

Bureau Veritas
Service Risques Industriels
16 Chemin du Jubin
BP 26
69 571 DARDILLY CEDEX

Responsables de l'étude :

Cécile DUBIEN
Tél. 04 72 29 70 68
cecile.dubien@fr.bureauveritas.com

Emilie THOLLIN
Tél. 04 72 29 32 62
emilie.thollin@fr.bureauveritas.com



Modélisation des effets liés à l'explosion du local de charge



SOMMAIRE

1	DONNEES D'ENTREE	3
2	VERIIFCATION DE LA SURFACE D'EVENT	3
3	METHODOLOGIE DE CALCUL DES EFFETS DE SURPRESSION EN CAS D'EXPLOSION CONFINEE DANS UN LOCAL NON SUFFISAMMENT EVENTE.....	3
4	SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSION CONSIDERES	5
5	MODELISATION DE L'EXPLOSION DU LOCAL DE CHARGE	6
6	MODELISATION DE L'EXPLOSION DU LOCAL DE CHARGE DANS LE CAS OU CELUI-CI SERAIT CORRECTEMENT EVENTE	6

1 DONNEES D'ENTREE

Dimensions du local :

Surface = 242 m²

Hauteur libre = 7 m

Dispositions constructives :

Parois et toiture en béton

Grilles de ventilation haute et basse

Surfaces pouvant jouer le rôle d'écran estimées à moins de 3 m² (grilles de ventilation, porte, exutoire)

2 VERIFICATION DE LA SURFACE D'EVENEMENT

L'application de la norme NF EN 14994 – 2007 – Systèmes de protection par événement contre les explosions de gaz, en considérant les données d'entrée ci-dessus, conduit à une valeur de Pred très supérieure à la tenue de murs en béton.

On en conclut que les parois soufflables, qui représentent une surface totale inférieure à 3 m², sont insuffisantes pour protéger le local en cas d'explosion.

3 METHODOLOGIE DE CALCUL DES EFFETS DE SURPRESSION EN CAS D'EXPLOSION CONFINEE DANS UN LOCAL NON SUFFISAMMENT EVENTE

Pour modéliser les effets de surpression en cas de formation d'une atmosphère explosive (ATEX) dans une enceinte ou un local non événementé, et l'inflammation de cette ATEX, aussi appelé VCE : Vapor Cloud Explosion, la méthode Brode / Multi-énergie 10 est utilisée. Cette méthode est détaillée dans le guide de l'état de l'art sur les silos pour l'application de l'arrêté ministériel relatif aux risques présentés par les silos et les installations de stockage de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tout autre produit organique dégageant des poussières inflammables - Version 3 – 2008 – MEEDDAT.

La démarche de calcul consiste :

- à calculer l'énergie d'explosion à l'aide du modèle de Brode ;
- à déterminer les distances d'effets des surpressions seuils à partir de l'abaque indice 10 de la méthode multi énergie représentatif de la propagation d'une onde de choc liée à l'éclatement de l'enceinte.

Formule de Brode :

La formule de Brode permettant d'évaluer l'énergie d'explosion est la suivante :

$$Ex = \Delta P \cdot V / (\gamma - 1)$$

avec :

- Ex : énergie d'explosion (J)
- V : volume libre du local (m³)
- ΔP : pression de rupture ou d'explosion relative = 2 x Pstatique de rupture de l'enceinte si celle-ci n'est pas correctement événementée
- γ : rapport des capacités calorifiques du gaz (sans unité)
($\gamma = 1,4$ pour l'hydrogène)

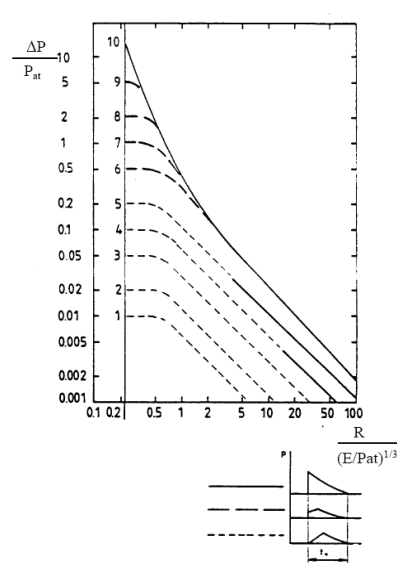
Supression en fonction de la distance selon l'abaque multi énergie 10 :

Les formules correspondant au profil de la courbe multi énergie indice 10 (abaque présentée ci-après) sont données ci-dessous où E est l'énergie d'explosion en Joules :

Seuil de surpression (mbar)	Formule pour déterminer la distance au seuil d'effet recherché
20 mbar (seuil des effets indirects)	$d_{20} = 0,22 \times E^{(1/3)}$
50 mbar (SEI)	$d_{50} = 0,11 \times E^{(1/3)}$
140 mbar (SEL)	$d_{140} = 0,05 \times E^{(1/3)}$
200 mbar (SELS et effets dominos)	$d_{200} = 0,032 \times E^{(1/3)}$
300 mbar (Dégâts très graves sur les structures)	$d_{300} = 0,028 \times E^{(1/3)}$

Distances comptées à partir du centre de l'explosion. E = énergie d'explosion en Joules.

Abaques multi-énergie

Indice Multi-Energy	Seuil de surpression associé (bar)	Abaques de décroissance en fonction de la distance adimensionnée par l'énergie de l'explosion
1	0,01	 <p>Abaque relatif à la méthode Multi-Energie donnant les surpressions engendrées par des déflagrations à vitesse de flamme constante de volumes explosibles hémisphériques posés au sol</p>
2	0,02	
3	0,05	
4	0,10	
5	0,20	
6	0,50	
7	1	
8	2	
9	5	
10	10	

4 SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSION CONSIDERES

Les valeurs seuils retenues sont celles de l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations soumises à autorisation.

	Valeurs	Commentaires
Effets sur l'homme	20 mbar	Seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme. ⇔ Effets indirectes par bris de vitres.
	50 mbar	Seuils des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine ». ⇔ Effets irréversibles par mise en mouvement des individus ou projection de fragments de décorations diverses. SEI
	140 mbar	Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » mentionnée à l'article L. 515-16 du code de l'environnement. ⇔ Effets létaux par risque d'écrasement ou de choc de fragment massifs de maçonnerie ou de béton non renforcé. SEL
	200 mbar	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » mentionnée à l'article L. 515-16 du code de l'environnement. ⇔ Effets létaux par effets directs (hémorragie pulmonaire). SELS
Effets sur les structures	20 mbar	Seuil des destructions significatives de vitres.
	50 mbar	Seuil des dégâts légers sur les structures. Destruction de 75% des vitres et occasionnelle des cadres de fenêtre.
	140 mbar	Seuil des dégâts graves sur les structures. Effondrement partiel des murs et tuiles des maisons.
	200 mbar	Seuil des effets domino. Destruction des murs en parpaings. Destruction de plus de 50% des maisons en briques.
	300 mbar	Seuil des dégâts très graves sur les structures.

5 MODELISATION DE L'EXPLOSION DU LOCAL DE CHARGE

La méthode Brode / Multi-énergie avec un indice 10 est utilisée (décrite ci-avant).

La pression de rupture dépend de la tenue à la pression des parois. En effet, elle est prise égale à 2 fois la pression de ruine des parois.

Pour un local en béton, la pression statique de ruine des parois est usuellement prise égale à 200 mbar soit une pression de rupture de 400 mbar ce qui correspond à une énergie d'explosion (calculée avec la formule de Brode) de 137 MJ.

	Distances d'effets (m)
20 mbar (seuil des effets indirects)	114
50 mbar (SEI)	57
140 mbar (SEL)	26
200 mbar (SELS et effets dominos)	17
300 mbar (Dégâts très graves sur les structures)	Non atteint

Distances en mètres, comptées à partir du centre du local.

6 MODELISATION DE L'EXPLOSION DU LOCAL DE CHARGE DANS LE CAS OU CELUI-CI SERAIT CORRECTEMENT EVENTE

Une toiture en bac acier faiblement résistance peut jouer le rôle d'évent. Etant donnée la surface du local, la surface de la toiture, dans le cas où celle-ci serait métallique, serait largement suffisante pour protéger le local.

Dans ces conditions, la pression résiduelle (= pression à l'intérieur du local après ouverture des événements) est prise égale à 150 mbar en accord avec la norme NF EN 14994.

Il se produit lors :

- une explosion primaire, à l'intérieur du local ;
- une explosion secondaire, à l'extérieur du local, qui correspond à l'inflammation du gaz non brûlé à l'intérieur et éjecté par les surfaces soufflables ou événements. On admet (hypothèse conservative) que 75% du volume gazeux est brûlé à l'extérieur du local.

L'explosion primaire est modélisée avec la méthode de Brode / Multi-énergie 10, en considérant une pression de rupture égale à la pression résiduelle (= 1560mbar).

L'explosion secondaire est modélisée avec la méthode multi-énergie qui consiste :

- à calculer l'énergie d'explosion de la combustion du nuage air-méthane à la stœchiométrie, éjecté à travers les surfaces soufflables ;
- à déterminer les distances d'effets des surpressions seuils à partir de l'abaque indice 4 de la méthode multi énergie représentatif d'une explosion d'un nuage air-gaz en milieu non ou peu confiné, non encombré, sous l'effet d'une source d'inflammation forte résultant de l'explosion primaire.

Les résultats des calculs sont présentés ci-dessous.

Explosion primaire :

Une pression de rupture de 150 mbar correspond à une énergie d'explosion (calculée avec la formule de Brode) de 51,5 MJ.

	Distances d'effets (m)
20 mbar (seuil des effets indirects)	82
50 mbar (SEI)	41
140 mbar (SEL)	19
200 mbar (SELS et effets dominos)	12
300 mbar (Dégâts très graves sur les structures)	Non atteint

Distances en mètres, comptées à partir du centre du local.

Explosion primaire :

L'énergie du mélange air + méthane à la stœchiométrie est de 3,23 MJ/m³. L'énergie d'explosion du nuage air-méthane à la stœchiométrie, de volume égal à 75% du volume libre du local, est donc de 3 283 MJ.

	Distances d'effets (m)
20 mbar (seuil des effets indirects)	84
50 mbar (SEI)	41
140 mbar (SEL)	Non atteint
200 mbar (SELS et effets dominos)	Non atteint
300 mbar (Dégâts très graves sur les structures)	Non atteint

Distances en mètres, comptées à partir du centre du local.