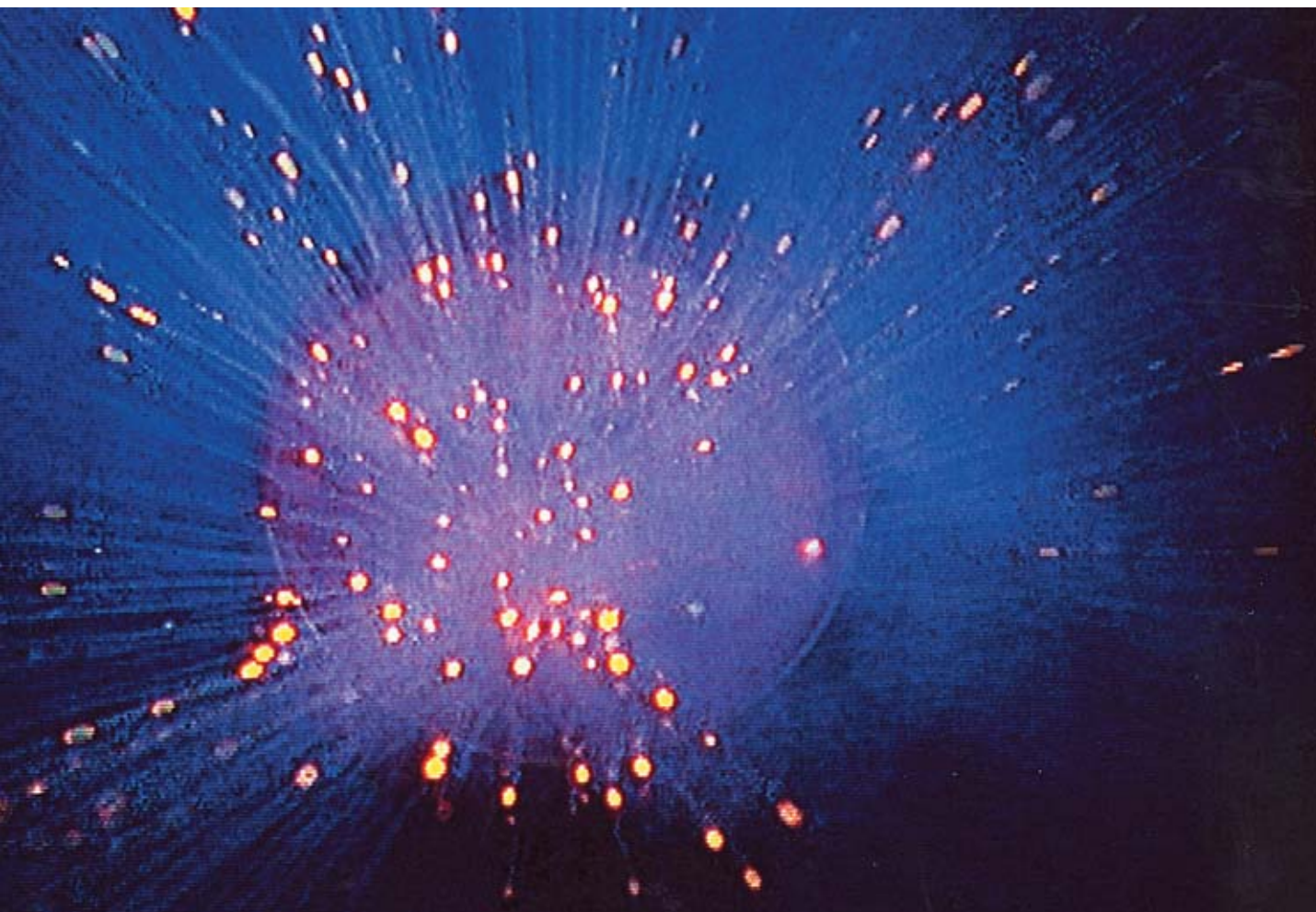




Explosions

Risques et mesures de prévention

Conférence avec démonstrations

Cette brochure présente le descriptif de la conférence «Explosions – Risques et mesures de prévention» développée par la Suva. C'est à Felix Scheller (secteur chimie) que revient notamment le mérite d'avoir su enrichir peu à peu une conférence qui rassemble aujourd'hui une foule de démonstrations spectaculaires. Cette introduction sur le thème de la prévention des explosions, abondamment illustrée par des exemples pratiques, remporte beaucoup de succès auprès du public concerné.

La prévention des explosions vise à empêcher les explosions ou à prévenir leurs effets grâce à des mesures ciblées de telle sorte que la sécurité des personnes soit assurée et que les dégâts matériels soient aussi limités que possible. Afin de prendre des mesures adéquates, il est important de connaître, du moins dans les grandes lignes, les propriétés et réactions chimiques et physiques des substances susceptibles de provoquer une explosion.

Le but de la présente brochure et de la conférence qui l'accompagne est de transmettre ce savoir aux responsables des entreprises, aux spécialistes de la sécurité et aux travailleurs, de manière aussi simple et efficace que possible.

Suva

Sécurité au travail

Renseignements

Case postale, 1001 Lausanne
Tél. 021 310 80 40–42
Fax 021 310 80 49
www.suva.ch

Commandes

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

Titre

Explosions – Risques et mesures de prévention
Conférence avec démonstrations

Auteurs

Felix Scheller, Roland J. Ott, Jakob Utzinger,
Suva, secteur chimie, Lucerne

Reproduction autorisée, sauf à des fins commerciales,
avec mention de la source.

1^{re} édition: avril 2002

Edition revue et corrigée: février 2014

Référence

44071.f (disponible uniquement sous forme de fichier pdf)

Le modèle Suva

Les quatre piliers de la Suva

- La Suva est mieux qu'une assurance: elle regroupe la prévention, l'assurance et la réadaptation.
- La Suva est gérée par les partenaires sociaux. La composition équilibrée de son Conseil d'administration, constitué de représentants des employeurs, des travailleurs et de la Confédération, permet des solutions consensuelles et pragmatiques.
- Les excédents de recettes de la Suva sont restitués aux assurés sous la forme de primes plus basses.
- La Suva est financièrement autonome et ne perçoit aucune subvention de l'Etat.

Sommaire

1	Types d'explosions	4
1.1	Explosions physiques	4
1.2	Explosions chimiques	4
1.3	BLEVE	5
2	Pression de vapeur	6
3	Influence sur les mélanges air-combustible (extinction d'un feu)	7
4	Atmosphère explosible de gaz et vapeurs	10
4.1	Atmosphère explosible dans des conduites	11
4.2	Systèmes ouverts et fermés	12
4.3	Limites d'explosibilité	13
4.4	Point d'éclair	15
5	Liquides inflammables à point d'éclair élevé	17
5.1	Echauffement au-dessus du point d'éclair	17
5.2	Augmentation de la surface d'inflammation et effet de mèche	17
5.3	Brouillards de liquides inflammables	18
6	Poussières combustibles	19
7	Aperçu des substances inflammables dangereuses	21
8	Substances inflammables en contact avec d'autres substances	22
8.1	Substances incompatibles	22
8.2	Mélanges avec des liquides facilement inflammables	23
9	Explosions de fûts	24
10	Sources d'inflammation	26
10.1	Flammes	26
10.2	Surfaces chaudes	26
10.3	Electricité statique	27
10.4	Equipements électriques	28
10.5	Réactions chimiques	28
11	Densité relative	29
12	Mesures de prévention des explosions	31
12.1	Mesures de prévention	31
12.2	Mesures constructives	32
12.3	Mesures organisationnelles	34
13	Illustrations	35

1 Types d'explosions

Du point de vue de la sécurité au travail, nous distinguons deux types d'explosions:

- les explosions physiques
- les explosions chimiques

Les deux premières expériences illustrent cette distinction:

1.1 Explosions physiques

★ Expérience «Eclatement d'un récipient»

Lorsque l'on introduit de l'énergie dans un récipient fermé (par ex. une chaudière) en l'échauffant, la pression augmente. Si la pression augmente au point de **dépasser la pression admissible**, le récipient éclate de la manière spectaculaire que nous connaissons (par ex. installations, appareils et parties de bâtiments qui explosent), avec toutes les conséquences que cela comporte.

S'agissant-là d'un processus physique, nous parlons donc d'une «**explosion physique**».

1.2 Explosions chimiques

★ Expérience «Explosion d'un récipient»

Dans le cas d'une «**explosion chimique**», l'élévation de pression est engendrée par l'énergie libérée par une réaction chimique entre deux partenaires réactionnels, un combustible et de l'oxygène (fig. 1). Ce type d'explosion s'accompagne d'un **phénomène de feu** constituant un cas particulier de combustion.

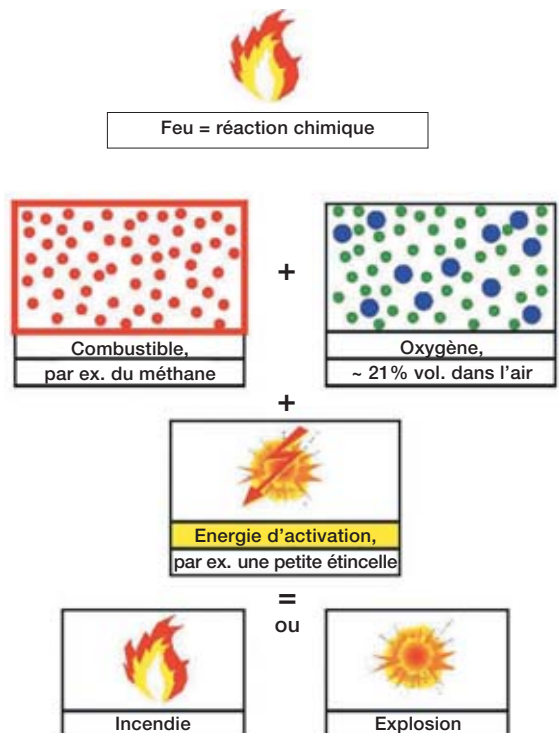


Fig. 1: Explosion chimique.

Ce type d'explosion peut être défini de la manière suivante:



Une explosion est une réaction chimique d'une substance inflammable qui se déroule très rapidement et se caractérise par la libération de grandes quantités d'énergie.

1.3 BLEVE

Le **BLEVE** (**B**oiling **L**iquid **E**xpanding **V**apour **E**xplosion ou «explosion due à l'expansion des vapeurs d'un liquide en ébullition») représente un type d'explosion particulièrement dangereux. Il faut en tenir compte lors du choix des mesures à prendre lorsque des gaz liquéfiés sous pression sont entreposés dans des zones résidentielles ou industrielles. L'expérience suivante illustre bien ce phénomène:

❖ Expérience «Eclatement et explosion d'un récipient»

Le gaz liquéfié stocké dans un réservoir (GPL, propane, butane) comporte deux phases: une phase liquide et une phase gazeuse (voir fig. 2, les deux phases du gaz liquéfié). Lorsque ce type de récipient subit une influence thermique, par ex. un incendie environnant, l'élévation de pression dans le récipient est proportionnelle à l'élévation de température. La densité de la vapeur augmente alors que la densité de la phase liquide diminue, car le liquide se dilate sous l'effet de l'élévation de la température. Si la température continue à s'élever et parvient à un certain point (= température critique), les deux densités sont égales. **Passé cette température, la pression augmente brusquement: la pression d'éclatement du récipient sous pression est très rapidement atteinte.**

Les débris d'un réservoir qui éclate peuvent être projetés à des centaines de mètres. Le gaz liquéfié fuyant brutalement s'enflamme et il se forme une énorme boule de feu pouvant dégager une chaleur (= rayonnement thermique) capable de brûler grièvement des personnes se trouvant à une grande distance.

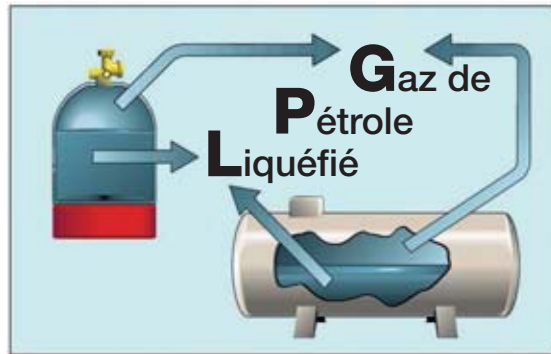


Fig. 2: Le gaz liquéfié contenu dans un récipient sous pression comporte deux phases (GPL: par ex. butane) [4].

Il existe un danger d'explosion dans les entreprises qui produisent, utilisent ou stockent des gaz, des liquides ou des poussières inflammables dégageant des gaz, des vapeurs, des brouillards (gouttelettes de liquide) ou des poussières susceptibles de former un mélange explosible avec l'air (fig. 3).

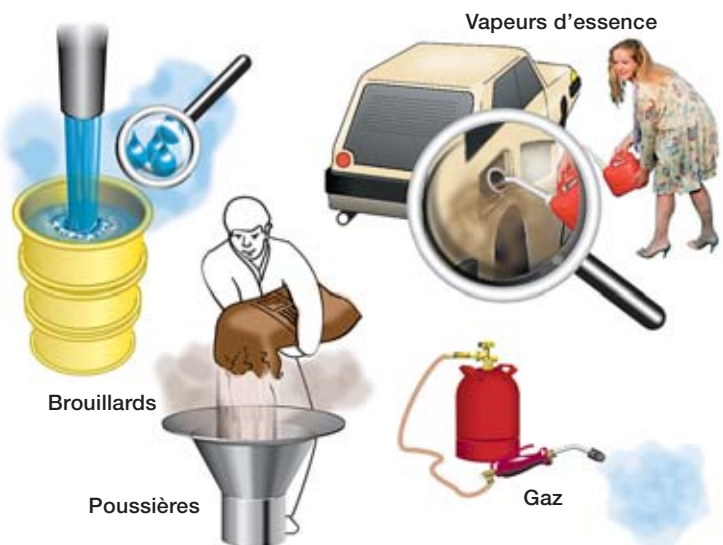


Fig. 3: Exemples de dégagement de gaz, vapeurs, brouillards et poussières inflammables [2].

2 Pression de vapeur

★ Expérience «Visualisation de la pression de vapeur»

Lorsque l'on chauffe du gaz liquéfié (propane, butane) dans un système fermé, la pression augmente (pression de vapeur). Cette élévation n'est pas linéaire mais exponentielle (fig. 4).

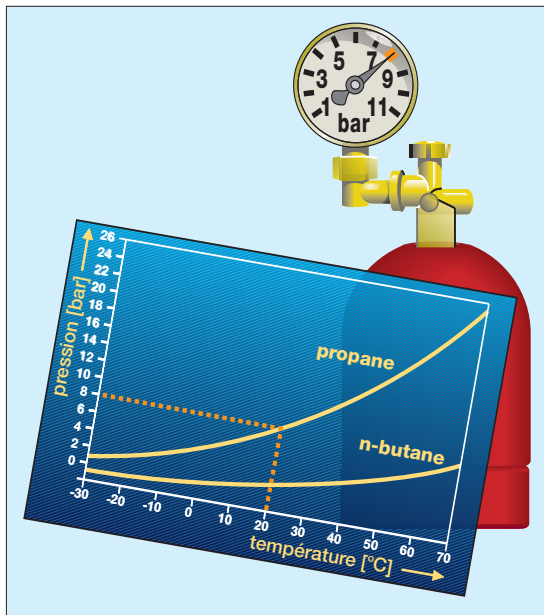


Fig. 4: Courbes de pression de vapeur du butane et du propane en fonction de la température (4).



Lorsqu'un récipient est complètement rempli, il peut suffire d'une légère élévation de la température pour le faire exploser.

★ Expérience «Liquéfaction du gaz»

Lorsque du butane en phase gazeuse est comprimé dans un récipient à l'aide d'un piston, il se liquéfie à partir d'une certaine pression et subit une **forte diminution de volume**. Lorsque l'on réduit à nouveau la pression exercée sur le liquide, celui-ci repasse en phase gazeuse.

3 Influence sur les mélanges air-combustible (extinction d'un feu)

★ Expérience «Extinction d'un feu par recouvrement»

Un feu peut être éteint **en éliminant l'air nécessaire à la combustion**. Cette méthode s'utilise fréquemment pour étouffer un feu, par ex.

- avec des couvertures (en enveloppant la personne dont les habits prennent feu et en la roulant par terre)
- par recouvrement mécanique (par ex. en plaçant un couvercle sur une friteuse en feu), ou
- avec de la mousse ou de la poudre extinctrice

L'exemple des moteurs d'automobiles illustre parfaitement l'interaction air-combustible :

L'essence vaporisée dans le carburateur est mélangée à un certain pourcentage d'oxygène atmosphérique, puis transmise au moteur dans lequel l'énergie d'activation nécessaire (= énergie d'inflammation), fournie par l'étincelle des bougies, déclenche l'explosion. Ce phénomène produit des gaz d'échappement, composés en majeure partie de dioxyde de carbone (CO_2), de monoxyde de carbone hautement toxique (CO), de carbone (= suie) et d'eau, et libère l'énergie nécessaire à l'entraînement du véhicule.

Il faut un mélange air-combustible bien particulier (**atmosphère explosible**) dans le carburateur pour garantir une combustion optimale. Si le pourcentage d'essence est trop faible, l'explosion ne peut pas se produire, de même que s'il est trop élevé ou, autrement dit, si le pourcentage d'oxygène dans le mélange est trop faible; dans ce dernier cas, on dit alors communément que le moteur est «noyé».

Pour qu'un feu ou une explosion se déclenche, il faut que les conditions suivantes soient réunies au même moment et au même endroit: des réactifs (air ou oxygène et combustible) formant un mélange explosible et une source d'inflammation d'énergie suffisante (fig. 5).

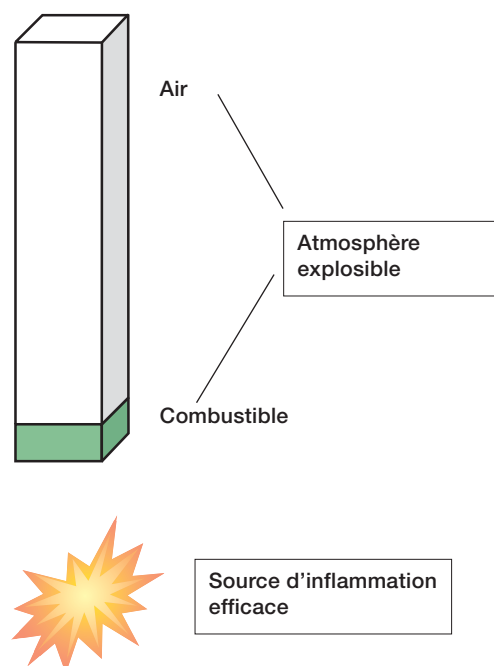


Fig. 5: Conditions nécessaires au déclenchement d'une explosion.

La prévention des explosions doit toujours consister à prendre des mesures visant à empêcher ou restreindre la formation de mélanges explosibles. En règle générale, il convient également de prendre des mesures complémentaires afin d'éviter les sources d'inflammation efficaces.

★ **Expérience «Extinction d'un feu d'alcool avec de l'eau»**

En cas d'incendie, les **liquides inflammables solubles dans l'eau** tels que l'alcool (éthanol) peuvent être dilués et «éteints» par adjonction d'eau: le mélange eau-solvant empêche l'évaporation du combustible en quantité suffisante.

★ **Expérience «Extinction d'un feu d'essence avec de l'eau»**

En revanche, la méthode de la dilution par adjonction d'eau ne doit jamais être utilisée pour les **liquides inflammables insolubles dans l'eau** (comme l'essence, le toluène, le diluant nitro), car étant généralement plus légers que l'eau, ceux-ci surnagent à la surface de l'eau (fig. 6). Dans ce cas, une adjonction d'eau ne ferait que propager le feu (élargissement de la surface) au lieu d'éteindre les flammes.

Liquides inflammables

En général ♦ difficilement solubles dans l'eau
 ♦ plus légers que l'eau

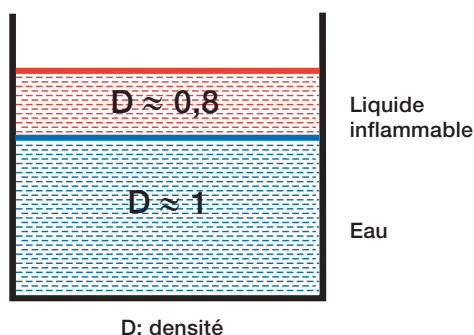


Fig. 6: Liquide inflammable difficilement soluble surnageant à la surface de l'eau.



Des agents d'extinction et de refroidissement doivent toujours être à disposition en cas d'utilisation ou de stockage de substances inflammables.

★ **Expérience «Extinction d'un feu d'huile avec de l'eau»**

Lorsque l'on tente d'éteindre un **feu d'huile** avec de l'eau, il se produit également le contraire du résultat escompté. Dans ce cas, il faut par ex. étouffer le foyer par recouvrement.

★ **Expérience «Extinction d'un feu par interruption de l'arrivée de combustible»**

Il est également possible d'empêcher la formation d'un mélange explosible d'air et de vapeurs d'essence ou d'éteindre un feu en interrompant l'arrivée de combustible. En ce qui concerne les liquides inflammables, il suffit par ex. de stopper l'installation d'amenée du liquide en question.

Dans la pratique, ce point est extrêmement important lorsqu'il s'agit de transvaser des solvants. Plus le débit de la pompe est élevé, plus la quantité de vapeurs dégagées augmente et plus la zone menacée de risque d'explosion est étendue.

★ **Expérience «Extinction d'une bouteille de gaz enflammée»**

Les gaz inflammables présentent un **risque de retour de flamme**. Après extinction d'une nappe de feu, il subsiste toujours le risque que du gaz continuant à fuir se renflamme au contact d'une source d'inflammation éloignée et produise un retour de flamme jusqu'à l'endroit de la fuite. Si une bouteille de gaz liquéfié brûle, **il faut l'éteindre uniquement** pour empêcher la propagation de l'incendie et à condition que la fuite puisse être colmatée. En fermant le robinet, c.-à-d. en stoppant l'arrivée de gaz, le feu s'éteint instantanément. Si cela n'est pas possible, la bouteille de gaz doit être transportée prudemment à l'air libre où le feu ne pourra pas provoquer de dégâts.

★ Expérience «Implosion d'un récipient»

Exemple pratique: Au cours de travaux de transformation, de la boue d'huile s'enflamme à l'intérieur d'une citerne verticale de 10 000 m³ suite à une erreur de manipulation. Les réviseurs de citernes étouffent le feu et éteignent l'incendie en fermant les ouvertures d'accès (**= en éliminant l'air de combustion nécessaire**). Mais ils ne tiennent pas compte de la dilatation de l'air due à la chaleur dégagée par l'incendie à l'intérieur de la citerne. Après la fermeture des ouvertures d'accès, l'extinction de l'incendie et le refroidissement qui s'en suit, l'air se rétracte à nouveau. L'entrée d'air étant alors insuffisante, il se produit une dépression entraînant la destruction de cette citerne haute de 20 m.

La prévention des explosions est basée sur l'observation des mélanges air-combustible susceptibles de provoquer un incendie ou une explosion:

★ Expérience «Réduction de la teneur en oxygène, inertage»

On influence un mélange explosible ou un feu **en ajoutant un gaz inerte** tel que de l'azote ou du dioxyde de carbone ou une poudre inerte telle que du phosphate d'ammonium, de manière à réduire le pourcentage d'oxygène dans l'air (stabilisation et inertage). En règle générale, lorsque le pourcentage d'oxygène dans le mélange air-combustible est réduit de 21% vol. à env. 8% vol., la réaction chimique (combustion) ne peut plus se produire.

★ Expérience «Augmentation de la teneur en oxygène, combustion dans une atmosphère riche en oxygène»

Lorsque l'on augmente le pourcentage d'oxygène **en ajoutant de l'oxygène pur**, la vitesse de combustion est multipliée. Elle double à partir de 24 % vol. d'oxygène et décuple déjà à partir de 40 % vol. Les matériaux incandescents s'enflamment à partir d'un pourcentage de 28 % vol. d'oxygène dans l'air; les textiles, les huiles, les graisses, etc., brûlent déjà très vivement à partir d'un pourcentage de 25 à 30 % vol. d'oxygène dans l'air. Dans de l'oxygène pur, l'acier chauffé au rouge brûle comme du bois. Dans de l'air enrichi d'oxygène, il suffit d'une petite étincelle pour que des vêtements s'embrasent instantanément.



Il est strictement interdit «d'enrichir» de l'air avec de l'oxygène.

★ Expérience «Combustion d'une mèche d'allumage dans l'eau»

Les **matières explosives** ou les **substances explosibles** (entre autres les composés oxygénés instables) telles que les explosifs (par ex. le trinitrotoluène ou le trinitrate de glycérine), les munitions ou les produits pyrotechniques peuvent être amenées à réagir par amorçage (= énergie d'activation) en l'absence d'oxygène atmosphérique. Elles n'ont pas besoin d'oxygène atmosphérique, car de l'oxygène chimiquement lié est déjà présent dans le produit. La combustion d'une mèche d'allumage dans l'eau illustre ce phénomène. La mèche brûle malgré l'absence complète d'oxygène atmosphérique.

4 Atmosphère explosible de gaz et vapeurs

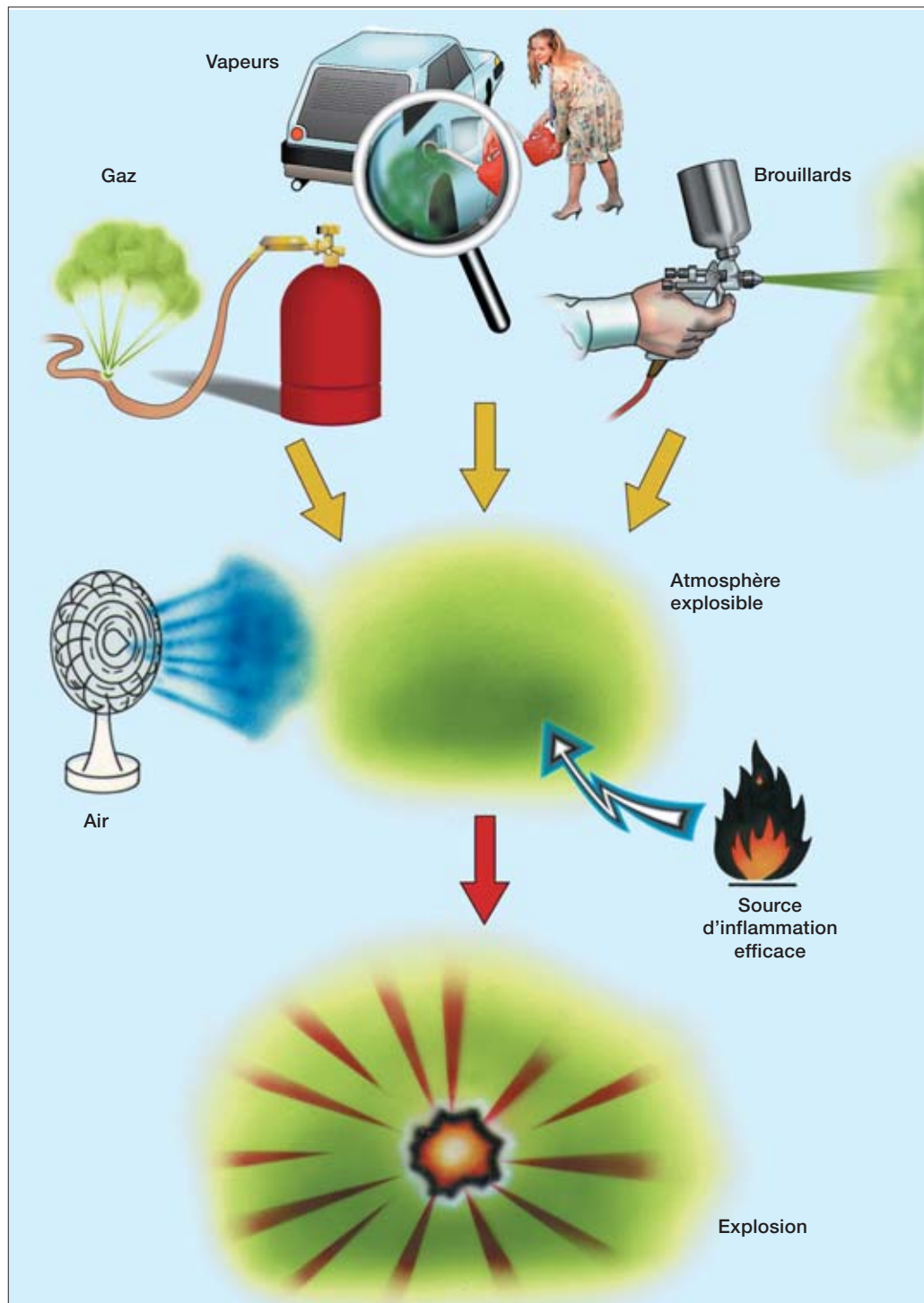


Fig. 7: Conditions nécessaires au déclenchement d'une explosion [1].



Il suffit concrètement d'éliminer une seule de ces conditions pour empêcher l'explosion.

4.1 Atmosphère explosible dans des conduites



Une atmosphère explosible est un mélange d'air et de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières inflammables dans lequel – après inflammation – le processus de combustion se propage de lui-même à l'ensemble du mélange imbrûlé.

★ Expérience «Inflammation d'une atmosphère explosible dans une conduite ouverte aux deux extrémités»

Lorsqu'un mélange air-gaz s'enflamme dans un segment tubulaire (par ex. conduite de climatisation ou de transport pneumatique, corridor, galerie, canalisation), le **front de flammes** se déplace à **faible vitesse** dans le segment, à condition que la résistance soit de faible ampleur (distance relativement courte, les deux extrémités étant ouvertes).

★ Expérience «Conduite fermée à l'une des extrémités»

Suite à l'échauffement résultant de l'inflammation, les produits réactionnels augmentent de volume par rapport aux substances de base. Si l'une des extrémités de la conduite est fermée, les produits de combustion ne peuvent plus s'écouler librement après l'inflammation du mélange air-gaz, ce qui entraîne une **augmentation de la pression à l'intérieur de la conduite** et par conséquent une **augmentation de la vitesse de réaction**.

Si les deux extrémités étaient fermées, la conduite éclaterait, car elle ne pourrait pas résister à la surpression de l'explosion.

En cas d'inflammation à l'extrémité fermée de la conduite, les gaz de combustion expulsent de grandes quantités de gaz imbrûlés susceptibles de s'enflammer à l'extérieur de la conduite en produisant un coup de feu ou une boule de feu au contact du front de flammes qui suit (fig. 8).



Fig. 8: Explosion secondaire à l'extérieur du récipient [5].

★ Expérience «Conduite obturée»

Lorsqu'une atmosphère explosible se forme dans une conduite obturée, c.-à-d. dont l'une des extrémités est fermée, la réaction de combustion se produit, mais la flamme s'éteint rapidement. Lorsqu'un système est obturé, le produit réactionnel – le dioxyde de carbone – se mélange à l'atmosphère explosible devant la flamme (auto inertage). Le **feu s'étouffe** par manque d'oxygène.



Les conduites déconnectées (par ex. en cas de travaux de maintenance) doivent toujours être obturées.

★ Expérience «Conduite avec une restriction de section»

Lorsque l'on enflamme un mélange explosible air-gaz dans une conduite qui offre une **résistance** en raison de sa longueur ou d'étranglements, les réactions sont entièrement différentes. Les produits de combustion ne peuvent plus s'écouler librement et poussent le mélange de gaz imbrûlé devant eux (et par conséquent devant le front de flammes), entraînant ainsi une augmentation de la vitesse d'écoulement; l'écoulement laminaire se transforme en écoulement turbulent. Cette turbulence entraîne une **augmentation de la vitesse de combustion** dont la courbe s'élève en flèche jusqu'à atteindre la vitesse de détonation.

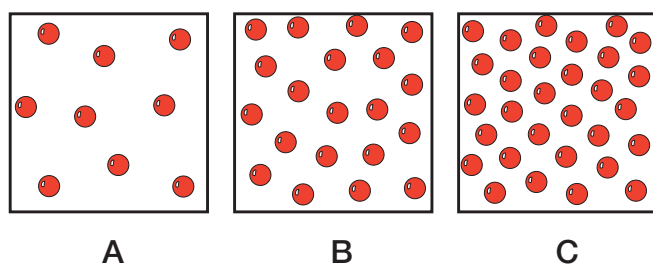


Fig. 9: Différentes plages de concentration du mélange d'air et de vapeurs d'essence.

- A: Trop peu de vapeurs: pas d'explosion.
- B: Atmosphère explosible.
- C: Trop de vapeurs: pas d'explosion.

4.2 Systèmes ouverts et fermés

★ Expériences «Essais d'inflammation dans des récipients ouverts»

Dans un système ouvert, les vapeurs d'essence et d'alcool peuvent s'enflammer à température ambiante et produire un **incendie**. En revanche, le white-spirit et le mazout ne peuvent pas s'enflammer, bien qu'il s'agisse de combustibles (voir chapitre 4.4).

★ Expériences «Essais d'inflammation dans des récipients fermés»

Dans le cas de l'alcool, une **explosion** se produit après inflammation dans un système fermé dans des conditions normales. En répétant la même expérience, cette fois avec beaucoup d'essence, dans un système fermé, en utilisant une source d'inflammation efficace, il ne se produit aucune explosion.

Ce phénomène s'explique par le fait que la concentration de vapeurs d'essence en mélange avec l'air est trop élevée – en raison de la pression de la vapeur régnant dans le récipient fermé – pour que le mélange puisse s'enflammer à température ambiante (fig. 9).

Un mélange air-vapeurs n'est donc explosible que dans une plage de concentration restreinte. Il s'agit du domaine d'explosibilité.

4.3 Limites d'explosibilité

★ Expérience «Gradient de concentration en cas d'évaporation d'un liquide dans un récipient»

Un liquide dans un récipient s'évapore lentement. Avec le temps, la concentration de vapeurs augmente; au début, elle est haute au fond du récipient et basse en haut. Cependant, à l'intérieur d'un système fermé, plus la **pression de vapeur** d'un liquide est élevée, plus les vapeurs ont tendance à se répartir rapidement de manière homogène.

★ Expérience «Détermination du domaine d'explosibilité»

Dans un récipient ouvert, la concentration de vapeurs est très élevée à la surface du liquide et, dans le cas de l'essence, trop élevée pour produire une explosion au contact d'une source d'inflammation efficace: le mélange est **trop riche**. A l'inverse, tout en haut du récipient, il y a si peu de molécules d'essence et la concentration est si faible qu'il ne peut pas se produire de réaction non plus: le mélange est **trop pauvre** (fig. 10). Le mélange air-vapeurs n'est explosible qu'entre ces deux plages de concentration. Cette troisième plage de concentration, appelée domaine d'explosibilité, est délimitée par une **limite inférieure d'explosibilité** et une **limite supérieure d'explosibilité**.

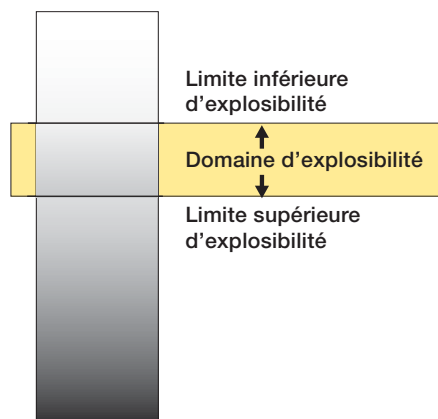


Fig. 10: Domaine d'explosibilité.

★ Expérience «Limite supérieure d'explosibilité dans un système fermé»

Lorsqu'une source d'inflammation électrique efficace est actionnée dans un ballon rempli de méthane (= **système fermé**), il ne se produit pas d'inflammation. En ajoutant une quantité d'air équivalente, il ne se passe toujours rien, car la concentration air-gaz est supérieure à la limite supérieure d'explosibilité. Pour que l'**explosion** se produise, il faut ajouter un supplément d'air, afin que la concentration se situe dans le domaine d'explosibilité. L'expérience pratiquée sur un cylindre de moteur à essence illustre parfaitement ce phénomène (fig. 11).

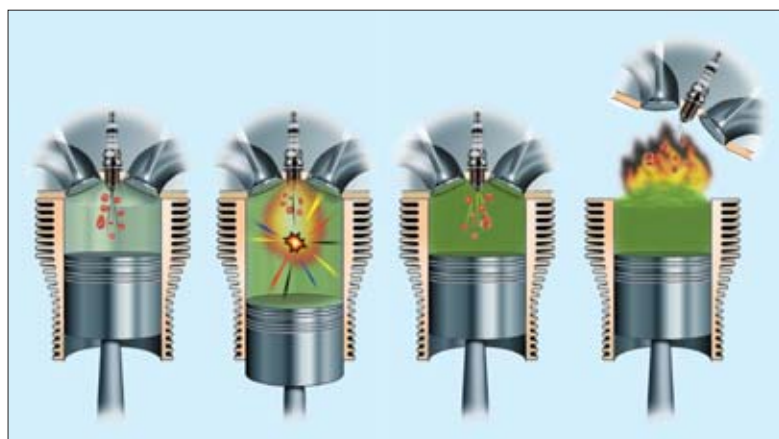


Fig. 11: Limites d'explosibilité [1].

Les limites d'explosibilité des liquides et des gaz inflammables usuels sont du même ordre de grandeur:

- limite inférieure d'explosibilité: en général 1 % vol. = env. 50 g/m³
- limite supérieure d'explosibilité: extrêmement variable; souvent peu importante en pratique

★ **Expérience «Limite supérieure d'explosibilité dans un système ouvert»**

Dans un **réceptacle ouvert** par le bas, il y a du méthane dans le haut, un mélange air-gaz au milieu et de l'air dans le bas. Une mèche suspendue dans le réceptacle est enflammée en haut. Cette mèche brûle dans le gaz naturel sans l'enflammer, car le mélange est trop riche. Vu que le système n'est pas fermé, la réaction – le **feu** – se produit à l'interface avec l'air, c.-à-d. au niveau de la limite supérieure d'explosibilité (fig. 11).

★ **Expérience «Expansion volumique lors de la vaporisation»**

La vaporisation d'une certaine quantité de liquide inflammable ou de gaz liquéfié sous pression donne lieu à la formation d'une phase vapeur ou d'une phase gazeuse atteignant un volume jusqu'à 300 fois supérieur au volume initial en phase liquide (fig. 12).



Fig. 12: Expansion volumique du propane lors de la vaporisation [4].

★ **Expérience «Influence de l'étanchéité»**

Plus les systèmes fermés sont étanches, plus les effets des explosions sont violents (fig. 13), à moins que ces réceptacles ou appareillages ne soient conçus de telle sorte que leur résistance à la pression ne leur permette de résister à la pression d'explosion maximale.

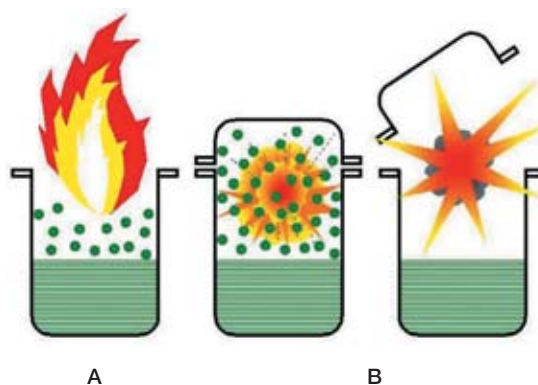


Fig. 13: Influence de l'étanchéité.

A: Système ouvert, incendie.
B: Système fermé, explosion.

Sur la courbe de pression de vapeurs, on attribue une certaine pression à chaque température pour laquelle le liquide et les vapeurs se trouvent à l'état d'équilibre. Cette pression correspond à une certaine concentration, la concentration de saturation (fig. 14).

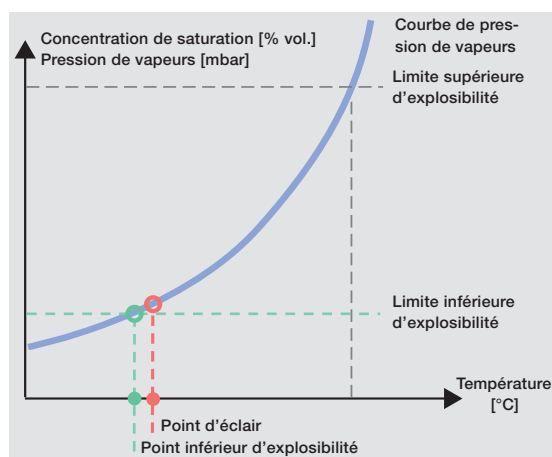


Fig. 14: Limites d'explosibilité et point d'éclair.

Les températures correspondant aux concentrations des limites inférieure et supérieure d'explosibilité sur la courbe de pression de vapeurs sont appelées point inférieur d'explosibilité et point supérieur d'explosibilité.

Le point inférieur d'explosibilité et le **point d'éclair** caractérisent tous deux la limite inférieure d'explosibilité. Le point inférieur d'explosibilité d'un liquide inflammable ne correspond pas toujours exactement au point d'éclair, car on utilise des méthodes différentes pour mesurer ces deux paramètres.

Fig. 15:
Concentration de vapeurs [g/m³]
de quelques liquides inflammables
usuels, à saturation dans
l'air et à 20° C.

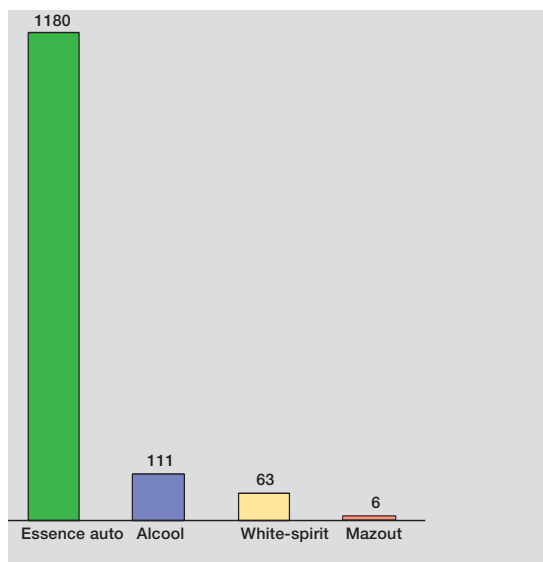
4.4 Point d'éclair

★ Expérience «Echauffement d'un liquide inflammable: point d'éclair»

Lorsque l'on chauffe un liquide inflammable, par ex. du mazout, une inflammation se produit à la surface du liquide au contact d'une source d'inflammation efficace à partir d'une certaine température. Cette température, appelée point d'éclair, est l'une des **caractéristiques** les plus importantes en matière de prévention des explosions. Au-dessous du point d'éclair, il ne se produit pas d'inflammation (trop peu de vapeurs, le mélange est trop pauvre, voir fig. 17).

Le point d'éclair est la température la plus basse à partir de laquelle un liquide inflammable dégage suffisamment de vapeurs pour que celles-ci s'enflamment momentanément au contact d'une flamme.

Ce sont les vapeurs et non pas le liquide qui s'enflamment. Dans le cas du mazout, il est entendu qu'il ne s'est pas enflammé (comme dans l'expérience «Essais d'inflammation dans des récipients ouverts») parce qu'il dégage trop peu de vapeurs (fig. 15).



Dans la pratique, le point d'éclair est une donnée technique très utile pour apprécier les risques d'incendie et d'explosion des liquides inflammables.



En Suisse, les liquides inflammables dont le point d'éclair est inférieur à 30° C sont considérés comme facilement inflammables (voir fig. 16).

Sous nos latitudes, un liquide facilement inflammable peut, à température ambiante, dégager suffisamment de vapeurs pour que celles-ci puissent s'enflammer au contact d'une source d'inflammation efficace.

Pour de plus amples informations concernant les points d'éclair des liquides purs ainsi que les principales données techniques de sécurité telles que les limites d'explosibilité ou les densités relatives, veuillez consulter le feuillet «Caractéristiques de liquides et gaz» (réf. Suva 1469).



Les emplacements destinés au stockage ou à la manipulation de liquides facilement inflammables doivent toujours faire l'objet de mesures de prévention des explosions.

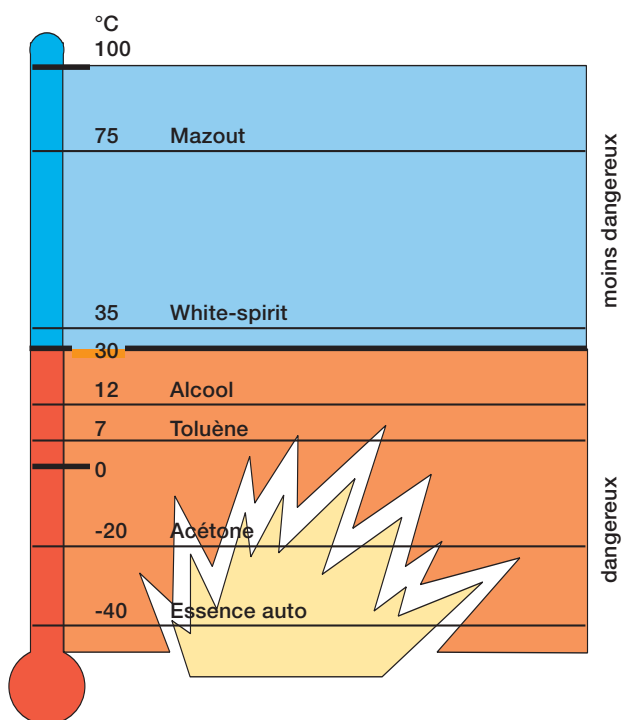


Fig. 16: Point d'éclair de quelques liquides [6].

5 Liquides inflammables à point d'éclair élevé

La limite de 30° C n'est pas suffisante en elle-même pour apprécier la dangerosité des liquides inflammables. Dans certains cas, il est également nécessaire de prendre des mesures de prévention des explosions pour les liquides dont le **point d'éclair** est **supérieur à 30° C**. Pour apprécier les risques d'incendie et d'explosion de ces liquides, il faut tenir compte des facteurs suivants:

5.1 Echauffement au-dessus du point d'éclair

Il faut toujours contrôler si le liquide inflammable utilisé est susceptible de s'échauffer au-dessus de son point d'éclair lors de sa manipulation (fig. 17).

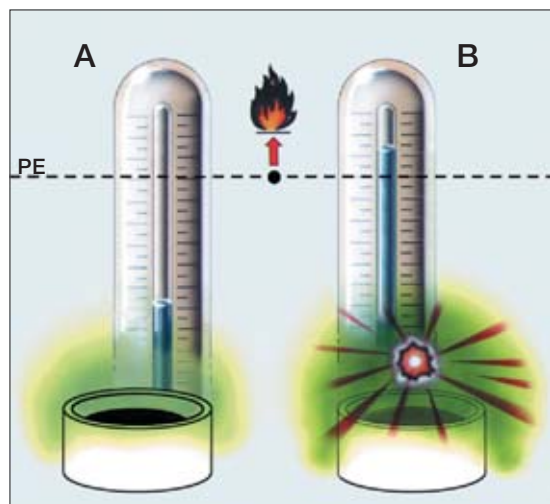


Fig.17: Signification du point d'éclair [1].

A: Point d'éclair supérieur à la température ambiante, pas assez de vapeurs, aucun risque d'explosion.

B: Point d'éclair inférieur à la température ambiante, assez de vapeurs, risque d'explosion.



Les liquides inflammables échauffés au-dessus de leur point d'éclair dégagent suffisamment de vapeurs (fig. 17) susceptibles de s'enflammer. Il y a risque d'incendie et d'explosion.

Dans les chaudières conventionnelles, par exemple, le mazout est préchauffé par un allumeur jusqu'à ce qu'il dégage assez de vapeurs qui puissent s'enflammer.

5.2 Augmentation de la surface d'inflammation et effet de mèche

Des liquides combustibles tels que les **huiles**, qui ne présentent aucun risque d'explosion à température ambiante, peuvent, lorsqu'ils sont adsorbés **sur certains supports**, augmenter si fortement leur surface d'évaporation qu'ils deviennent facilement inflammables (fig. 18).

Ce phénomène s'observe aussi sur des supports ininflammables.

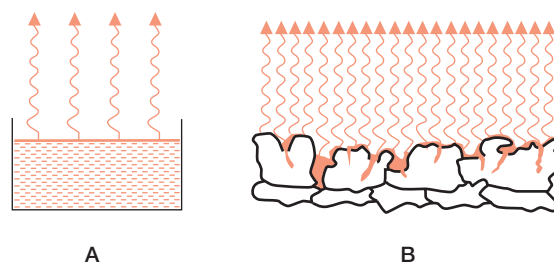


Fig.18: Effet de mèche.

A: Huile dans un récipient ouvert: peu de vapeurs.

B: Huile sur un support: assez de vapeurs, risque d'incendie et d'explosion.

★ Expérience «Liants utilisés comme support»

Les écoulements et flaques de liquides inflammables à point d'éclair supérieur à 30°C absorbés au moyen de **liants difficilement inflammables ou ininflammables** peuvent s'enflammer au contact d'une source d'inflammation efficace et former une nappe de feu étendue.

★ Expérience «Vêtements de travail utilisés comme support»

Lorsque **des huiles ou des graisses** combustibles entrent en contact **avec des textiles** (comme le coton), il se produit également une augmentation de la surface de contact avec l'air et un effet de mèche avec les risques que nous connaissons.

Ceci est particulièrement important dans la pratique lorsque des chiffons gras ou des vêtements de travail souillés entrent en contact avec une source d'inflammation efficace. Les travailleurs qui portent des vêtements de travail gras (même si la couche grasseuse paraît sèche) brûlent comme des torches lorsque leurs vêtements s'enflamment.



Les vêtements de travail doivent être en pur coton. Les vêtements de travail gras doivent être changés à temps.

★ Expérience «Matériau d'isolation d'une conduite utilisée comme support»

Un effet de mèche peut se produire lorsque de l'huile, par ex. de l'huile caloporteuse, s'écoule sur les **matériaux calorifuges ininflammables** ou difficilement inflammables d'une conduite chaude. Il se forme là aussi suffisamment de vapeurs pouvant s'enflammer.

5.3 Brouillards de liquides inflammables

Les liquides inflammables forment des brouillards lorsqu'ils sont pulvérisés. **A cause de la finesse des particules**, il se forme une atmosphère explosible qui peut s'enflammer au contact d'une source d'inflammation suffisamment énergétique, et ce même si le liquide est pulvérisé à une température inférieure au point d'éclair (fig. 19). Dans de telles conditions, même des liquides à point d'éclair très élevé peuvent donc également s'enflammer au contact d'une source d'inflammation efficace.

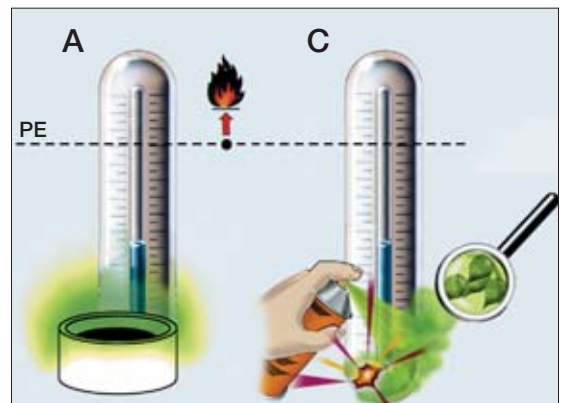


Fig. 19: Signification du point d'éclair en relation avec des brouillards [1].

A: Point d'éclair supérieur à la température ambiante, pas assez de vapeurs, aucun risque d'explosion.

C: Point d'éclair supérieur à la température ambiante mais avec pulvérisation: aérosol (brouillard), risque d'explosion.

★ Expérience «Brouillard de mazout par pulvérisation»

Le principe de la pulvérisation se retrouve par ex. sur les brûleurs à mazout modernes où le mazout (point d'éclair élevé) est pulvérisé à travers une buse dans la chambre de combustion et enflammé par une décharge d'étincelles produite par des électrodes.



Les brouillards de liquides inflammables présentent aussi un danger d'incendie ou d'explosion à des températures inférieures au point d'éclair!

6 Poussières combustibles

★ Expérience «Explosion de poussière dans un silo»

Les **nuages de poussière combustible** (par ex. la poussière de bois, de charbon, de céréales, de matières plastiques, mais aussi de nombreux métaux à l'état finement divisés) peuvent former des mélanges

explosibles avec l'air et déflagrer ou exploser en présence d'une source d'inflammation efficace suffisamment forte (fig. 20) pour produire une redoutable **explosion de poussière**. La finesse de la poussière joue un rôle déterminant dans l'apparition de ce phénomène.

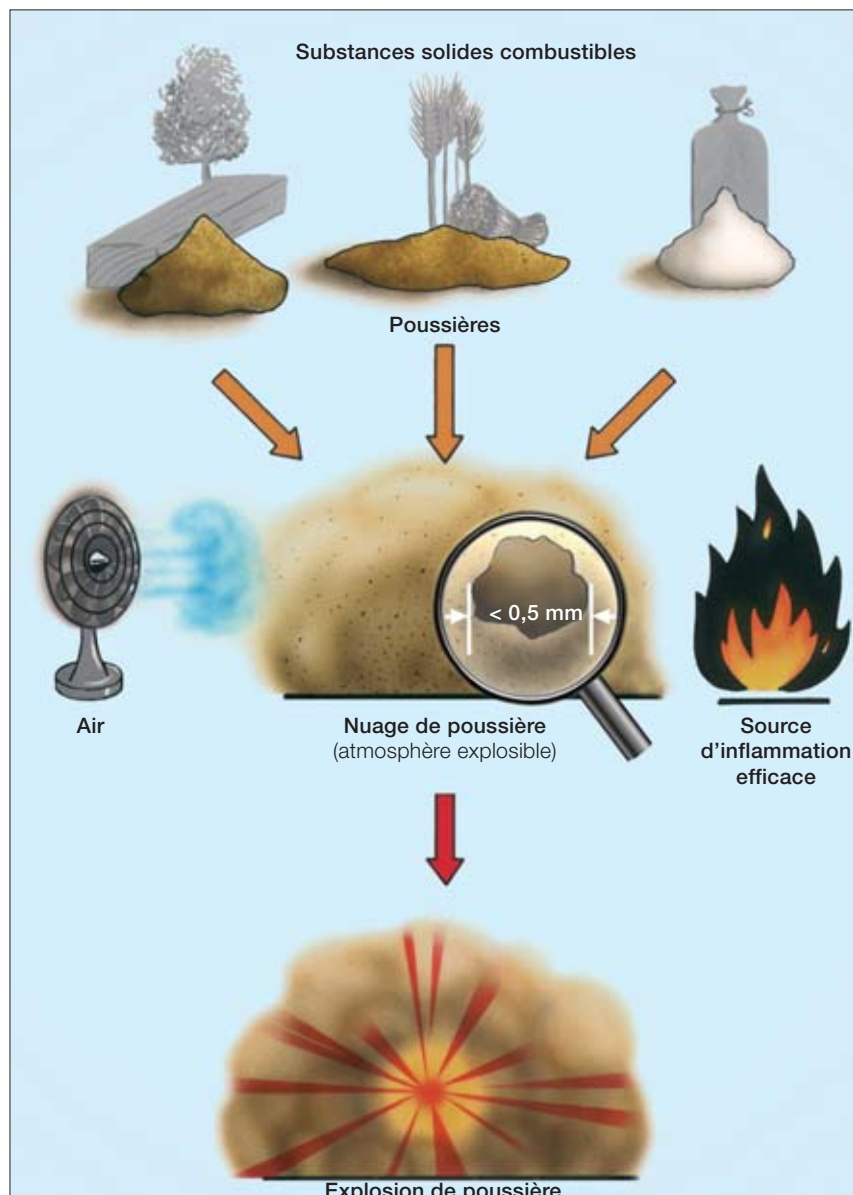


Fig. 20: Conditions nécessaires à la production d'une explosion de poussière [3].



Dans un atelier, la présence de poussière combustible représente un danger d'explosion!

★ **Expérience «Finesse de la substance solide combustible»**

La laine d'acier peut être enflammée. L'inflammabilité ou l'ininflammabilité d'une substance dépend de sa forme, c.-à-d. de la **finesse ou de la taille des particules**. De nombreuses substances supposées inflammables ou difficilement inflammables peuvent exploser ou s'enflammer si elles sont finement divisées.

★ **Expérience «Dispersion de dépôts de poussière»**

L'inflammation d'un dépôt de poussière déclenche un incendie. Une explosion peut se produire en enflammant de la poussière dispersée sous forme de nuage (fig. 21).



★ **Expérience «Comportement au feu et inflammabilité des poussières»**

Lorsque l'on essaie d'enflammer différents dépôts de poussières, certaines substances solides réagissent par une combustion limitée ou une incandescence, d'autres par une décomposition suivie d'un feu couvant ou une combustion rapide suivie d'un feu ouvert.

★ **Expérience «Feu couvant»**

En cas d'échauffement, les poussières combustibles peuvent dégager des vapeurs ou des gaz de distillation pouvant s'enflammer au contact de l'air.

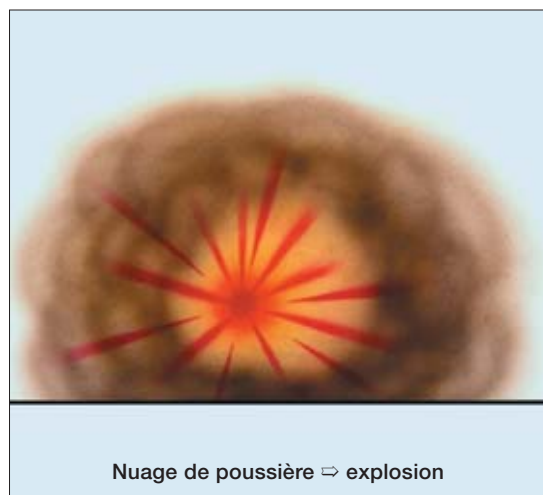


Fig. 21: Différence entre un incendie et une explosion de poussières combustibles [3].



Les dépôts de poussières combustibles ne doivent pas être soufflés avec de l'air comprimé, mais aspirés avec un aspirateur protégé contre le risque d'explosion.

Ces différents phénomènes peuvent se manifester isolément ou se conditionner réciproquement.

Les explosions de poussière sont relativement peu fréquentes, mais lorsqu'elles se produisent, leurs effets sont souvent dévastateurs.

7 Aperçu des substances inflammables dangereuses



Des mesures de prévention des explosions doivent être prises pour l'ensemble des

- gaz inflammables
- liquides inflammables dont le point d'éclair est inférieur à 30° C
- liquides inflammables dont le point d'éclair est supérieur à 30° C lorsqu'ils sont chauffés au-dessus de leur point d'éclair
- liquides inflammables apparaissant sous forme de brouillard
- poussières combustibles formées de particules de taille inférieure à 0,5 mm

Les principales caractéristiques sont indiquées dans le feuillet Suva «Caractéristiques de liquides et gaz» (réf. 1469) et les fiches de données de sécurité correspondantes. Ces documents permettent d'apprécier la majeure partie des risques d'incendie et d'explosion en conditions de service normales.

Il est également important de tenir compte des dangers pouvant apparaître en marches particulières et de prendre des mesures appropriées afin de prévenir les explosions.

8 Substances inflammables en contact avec d'autres substances

8.1 Substances incompatibles

Les liquides inflammables et facilement inflammables ainsi que les solutions aqueuses peuvent déclencher une réaction dangereuse (fig. 22) lorsqu'ils entrent en contact avec certaines substances; il s'agit de **substances incompatibles** (= substances chimiques incompatibles).

L'entreposage doit être effectué correctement et de manière à empêcher tout contact entre des liquides inflammables et des peroxydes, de l'acide chromique, de l'acide nitrique ou des halogènes.



Fig. 22: Substances incompatibles.

★ Expérience «Réaction entre des liquides facilement inflammables et des agents oxydants»

Un liquide facilement inflammable (par ex. de l'isopropanol) est mis en contact avec un agent oxydant (par ex. de l'acide chromique); un incendie se déclare très rapidement.

★ Expérience «Métaux dégageant des gaz inflammables»

Lorsqu'ils entrent **en contact avec de l'eau**, les métaux alcalins tels que le potassium et le sodium dégagent de l'hydrogène facilement inflammable pouvant s'enflammer spontanément en l'absence de sources d'inflammation extérieures.

8.2 Mélanges avec des liquides facilement inflammables

Les mélanges de liquides inflammables avec des liquides facilement inflammables causent chaque année de très graves accidents. Si par ex. du mazout de point d'éclair $\sim 75^\circ$ est pollué par de l'essence, le point d'éclair du mélange, pour une adjonction de seulement 3 % vol. d'essence, chutera au-dessous de la température ambiante (fig. 23). Ce type de phénomène s'observe **fréquemment dans les citernes à mazout ou les réservoirs de stockage d'huiles usées et les installations de nettoyage avec recyclage**. Le plus souvent, ces phénomènes sont dus à des négligences.

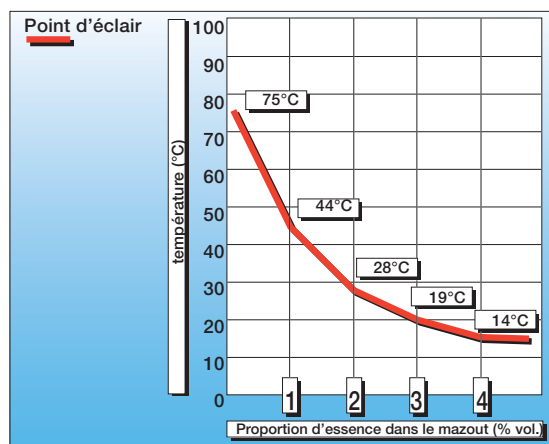


Fig. 23: Relation entre le point d'éclair et le pourcentage d'essence dans le mazout [6].

★ Expérience «Mazout mélangé à de l'essence»

Exemple pratique: Avant de charger du mazout, le chauffeur d'un camion-citerne néglige de vider entièrement la citerne et les tuyauteries de son véhicule ayant préalablement contenu de l'essence. C'est ainsi que le client suivant reçoit du **mazout contaminé par de l'essence**. Une atmosphère explosible se forme au-dessus de la surface du liquide à l'intérieur de la citerne du client.

Une forte explosion se produit quelques semaines plus tard lorsqu'un réviseur de citernes, ignorant la présence de ces vapeurs d'essence, répare la citerne en effectuant des travaux générateurs d'étincelles sans prendre aucune mesure de prévention particulière. Suite à l'explosion, la citerne à mazout éclate au niveau de la soudure d'assemblage. L'homme est en flammes et décède dix jours plus tard d'une défaillance rénale consécutive aux brûlures qu'il a subies.

La proportion d'accidents causés par des liquides inflammables mélangés à des liquides facilement inflammables est en constante augmentation. Paradoxalement, la nouvelle conscience écologique y contribue également lorsque **des résidus de solvants** sont jetés par ex. **dans des citernes ou des récipients destinés aux huiles usées**.

9 Explosions de fûts

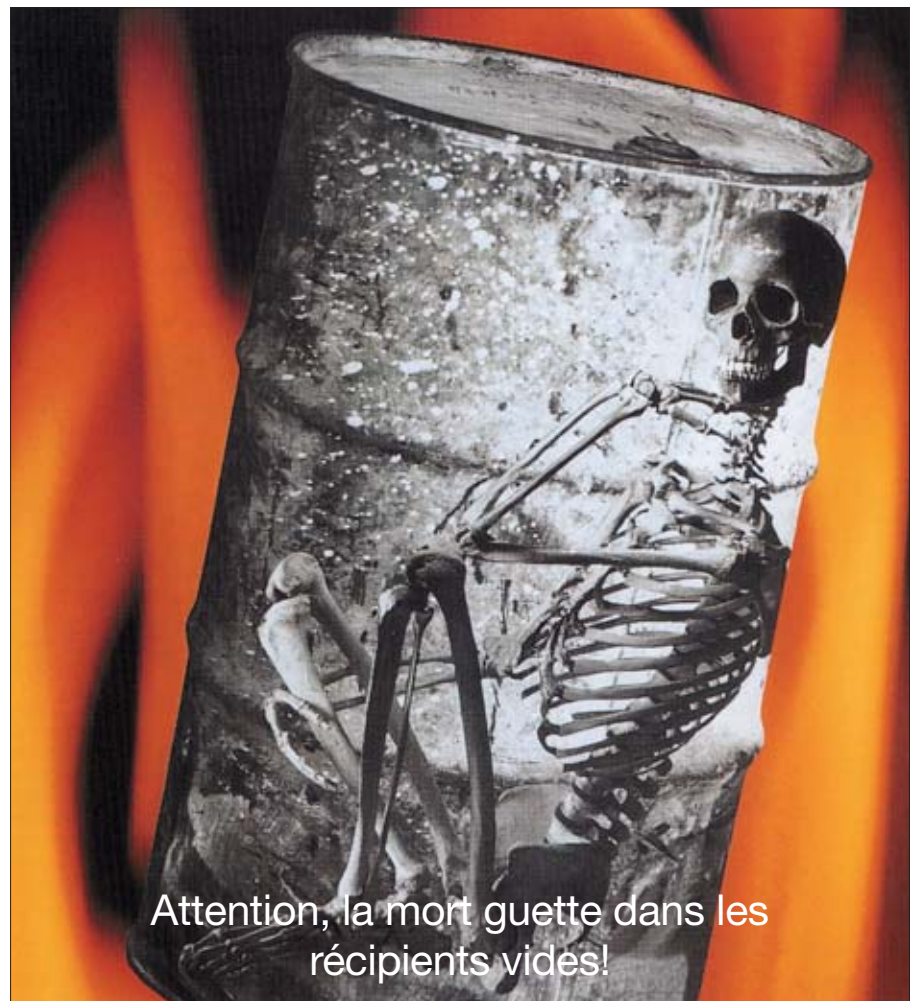


Fig. 24: Risques d'explosion dans des récipients [7].

Les réservoirs de stockage (citernes, fûts, bidons, etc.) ayant contenu des liquides facilement inflammables (essence, diluant nitro, acétone, alcool ou toluène) sont considérés comme hautement dangereux.

★ **Expérience «Explosion dans un récipient apparemment vide»**

Il subsiste **toujours assez de vapeurs** à l'intérieur d'un récipient pour qu'une explosion se produise au contact d'une source d'inflammation efficace (fig. 24), même si ce récipient a été entièrement vidé des liquides inflammables qu'il contenait.



L'équivalent de deux cuillérées à soupe ou d'un petit verre de liquide facilement inflammable suffit pour former une atmosphère explosible à l'intérieur d'un fût de 200 l.

Lorsque des travaux de soudage sont effectués sur des récipients ou lorsque l'on essaie de découper un couvercle au chalumeau ou à la meule, ou encore lorsque l'on éclaire l'intérieur d'un récipient à l'aide d'une flamme nue, il y a toujours un risque d'explosion. Les nombreux accidents graves qui se produisent régulièrement dans des circonstances similaires démontrent que ce danger est trop souvent ignoré.

Comme l'expérience le prouve, les mesures de prévention nécessaires ne sont pas facilement réalisables: il est donc préférable de renoncer à ce type de travaux sur des fûts usagés ou de ne les effectuer que sur des fûts sortant de l'usine.

★ **Expérience «Travaux au chalumeau sur des fûts vides propres»**

Exemple pratique: Un mécanicien est chargé de découper dans le sens la longueur un vieux fût vide ayant contenu de l'essence et resté dans un entrepôt pendant plusieurs mois. Le mécanicien introduit d'abord un tuyau d'arrosage dans le fût, le remplit et fait déborder l'eau pendant quelques minutes avant de refermer le robinet et de vider l'eau par l'orifice de remplissage. Lorsqu'il allume son chalumeau, le fût explose malgré toutes les «mesures de prévention» prises au préalable: le mécanicien est grièvement blessé.

L'essence étant quasiment insoluble dans l'eau, il n'est pas possible d'éliminer tous les «gaz» (vapeurs de solvants) d'un récipient en le nettoyant avec de l'eau.



UN RECIPIENT VIDE N'EST PAS FORCEMENT «VIDE»: DANGER D'EXPLOSION!

Il ne faut jamais effectuer de travaux générateurs d'étincelles tels que des travaux de soudage ou de découpage sur des fûts usagés.

10 Sources d'inflammation

Parmi les nombreuses sources d'inflammation potentielles, seules quelques-unes jouent un rôle déterminant dans la pratique industrielle (fig. 25). Une source d'inflammation est efficace lorsqu'elle transmet suffisamment d'énergie dans l'atmosphère explosible pour provoquer une combustion se propageant spontanément.

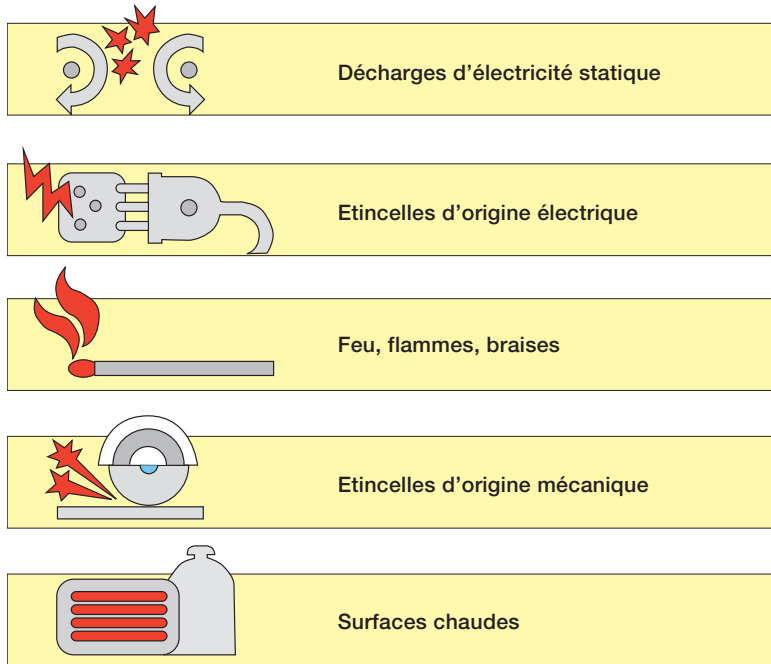


Fig. 25: Exemples de sources d'inflammation [6].

En pratique, il est quasiment impossible d'éliminer entièrement toutes les sources d'inflammation et il est donc souvent nécessaire d'appliquer des mesures de prévention complémentaires.

10.1 Flammes

Les flammes nues et les braises produites notamment par les installations thermiques, les lampes à souder et les chalumeaux font partie des sources d'inflammation les plus efficaces.

«L'autorisation de soudage» est l'une des mesures organisationnelles devant être systématiquement appliquée dans les entreprises afin de prévenir les explosions.

10.2 Surfaces chaudes

★ Expérience «Inflammation par une surface chaude»

Il n'est pas nécessaire que la surface soit chauffée au rouge. Une **surface chaude** atteignant une température de 500°C dispose d'une énergie suffisante pour enflammer un mélange air-combustible (même s'il s'agit d'un fuel à point d'éclair élevé).

La température de la surface ne doit jamais être supérieure à la température d'inflammation (d'autocombustion) du combustible.

10.3 Electricité statique

Les étincelles de décharge visibles en cas d'électrisation jouent aussi un rôle prépondérant. L'électricité statique peut se former au cours de différents processus de contact/séparation. A elle seule, une électrisation ne présente pas nécessairement un risque d'inflammation. Pour que ce risque existe, l'intensité de l'électrisation doit être telle qu'elle produise des décharges. Dans la pratique, l'inflammation d'atmosphères explosibles, causée par des étincelles de décharge, s'est révélée particulièrement fréquente dans deux cas :

- **Transvasement**, transport, brassage, pulvérisation de liquides non polaires (par ex. hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, éther) de résistance spécifique supérieure à 10^8 ohm (fig. 26).

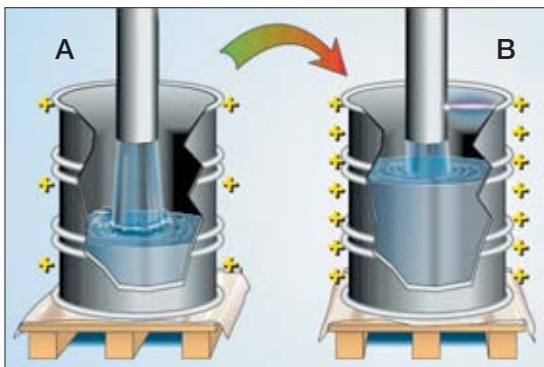


Fig. 26: Décharge sur un fût métallique [2].

- A: Contact/séparation et électrisation
B: Décharge par étincelles

N'utiliser que des conduites, tuyaux, récipients, etc. conducteurs reliés à la terre.

- Porter des semelles isolantes lorsque l'on se déplace par ex. sur des tapis ou des sols revêtus de matières plastiques (fig. 27).



Fig. 27: Contact/séparation (processus de contact/séparation) lorsque l'on se déplace sur un sol [8].

Relier les personnes à la terre en prévoyant des chaussures et des sols permettant l'écoulement des charges.

Les publications suivantes fournissent des informations complémentaires sur l'électricité statique:

- Brochure AISS «Electricité statique, Risques d'inflammation et mesures de protection» (No. 2017 F)
- ESCIS-Heft Nr. 2 «Statische Elektrizität – Regeln für die betriebliche Sicherheit»
- Interaktives Lernprogramm der ESCIS «Statische Elektrizität»

10.4 Equipements électriques

Les installations et équipements électriques peuvent aussi déclencher des incendies et des explosions. En général, il s'agit d'étincelles produites par des interrupteurs ou des moteurs à collecteur.

★ Expérience «Inflammation par une baladeuse non protégée contre le risque d'explosion»

Exemple pratique: Un groupe de spécialistes effectue des travaux sur une cuve à mazout. L'intérieur de la cuve doit être tapissé d'un revêtement en polyester. Les monteurs emportent une cuvette remplie d'acétone pour pouvoir nettoyer les outils servant à l'application du revêtement à l'intérieur de la cuve. Une baladeuse non protégée contre le risque d'explosion est fixée à la paroi de la cuve à l'aide d'un aimant. Pendant les travaux, des vapeurs d'acétone facilement inflammable se dégagent et stagnent au fond de la cuve en raison du manque de ventilation. En travaillant, l'un des monteurs reste accroché au câble de la baladeuse qui tombe par terre et se casse. L'incendie se déclare instantanément et le monteur laisse tomber la cuvette pleine d'acétone. Le monteur parvient à s'extraire de la cuve, malgré ses vêtements en feu et de graves brûlures.

Comme cet accident permet de le constater, **l'énergie dégagée par le filament d'une ampoule à incandescence** suffit pour enflammer un mélange explosible.



Dans les locaux exposés à des risques d'explosions, tous les équipements électriques doivent être protégés contre le risque d'explosion.

10.5 Réactions chimiques

★ Expérience «Inflammation de chiffons huileux»

Certaines **réactions chimiques** provoquent une élévation de température susceptible d'enflammer des substances à risque.

Lorsqu'une matière inflammable s'échauffe par processus interne (exothermie: par ex. décomposition chimique, oxydation, fermentation bactérienne), elle peut s'enflammer spontanément si la chaleur produite ne se disperse pas assez rapidement (conditions adiabatiques). Ce risque augmente si la température d'inflammation de la matière considérée est basse, si sa surface est grande (brins de paille, copeaux, fils, graines, poudre, poussière), si la diffusion de chaleur à l'extérieur est faible (mauvaise conductibilité thermique, emballages compacts, température ambiante élevée), et en présence d'oxygène et d'humidité (champignons et activité bactérienne).

Ce type d'incendie se déclare souvent de manière inattendue après une longue période d'entreposage. Cependant, les mélanges de substances capables de réagir entre elles peuvent très rapidement provoquer un incendie.



Les chiffons huileux ne doivent pas traîner n'importe où: ils doivent être conservés dans des récipients métalliques fermés.

11 Densité relative

★ Expérience «Ecoulement de gaz et vapeurs»

Les mélanges air-vapeurs (ou air-gaz), qui se forment lors de l'utilisation ou de la manipulation de liquides facilement inflammables ou de gaz combustibles, peuvent s'écouler dans des locaux ou dans l'environnement. Un mélange explosible peut donc atteindre une source d'inflammation très éloignée. Le système n'étant pas fermé, il ne se produit pas d'explosion, mais il se forme une **nappe de feu** qui se propage rapidement.

★ Expérience «Vidage de gaz et vapeurs»

A l'état gazeux, le butane peut être transvasé dans un godet. Le gaz étant **plus lourd que l'air**, il peut être vidé dans un second godet dans lequel il peut être enflammé.

Selon les propriétés et le «poids» relatif ou la **densité** des différentes substances utilisées, les mélanges explosibles auront tendance à se répandre au niveau du sol ou à s'élever.



Fig. 28: Mode d'écoulement des gaz liquéfiés [1].

★ Expérience «Vapeurs dans une canalisation»

De nombreux exemples confirment qu'il faut faire preuve de la plus grande prudence lorsque des vapeurs et des gaz plus lourds que l'air peuvent se répandre dans des fosses, des puits, des citernes, des canalisations, des locaux souterrains et autres (fig. 28), ou en cas d'utilisation de ce type de substances dans les locaux susmentionnés.

Les gaz et vapeurs dégagés dans des locaux exigus ou en sous-sol doivent être évacués au moyen d'un système de ventilation mécanique.

★ Expérience «Emanation de vapeurs de solvants dans une cage d'escalier»

Exemple pratique: Deux poseurs de revêtements de sols utilisent une colle de contact contenant des solvants pour coller une moquette sur un escalier menant à la cave et à la chaufferie d'une villa. La cage d'escalier est aérée par deux fenêtres ouvertes dans la cave. Une forte explosion se produit soudain alors que le travail est déjà terminé. Le toit de la maison se soulève et les plafonds sont endommagés. Un incendie se déclare et les deux travailleurs parviennent à s'enfuir en traversant les flammes. Tous deux sont grièvement brûlés. Le premier décède le jour même, le second quelques jours plus tard.

En raison du manque d'aération, les vapeurs de **solvant** dégagées par la colle se sont **accumulées dans la cave** avant de se répandre dans la chaufferie où elles se sont enflammées au contact de la flamme nue du brûleur.

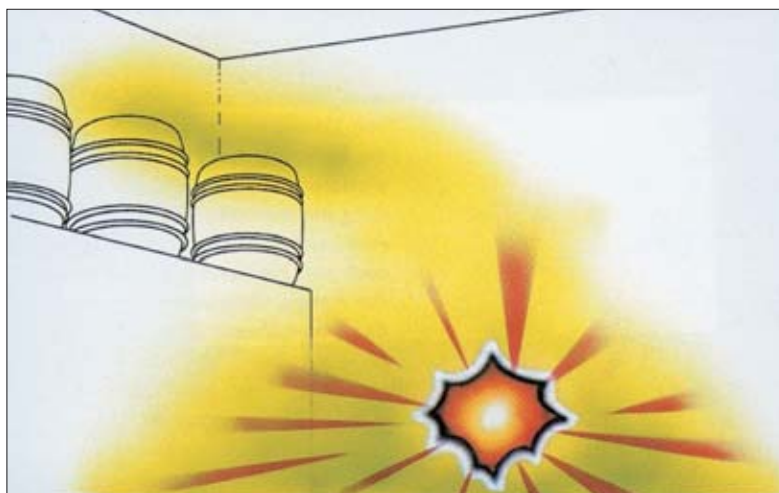


Fig. 29: Comportement des vapeurs de solvants.

Pour plus d'informations concernant ce type de risques et les mesures applicables en la matière, voir le feuillet d'information Suva «Précautions lors de travaux de revêtement de sols ou de parois» (réf. 11045).

En cas d'utilisation de liquides facilement inflammables ou de gaz combustibles, les locaux doivent être équipés d'un système de ventilation ou d'aspiration mécanique.

★ Expérience «Emanation de gaz naturel dans une cage d'escalier»

Exemple pratique: L'entrée de la conduite de gaz se trouve dans la cave de l'immeuble. La conduite fuit et du gaz naturel se répand dans la cave. Le méthane étant plus léger que l'air, il se répand par les portes ouvertes de la cage d'escalier. La source d'inflammation n'a jamais pu être décelée: cet immeuble de plusieurs étages s'est effondré après l'explosion et cinq personnes ont été ensevelies sous les décombres.

Contrairement aux vapeurs dégagées par des liquides, certains gaz sont plus légers que l'air. C'est le cas de l'acétylène, de l'ammoniac, de l'acide cyanhydrique, de l'éthylène, du monoxyde de carbone, du méthane (gaz naturel, biogaz) et de l'hydrogène. Tous les autres gaz combustibles (par ex. le propane) – mélangés ou non avec de l'air – sont plus lourds que l'air.

Tous les liquides inflammables dégagent des vapeurs plus lourdes que l'air!

12 Mesures de prévention des explosions

Après avoir donné quelques exemples des risques d'incendie et d'explosion les plus fréquents, nous abordons maintenant les principales mesures de prévention des explosions applicables aux divers dispositifs, installations, équipements de travail et situations dans les entreprises. Nous distinguons entre mesures de prévention et mesures constructives.

12.1 Mesures de prévention

- **Remplacement** des liquides facilement inflammables ou des gaz et poussières combustibles par des substances ne pouvant pas former de mélanges explosibles.
- **Utilisation de systèmes fermés** empêchant la formation de mélanges explosibles à l'extérieur du système.
- **Mesures de ventilation** permettant d'empêcher ou de limiter l'accumulation ou la formation de mélanges explosibles. Les émissions de gaz ou de vapeurs de liquides facilement inflammables doivent être suffisamment **diluées**.

★ Expérience «Aspiration de gaz et vapeurs»

En cas d'utilisation de liquides facilement inflammables ou de gaz plus lourds que l'air, la ventilation est pratiquement inefficace si la bouche d'aspiration n'est pas située directement au-dessus du niveau du sol, car elle n'aspire que de l'air et non pas les vapeurs.

Lorsque les vapeurs ou les gaz sont plus lourds que l'air, les bouches d'aspiration doivent se situer au niveau du sol. Dans le cas de gaz plus légers que l'air, elles doivent être placées près du plafond (fig. 30).

Dans la pratique, le débit effectif de ventilation se calcule normalement sur la base de la moitié ou du quart de la puissance nominale du ventilateur.

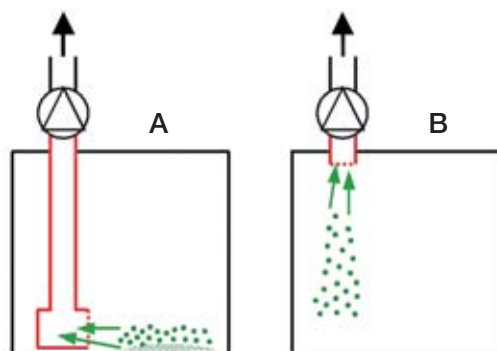


Fig. 30: Bouches d'aspiration convenablement placées.

A: En cas de vapeurs et de gaz plus lourds que l'air.

B: En cas de gaz plus légers que l'air.

★ Expérience «Ventilation des locaux et systèmes d'aspiration»

En cas de ventilation insuffisante, les vapeurs qui se forment au niveau du sol lors du transvasement de liquides facilement inflammables se propagent dans tout le local. Si elles sont aspirées directement au niveau du sol, de l'autre côté du local, elles sont éliminées au fur et à mesure, mais le risque subsiste dans tout le local. Il est donc plus judicieux et plus économique d'aspirer les vapeurs près de l'emplacement où s'effectue le transvasement, ou mieux, sur le rebord du récipient (**aspiration à la source**), ce qui permet de restreindre efficacement la zone dangereuse.

★ Expérience «Perte de charge dans une conduite»

Plus la conduite ou le tuyau raccordé au ventilateur est long, plus il présente de coudes et plus le débit effectif de ventilation diminue en raison d'une perte de charge à l'intérieur de la conduite.

- **Inertage** d'appareillages et installations

★ Expérience «Inertage»

Une source d'inflammation efficace dans un silo contenant un nuage de poussière combustible ne déclenchera pas d'explosion si la teneur en oxygène est maintenue dans le domaine de non-explosibilité (inférieur à la concentration limite en oxygène) en ajoutant de l'azote (fig. 31).

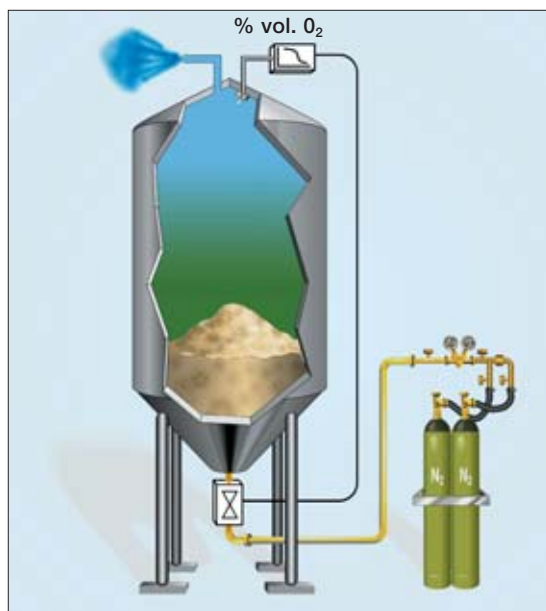


Fig. 31: Inertage avec azote et surveillance de la concentration en oxygène [3].

- **Élimination des sources d'inflammation efficaces.** Cette mesure doit être systématiquement appliquée, à moins que la formation de mélanges explosibles puisse être entièrement exclue. Dans la pratique, cette mesure n'est cependant pas suffisante en soi.

12.2 Mesures constructives

- **Suppression de l'explosion** au moyen d'un système d'extinction muni de détecteurs qui décèlent et étouffent l'explosion.

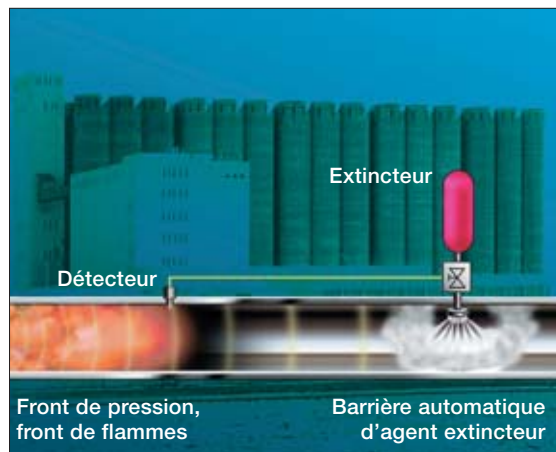


Fig. 32: Barrière automatique d'agent extincteur [5].

★ Expérience «Suppression de l'explosion, barrière d'agent extincteur»

L'installation de suppression d'explosion décèle l'explosion à son stade initial au moyen de détecteurs de flammes ou de pression et l'étouffe **rapidement par pulvérisation de produit extincteur** (fig. 32 et 34 C).

- **Découplage technique des systèmes lors d'une explosion** permettant de prévenir la propagation de l'explosion sur des appareillages non protégés.

En tant que mesure de prévention, l'élimination des sources d'inflammation efficaces n'est pas suffisante en soi et exige une analyse du risque appropriée.

★ Expérience «Dispositif arrête-flamme»

Lorsque l'on enflamme un mélange gaz-air dans une conduite munie d'un dispositif arrête-flamme, par ex. un dispositif arrête-flamme anti-explosion (fig. 33) ou un tamis de Davy, **la flamme traversant la conduite est refroidie de telle sorte qu'elle s'éteint.**

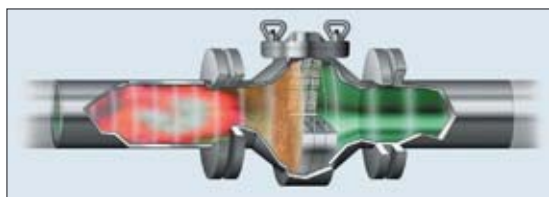


Fig. 33: Dispositif arrête-flamme anti-explosion [1].

- **Construction résistant à l'explosion**
des récipients, installations et conduites de raccordement résistant à l'explosion et devant pouvoir supporter sans rupture la surpression d'explosion prévisible.

★ Expérience «Construction résistant à l'explosion»

Si la pression initiale mesurée dans un récipient en métal fermé est égale à la pression atmosphérique, la surpression maximale d'explosion après inflammation d'un mélange air-vapeurs est inférieure à 10 bar. Un récipient en métal construit de manière appropriée peut résister à cette pression (fig. 34 A).

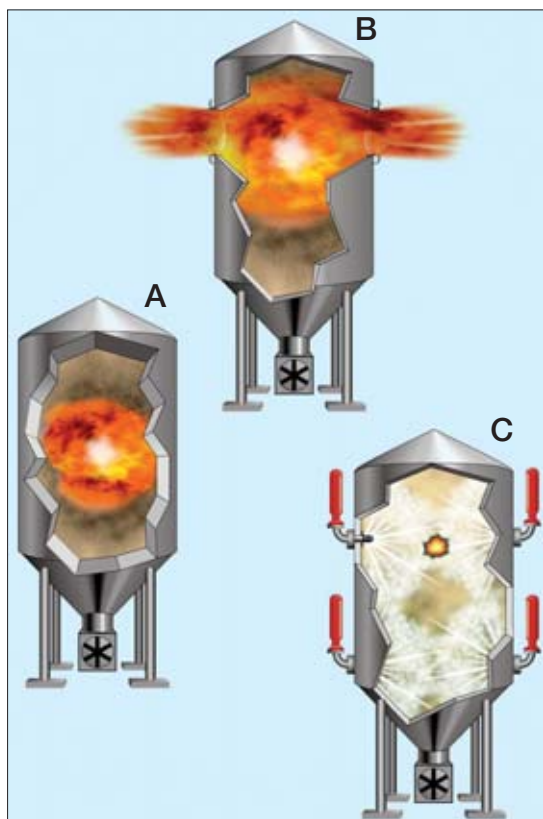


Fig. 34: Exemples de mesures constructives appliquées à la prévention des explosions [3].

- A: Construction résistant à l'explosion.
- B: Décharge de la pression d'explosion.
- C: Suppression de l'explosion.

- **Décharge de la pression d'explosion**
réalisée au moyen d'un dispositif taré (fig. 34 B) placé sur un orifice de décharge s'ouvrant à une pression donnée, nettement inférieure à la pression de rupture du récipient. Exemples: clapets anti-explosion et disques de rupture correctement dimensionnés.

★ Expérience «Disque de rupture»

Un mélange explosible d'air et de vapeurs d'alcool est enflammé à l'intérieur d'un récipient en métal d'une certaine dimension dont l'orifice est obturé par une feuille d'aluminium. La feuille d'aluminium est détruite par la surpression d'explosion et l'on obtient la décharge de la pression d'explosion recherchée.



**Décharge de la pression d'explosion:
toujours dans une
«direction non dangereuse»,
jamais vers une zone de travail!**

12.3 Mesures organisationnelles

Les mesures organisationnelles permettent de limiter les risques d'incendie et d'explosion, d'une part, et de réduire leurs effets sur l'homme, les biens matériels et l'environnement, d'autre part.



Fig.35: Exemples de mesures organisationnelles.

Les mesures organisationnelles doivent être intégrées dans le système de gestion de la sécurité.

Les mesures organisationnelles complètent et améliorent l'efficacité des mesures constructives et de prévention des explosions.

13 Illustrations

- [1] Ott R. J., Scheller F. et al., «Gasexplosionen» (No. 2032), IVSS (Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit), Sektion Chemie, Heidelberg (1999).
- [2] Glor M., Ott R. J. et al., «Electricité statique – Risques d'inflammation et mesures de protection» (No. 2017), AISS (Association internationale de la Sécurité sociale), Comité Chimie, Heidelberg (1996).
- [3] Ott R. J., Radandt S. et al., «Staubexplosionen» (No. 2044), IVSS (Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit), Sektion Chemie, Heidelberg (2002).
- [4] Fischer K.-H., Ott R. J., Scheller F. et al., «Sécurité des installations de gaz liquéfié» (No. 2004), AISS (Association internationale de la Sécurité sociale), Comité Chimie, Heidelberg (1992).
- [5] Beck H., Ott R. J., Zockoll C. et al., «Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten – Grundlagen» (No. 2033), IVSS (Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit), Sektion Maschinen- und System-sicherheit, Mannheim (1998).

A retirer auprès de:

BG Chemie (IVSS-Sektion Chemie, Sekretariat), Kurfürsten Anlage 62, D-69115 Heidelberg

BG Nahrungsmittel und Gaststätten (IVSS-Sektion Maschinen- und Systemsicherheit, Sekretariat), Dynamostrasse 7–11, D-68165 Mannheim

Suva

Service clientèle
Case postale
CH-6002 Lucerne

- [6] Suva (Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents), «La sécurité dans l'emploi des solvants», Suva, secteur chimie, Lucerne, 5^e édition mise à jour (2001).
Réf. SBA 155
- [7] Suva (Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents), «Attention, la mort guette dans les récipients vides», Suva, secteur chimie, Lucerne, 16^e édition mise à jour (1997).
Réf. 44047

A retirer auprès de:

Suva
Service clientèle
Case postale
CH-6002 Lucerne

- [8] ESCIS (Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz), «Statische Elektrizität, Regeln für die betriebliche Sicherheit», ESCIS-Schriftenreihe Sicherheit, Heft 2, Suva, Bereich Chemie, Luzern (1997).

A retirer auprès de:

CESICS, c/o Suva
Secteur chimie
Case postale
CH-6002 Lucerne

Suva

Case postale, 6002 Lucerne

Tél. 041 419 58 51

www.suva.ch

Edition: février 2014

Référence

44071.f