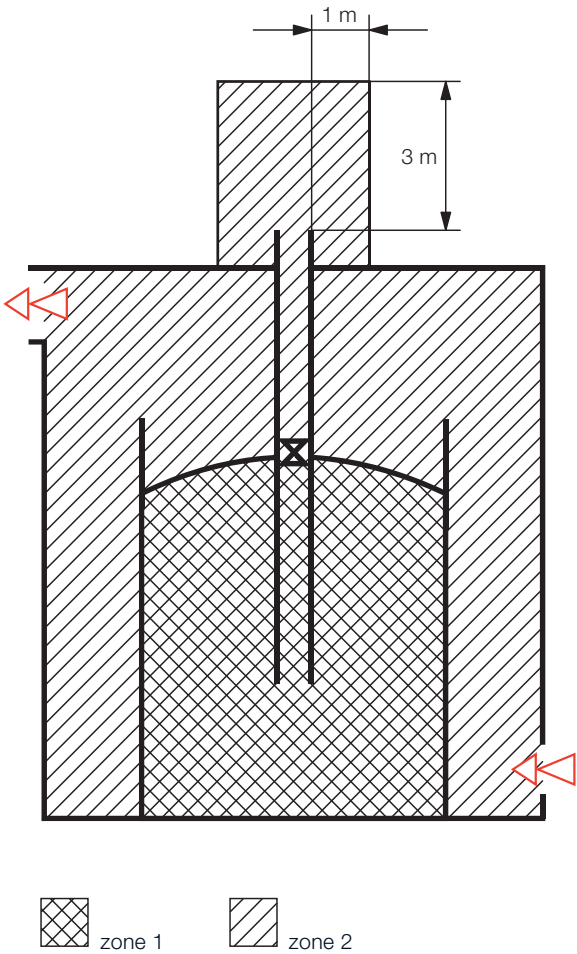
3.3 Entreposage de bouteilles ou batteries de bouteilles de gaz en plein air



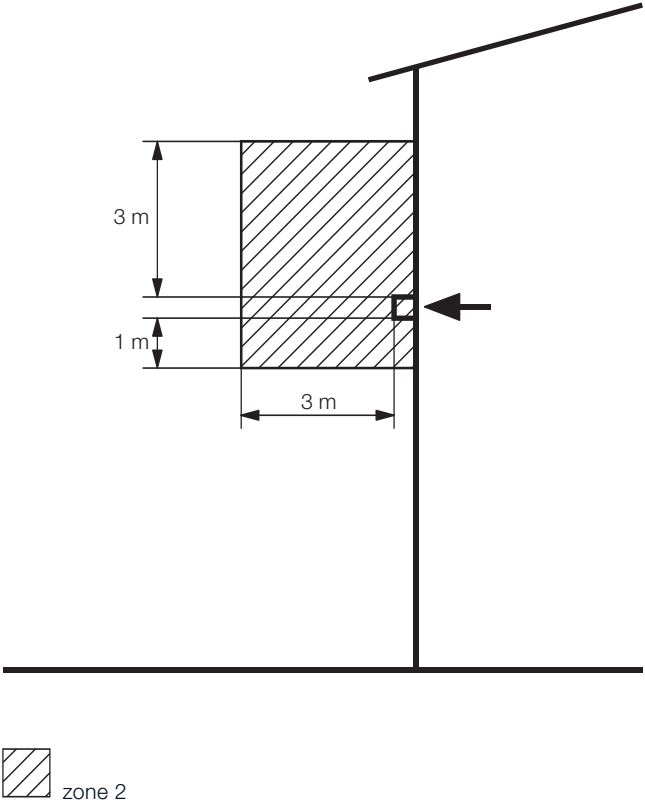
3.4 Réservoir de gaz comprimé à haute pression
 («Trailers» également), en plein air



3.5 Réservoir de gaz comprimé à basse pression, dans un local

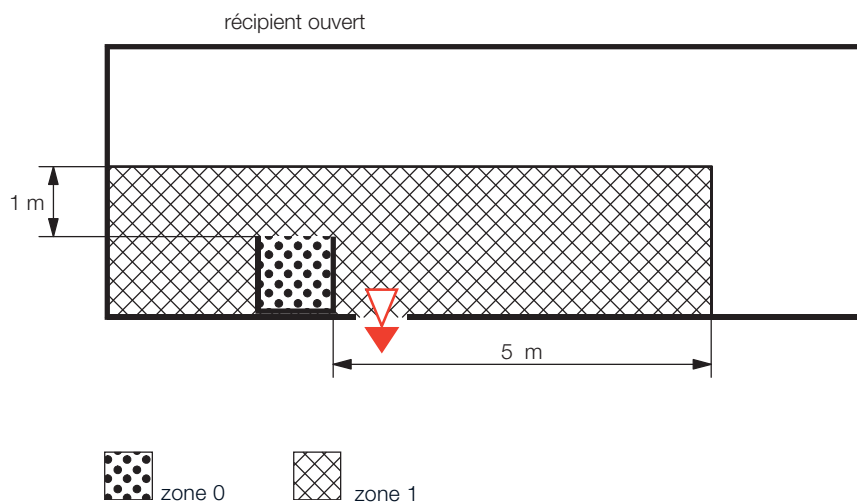


3.6 Conduite d'évacuation



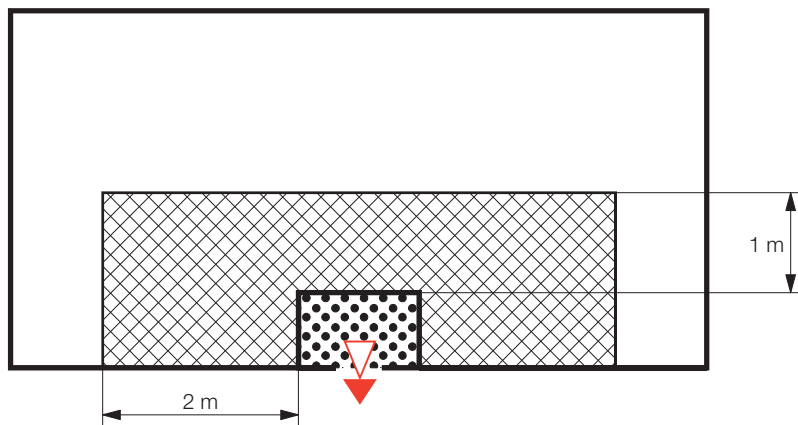
4 Travaux avec des liquides facilement inflammables

- 4.1 Transvasement (p. ex. soutirage, pompage)
– Installation de mélange (p. ex. brassage, mélange)

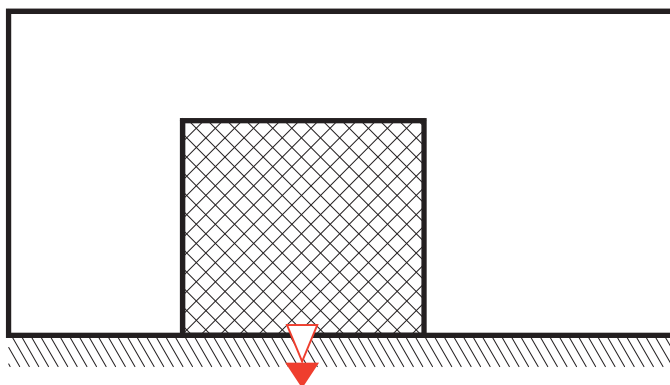


4.2 Installations de nettoyage

4.2.1 Installation de nettoyage dans laquelle des liquides facilement inflammables sont employés **à froid** (aspiration dans ou près de l'installation de nettoyage)



4.2.2 Installation de nettoyage fermée dans laquelle sont pulvérisés des liquides inflammables (point d'éclair $> 30^{\circ}\text{C}$)

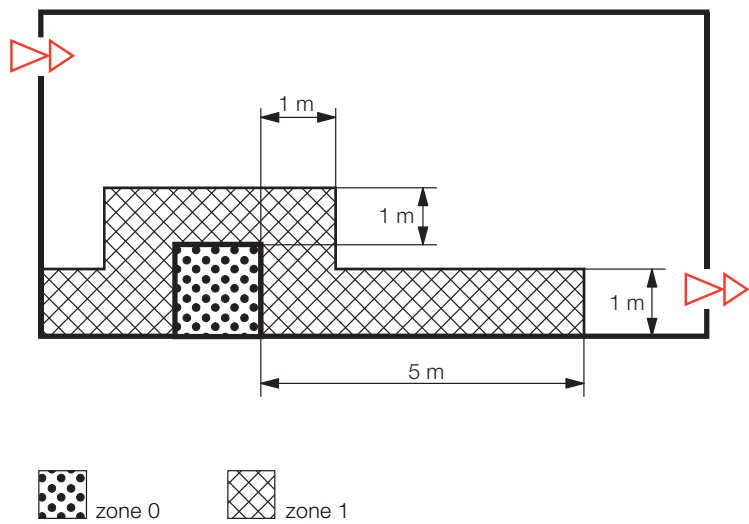


zone 0



zone 1

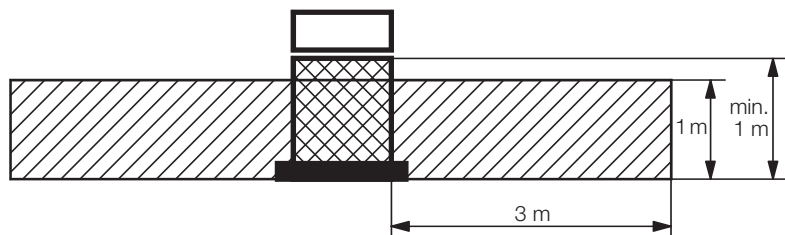
4.3 Petite installation de distillation pour liquides inflammables



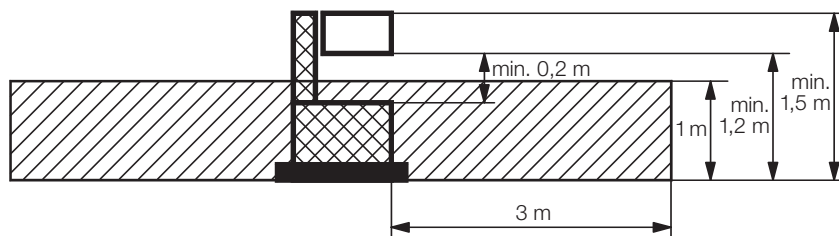
4.4 Station de remplissage pour liquides facilement inflammables
(avec récupération des vapeurs) avec calculateur électronique
(en plein air)

Console et passages de conduites étanches aux gaz entre les parties hydrauliques et électroniques

4.4.1 Boîtier du calculateur électronique min. IP 54



4.4.2 Boîtier du calculateur électronique min. IP 33



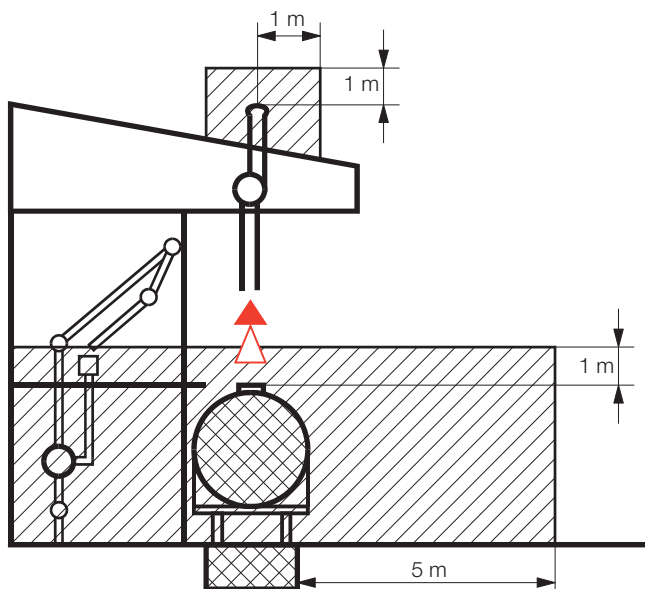
zone 1



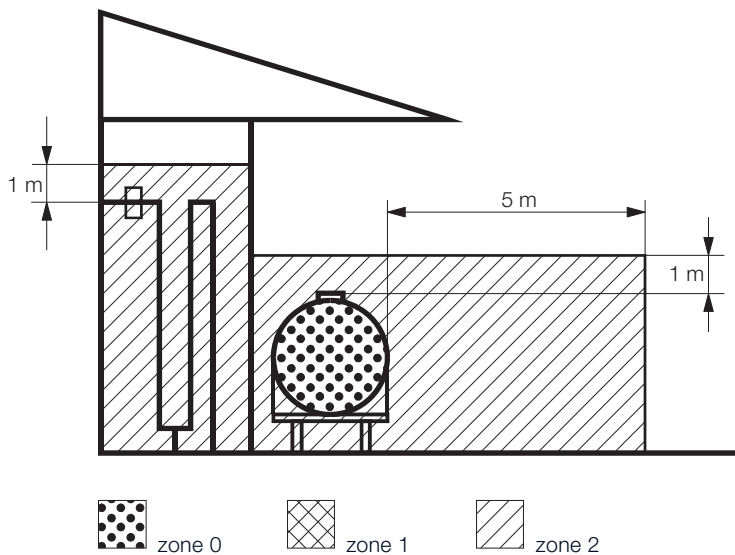
zone 2

4.5 Grande station de chargement pour véhicules-citernes

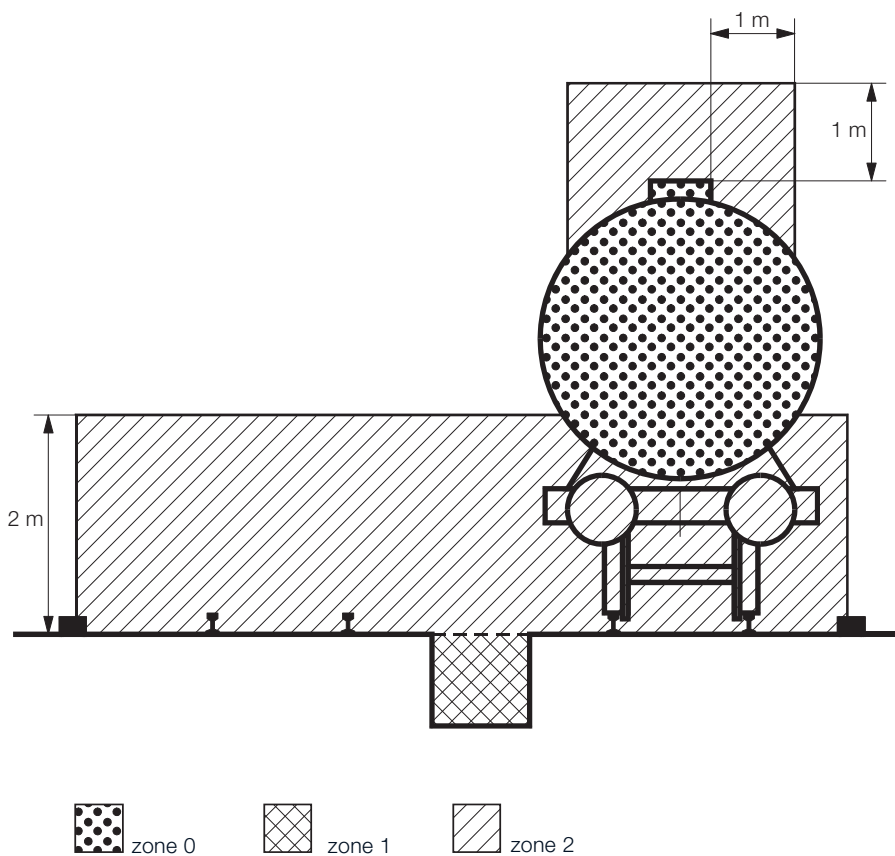
4.5.1 Mazout/diesel (remplissage par le haut)



4.5.2 Liquides avec un point d'éclair $< 30^{\circ}\text{C}$ (p. ex. essence) (point de remplissage avec chargement par le bas et récupération des vapeurs)

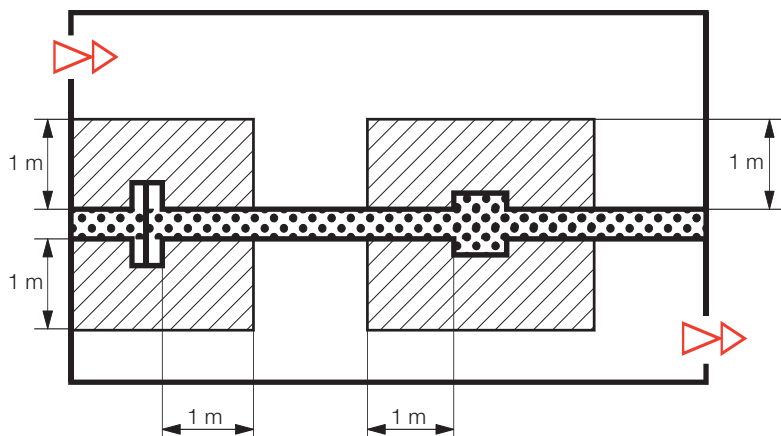


4.6 Station de dépotage (sans remplissage) pour wagons-citernes transportant des liquides facilement inflammables

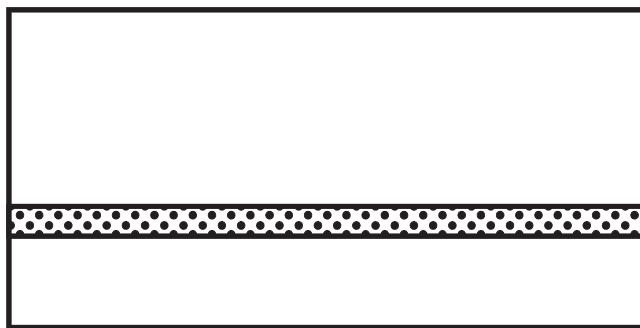


4.7 Conduites pour liquides facilement inflammables et vapeurs inflammables en plein air ou dans de grands locaux

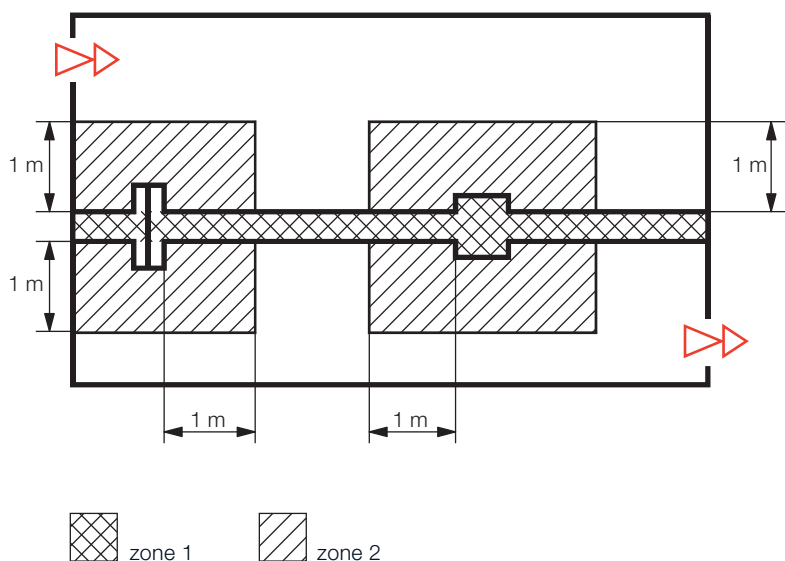
4.7.1 Conduite bridée, vissée ou à armatures



4.7.2 Conduite soudée

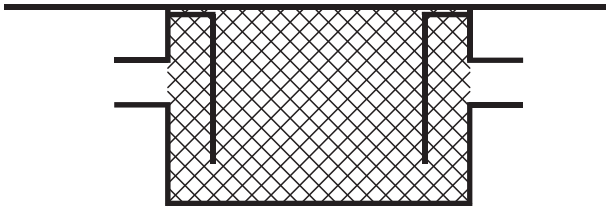


4.7.3 Conduite complètement remplie de liquide pour laquelle il est garanti qu'une atmosphère explosible ne se présente pas pendant une période prolongée lors du remplissage ou du vidage

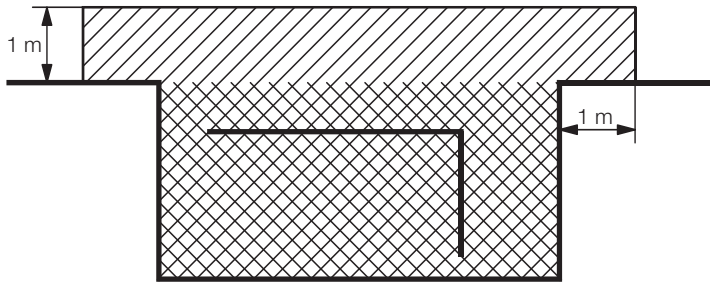


4.8 Séparateur de liquides facilement inflammables

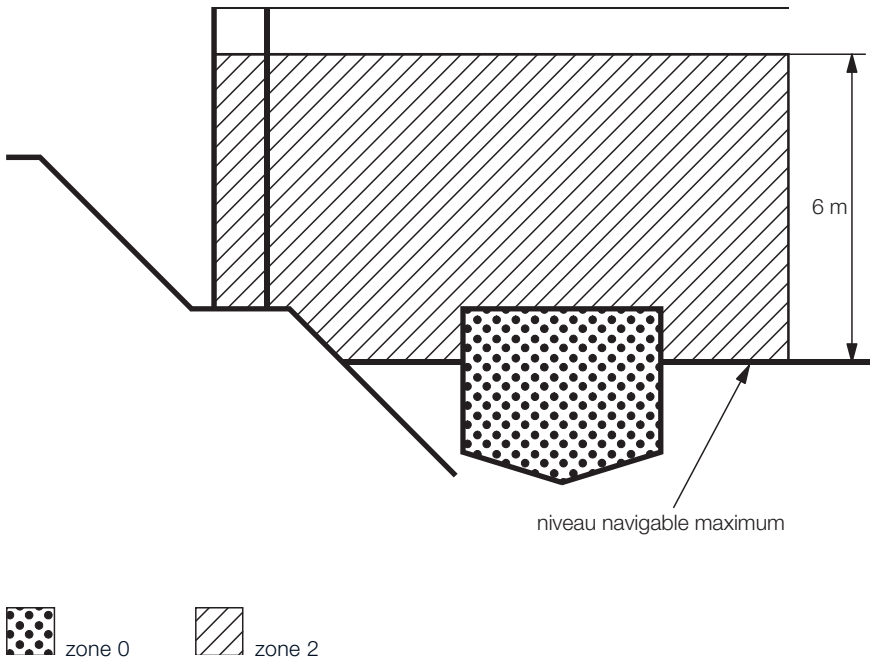
4.8.1 Séparateur fermé



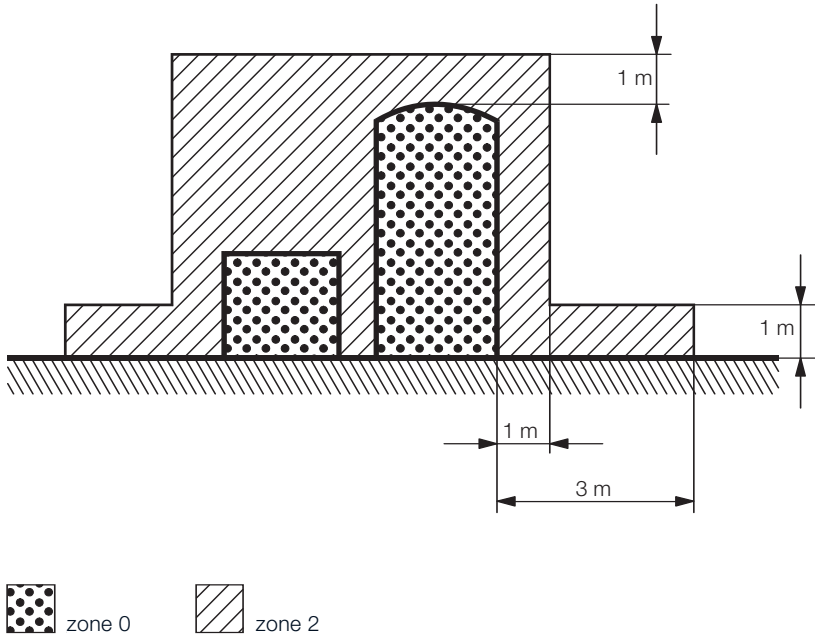
4.8.2 Séparateur ouvert



4.9 Appontement (lieu de déchargement de bateaux-citernes)



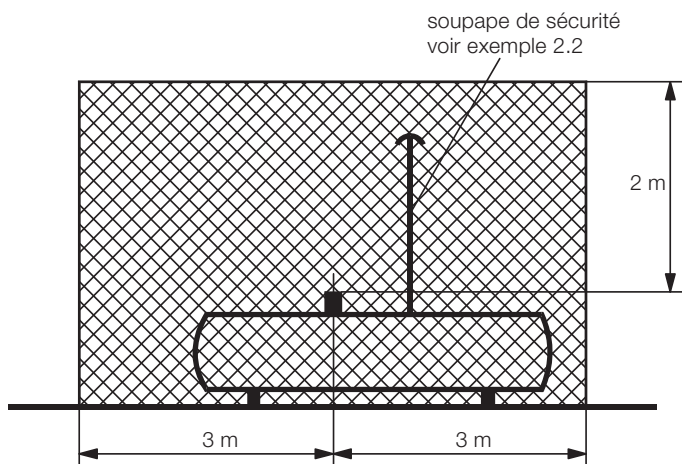
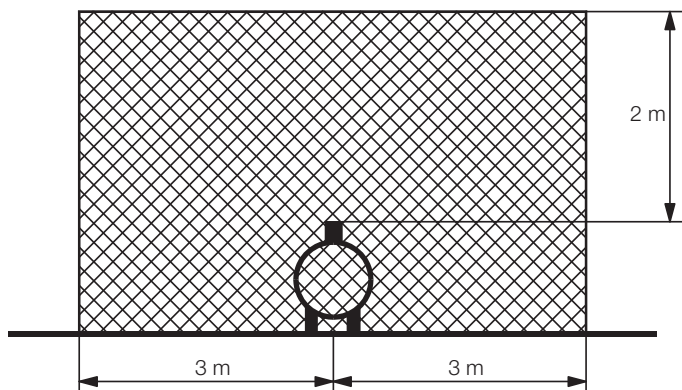
4.10 Installation de récupération des vapeurs de liquides facilement inflammables (système fermé)



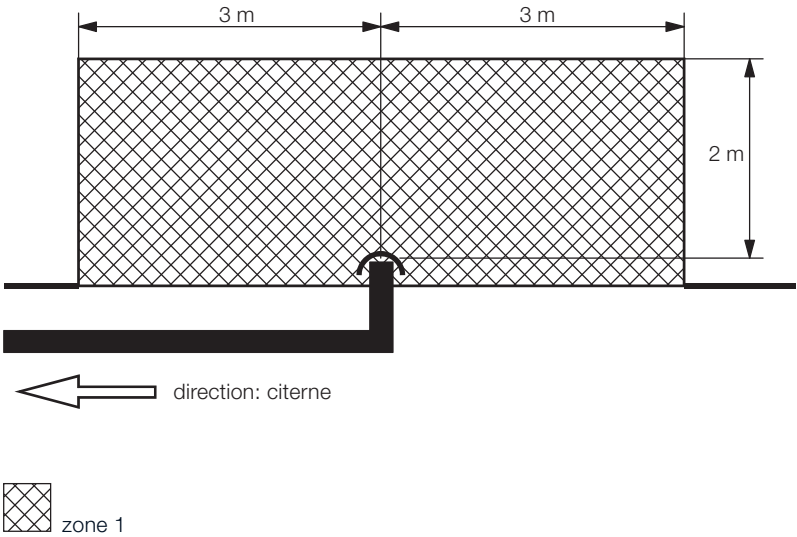
5 Travaux avec des gaz inflammables

5.1 Poste de transvasement de gaz liquéfié

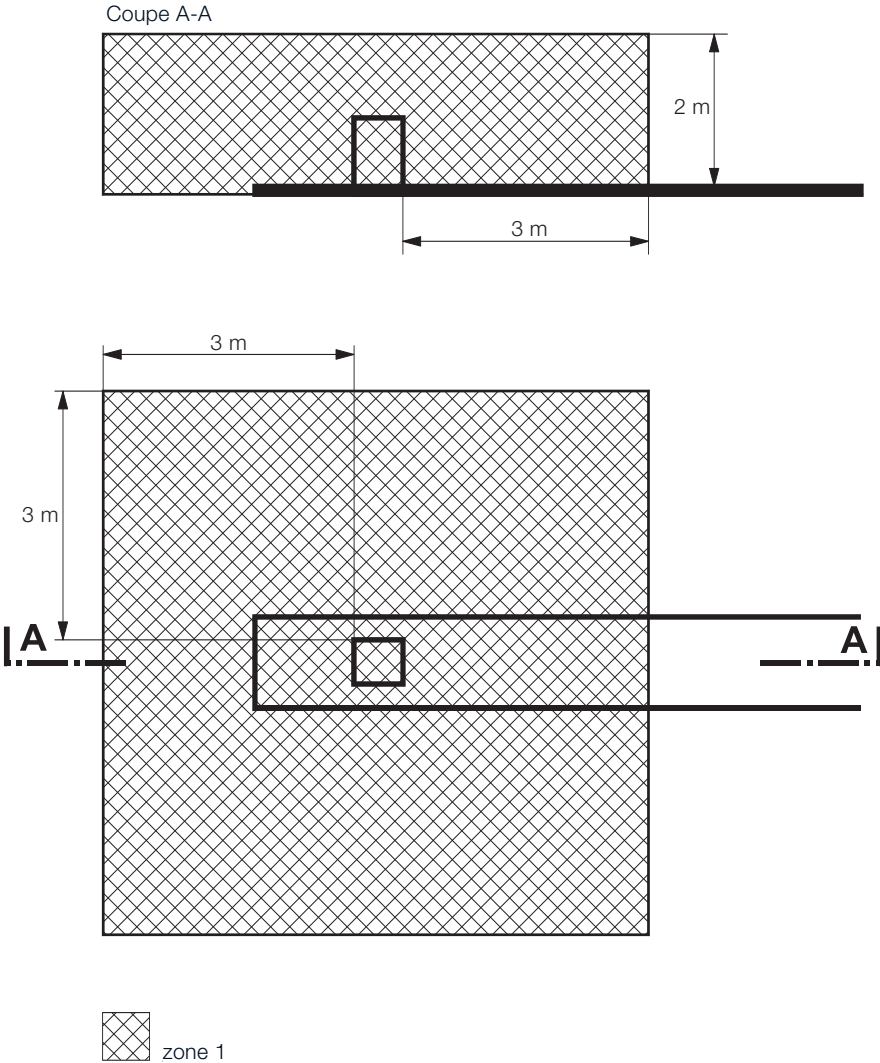
5.1.1 Raccord de remplissage sur le réservoir (jauge à tube coulissant, indicateur de niveau, etc.)



5.1.2 Raccord de remplissage sur la conduite (dans le terrain) ou sur la citerne de gaz liquéfié enterrée

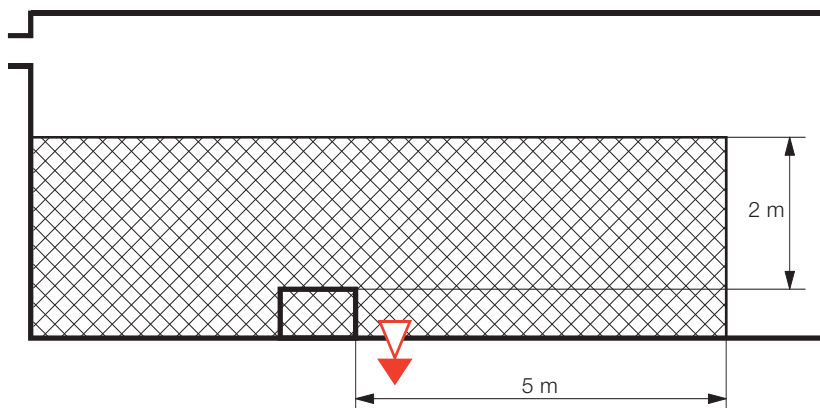


5.2 Poste de distribution de gaz liquéfié

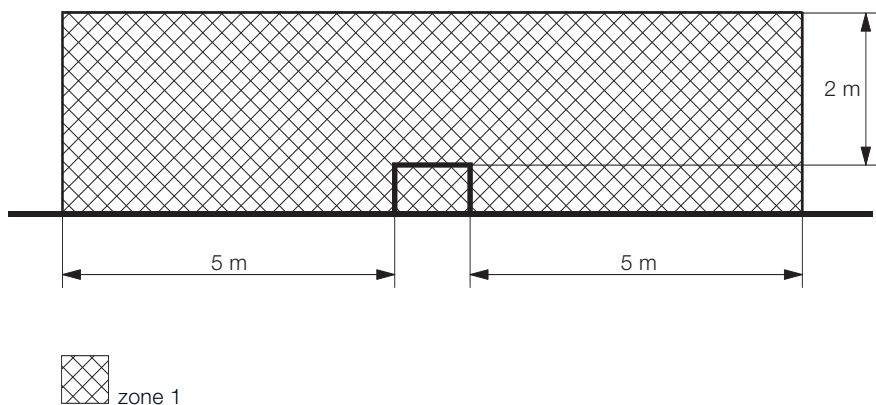


5.3 Remplissage de bouteilles de gaz liquéfié

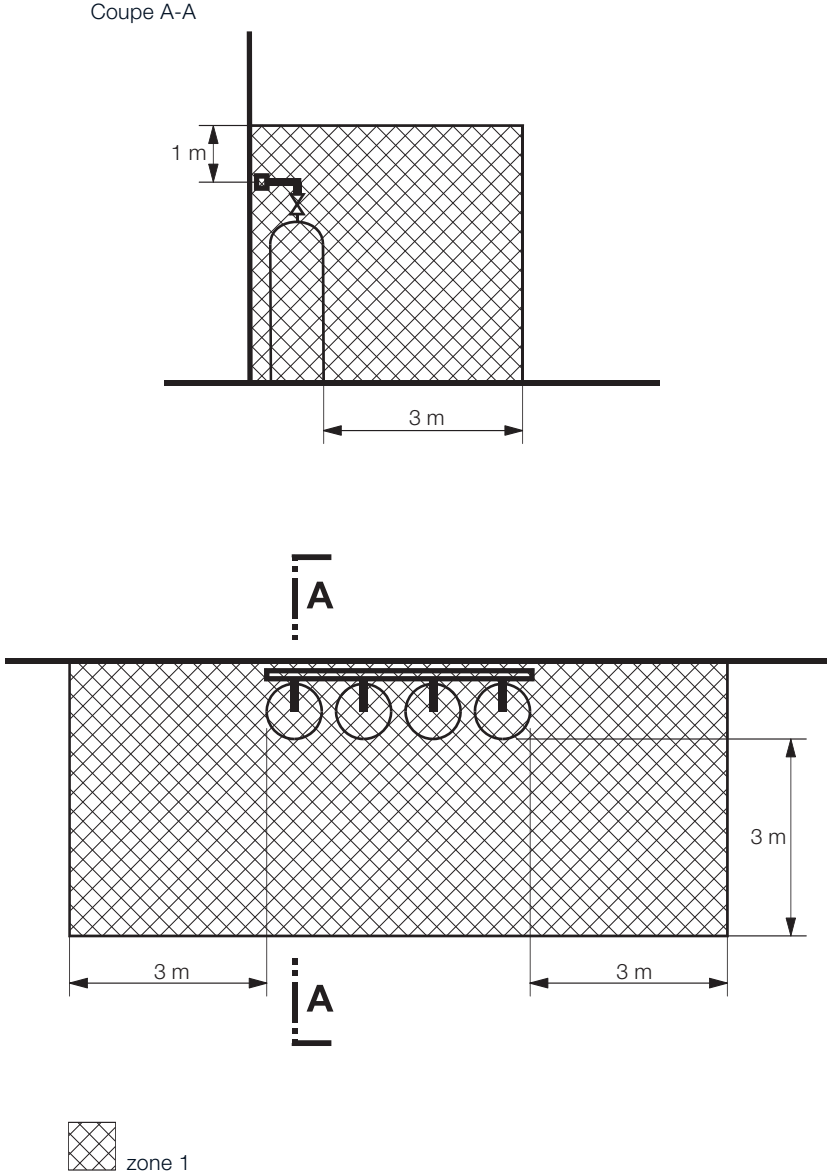
5.3.1 Station de remplissage pour bouteilles de gaz liquéfié à l'intérieur d'un local (asservissement de la ventilation à l'installation de remplissage)



5.3.2 Remplissage de gaz liquéfié en plein air

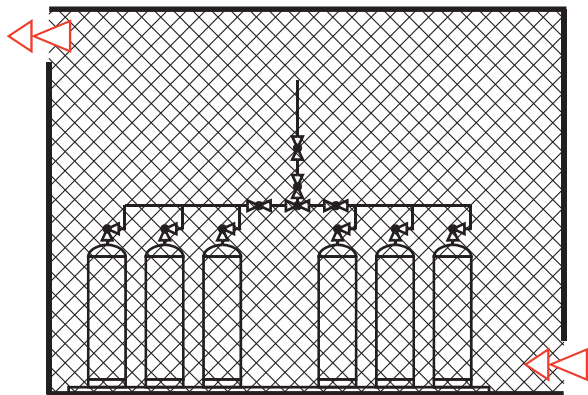


5.4 Batterie de bouteilles de gaz liquéfié



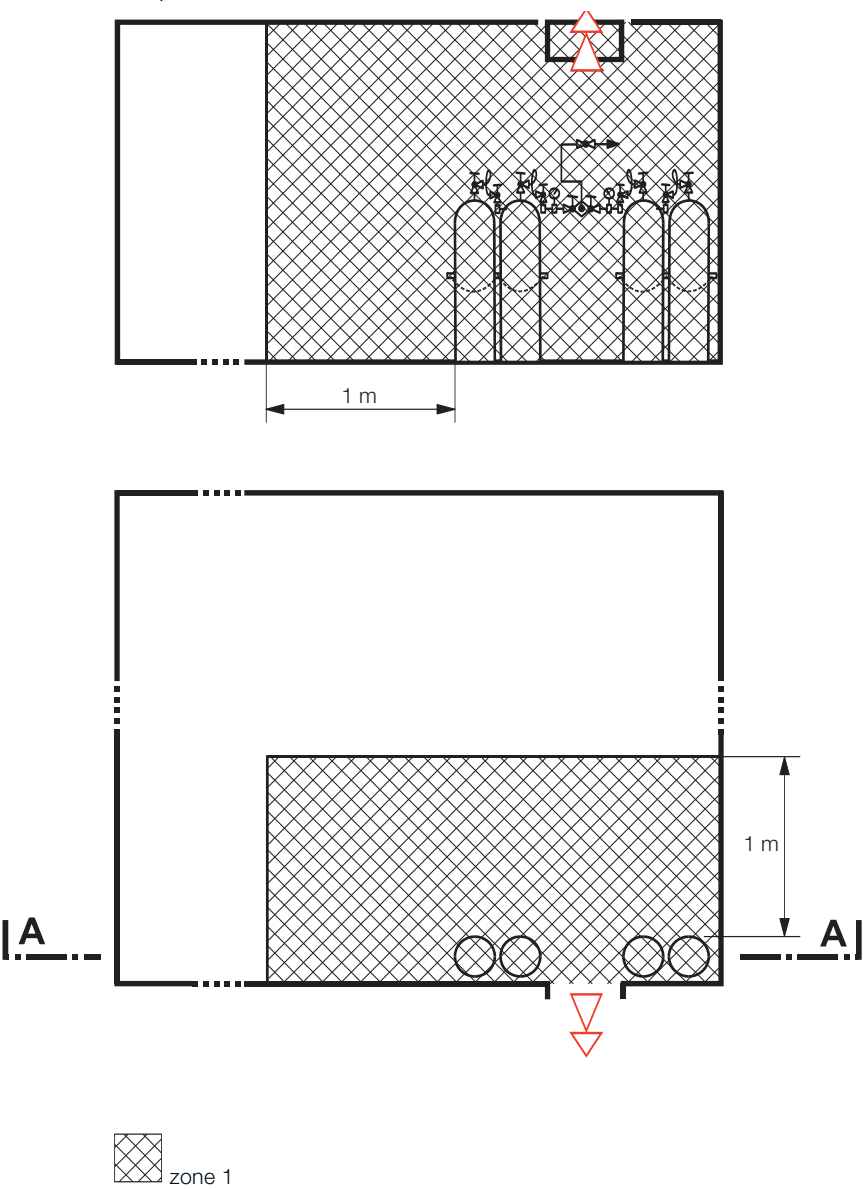
5.5 Batterie de bouteilles de gaz inflammables, plus légers que l'air (densité inférieure à $1,3 \text{ kg/Nm}^3$ pour 273 K et 1 bar)

5.5.1 Batterie dans un local spécifique



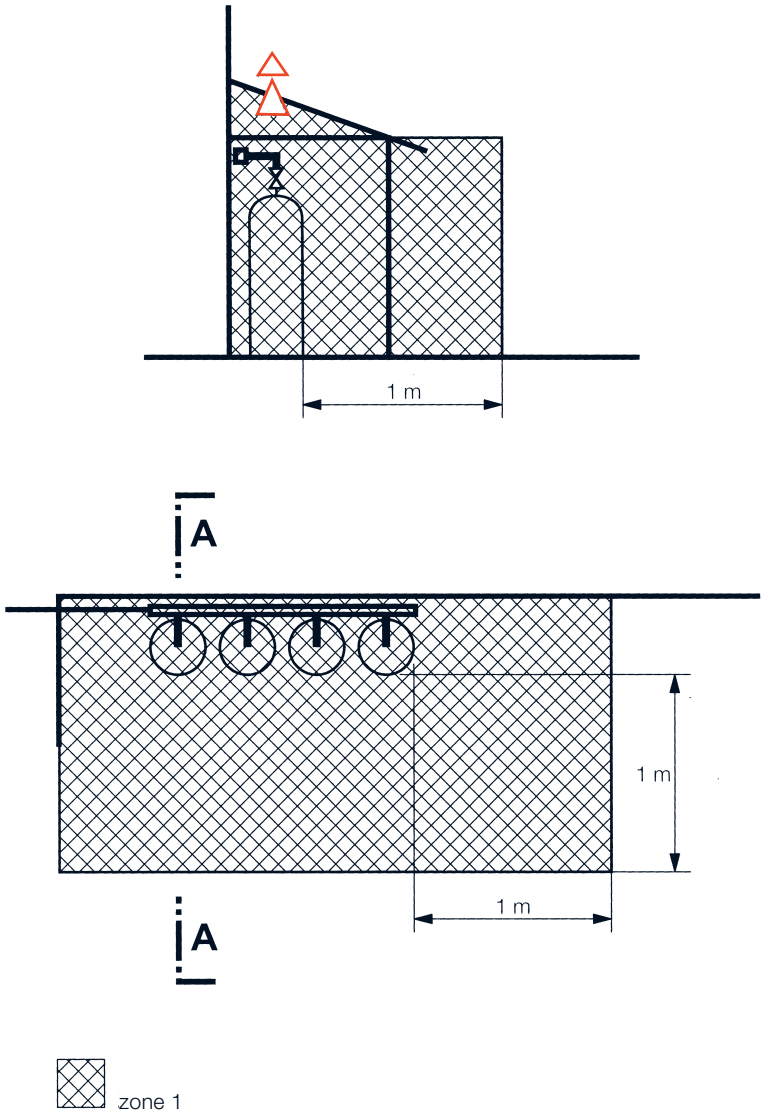
5.5.2 Batterie dans un grand atelier

Coupe A-A



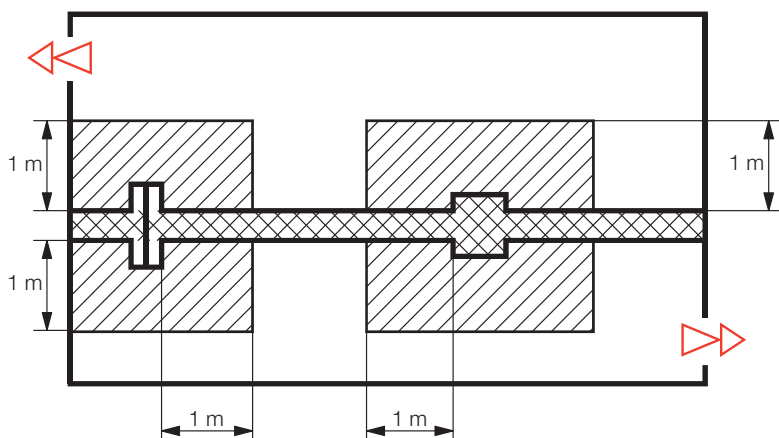
5.5.3 Batterie à l'air libre

Coupe A-A

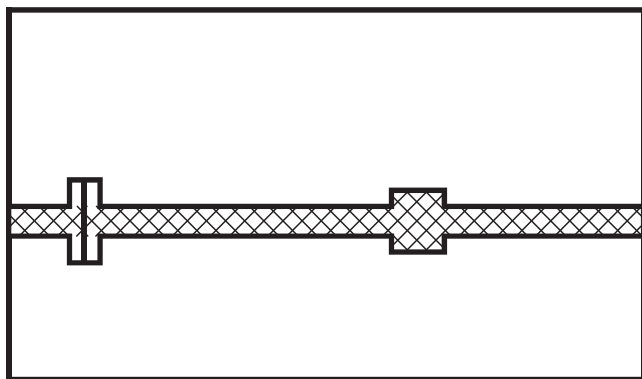


5.6 Conduite pour gaz inflammables
(p. ex. hydrogène gaz liquéfié, gaz naturel)

5.6.1 Conduite bridée ou vissée



5.6.2 Conduite bridée garantissant une étanchéité permanente
(cf. point 2.4); conduite avec soudage continu



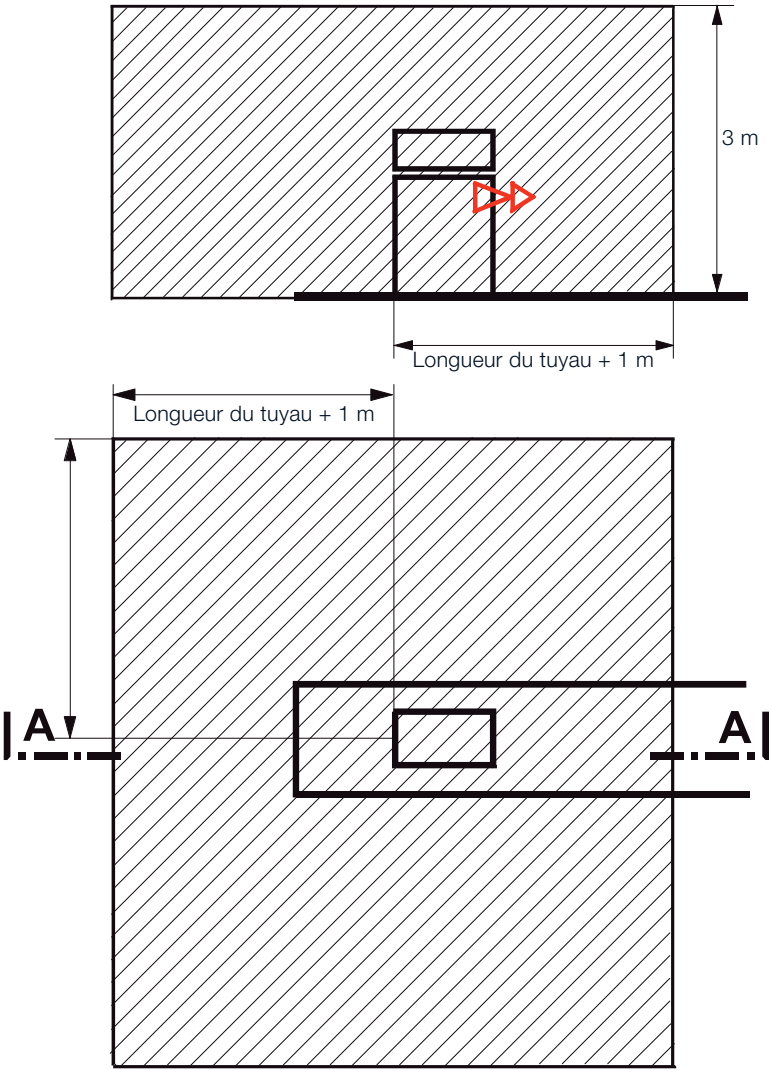
zone 1



zone 2

5.7 Station de remplissage de gaz (en plein air)

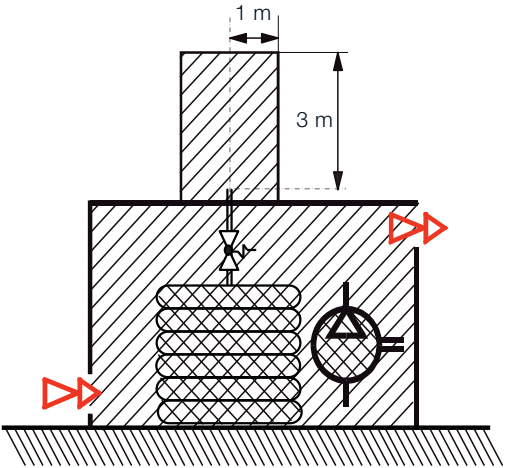
Coupe A-A



Le raccord de remplissage et de la position possible du véhicule constituent les deux critères déterminants.



5.8 Compresseur et local d'entreposage pour bouteilles de gaz naturel



zone 1

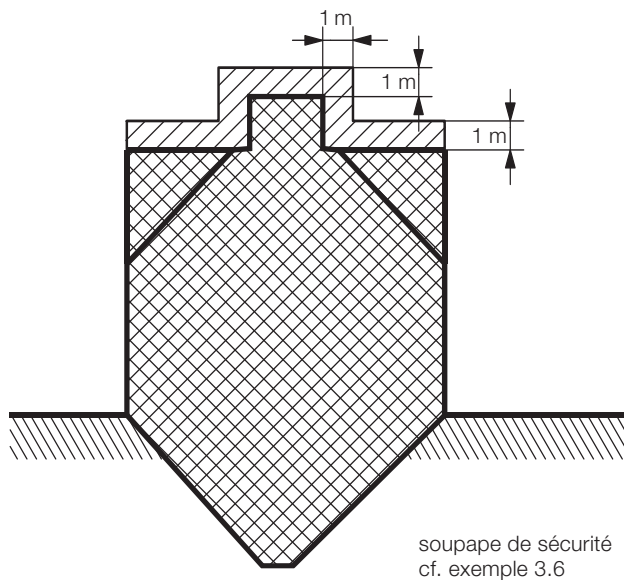


zone 2

6 Station d'épuration des eaux

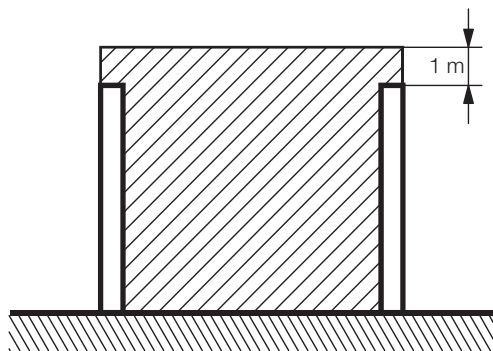
6.1 Production de biogaz

6.1.1 Digesteur

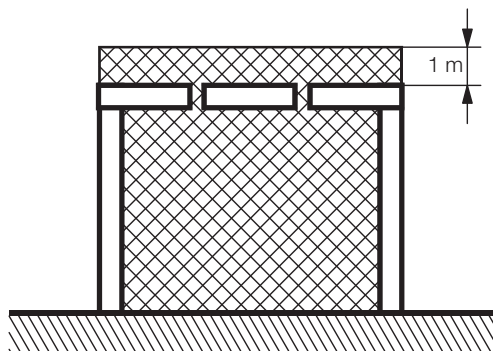


6.1.2 Stockeur de boues

– stockeur de boues ouvert, en plein air



– stockeur de boues couvert, en plein air

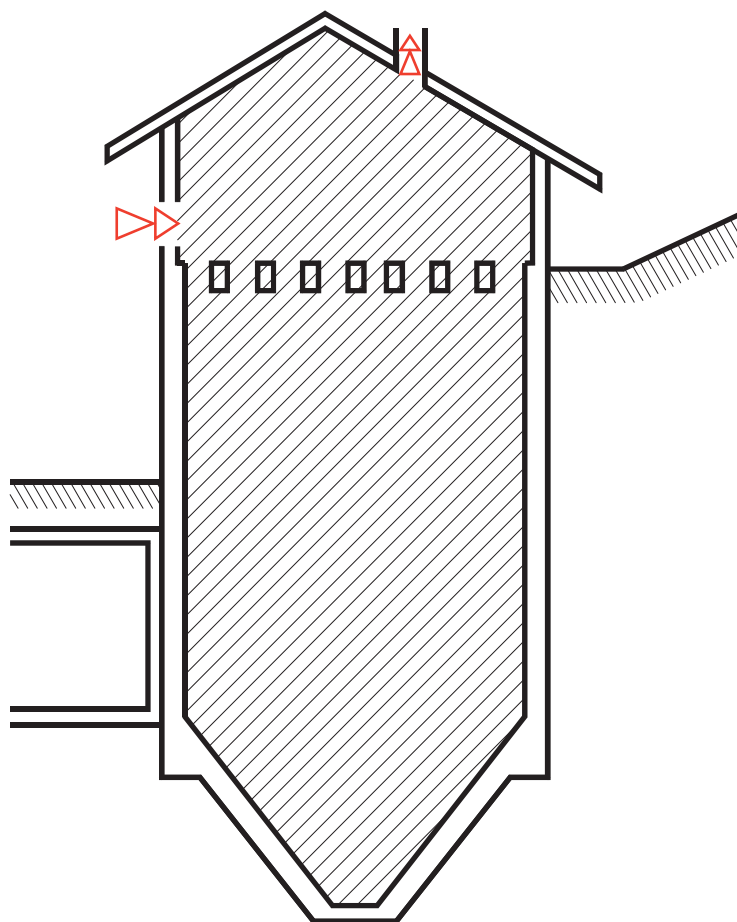


zone 1



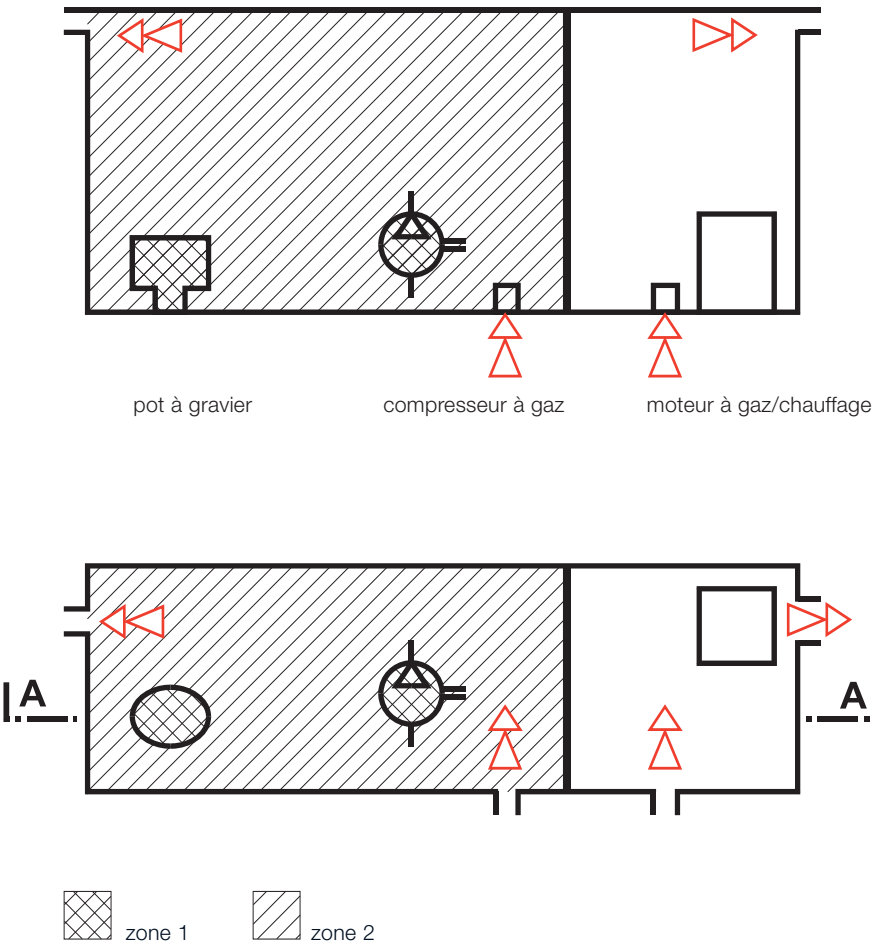
zone 2

– stockeur de boues ouvert, dans des locaux

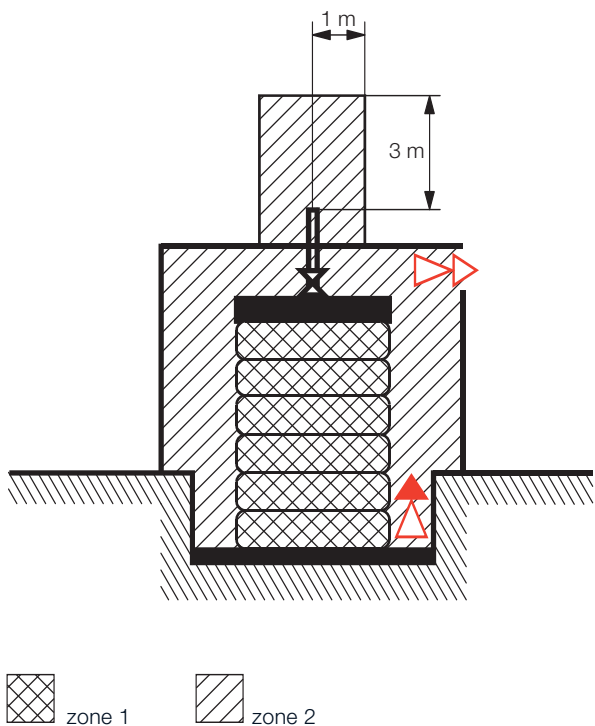


6.2 Local gaz/local des compresseurs et local pour moteurs à gaz/chaufferie

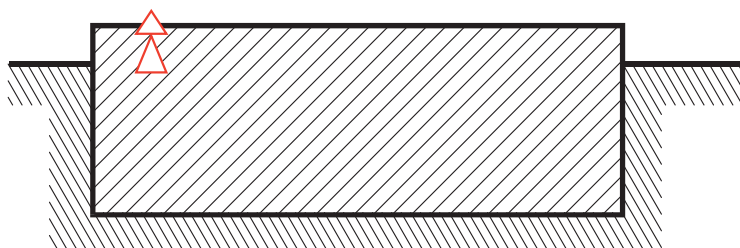
Coupe A-A



6.3 Réservoir à gaz, dans un local



6.4 Bassin d'eaux pluviales
(contenance inférieure à 500 m³)

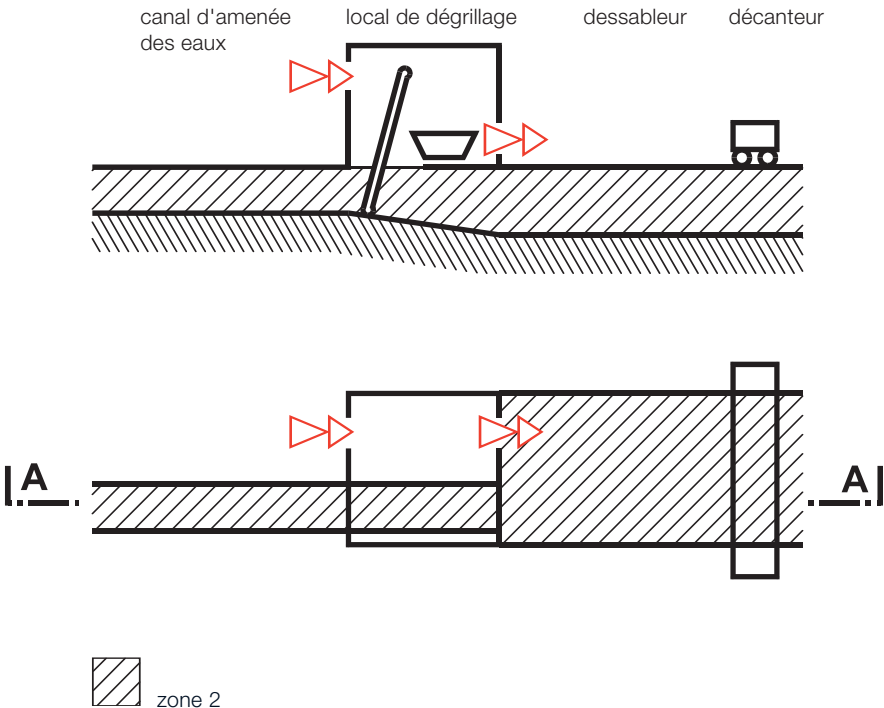


ventilation artificielle fixe ou mobile
pour travaux à l'intérieur du bassin



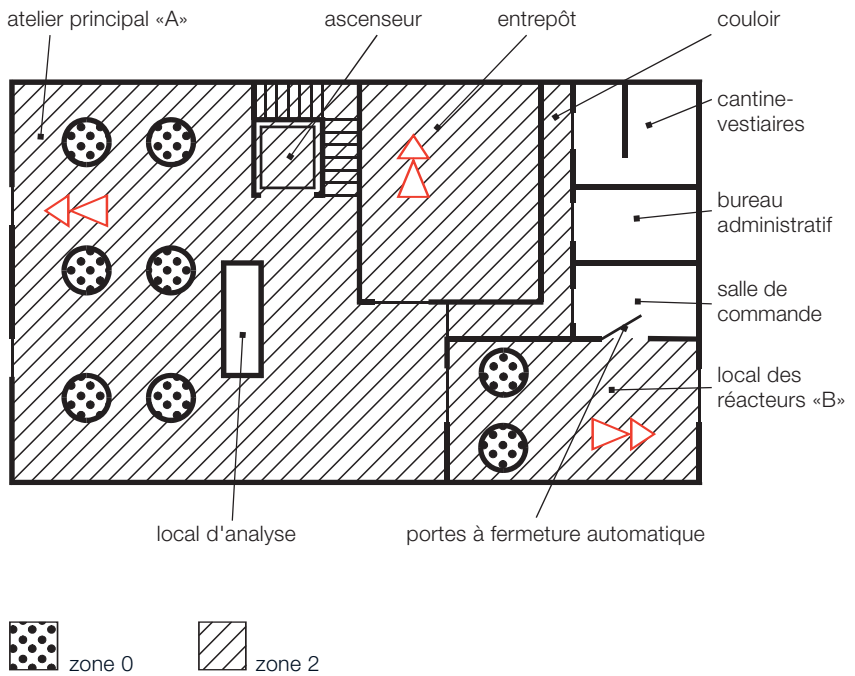
6.5 Local de dégrillage

Coupe A-A

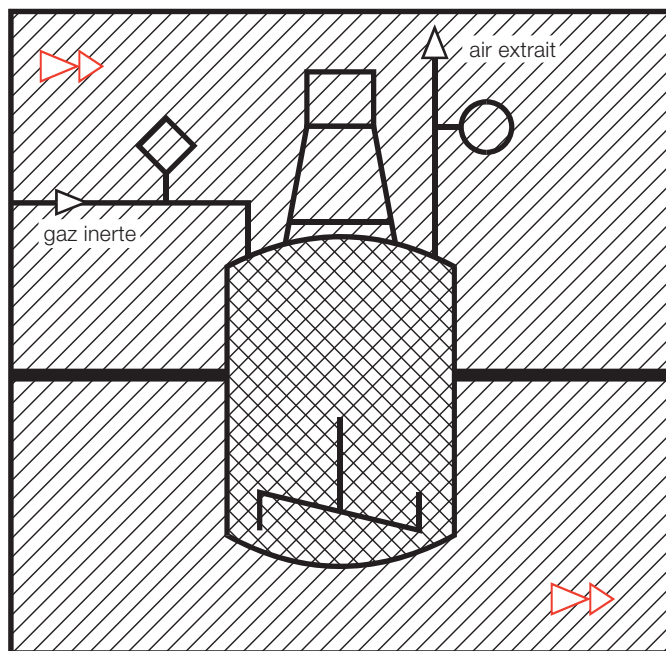


7 Industrie chimique et pharmaceutique

7.1 Locaux de fabrication



7.2 Appareillages inertisés (inertage contrôlé)

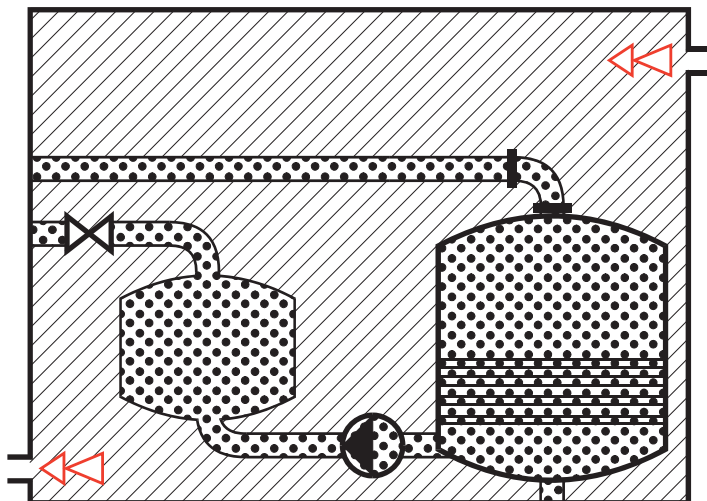


 zone 1

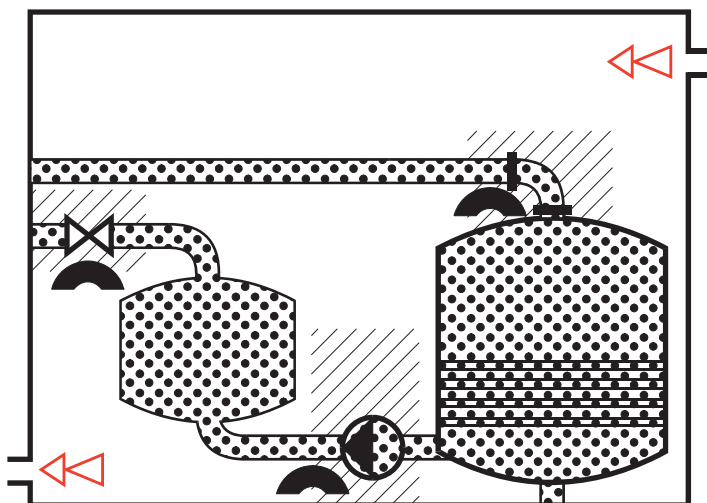
 zone 2

7.3 Installation de production

– sans contrôle des concentrations



– avec contrôle des concentrations



zone 0

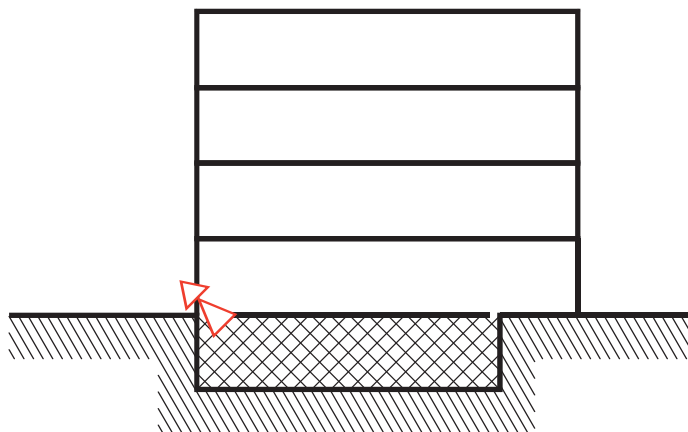


zone 2



directeur de gaz

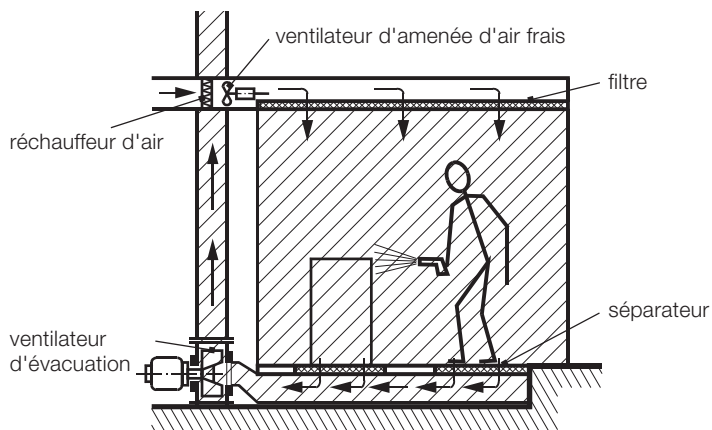
7.4 Bassin pour avarie
(bassin pour eaux d'extinction, bassin de rétention)



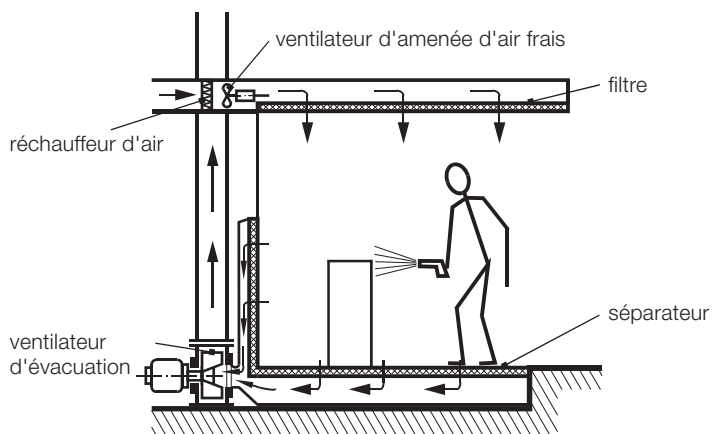
8 Application de peintures ou vernis

8.1 Installation de pistolage

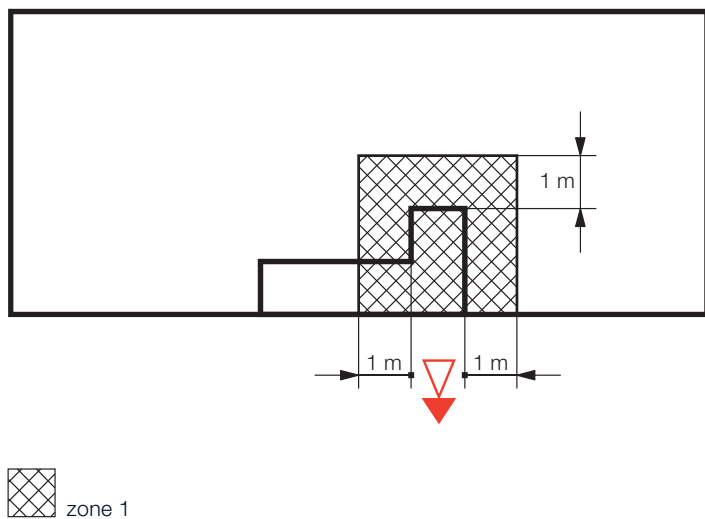
8.1.1 Poste de peinture au pistolet sans asservissement



8.1.2 Poste de peinture au pistolet avec asservissement (p. ex. de la ventilation avec l'air comprimé)

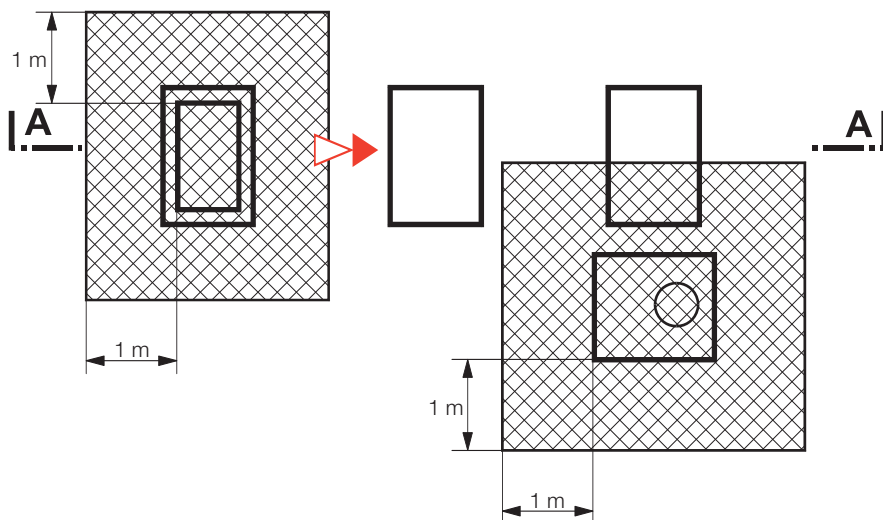
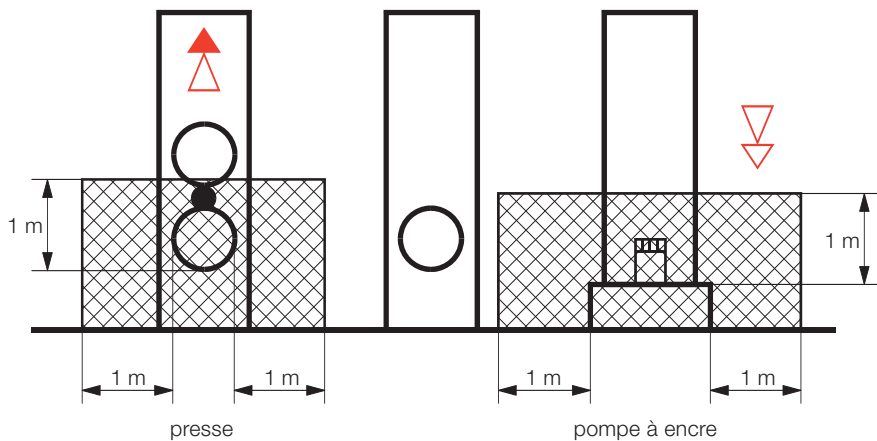


8.2 Machine à laquer
(Aspiration et zonage aux lieux d'application et de séchage)



8.3 Presse pour l'héliogravure (aspiration sur les presses)

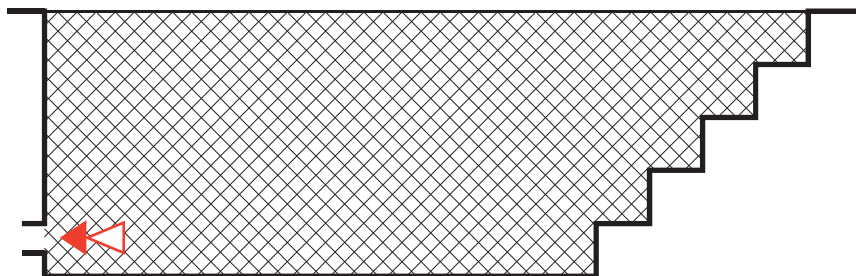
Coupe A-A



9 Fosse de travail

p. ex. atelier de réparation d'automobiles

– sans asservissement de l'aspiration aux équipements électriques



– avec asservissement de l'aspiration aux équipements électriques

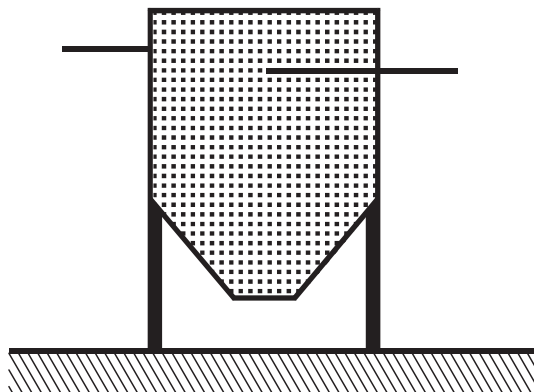


10 Poussières combustibles

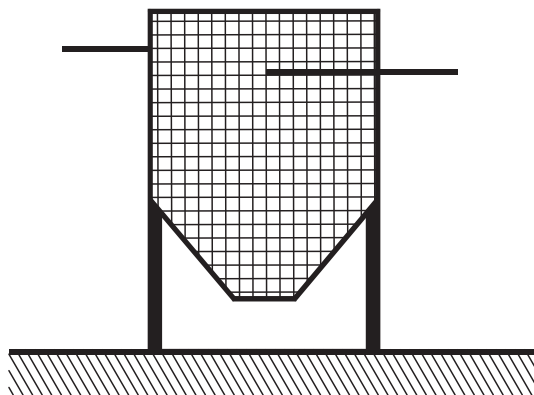
10.1 Stockage et séparation (s'applique en général également pour le broyage, le mélange et le séchage)

10.1.1 Installation étanche aux poussières
(dépôts de poussières impossibles dans le voisinage)

présence **fréquente** d'une atmosphère explosible
(p. ex. installation de dépoussiérage, séchoir à pulvérisation)



– présence **occasionnelle** d'une atmosphère explosible (p. ex. silo)

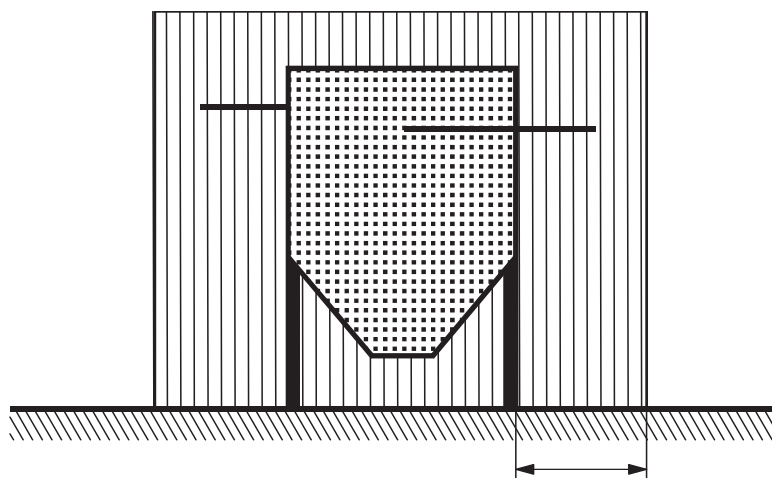


zone 20



zone 21

10.1.2 Etanchéité de l'installation non assurée (dispersion possible de dépôts de poussières)



distance en fonction de la situation:
1 m, 3 m ou dans tout le local

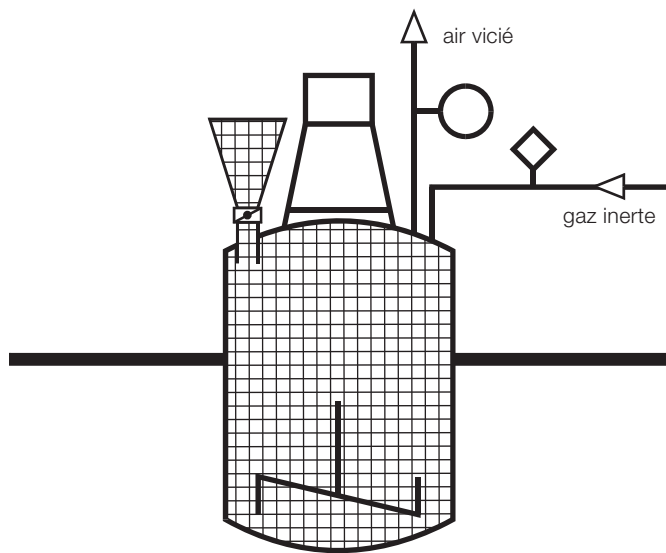


zone 20



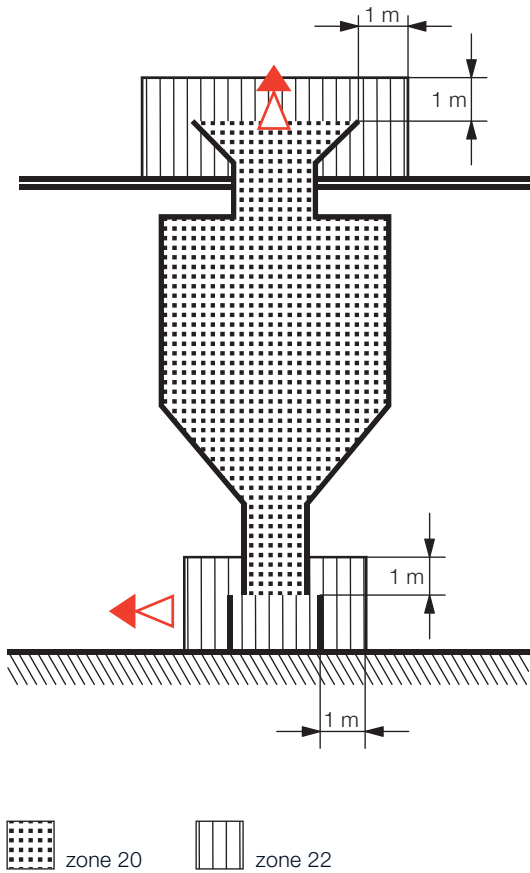
zone 22

10.1.3 Appareil inertisé avec introduction en milieu fermé (inertage contrôlé)



zone 21

10.2 Remplissage (p. ex. ouverture de remplissage) et vidage (p. ex. poste d'ensachage) sans dépôt de poussières



Index des exemples

appareils inertisés (7.2) et (10.1.3)

application de peintures ou vernis (8)

- installation de pistolage (8.1)
- machine à laquer (8.2)
- presse pour l'héliogravure (8.3)

apponnement (4.9)

bassin pour avarie (7.4)

bassin pour eaux d'extinction (7.4)

bassins d'eaux pluviales (6.4)

batterie de bouteilles de gaz liquéfié (5.4)

- batterie dans un local spécifique (5.5.1)
- batterie dans un grand atelier (5.5.2)
- batterie à l'air libre (5.5.3)

batteries de bouteilles de gaz inflammables, plus légers que l'air (5.5)

bouteilles de gaz naturel dans les locaux (5.8)

bouteilles de gaz naturel dans un local de compresseurs (5.8)

brassage de liquides facilement inflammables (4.1)

canal d'amenée des eaux (6.5)

chaufferie (6.2)

citerne de gaz liquéfié en plein air, soupape de sécurité (2.2)

citerne en plein air, non enterrée, avec récupération des vapeurs (1.2.4)

conduite compensatrice de pression de citerne pour liquides facilement inflammables (1.2.3)

conduite d'évacuation d'une citerne de gaz liquéfié (2.2)

conduite d'évacuation pour gaz inflammables, plus légers que l'air (3.6)

conduite pour liquides inflammables (5.6)

conduites pour liquides facilement inflammables (4.7)

- conduite bridée, vissée ou à armatures (4.7.1)
- conduite soudée (4.7.2)
- conduite complètement remplie de liquides (4.7.3)

contrôle des concentrations (7.3)

cyclone (10.1.1)

dépôt de bouteilles de gaz inflammables, plus légers que l'air (3.1)

dépôt de bouteilles de gaz liquéfié (2.1)

dépôt de bouteilles de GPL (2.1)

dépôt de solvants (sans transvasement) (1.1.1)

dépôt de solvants en plein air (1.1.3)

digesteur de boues (6.1.1)

entreposage de bouteilles de gaz dans un grand dépôt (3.2)

entreposage de bouteilles de gaz en plein air (3.3)

entrepôts palettisés de grande hauteur (1.1.2)

fosse de travail (p. ex. atelier de réparation d'automobiles) (9)

gazomètre pour biogaz (6.3)

gazomètre pour gaz (3.5)

gazomètre pour vapeurs de liquides facilement inflammables (1.4)

gazomètre pour vapeurs de liquides facilement inflammables (1.4)

grande station de chargement pour véhicules-citernes (4.5)

industrie chimique et pharmaceutique (7)

- locaux de fabrication (7.1)
- appareillages inertisés (7.2)
- installation de production (7.3)
- bassin pour avarie (7.4)

installation de dépoussiérage (10.1.1)

installation de distillation (4.3)

installation de nettoyage dans laquelle les liquides facilement inflammables sont employés à froid (4.2.1)

installation de nettoyage fermée (4.2.2)

installation de pistolage (8.1)

- poste de peinture au pistolet sans asservissement (8.1.1)
- poste de peinture avec asservissement (p. ex. de la ventilation avec l'air comprimé) (8.1.2)

installation de récupération de liquides facilement inflammables (4.10)

installation de récupération de solvants (4.10)

installations de nettoyage (4.2)

installations souterraines de stockage de liquides facilement inflammables (1.2.2)

lieu de déchargement de bateaux-citernes (4.9)

local de dégrillage (6.5)

local d'entreposage de gaz naturel (5.8)

local des compresseurs, installation à biogaz (6.2)

local des compresseurs, gaz naturel (5.8)

local des réservoirs (1.2.1)

- réservoirs pour liquides facilement inflammables avec point d'éclair < 30 °C local gaz/local des compresseurs (6.2)
- réservoirs pour mazout/diesel

local pour moteurs à gaz (6.2)

locaux de fabrication pour l'industrie chimique (7.1)

machine à laquer (8.2)

mélange de liquides facilement inflammables (4.1)

peinture au pistolet (8.1)

petite installation de distillation (4.3)

pompage de liquides facilement inflammables (4.1)

pompe à encre (8.3)

pompes à essence (avec récupération des vapeurs) avec calculateur électronique (en plein air) (4.4)

- boîtier du calculateur électronique min. IP 54 (4.4.1)
- boîtier du calculateur électronique min. IP 33 (4.4.2)

poste d'ensachage (10.2)

poste de distribution de gaz liquéfié (5.2)

poste de transvasement de gaz liquéfié (5.1)

- raccord de remplissage sur le réservoir (jauge à tube coulissant, indicateur de niveau, etc.) (5.1.1)
- raccord de remplissage sur la conduite (sur le terrain) ou sur la citerne de gaz liquéfié enterrée (5.1.2)

poussières combustibles (10)

- stockage et séparation (10.1)
- remplissage et vidage (10.2)

presse d'imprimerie (8.3)

presse pour l'héliogravure (8.3)

production de biogaz (6.1)

puits d'accès pour réservoirs de liquides facilement inflammables (1.2.2)

raccord de remplissage pour gaz liquéfié (5.1.2)

remplissage de bouteilles de gaz liquéfié (5.3)

remplissage de gaz liquéfié en plein air (5.3.2)

remplissage et vidage d'installations avec des poussières combustibles (10.2)

réservoir à membrane (1.3.1)

réservoir à toit fixe (1.3.1)

réservoir de biogaz, dans les locaux (6.3)

réservoir de gaz comprimé à basse pression, dans un local (3.5)

réservoir de gaz comprimé, en plein air (3.4)

réservoir de gaz inflammables dans un local (3.5)

réservoir de gaz, en plein air (3.4)

réservoir vertical pour mazout/diesel (1.3.2)

- entrepôt mixte (entrepôt autorisant le stockage de liquides avec point d'éclair < 30 °C
- entrepôts pour stockage exclusif de liquides avec point d'éclair > 30 °C

réservoirs verticaux pour liquides facilement inflammables avec point d'éclair < 30 °C (1.3.1)

- réservoir à toit fixe (avec système de récupération des vapeurs)
- réservoir à toit fixe (avec soupape de sécurité)
- réservoir à membrane (avec ventilation naturelle)

séchoir à pulvérisation (10.1.1)

séparateur d'huile (4.8)

séparateur de liquides facilement inflammables (4.8)

- séparateur fermé (4.8.1)
- séparateur ouvert (4.8.2)

séparation de poussières combustibles (10.1)

silo (10.1)

soupape de sécurité (3.6)

soutirage de liquides facilement inflammables (4.1)

station d'épuration des eaux (6)

station de chargement pour véhicules-citernes (4.5)

station de dépotage (sans remplissage) pour wagons-citernes transportant des liquides facilement inflammables (4.6)

station de dépotage pour wagons-citernes (4.6)

station de remplissage de gaz (5.7)

station de remplissage pour bouteilles de gaz liquéfié à l'intérieur d'un local (5.3.1)

station-service (4.4)

- pour liquides facilement inflammables (4.4)
- pour gaz liquide (5.2)
- pour gaz naturel (5.7)

stockage dans de grands réservoirs (1.3)

stockage de bouteilles de gaz dans un local spécifique (3.1)

stockage de gaz inflammables, plus légers que l'air (3)

stockage de gaz liquéfiés (2)

stockage de liquides facilement inflammables (1)

stockage en récipients et petits réservoirs (1.1)

stockage en réservoirs de moyenne grandeur (1.2)

stockage et séparation de poussières combustibles (10.1)

stockeur de boues (6.1.2)

«Trailer» (3.4)

transvasement (p. ex. soutirage, pompage), installation de mélange (p. ex. brassage, mélange) (4.1)

travaux avec des gaz inflammables (5)

travaux avec des liquides facilement inflammables (4)

