

Le B.L.E.V.E.

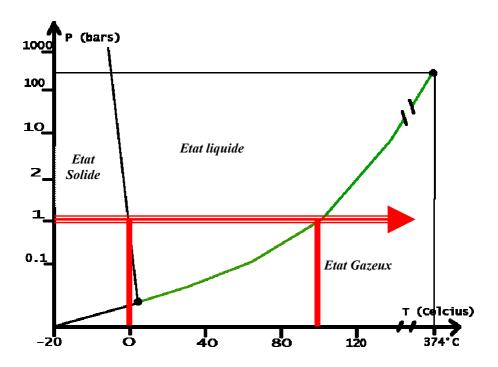


I. Traduction du mot BLEVE

B.L.E.V.E. est l'abréviation anglaise de « Boiling Liquid Vapor Explosion » qui pourrait être traduit en français par « Explosion de vapeur en expansion d'un liquide en ébullition ».

II. Rappel sur le diagramme de Phase

Un diagramme de phase permet de savoir sous quelle forme se trouve un corps chimique quelles que soient la <u>température</u> et la <u>pression absolue</u>. On pose la température en abscisse et la pression en ordonnée. Chaque composé chimique à sont propre diagramme. Ci-dessous est représenté le diagramme de l'eau (H2O) :



Prenons l'exemple de l'eau. Travaillons à pression constante ; prenons la pression atmosphérique « normale » soit environ 1 bar.

Pour une température inférieure à 0°c l'eau est à l'état solide c'est à dire sous forme de glace.

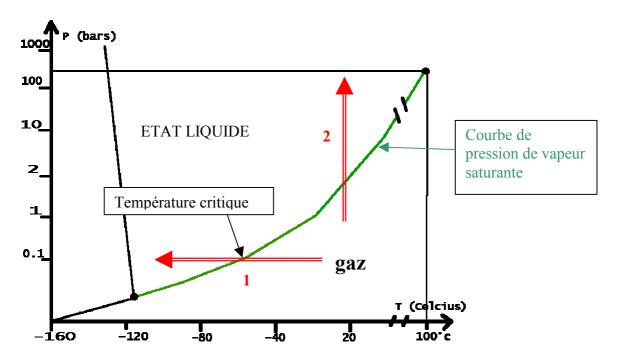
A partir de 0°c jusqu'à 100°c l'eau se trouve à l'état liquide.

Au-delà de 100°c l'eau se trouve à l'état gazeux sous forme de vapeur.

III. Les gaz liquéfiés

En observant le diagramme on s'aperçois que pour liquéfier un gaz deux possibilités s'offrent à nous :

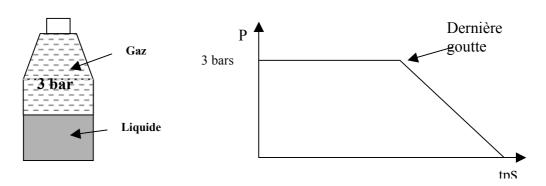
- Baisser la température (1)
- Augmenter la pression (2)



Exemple de la bouteille de butane :

A température ambiante le butane se situe au-dessus de sa température critique. C'est pour cela que dans une « bouteille de gaz » on se trouve en présence de 2 phases.

Si on ouvre la bouteille la pression reste constante tant qu'il subsiste une goutte de liquide dans le récipient. La pression de la vapeur baissera ensuite linéairement:



IV. Définition d'un BLEVE

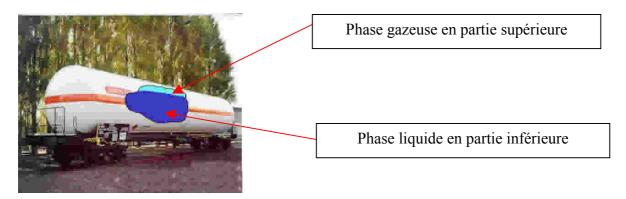
Lorsque l'on transfère de la chaleur à un liquide, la température de celui-ci augmente sa jusqu'au point d'ébullition pour former des bulles de vapeurs se développant sur les impuretés et les interfaces avec les solides.

Lorsqu'il n'y a pas suffisamment de sites de nucléation dans le liquide, le point d'ébullition peut être dépassé sans qu'il y ait d'ébullition. C'est ce qu'on appelle un liquide surchauffé.

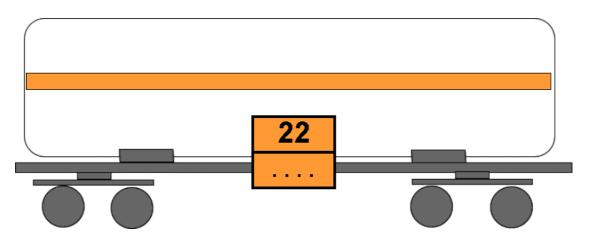
Une fois se liquide surchauffé et le réservoir fragilisé sous un effet thermique et/ou mécanique, ce liquide peut subir une vaporisation brutale, il apparaît alors une onde de surpression qui se propage, et qui provoque la fragmentation du réservoir, et éventuellement, la création d'une boule de feu si le produit est inflammable.

V. Chronologie d'un BLEVE

Prenons l'exemple d'un wagon citerne transportant un gaz liquéfié. Dans cette citerne se trouve 2 phases :

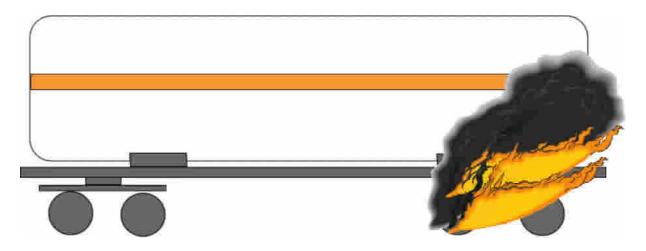


a. Etape 1



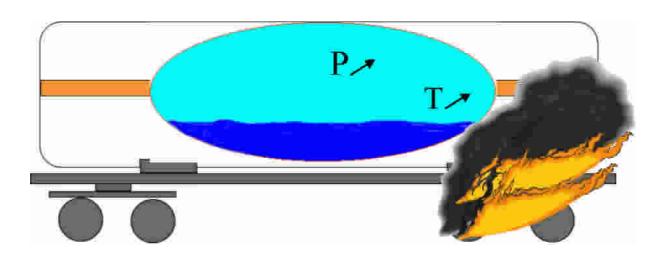
Il faut être en présence d'une citerne transportant un gaz liquéfié. Code Danger 22.

b. Etape 2



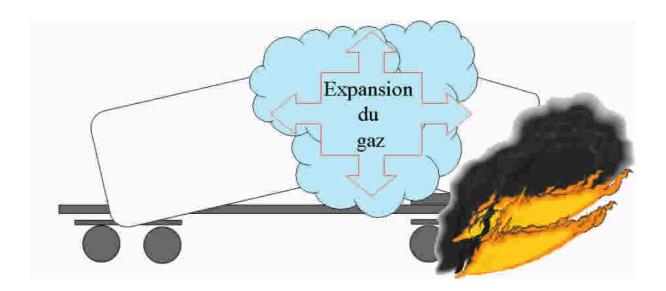
Le réservoir est soumis à un rayonnement produit, par exemple, par un incendie ce qui aura pour conséquence de fragiliser sa paroi.

c. Etape 3



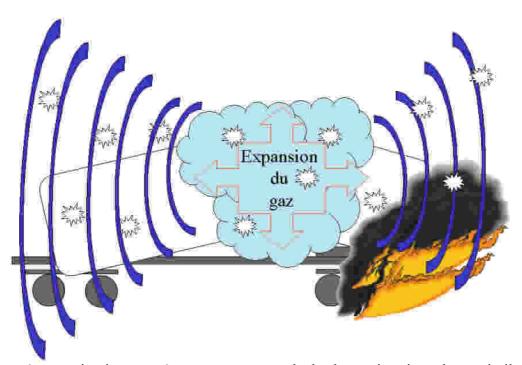
L'élévation de la température du liquide entraîne un phénomène de vaporisation donc une augmentation de pression de la partie gazeuse.

d. Etape 4



La pression élevée à l'intérieur de la citerne <u>et</u> la fragilisation de la paroi va entraîner la rupture de celle-ci et par conséquent évaporation instantanée de tout le produit contenu dans la citerne.

e. Etape 5



Cette évaporation instantanée provoque une onde de choc qui projette des « missiles »

f. Etape 6 (facultative)



Si le produit est inflammable et sous certaines conditions, il s'enflammera en formant une boule de feu.

g. Récapitulatif:

Un BLEVE est donc organisé en six étapes :

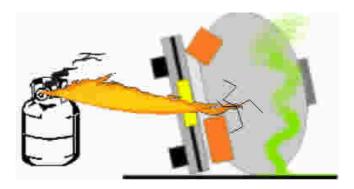
- Échauffement du gaz liquéfié à l'intérieur du réservoir
- Monté de la pression à l'intérieur du réservoir.
- Affaiblissement de la paroi du réservoir.
- Rupture du réservoir
- Passage de l'état liquide à l'état gazeux instantanément
- Si le produit est inflammable et sous certaines conditions, il s'enflammera

VI. Dard et chalumeau

Une cause pouvant conduire à un BLEVE est l'existence de « dard » ou « chalumeau » due à l'inflammation d'une fuite sur un récipient sous pression.

Ce « dard » peut éventuellement se diriger sur un récipient voisin, chauffe la paroi et fait monter la pression interne et peu causer un affaiblissement de la résistance mécanique de la paroi.

Au point d'impact du « dard », il se forme un « pustule » par étirement du métal, et finalement la rupture du réservoir.



VII. Conséquence d'un BLEVE

Le BLEVE comporte trois dangers principaux :

- L'onde de choc
- Le flux thermique
- Les Missiles

a. L'onde de Choc

1. Définition

L'onde de choc en due à une brusque variation de la pression par déplacement centrifuge d'une mince couche d'air à partir du point d'explosion.

On distingue 2 phases:

• L'onde de surpression correspond à la première phase de l'onde de choc durant laquelle on observe une augmentation brutale de la pression.

• L'onde de dépression ou onde de détente suit l'onde de surpression. Elle est plus longue qu'elle et engendre une faible différence de pression. Son incidence physiopathologique est moins importante.

2. Equivalent TNT

Toutes les matières explosives sont comparées au TNT. Il est possible de connaître les conséquences de l'explosion de masse de produit M, avec la masse de TNT ayant engendré les mêmes effets aux même distances (les effets du TNT étant connus grâce au étude de l'armée).

Des abaques donnant la surpression due à l'explosion en fonction de la distance ont été établis.

3. Effet sur les structures

Surpression en Bar	Effets
0.01	Bris de vitres
0.07	Destruction totale des vitres
0.14	Effondrement partiel des tuiles et des murs de maisons
0.25	Rupture des réservoirs de stockage
0.50	Retournement des wagons de chemin de fer, destruction totale des maisons

4. Effet sur l'homme

La valeur de 0.140 bars correspond aux premiers effets de mortalité consécutive à une onde de choc.

La valeur de surpression de 0.05 bars correspondant aux premiers dégâts et blessures notables dus à l'onde de choc.

Exemple : pour un réservoir de 30 m3 de butane les premières blessures provoquées pour l'onde de choc se trouveront à 600m de l'explosion.

Le blast est la principale conséquence d'une onde de choc sur l'homme.

5. Le blast

On distingue:

• BLAST D'APPARENCE BÉNIN :

Après la phase de sidération initiale, une phase de latence s'installe.

BLAST GRAVE D'EMBLÉE :

Il associe des troubles neurologiques allant de l'obnubilation au coma, une détresse respiratoire aiguë et un collapsus.

• BLAST AVEC LÉSIONS ASSOCIÉES :

La forme la plus fréquemment rencontrée est le Blessé-Brûlé-Blasté

Important:

<u>Tout</u> sujet exposé à une explosion est suspect d'être blasté et peut présenter une décompensation respiratoire secondaire.

L'interrogatoire doit préciser la notion d'explosion en espace clos, la position du sujet par rapport à l'explosion, prendre en compte le poids et les antécédents de la victime.

b. Le L'onde de Choc

1. Définition

Le flux thermique est exprimé en kW/m² et le temps d'exposition en seconde.(noté F)

L'énergie est exprimé en kJ/m²

On a: 1kW.h = 3600 kJ1kW.s = 1KJ

Exemple : Un flux thermique de 8 kW/m² pendant 1 minute aboutie à une énergie reçue de

1 minute = 60 secondes

Donc $8 \times 60 = 480 \text{ kJ/m}^2$

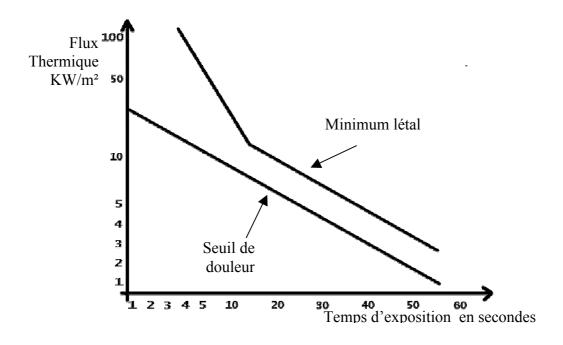
2. Limites supportables

Intensité de rayonnement qu'un récepteur est à même de supporté

Personne non protégée en rayonnement continu	1.5 kW/m ²
Formation de cloques après 30s, soit 150 kJ/m²	5 kW/m²
Personne non protégée en intervention rapide	8 kW/m²
Bois, peinture, combustion spontanée à partir de	8 kW/m²

3. Le flux Thermique en fonction du temps

On a donc vu que le temps d'exposition à un rôle important :



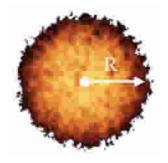
4. La boule de feu

Dans le cas du BLEVE, on peut être en présence d'une boule de feu si le produit est inflammable.

Pour un hydrocarbure le rayon R peu être calculé par la formule

$$R = 6.48 \text{ M}^{0.325}$$

Où M est la masse d'hydrocarbure mise en jeu en kg



On calcul ainsi que 50 litres de butane donneraient une boule de feu d'environ 20m de rayon. (50 litres de butane pèsent environ 30 Kg).

5. Flux thermique de la boule de feu

On peut calculer le flux thermique émis par la boule de feu en fonction de la distance.

Le flux est calculé par la formule :

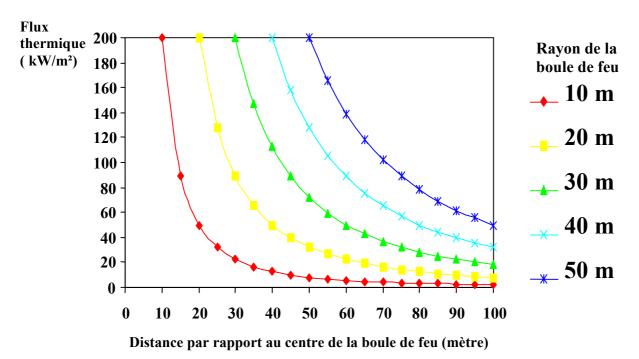
$$F = F_0(R/X)^2$$

Où : F_0 est le flux à la surface de la boule de feu (200 kW/m² étant la valeur couramment admise)

R est le rayon de la boule de feu en mètre

X est la distance par rapport au centre de la boule en mètre

On peut ainsi simuler le flux thermique en fonction de la distance et du rayon de la boule de feu :



6. Temps de combustion

Le flux thermique est important mais nous avons vu que le temps d'exposition et donc « l'énergie thermique » (énergie reçue) l'était également.

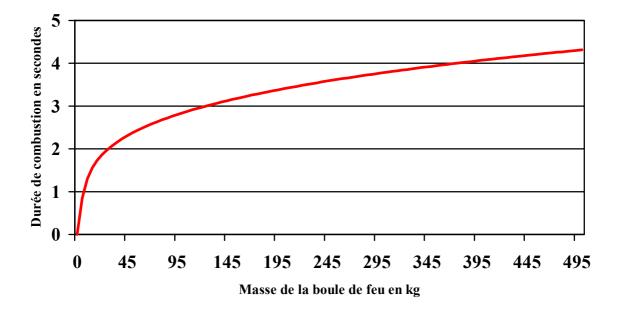
Il est ainsi possible de calculer le temps de combustion de la boule de feu composé d'hydrocarbures, par la formule :

$$t = 0.852.M$$
 0.26

Où : M est la masse de la boule de feu en kg t la durée de la boule de feu en secondes

On calcul alors que la boule de feu produite par les 50 litres de butane brûlera pendant 2 secondes.

On peut, simuler le temps de combustion en fonction de la masse de la boule de feu :



7. La Zone Létale

On peut définir une zone de « forte probabilité de brûlures mortelles » causé par une boule de feu composé d'hydrocarbures par la formule :

$$D_G = 1.26 D_{BF}$$

Où : D_G est la zone de forte probabilité de brûlures mortelle. D_{BF} est le diamètre de la boule de feu

<u>Important</u>: Au-delà de cette distance le risque de brûlure n'ai pas nul et les effets radiatifs de la boule de feu peuvent entraîner des brûlures dangereuses.

On calcul alors que la zone létale pour les 50 litres est à environ 25m du centre de la boule de feu.

8. La Zone de danger

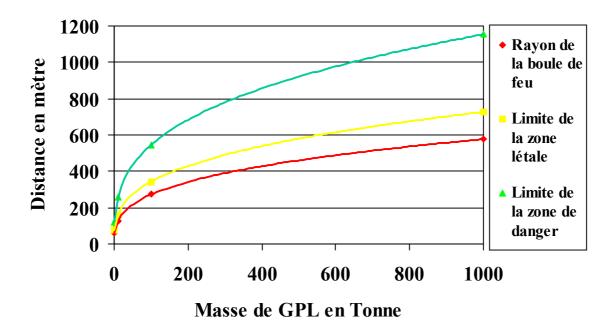
Quelle est le rayon de la « Zone de Danger » ?

On le définie comme étant le rayon double de la boule de feu.

$$R_D = 2 R_{BF}$$

Pour les 50 litres de butane la zone de danger à un rayon de 40m.

Le graphique ci-dessous résume les rayons trouvés pour différente valeur de masse de GPL :



c. Les « Missiles »

1. Définition

L'énergie d'expansion engendre une surpression qui peut conduire à l'éclatement du réservoir. Des fragments sont alors projetés à plusieurs centaines de mètres.

2. Distance de projection

Des études ont montré que tous types de réservoir confondus :

- 80% des fragments sont projetés à moins de 250m
- 90% des fragments sont projetés à moins de 400m
- La distance maximale de projection observée est d'environ 1200m

En raison de l'énergie libérée lors d'un BLEVE, il est possible de voir des fragments de grosses tailles propulsées à partir du réservoir à des distances importantes : Dans l'accident de Mexico, un fragment de 9.5 tonnes a été propulsé à 1200m)

Il a été observé que dans le cas de réservoirs :

- de type de cigares, que des sections complètes avec fonds sont propulsées en fusée.
- cylindriques, 50 % des fragments émis soient éjectés dans l'axe ou sous une ouverture de 30° par rapport à l'axe longitudinal

VIII. Le BLEVE froid

Dans le cas d'un BLEVE se produisant dans un dépôt, les missiles émis par peuvent aller percuter les réservoirs voisins ouvrant alors des brèches dans ceux-ci ce qui sera la cause de BLEVE en chaîne.

Dans ce cas le BLEVE n'a pas du à un affaiblissement du réservoir par la chaleur mais par le missile. C'est ce qu'on appelle un BLEVE froid

IX. Les Conduites A Tenir

a. La reconnaissance

La reconnaissance doit permettre de répondre à plusieurs questions :

- Quelle est la nature du chargement ou du stockage?
- S'il y a feu, depuis combien de temps le réservoir est la proie de flammes ?
- Y a-t-il effet chalumeau ou risque d'effet chalumeau sur un stockage rapproché?
- Est-il nécessaire et possible d'évacuer la population ?
- L'eau est-elle suffisante pour refroidir correctement les structures avoisinantes ?
- Est -il nécessaire de risquer la vie des intervenants ?

b. Les actions

A leur arrivée, les intervenants doivent se tenir à bonne distance.

Si le réservoir est, ou a été, gravement en contact avec le feu, n'approchez pas.

N'oubliez pas qu'il faut un « <u>certain temps</u> » pour qu'un feu intense provoque une rupture du réservoir.

1. Contre la rupture du réservoir

- Isoler le stockage de la source de chaleur
- Refroidir l'ensemble du réservoir avec de l'eau

2. Contre l'onde de choc :

- Engager le minimum de personnel
- Une distance de sécurité convenable est le seul moyen de protection

3. Contre le flux thermique :

- Engager le minimum de personnel
- Tout le personnel doit être en tenue de feu complète.
- Une distance de sécurité convenable. Un bâtiment peut servir de protection thermique.

4. Contre les missiles:

- Engager le minimum de personnel
- Périmètre de sécurité de 500m minimum

X. Conclusion

Les différentes informations et formules présentes sans ce document ne sont que théoriques et donc qu'indicatives. En effet le déclenchement d'un BLEVE est fonction des paramètres physico-chimiques du produit stocké et mécaniques de la citerne.

Il faut simplement se rappeler qu'un BLEVE peut se déclencher à tout moment et que les premières choses à faire sont le périmètre de sécurité et le refroidissement des citernes.

IVAN

