

---

---

**Ingénierie de la sécurité incendie —  
Évaluation du risque d'incendie —  
Partie 3:  
Exemple d'un complexe industriel**

*Fire safety engineering — Fire risk assessment —*

*Part 3: Example of an industrial property*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO/TR 16732-3:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207-fc58cdf0b12f/iso-tr-16732-3-2013>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO/TR 16732-3:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207-fc58cdf0b12f/iso-tr-16732-3-2013>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Applicabilité de la démarche d'évaluation du risque d'incendie</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b> <b>Vue d'ensemble de la gestion du risque d'incendie</b> .....	<b>2</b>
5.1 Généralités.....	2
5.2 Description globale de l'installation industrielle.....	2
5.3 Phénoménologie d'un BLEVE.....	3
5.4 Mesures de réduction des risques.....	5
5.5 Présentation des options de conception.....	6
<b>6</b> <b>Étapes de la démarche d'estimation du risque d'incendie</b> .....	<b>9</b>
6.1 Vue d'ensemble de l'estimation du risque d'incendie.....	9
6.2 Utilisation de scénarios dans l'évaluation du risque d'incendie.....	9
6.3 Estimation de la fréquence et de la probabilité.....	13
6.4 Estimation de la conséquence.....	15
6.5 Calcul du risque d'incendie du scénario et du risque d'incendie combiné.....	15
<b>7</b> <b>Incertitude, sensibilité, fidélité, et erreur systématique</b> .....	<b>21</b>
<b>8</b> <b>Évaluation précise du risque d'incendie</b> .....	<b>21</b>
8.1 Risque individuel et risque sociétal.....	21
8.2 Critères d'acceptation du risque.....	21
8.3 Facteurs de sécurité et marges de sécurité.....	22
<b>Bibliographie</b> .....	<b>23</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Exceptionnellement, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique par exemple), il peut décider, à la majorité simple de ses membres, de publier un Rapport technique. Les Rapports techniques sont de nature purement informative et ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TR 16732-3 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 4, *Ingénierie de la sécurité incendie*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207-f658c481525c/iso-tr-16732-3-2013>

L'ISO 16732 comprend les parties suivantes, sous le titre général *Ingénierie de la sécurité incendie — Évaluation du risque d'incendie*:

- *Partie 1: Généralités*
- *Partie 2: Exemple d'un immeuble de bureaux* [Rapport technique]
- *Partie 3: Exemple d'un complexe industriel* [Rapport technique]

## Introduction

La présente partie de l'ISO 16732 présente un exemple de l'application de l'ISO 16732-1, préparé au format de l'ISO 16732-1. Elle ne comprend que les paragraphes de l'ISO 16732-1 qui décrivent les étapes du mode opératoire d'évaluation du risque d'incendie. Elle conserve la numérotation des paragraphes de l'ISO 16732-1 et omet donc les paragraphes numérotés pour lesquels aucun texte ni aucune information ne sont fournis pour cet exemple.

Cet exemple est destiné à illustrer la mise en œuvre des étapes de l'évaluation du risque d'incendie, telles que définies dans l'ISO 16732-1. Seules les étapes considérées comme pertinentes dans cet exemple sont bien détaillées dans la présente partie de l'ISO 16732.

L'évaluation des risques est précédée de deux étapes: l'établissement d'un contexte, comprenant les objectifs de sécurité incendie à satisfaire, les sujets sur lesquels portent l'évaluation du risque d'incendie et les faits associés ou les hypothèses; et l'identification des divers dangers à évaluer. (Un «danger» est une situation susceptible de causer des dommages.)

Les hypothèses formulées dans le présent document ont été choisies pour illustrer, de manière simple, l'application de la méthodologie d'évaluation du risque d'incendie proposée dans l'ISO 16732-1 à une installation industrielle. Ces hypothèses sont fournies à titre d'exemple uniquement, et il ne faut donc pas les appliquer à d'autres cas sans vérifier qu'elles sont bien représentatives des situations rencontrées.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16732-3:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207-fc58cdf0b12f/iso-tr-16732-3-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207-fc58cdf0b12f/iso-tr-16732-3-2013>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 16732-3:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207-fc58cdf0b12f/iso-tr-16732-3-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207-fc58cdf0b12f/iso-tr-16732-3-2013>

# Ingénierie de la sécurité incendie — Évaluation du risque d'incendie —

## Partie 3: Exemple d'un complexe industriel

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 16732 traite d'une installation de stockage de propane fictive, dédiée à la réception de propane transporté par wagons-citernes, à son stockage dans un réservoir sous pression ainsi qu'à son expédition en vrac par camions-citernes. L'évaluation du risque d'incendie développée dans la présente partie de l'ISO 16732 n'est pas destinée à être exhaustive, mais est fournie à titre d'exemple afin d'illustrer l'application de l'ISO 16732-1 à une installation industrielle.

Le domaine d'application de la présente partie de l'ISO 16732 est par ailleurs limité aux stratégies mises en œuvre dans le cadre de la phase de conception, y compris les modifications de l'agencement de l'installation et le choix des stratégies de sécurité incendie pertinentes (mise en place de mesures de réduction des risques). Les stratégies appliquées pendant la phase de fonctionnement, y compris les modifications du procédé, ne sont pas incluses.

La présente partie de l'ISO 16732 illustre l'intérêt de la démarche d'évaluation du risque d'incendie, compte tenu de la nécessité d'analyser plusieurs scénarios et de l'existence de plusieurs options de conception, susceptibles de bien fonctionner ou non en fonction du scénario considéré. L'estimation du risque est nécessaire pour déterminer le résultat de ces différentes combinaisons, ainsi que les mesures globales de performance qui peuvent être comparées aux options de conception. Un type d'analyse d'ingénierie plus simple serait suffisant s'il n'y avait qu'un seul scénario considéré, ou si les options avaient tendance à toutes fonctionner de la même façon pour tous les scénarios.

### 2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 16732-1:2012, *Ingénierie de la sécurité incendie — Évaluation du risque d'incendie — Partie 1: Généralités*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 16732-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)**

phénomène de vaporisation violente à caractère explosif consécutif à la rupture d'un réservoir contenant un liquide sous pression dont la température est significativement supérieure à son point d'ébullition [à la pression atmosphérique]

Note 1 à l'article: Repris de la Référence.[1]

Note 2 à l'article: Une description plus détaillée des phénomènes impliqués lors d'un BLEVE est donnée en 5.3.

### 3.2

#### **vaporisation instantanée**

transformation rapide en vapeur libérée lorsqu'un flux de liquide saturé subit une diminution de pression

### 3.3

#### **GPL**

#### **gaz de pétrole liquéfié**

mélange inflammable de propane et de butane principalement utilisé comme carburant dans les appareils de chauffage et les véhicules

### 3.4

#### **LOC**

#### **perte de confinement**

libération d'un produit, telle que la fuite de produit sur un tuyau, la libération instantanée d'un produit due à la rupture d'un réservoir, etc.

### 3.5

#### **fond de réservoir**

extrémité incurvée de la coque d'un réservoir cylindrique sous pression

### 3.6

#### **ERS**

#### **système de déconnexion d'urgence**

dispositif mécanique spécifique conçu pour céder lorsqu'un bras de chargement connecté est accidentellement déplacé, qui permet d'isoler la fuite en fermant automatiquement deux soupapes de chaque côté

iTeh STANDARD PREVIEW

## 4 Applicabilité de la démarche d'évaluation du risque d'incendie

L'ISO 16732-1 répertorie des exemples de cas pour lesquels il est important de prendre en considération des scénarios de faible fréquence, mais de fortes conséquences et donc pour lesquels l'évaluation du risque d'incendie est utile.

L'exemple de la présente partie de l'ISO 16732 a été développé afin de venir à l'appui d'une analyse de différentes conceptions pour une installation de stockage de propane, dans laquelle le principal risque est le BLEVE du réservoir de stockage sous pression (à savoir ici un réservoir de stockage sphérique). Un BLEVE correspond particulièrement bien à la définition d'un événement à fortes conséquences et à faible fréquence pour lequel l'évaluation du risque d'incendie est utile.

## 5 Vue d'ensemble de la gestion du risque d'incendie

### 5.1 Généralités

Le présent paragraphe spécifie les différentes options de conception à évaluer.

### 5.2 Description globale de l'installation industrielle

Une installation de stockage de propane a été choisie pour cet exemple, du fait de son procédé simple et de son caractère générique. Les activités de l'installation de stockage de propane incluent:

- la réception de propane transporté par wagons-citernes: un compresseur aspire l'atmosphère gazeuse du réservoir de stockage sous pression et la comprime dans le ciel gazeux d'un wagon-citerne afin d'assurer le transfert de la phase liquide vers le réservoir de stockage,
- le stockage dans un réservoir sous pression,
- l'expédition en vrac de propane par camions-citernes: une pompe aspire la phase liquide du réservoir de stockage sous pression et l'injecte dans un camion-citerne, pour le distribuer à des particuliers ou à des entreprises.

Les principaux types d'équipement suivants sont utilisés: un réservoir de stockage sous pression (de 12,5 m de diamètre pour un volume d'environ 1 000 m<sup>3</sup>), des wagons-citernes et des camions-citernes, des pompes, des compresseurs et des tuyauteries.

Cet exemple met l'accent sur l'influence de l'agencement de la zone de chargement des camions et des mesures de réduction des risques sur la fréquence du BLEVE du réservoir de stockage sous pression.

### 5.3 Phénoménologie d'un BLEVE

Selon le Center for Chemical Process Safety (CCPS), un «BLEVE est défini comme une perte de confinement brutale d'un gaz liquéfié sous pression se trouvant au-dessus de son point d'ébullition normal (à la température atmosphérique) au moment de sa rupture, entraînant une expansion rapide de la phase vapeur ainsi que la vaporisation du liquide. La libération d'énergie lors de ces processus (expansion de vapeur et vaporisation de liquide) crée une onde de pression»[2].

Les phénomènes impliqués dans un BLEVE (voir [Figures 1 à 3](#)) sont décrits en détail dans la Référence [3].

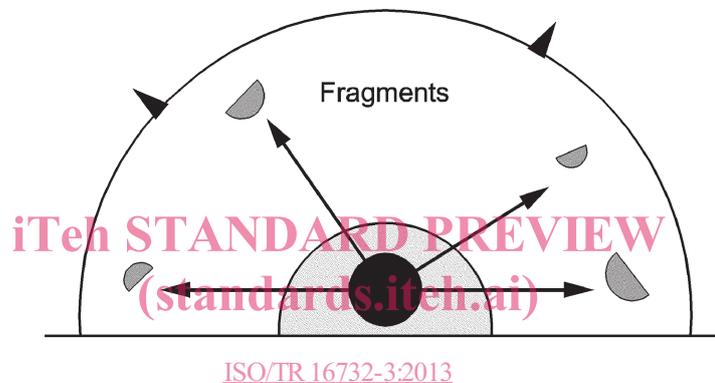


Figure 1 — Rupture du réservoir (gris foncé), boule de feu (gris clair), projection de fragments (demi-cercles noirs) et onde de pression (ligne circulaire extérieure)[3]

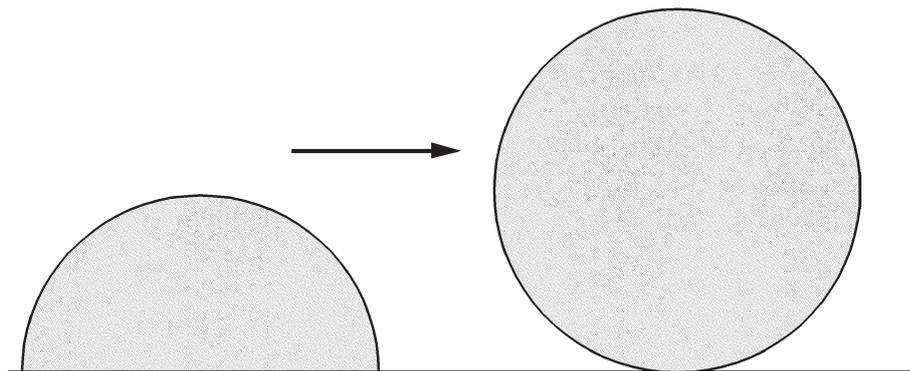


Figure 2 — Élévation de la boule de feu[3]

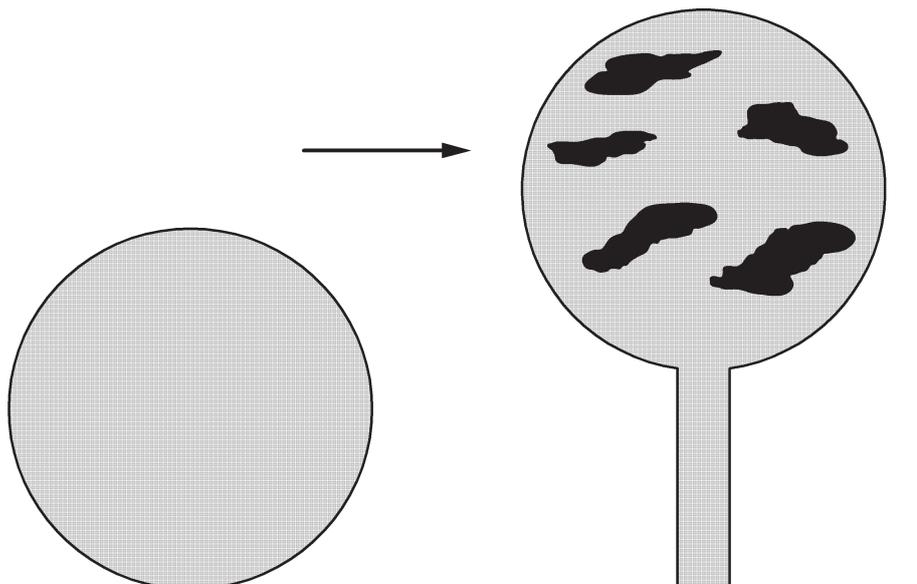


Figure 3 — Apogée de la boule de feu<sup>[3]</sup>

De nombreux BLEVE de réservoirs de stockage fixes, de wagons-citernes et de camions-citernes se sont produits au cours des dernières décennies, conduisant à des catastrophes majeures et à la perte de centaines de vies humaines. Shalfl<sup>[4]</sup> a répertorié 74 BLEVE pendant la période allant de 1926 à 1986, ayant entraîné 1 427 décès et 635 blessés. La ruine catastrophique d'un réservoir sous pression est une condition indispensable à la survenue d'un BLEVE; elle peut être provoquée par des agressions mécaniques ou thermiques disposant d'une énergie suffisante. Le [Tableau 1](#) illustre les différentes causes d'un BLEVE.

ISO/TR 16732-3:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207->

Tableau 1 — Accidents passés impliquant des BLEVE et causes correspondantes<sup>[5]</sup>

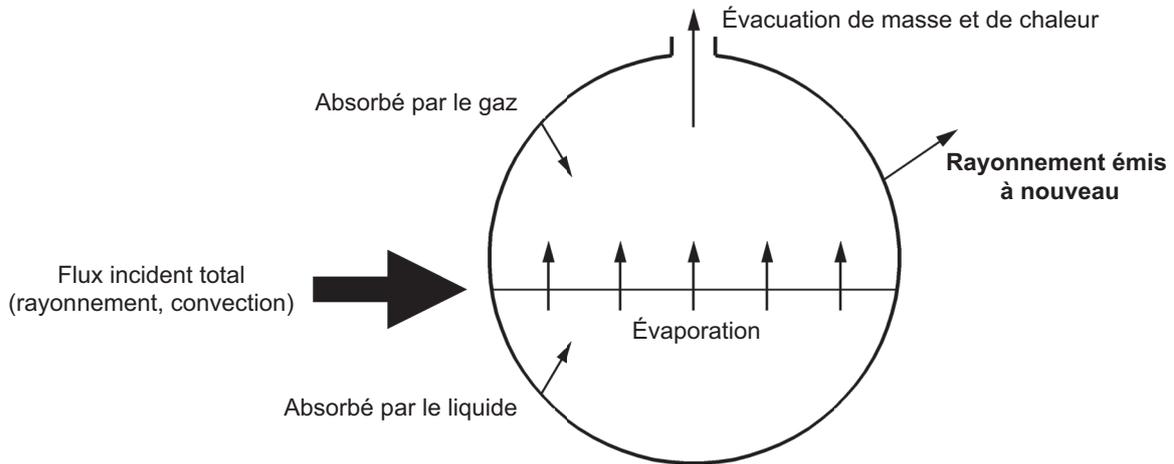
Causes	BLEVE
Incendie	25
Impact	19
Remplissage excessif d'un réservoir	11
Pressurisation excessive d'un réservoir	3
Fatigue	2
Explosion	2
Corrosion	1
Séisme	-
Inondation	-
Foudre	-
Autres (emballement de réaction, surchauffe, etc.)	25

Cet inventaire souligne que les événements d'incendie et d'impact sont les causes les plus fréquentes de BLEVE. Par conséquent, si le domaine d'application de l'exemple est limité aux effets d'un incendie adjacent, d'un BLEVE ou d'une explosion, il inclura près de la moitié des circonstances ayant conduit à des BLEVE.

Selon Roberts et al.<sup>[6]</sup>, «si un réservoir sous pression est attaqué par le feu, sa température augmente et cela réduit la résistance du réservoir. Ce phénomène, combiné à l'augmentation de la pression dans le réservoir, peut conduire à sa rupture, avec des conséquences catastrophiques.»

Les mécanismes de transfert de chaleur globaux intervenant dans le cadre de l'agression thermique d'un réservoir sous pression sont décrits sur la [Figure 4](#). Lorsqu'un réservoir est pris dans un incendie, le flux

incident total (dû au rayonnement et à la convection) est absorbé par le réservoir, le liquide et le gaz, ce qui entraîne l'évaporation de la phase liquide, et donc une augmentation de pression ainsi que la baisse du niveau de liquide. En conséquence, la capacité d'absorption thermique diminue dans le temps. Des soupapes de sécurité sont généralement utilisées pour retarder la survenue d'un BLEVE en évacuant une partie du contenu du réservoir. L'augmentation rapide de la pression à l'intérieur de l'équipement due à l'ébullition, combinée à la diminution de la résistance du matériau liée au chauffage externe de l'enveloppe, conduit à la rupture catastrophique du réservoir.



## iTeh STANDARD PREVIEW

Figure 4 — Mécanismes de transfert de chaleur intervenant lors de l'agression thermique d'un réservoir sous pression [6]

ISO/TR 16732-3:2013

### 5.4 Mesures de réduction des risques

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ad2beb2-a281-4b4d-a207-fc58cdf0b12f/iso-tr-16732-3-2013>

Le [Tableau 2](#) répertorie les mesures de réduction des risques pouvant être mises en œuvre pour empêcher ou retarder un BLEVE, d'après une revue fournie par Fulleringer. [7]

Tableau 2 — Exemples de mesures de réduction des risques courantes contre les BLEVE

Mesures de réduction des risques	Fonction
Agencement (distance)	Augmente les distances de séparation pour diminuer les agressions accidentelles sur le réservoir
Agencement (orientation)	Réduit la probabilité qu'un événement thermique/mécanique menace le réservoir
Isolement de la fuite (système de déconnexion d'urgence)	Isole le bras de chargement en cas de déplacement du camion-citerne
Isolement de la fuite (arrêt automatique de la pompe)	Arrête les pompes d'alimentation en cas de chute de pression (c'est-à-dire en cas de fuite)
Confinement/évacuation du produit (mur de protection, pente)	Empêche l'accumulation de liquide sous le réservoir/augmente les distances de séparation pour réduire l'agression thermique sur le réservoir
Soupape de sécurité	Évacue le produit à l'extérieur du réservoir et réduit ainsi la contrainte provoquée par l'augmentation de la pression interne
Protection passive contre l'incendie (revêtement protecteur, bouclier thermique)	Diminue le transfert de chaleur sur les parois du réservoir
Protection active contre l'incendie (déluge d'eau, rideau d'eau)	Protège le réservoir par absorption d'une partie de la chaleur générée par un incendie/jet enflammé <sup>a</sup>
Paroi en béton autour du réservoir, butte	Protège le réservoir contre les agressions thermiques et mécaniques

<sup>a</sup> Plusieurs essais et études<sup>[8]</sup> ont mis en évidence l'incapacité d'un système de déluge d'eau typique installé sur un réservoir de stockage de GPL à maintenir un film d'eau sur toute la surface du réservoir si un jet enflammé impacte le réservoir. L'API 2510A<sup>[9]</sup> indique que «[...] le refroidissement efficace de la paroi d'un réservoir exposé à des jets enflammés est difficile à obtenir. La vitesse du jet peut déformer le film d'eau ou bien le brouillard d'eau d'une lance à incendie.» L'exemple actuel suppose donc que le déluge d'eau est uniquement efficace pour les jets enflammés rayonnants, et non pas pour les jets enflammés impactants.

## 5.5 Présentation des options de conception

Dans le présent exemple, plusieurs conceptions alternatives sont prises en compte et se caractérisent par les différences suivantes:

- les distances de séparation entre le réservoir de stockage sous pression et la zone de chargement des camions,
- l'orientation de la zone de chargement des camions,
- les mesures de réduction des risques présentes (système de déconnexion d'urgence sur les bras de chargement, système d'arrêt automatique de la pompe d'alimentation et déluge d'eau sur le réservoir de stockage sous pression<sup>1)</sup>).

Le [Tableau 3](#) résume les six options de conception différentes étudiées dans le présent document.

1) À noter que l'action des soupapes de sécurité n'est pas prise en compte dans cet exemple.