

Document de synthèse relatif à une Barrière
Technique de Sécurité (B.T.S.)

**Évent de respiration relatif au scénario
spécifique de pressurisation lente de bac
de stockage atmosphérique de liquide
inflammable**

N° DRA-16-156884-05550B

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.)

Type d'installation : Bac de stockage atmosphérique de liquides inflammables

Nom du dispositif : Événement de respiration relatif au scénario spécifique de pressurisation lente de bac de stockage atmosphérique de liquide inflammable

Document élaboré par : l'INERIS

Personnes ayant participé à l'étude : Ahmed ADJADJ, Fabien FOUILLEN

PRÉAMBULE

Les documents de synthèse relatifs à une barrière de sécurité sont la propriété de l'INERIS. Il n'est accordé aux utilisateurs qu'un droit d'utilisation n'impliquant aucun transfert de propriété.

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur, ainsi que des pratiques et méthodologies développées par l'INERIS. Bien que l'INERIS s'efforce de fournir un contenu fiable, il ne garantit pas l'absence d'erreurs ou d'omissions.

Ce rapport est destiné à des utilisateurs disposant de compétences professionnelles spécifiques dans le domaine des risques accidentels. Les informations qu'il contient n'ont aucune valeur légale ou réglementaire. Ce sont des informations générales. Elles ne peuvent, en aucun cas, répondre aux besoins spécifiques de chaque utilisateur. Ces derniers seront donc seuls responsables de l'utilisation et de l'interprétation qu'ils feront des rapports. De même, toute modification et tout transfert de ces documents se feront sous leur seule responsabilité.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra, en aucun cas, être engagée à ce titre.

	Rédaction	Relecture	Vérification		Approbation
NOM	Fabien FOUILLEN	Ahmed ADJADJ	Benjamin TRUCHOT	Frédéric MERLIER	Stéphane DUPLANTIER
Qualité	Ingénieure Direction des Risques Accidentels	Responsable de programme Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'unité DIEM Direction des Risques Accidentels	Délégué Appui à l'Administration Direction des Risques Accidentels	Responsable de Pôle PHDS Direction des Risques Accidentels
Visa					

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
1. INTRODUCTION	5
2. APPLICATIONS	7
2.1 Rappel sur le phénomène de pressurisation de bac	7
2.2 Bacs concernés.....	7
2.2.1 Approche règlementaire	7
2.2.2 Synthèse.....	10
3. TYPES D'ÉVÈNT ET DIMENSIONNEMENT	11
3.1 Approche générique.....	11
3.2 Dimensionnement relatif au scénario de pressurisation de bac	11
3.3 Typologie d'évènements à mettre en œuvre	13
4. TECHNOLOGIES EXISTANTES.....	15
4.1 Les dispositifs passifs.....	15
4.2 Les dispositifs actifs	16
4.3 Accessoires.....	18
4.3.1 Filtre.....	18
4.3.2 Arrête-flammes	18
5. ÉVALUATION DES PERFORMANCES.....	19
5.1 Fonction de sécurité assurée	19
5.2 Efficacité.....	19
5.3 Temps de réponse	19
5.4 Niveau de confiance.....	19
5.5 Maintenabilité et testabilité	20
6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	23

GLOSSAIRE

API : American Petroleum Institute

EN : European Norme

ERP : Etablissement Recevant du Public

GT DLI : Groupe de Travail Dépôts de Liquides Inflammables

ISO : International Organization for Standardization

NC : Niveau de Confiance

PIG : Projets d'Intérêt Général

PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques

1. INTRODUCTION

La présente fiche est relative aux événements de pressurisation mis en œuvre sur les réservoirs de liquides inflammables, en vue de se prémunir du phénomène de pressurisation lente des réservoirs de stockage atmosphériques pris dans un incendie.

Ces dispositifs sont introduits dans la circulaire du 10 mai 2010 [1], au niveau des règles et précisions spécifiques pour les dépôts de liquides inflammables, relativement à l'évaluation des effets de pressurisation de bac pris dans un incendie. Il y est indiqué que : « *Le phénomène de pressurisation de bac peut toutefois être prévenu par la mise en place d'évents de respiration suffisamment dimensionnés pour évacuer le gaz en surpression* ».

Des précisions sur les configurations de stockage concernées par la mise en place de ces dispositifs, ainsi que sur leur dimensionnement sont fournies dans l'article 15 de l'arrêté du 3 octobre 2010 modifié [2], ainsi que dans son guide de lecture associé [3].

Les principales informations fournies dans les textes précités sont reprises par la suite.

Les illustrations présentées dans ce document sont relatives à des technologies appartenant aux sociétés Emerson et Groth Corporation. Elles sont diffusées avec leurs aimables autorisations.

2. APPLICATIONS

2.1 RAPPEL SUR LE PHÉNOMÈNE DE PRESSURISATION DE BAC

Le phénomène dit de pressurisation de bac est un phénomène dangereux qui se caractérise par une montée en pression relativement lente, du fait de la vaporisation du produit contenu dans un réservoir pris dans un feu enveloppant. La pression atteinte par les vapeurs de liquide inflammable peut alors être importante et lorsque l'enveloppe du réservoir cède, une boule de feu liée à une vaporisation partielle instantanée du produit surchauffé et une inflammation des produits peut être générée.

La circulaire du 10 mai 2010 précise les modalités de calcul des distances d'effet, et autorise sous certaines conditions l'exclusion du phénomène :

« A défaut de disposer de modèles exhaustifs pour caractériser cette boule de feu liée à la pressurisation de bac, elle peut être considérée par défaut comme assez similaire au boil-over classique [...] (y compris en intégrant, le cas échéant, les facteurs classiques, tels que le taux de 10% de masse). On pourra néanmoins utiliser, dans les conditions où il est applicable, le modèle de calcul des distances d'effets tel qu'il a été développé par les représentants de la profession et tel que je vous l'ai transmis, avec une note d'accompagnement, en décembre 2008.

[...]

Ainsi, je vous demande, sauf à ce que l'exploitant utilise le modèle des professionnels cité ci-dessus ou fournisse une autre évaluation des effets assise sur des modèles et des hypothèses dont il démontre et justifie la pertinence, de bien vouloir retenir pour ce phénomène dans les études de dangers sur lesquels vous aurez à vous prononcer les distances d'effets associées au boil over classique (et ce, pour tous les liquides inflammables) lorsque l'exploitant n'aura pas mis en place d'événements de respiration correctement dimensionnés, et à l'inverse d'accepter une proposition de l'exploitant de considérer le phénomène dangereux comme physiquement impossible lorsque ces événements seront présents. »

2.2 BACS CONCERNÉS

2.2.1 APPROCHE RÉGLEMENTAIRE

Le premier alinéa de l'article 15 de l'arrêté du 3 octobre 2010 modifié introduit la notion d'événement de respiration pour les bacs à toit fixe et ceux à toit flottant en fonctionnement normal :

« Les réservoirs à toit fixe et les réservoirs à écran flottant sont munis d'un dispositif de respiration limitant, en fonctionnement normal, les pressions ou dépressions aux valeurs prévues lors de la construction et reprises dans le dossier de suivi du réservoir prévu à l'article 28 du présent arrêté. »

Dans sa deuxième partie, cet article indique dans quels cas, en situation accidentelle, la surface des événements doit être supérieure à une valeur minimale :

« Lorsque les zones de dangers graves pour la vie humaine, par effets directs ou indirects, liées à un phénomène dangereux de pressurisation de réservoir sortent des limites du site, l'exploitant met en place des événements dont la surface cumulée S_e est a minima celle calculée selon la formule donnée en annexe 1.

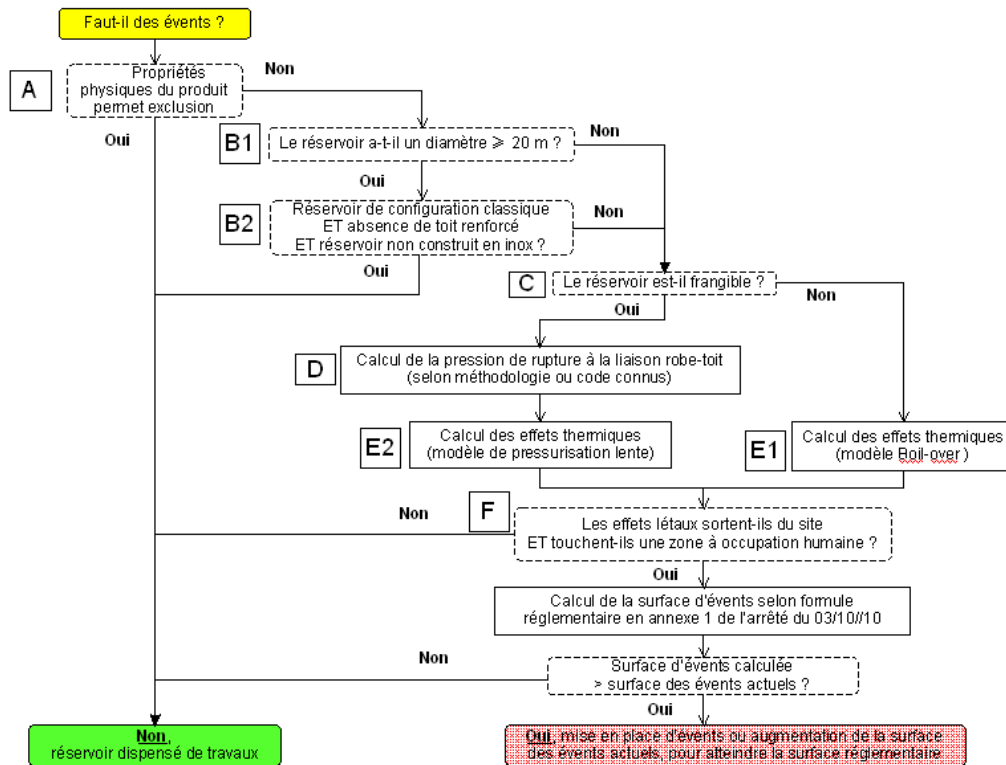
Les dispositions du présent article ne sont néanmoins pas applicables :

- *aux réservoirs d'un diamètre supérieur ou égal à 20 mètres ;*
- *aux réservoirs dont les zones de dangers graves pour la vie humaine hors du site, par effets directs et indirects, générées par une pressurisation de bac :*
 - *ne comptent aucun lieu d'occupation humaine et ne sont pas susceptibles d'en faire l'objet soit parce que l'exploitant s'en est assuré la maîtrise foncière, soit parce que le préfet a pris des dispositions en vue de prévenir la construction de nouveaux bâtiments, et ;*
 - *ne comptent aucune voie de circulation ou seulement des voies de circulation pour lesquelles les dispositions des plans d'urgence prévoient une interdiction de circuler.*

Pour les installations existantes, les surfaces d'événements nécessaires sont mises en place à la prochaine inspection hors exploitation détaillée du réservoir prévue au titre de l'article 29 du présent arrêté ou dans un délai de dix ans après la date de publication du présent arrêté pour les réservoirs non soumis à inspection détaillée hors exploitation. »

Il convient de noter que les réservoirs horizontaux sont considérés comme des réservoirs à toit fixe, et les dispositions de l'article 15 s'appliquent. Ces réservoirs ont une pression de rupture généralement élevée et sont réputés pour être globalement peu fragibles.

Le guide de lecture associé à cet arrêté donne plus de précisions sur les configurations à prendre en compte, en intégrant notamment la nature du produit stocké. La nécessité de réaliser des travaux sur les événements de surpression sur un réservoir à toit fixe peut être jugée selon le logigramme décisionnel présenté en page suivante. En revanche, aucune indication n'est donnée en ce qui concerne les bacs à toit flottant.



Ce logigramme et les commentaires suivants permettent de prendre en compte les différentes situations où une exemption est possible. Seuls sont repris ici les commentaires associés aux repères A, B et F, qui conduisent à retenir ou exclure une configuration donnée.

A. Cas particulier des réservoirs de produits lourds :

Les liquides inflammables pour lesquels une température supérieure à 427°C est nécessaire pour obtenir, à pression atmosphérique, un volume de distillat de 15% sont exclus. Parmi ces liquides figurent les produits dont la température d'ébullition est inférieure à 427°C (cas de certains produits lourds comme les fiouls lourds). De ce fait, le phénomène de pressurisation lente peut être exclu de par les propriétés physiques (courbe de distillation) du produit. Cette exclusion vise en particulier les liquides inflammables de catégorie D, tels que définis dans l'arrêté du 3 octobre 2010 modifié.

B. Cas des réservoirs d'un diamètre supérieur ou égal à 20 mètres :

De manière générale, la liaison robe-toit des réservoirs de diamètre supérieur ou égal à 20 mètres présente en cas de feu une fragilité suffisante pour que le phénomène éruptif consécutif à la pressurisation, s'il survient, conduise dans le cas le plus défavorable à des distances d'effets thermiques très faibles. Ainsi, la mise en place d'événements n'est pas requise pour ces réservoirs.

Cette hypothèse n'est toutefois pas justifiée d'office pour les cas particuliers suivants :

- réservoirs présentant un renforcement particulier ou une absence de soudure au niveau de la liaison robe-toit qui remettrait en cause la capacité du réservoir à s'ouvrir préférentiellement au niveau de cette liaison suite à une montée en pression (notamment, cas des réservoirs à toit riveté où les propriétés mécaniques sont mal connues) ;
- réservoirs en inox (ce matériau possédant des propriétés de déformation plastique à la rupture supérieures à celles de l'acier noir employé pour la construction des réservoirs « classiques » et, de fait, étant utilisé avec des épaisseurs de tôle plus faibles) ;
- réservoirs avec une géométrie particulière (c'est-à-dire réservoirs n'ayant pas un angle et une soudure à la liaison robe-toit, comme les réservoirs sphériques).

Dans ces cas, la frangibilité est à justifier par l'exploitant s'il souhaite l'utiliser.

F. Cas des réservoirs dont les zones d'effets létaux ne touchent pas de lieux d'occupation humaine :

Les « lieux sans occupation humaine » au sens de l'article 15 comprennent essentiellement les terrains vagues, les champs cultivés et, de manière générale, les activités sans fréquentation permanente visées en annexe 1 de la note relative au traitement des activités économiques dans les PPRT de mai 2011.

Sont notamment considérés comme des lieux d'occupation humaine les lieux d'habitation (collective ou individuelle), les ERP, les locaux de travail hébergeant des postes de travail permanent (bureaux, ateliers, entrepôts, etc.), les parkings (à l'exclusion de ceux directement liés à l'activité du site), etc.

La maîtrise foncière par l'exploitant, des servitudes, un PIG ou un PPRT permettent de répondre à l'objectif visé par l'arrêté de maintenir dans le temps l'absence de lieux avec occupation humaine.

2.2.2 SYNTHÈSE

Au final, les bacs concernés sont :

- les bacs de stockage atmosphérique verticaux à toit fixe ou à toit flottant, et les bacs de stockage atmosphérique horizontaux,
- d'un diamètre inférieur à 20 m (hors cas particuliers),
- non dédiés au stockage de produits lourds,
- dont les zones d'effets létaux touchent des lieux d'occupation humaine ou des voies de circulation.

3. TYPES D'ÉVÉNEMENT ET DIMENSIONNEMENT

3.1 APPROCHE GÉNÉRIQUE

La conception et la fabrication de citernes de stockage de liquides combustibles ou non suivent différentes normes. Les normes EN 14015 [4], API 620 [5] ou API 650 [6] appartiennent aux normes les plus largement répandues et les plus utilisées par les industriels. Selon la norme, la pression maximale autorisée dans une citerne pour laquelle le débit à évacuer peut être atteint est différente.

Pour déterminer les débits à évacuer, les fournisseurs retiennent les méthodes de calcul proposées par la norme EN 14015 annexe L, la directive TRbf 20 [7] ou la norme API 2000 [8]. La norme ISO 28300 [9] reprend par ailleurs les préconisations formulées dans l'API 2000 et l'EN 14015.

Les formules proposées dans ces textes permettent de déterminer les débits à évacuer en situation nominale mais également en cas d'incendie.

3.2 DIMENSIONNEMENT RELATIF AU SCÉNARIO DE PRESSURISATION DE BAC

La formule de dimensionnement des événements placée en annexe 1 de l'arrêté du 3 octobre 2010 modifié précise les modalités de calcul de la surface cumulée S_e des événements d'un réservoir à toit fixe et d'un réservoir à écran flottant. Cette annexe reprend la méthode de dimensionnement des événements issue de la note technique diffusée par le groupe de travail GT DLI [10] en juin 2007. Elle consiste, en premier lieu, à calculer le débit de vaporisation du bac pris dans un incendie, puis à calculer la surpression interne et déduire la section minimale d'événement nécessaire pour évacuer cette surpression. Les modalités de calcul du débit de vaporisation adoptées par le GT DLI s'appuient sur les normes et référentiels suivants :

- EN 14015 [4],
- API 2000 [8],
- API 521 [12].

La norme EN 14015 détermine le dimensionnement de l'événement suivant la relation suivante :

$$U_{FB} = P \cdot \frac{R_i}{H_v} \cdot \sqrt{\frac{T}{M}} \quad (1)$$

avec :

- U_{fb} : débit de vaporisation en Nm^3/h d'air,
- P : puissance transmise au liquide en W ,
- R_i : coefficient de réduction pour prendre en compte l'isolation thermique ; ce facteur est pris égal à 1 ce qui correspond à l'absence de toute isolation,
- H_v : chaleur de vaporisation en J/g ,
- T : température d'ébullition du liquide inflammable en $^{\circ}K$,
- M : masse molaire moyenne de la phase gazeuse évacuée en $g/mole$.

La puissance transmise est déterminée selon l'API 2000 avec la formule suivante :

$$P = 43200A^{0,82} \quad (2)$$

avec :

- P : puissance transmise en W,
- A : surface de robe au contact du liquide inflammable contenu dans le réservoir, en m² (avec une hauteur plafonnée à 9 m).

Toutefois, la norme API 521 considère un coefficient $C = 1,64$ qui correspond à une rétention mal drainée pour écarter les liquides inflammables du bac et à un défaut de la protection incendie. Ce coefficient étant retenu par le GT DLI, la relation (1) devient :

$$U_{FB} = 70900.A^{0,82} \cdot \frac{R_i}{H_v} \cdot \sqrt{\frac{T}{M}} \quad (3)$$

L'annexe 1 de l'article 15 de l'arrêté du 3 octobre 2010 modifié indique par la suite le lien entre ce débit et la surface d'évent minimale à mettre en œuvre, par le biais de la formule suivante :

$$S_e = \frac{U_{fb}}{3600 Cd} \cdot \left(\frac{\rho_{air}}{2 \Delta P} \right)^{0,5} \quad (4)$$

avec :

- S_e : la surface d'évent minimale en m²,
- ρ_{air} : masse volumique de l'air (= 1,3 kg/m³).
- Cd : coefficient aéraulique de l'évent (entre 0,6 et 1).
- ΔP : surpression devant être évacuée en Pa.

La valeur S_e ainsi déterminée est dès lors à confronter à la surface d'évent effectivement mis en place, pour laquelle peuvent être pris en compte les dispositifs passifs et actifs. S'il s'avère que cette surface est inférieure à S_e , et en vue d'exclure le scénario, seuls des dispositifs passifs pourront être implantés pour obtenir la surface attendue [3].

Les formules de calcul du débit de vaporisation (U_{fb}) et de dimensionnement de la surface d'évent (S_e) sont applicables aux réservoirs horizontaux de liquides inflammables. Mais dans ce cas particulier, quelle que soit la règle employée pour le dimensionnement du dispositif de décharge, cette mise en place doit faire l'objet au préalable d'une note de calcul de l'exploitant démontrant que le dispositif envisagé est suffisamment bien dimensionné par rapport à la pression de design du réservoir à protéger et, qu'en cas de montée en pression, ce dispositif assure sa fonction de sécurité suffisamment tôt et de manière suffisamment fiable.

Il convient de signaler que ces formules font intervenir un coefficient aéraulique de l'évent, notion qui n'est normalement pas utilisée pour les faibles valeurs de delta P. Les codes tels que l'API 2000 / NF EN ISO 28300 s'arrêtent en fait au débit d'air équivalent, et c'est le fournisseur d'évent qui dimensionne l'évent selon son expertise en la matière.

3.3 TYPOLOGIE D'ÉVÉNEMENTS À METTRE EN ŒUVRE

Il existe une grande disparité dans la terminologie utilisée pour qualifier les dispositifs mis en place pour pallier aux variations de pression interne des réservoirs. Il peut ainsi être question d'événement de respiration, d'événement de secours, d'événement de surpression, d'ouïe de respiration, de soupape, de soupape feu ... Cette disparité engendre une ambiguïté dans la technologie à mettre en œuvre, et notamment en regard du caractère passif ou non de la barrière de sécurité.

Les dispositifs visés au premier alinéa de l'article 15 de l'arrêté du 3 octobre 2010 modifié sont les équipements nécessaires à la bonne respiration du réservoir en fonctionnement normal. Ils peuvent être actifs ou passifs.

Le deuxième alinéa de l'article 15, relatif aux situations accidentelles, ne décrit pas le type de dispositifs à mettre en place. Le guide de lecture [3] de l'arrêté indique néanmoins que la mise en place des dispositifs prévus au titre du deuxième alinéa de l'article 15 permet de considérer le phénomène de pressurisation lente comme physiquement impossible, en application de la circulaire du 10 mai 2010. Pour ce type d'exclusion, lorsqu'il est nécessaire de mettre en place des dispositifs complémentaires à ceux existants, ceux-ci sont obligatoirement des dispositifs passifs, tels que définis dans le rapport $\Omega 10$ [11], sauf justification technique de l'exploitant mettant en évidence une efficacité et une fiabilité au moins équivalente. Par ailleurs, il est à noter que, l'instruction d'études de dangers réalisée avant la publication du guide de lecture, a pu conduire, dans certains cas, à considérer le phénomène de pressurisation lente comme physiquement impossible sur la base de dispositifs actifs, moyennant généralement un examen attentif des dispositions mises en œuvre par l'exploitant. Les conclusions ne sont pas à remettre en cause, sauf éventuellement dans des cas très particuliers (comme une modification substantielle du réservoir, un retour d'expérience défavorable (défaillance d'une soupape similaire), une inspection dont les conclusions sont « défavorables » (potentielle demande de révision de l'étude de dangers), etc.).

Il convient enfin de noter que les dispositifs mentionnés au premier alinéa et ceux mentionnés au second alinéa peuvent être communs.

Pour les réservoirs horizontaux, seule la mise en place de dispositifs de dépressurisation répondant à la définition d'un dispositif passif, telle que mentionnée dans le rapport $\Omega 10$, et dimensionnés selon les exigences réglementaires peut conduire à considérer le phénomène de pressurisation lente comme physiquement impossible [3]

4. TECHNOLOGIES EXISTANTES

Comme indiqué précédemment, il existe une grande diversité de terminologies pour définir les dispositifs mis en place pour pallier aux variations de pression interne des réservoirs. Ceci est en partie dû au fait que les technologies disponibles sont nombreuses. Quelques-unes sont décrites dans ce chapitre, en considérant deux familles d'équipement :

- les dispositifs passifs,
- les dispositifs actifs.

Une des difficultés auxquelles doivent faire face les industriels avec ces dispositifs, et notamment certains dispositifs passifs, est que dans le même temps, la réglementation leur impose de limiter leurs émissions de COV.

4.1 LES DISPOSITIFS PASSIFS

Il existe deux types de dispositifs passifs : les événements ouverts adaptés aux stockages de produits faiblement volatils, et les dispositifs gravitaires.

Concernant les événements ouverts, il existe assez peu de variantes, et si la géométrie mise en œuvre peut varier, le principe de fonctionnement reste le même. Deux exemples sont présentés sur la Figure 1. Le corps de l'évent de respiration est relié via une bride à un piquage situé au sommet du réservoir [13].

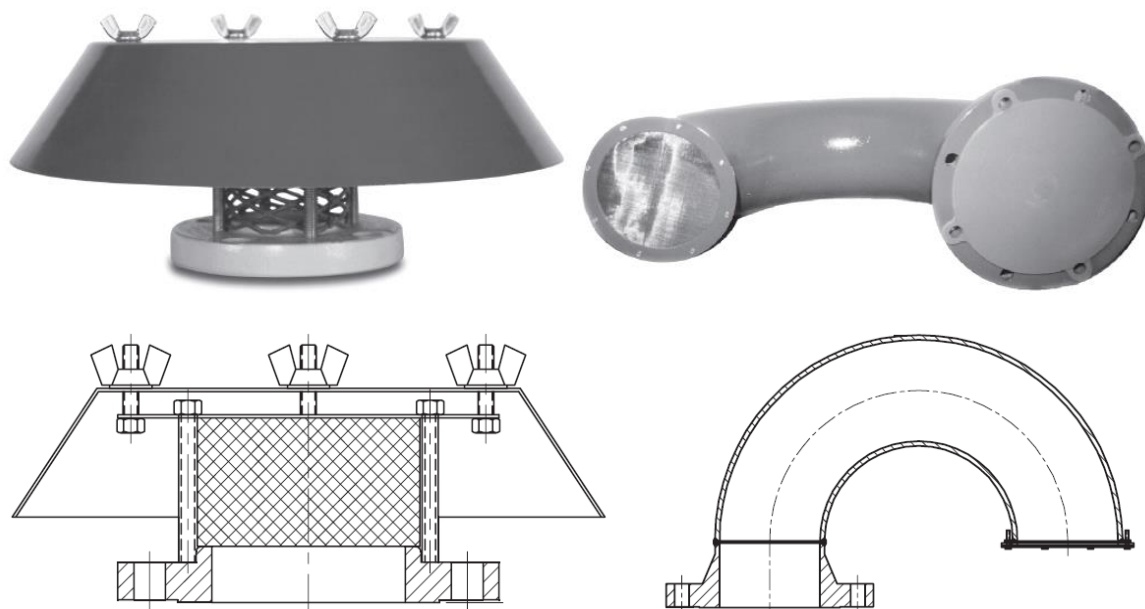


Figure 1 : Exemples d'évents ouverts (Emerson).

En fonction du produit stocké, la section en contact avec l'atmosphère peut se trouver à l'air libre. Dans le cas contraire, un capot de protection contre les intempéries et un filtre peuvent prévenir l'introduction de corps étrangers.

Concernant les dispositifs gravitaires, ils sont conçus pour s'ouvrir lorsque la pression interne du réservoir augmente, et pour se refermer par gravité quand la pression redescend à une valeur acceptable. Deux exemples d'évents de ce type sont présentés sur la Figure 2.

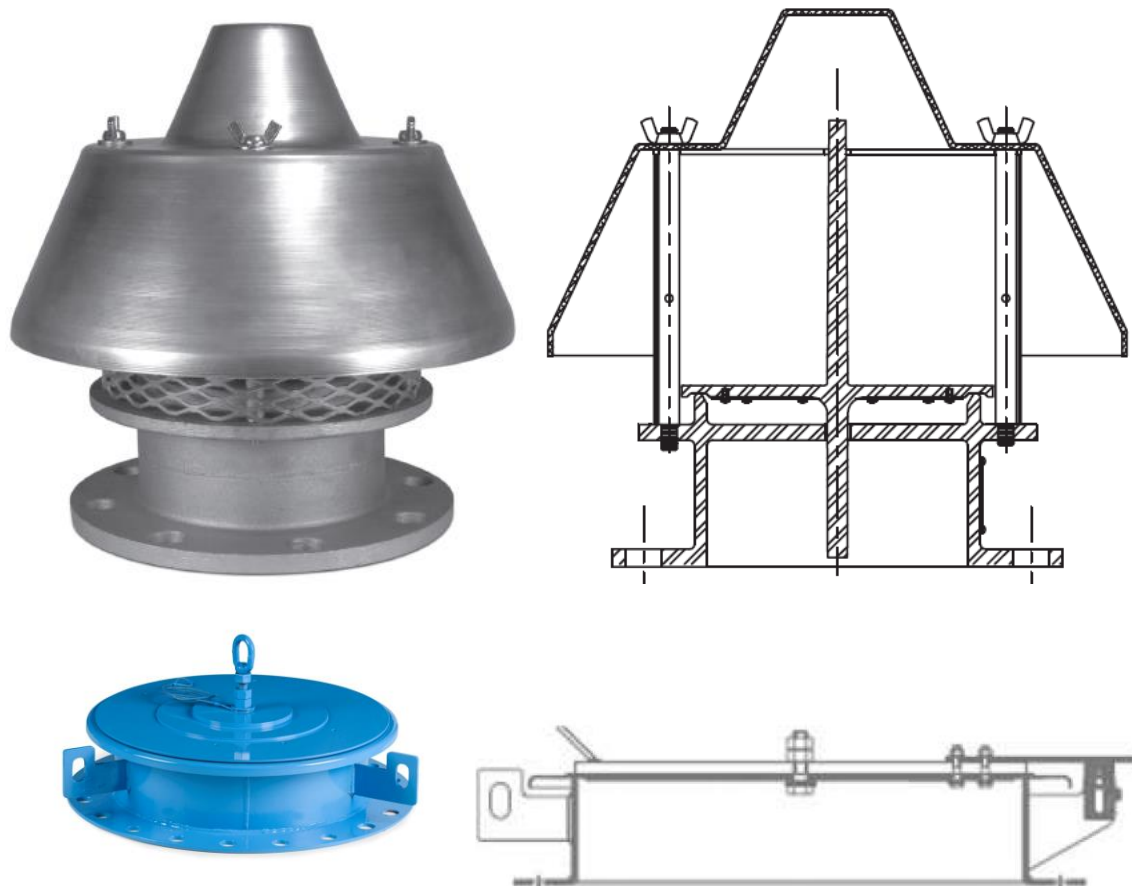


Figure 2 : Exemples d'évents gravitaires (Emerson en haut, Groth en bas).

Pour les réservoirs à toit flottant, l'évent de respiration, dit automatique, est dimensionné pour éviter des surpressions et dépressions en cas de remplissage ou de vidange sous le toit et le joint, lorsque le toit repose sur ses béquilles. Il est constitué d'un fourreau traversant le toit, obturé par une plaque solidaire d'une béquille, qui s'ouvre avant que le toit ne repose sur ses propres béquilles.

4.2 LES DISPOSITIFS ACTIFS

Comme indiqué précédemment, l'ajout de dispositifs actifs ne permet pas d'exclure le scénario de pressurisation de bac [3]. En revanche, lorsqu'ils sont déjà présents, ils doivent être pris en compte dans le calcul de la surface d'évent disponible. Ils sont succinctement présentés dans le présent chapitre.

Les dispositifs actifs sont le plus souvent des équipements de type soupape. La pression dans le bac de stockage comprime un ressort et une surface de décharge est alors libérée. Une fois la pression redescendue en dessous de la pression de tarage, le dispositif se referme.

Deux exemples de soupape sont présentés sur la Figure 3.

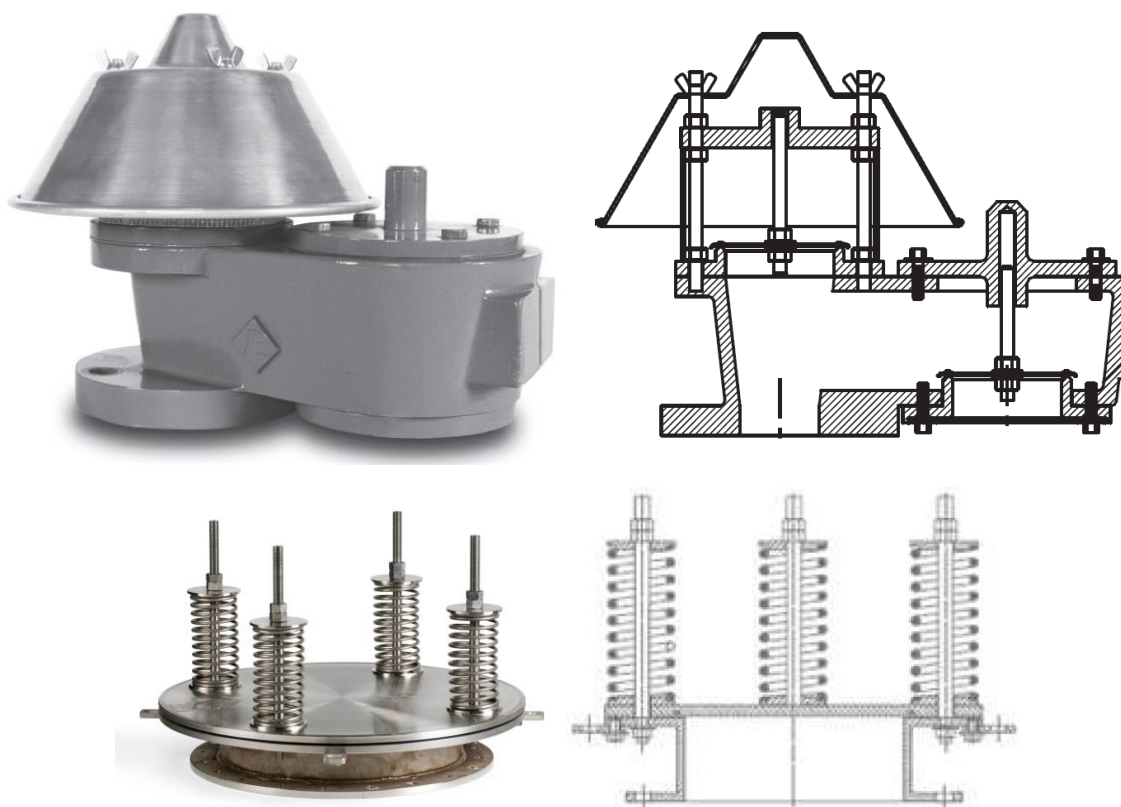


Figure 3 : Exemple de dispositifs actifs (Emerson en haut, Groth en bas).

Certains dispositifs d'urgences permettent également de limiter l'augmentation de la pression interne des bacs, mais ne retrouvent pas leur position d'origine après leur activation comme c'est le cas pour les équipements présentés précédemment. Ces équipements sont fermés en configuration nominale, et incorporent soit un ressort comprimé, soit un contrepoids. Une fois le dispositif d'ouverture activé, le couvercle se soulève et présente une surface libre permettant d'évacuer la surpression. Ce dispositif d'ouverture peut être soit thermique avec la mise en œuvre d'un thermofusible, soit mécanique avec l'utilisation d'un loquet calibré comme présenté sur la Figure 4.

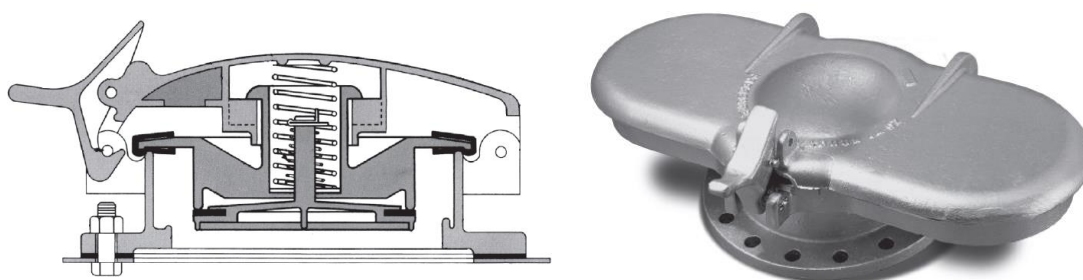


Figure 4 : Exemple de dispositif actif d'urgence (Emerson).

4.3 ACCESSOIRES

4.3.1 FILTRE

Pour les dispositifs ouverts, un filtre est généralement placé sur l'évent de respiration pour empêcher l'introduction de corps étrangers dans le réservoir. Lorsqu'un arrête-flammes est utilisé, il remplit cette fonction.

4.3.2 ARRÊTE-FLAMMES

Un arrête flamme est un dispositif qui a pour fonction d'empêcher la transmission d'une flamme tout en permettant l'écoulement d'un fluide. Ce dispositif doit en cas d'inflammation des gaz s'échappant à l'atmosphère, permettre d'éviter la propagation de la flamme dans le réservoir.

5. ÉVALUATION DES PERFORMANCES

5.1 FONCTION DE SÉCURITÉ ASSURÉE

La fonction de sécurité assurée par les événements de respiration consiste à évacuer les gaz en surpression. L'objectif est de maîtriser le risque de rupture de bac pouvant notamment être causée par le phénomène de pressurisation lente due à un incendie extérieur.

Bien que ce ne soit pas l'objet du présent document, il faut noter que ces événements permettent par ailleurs de réguler la pression interne du réservoir lors de son fonctionnement nominal, en regard des phases de vidange et de remplissage, mais également lors des variations de pression et de température extérieure.

5.2 EFFICACITÉ

La mise en œuvre d'un événement de respiration permet de faire en sorte que la montée en pression du bac par vaporisation du produit contenu soit insuffisante pour donner lieu à une perte d'intégrité du bac.

Cette condition peut être considérée satisfaite sous réserve que le débit autorisé par la surface d'événements mise en place soit suffisante, et qu'ils soient correctement mis en œuvre (Cf. paragraphe 3.2). Pour les événements gravitaires et ceux fonctionnant sur le modèle des soupapes, plus la pression interne du bac est importante, plus le débit évacué augmente. Pour ces équipements, la pression d'ouverture est donc également un facteur d'efficacité.

Lorsqu'il est associé à l'événement de respiration, un arrête flammes ou un filtre aura une influence sur l'efficacité de l'événement de respiration.

Le débit que peut assurer un événement est à justifier (généralement par l'installateur) sur la base d'une note de calcul de dimensionnement.

5.3 TEMPS DE RÉPONSE

Ce critère n'est pas un facteur limitant dans le cas des événements de respiration ouverts. Pour les événements gravitaires et ceux fonctionnant sur le modèle des soupapes, le temps de réponse est quasiment instantané dès lors que la pression de l'enceinte protégée dépasse la pression d'ouverture de la soupape.

5.4 NIVEAU DE CONFIANCE

La probabilité de défaillance à la sollicitation d'un événement de respiration est la probabilité que cet événement ne permette pas de prévenir le risque de surpression. Selon les sources bibliographiques étudiées, cette probabilité de défaillance à la sollicitation varie entre 10^{-2} et 10^{-3} . L'ouvrage « Layer Of Protection Analysis » utilise une probabilité de défaillance à la sollicitation de 10^{-2} [15].

Comme indiqué précédemment, il existe deux familles d'événement de respiration :

- les dispositifs passifs,
- les dispositifs actifs.

Le niveau de confiance attribué dépend du caractère passif ou non. Au regard des données de fiabilité et en l'absence de toute autre information pouvant justifier un niveau de confiance supérieur, le niveau de confiance par défaut peut être pris égal :

- à 2 pour les dispositifs passifs, lorsque l'événement est efficace à 100% dans son contexte d'utilisation et qu'il est vérifié et maintenu régulièrement,
- à 1 pour les dispositifs actifs, lorsque l'événement est efficace à 100% dans son contexte d'utilisation et qu'il est vérifié et maintenu régulièrement.

5.5 MAINTENABILITÉ ET TESTABILITÉ

Les événements sont des dispositifs assurant des fonctions de sécurité (par exemple : mesures de maîtrise de risques) et, à ce titre, ils doivent faire l'objet d'une politique de maintenance [16].

La définition de cette politique de maintenance peut reposer sur :

- des exigences réglementaires,
- des standards internes,
- des exigences du fournisseur,
- un retour d'expérience interne ou externe,

Il est donc important d'avoir une gestion adaptée pour maintenir la performance de ces dispositifs dans le temps. Cette gestion (via par exemple une GMAO, SGS, etc.) doit prendre en compte les aspects suivants :

- procédures ;
- ressources techniques (moyens et outils adaptés) ;
- compétence ;
- pièces de rechanges ;
- traçabilité des vérifications et des tests réalisés,
- enregistrements des résultats, les défaillances doivent être enregistrées et analysées (optimisation de la fréquence des tests, définition de la fiabilité, ...) ;

Toutes les opérations d'inspections, de test et de maintenance doivent être tracées, permettant ainsi de constituer un retour d'expérience, même si elles sont sous-traitées. Il est demandé [2] que l'exploitant (ou le sous-traitant) tienne à jour un registre (enregistrement et analyse) permettant de suivre l'ensemble de ces opérations et des événements (vérifications, maintenances, incidents, défaillances, etc.). Ce registre et l'analyse associée doivent être tenus à disposition de l'inspection des installations classées.

Dans ce registre doivent figurer notamment les renseignements suivants :

- indication de l'équipement,
- date et nature des inspections/contrôles réalisés (inspection visuelle, tests de manœuvrabilité, ...),
- résultat des inspections/contrôles,
- dates et natures des actions entreprises (nettoyage, remplacement de pièces, ...),
- date et nature d'événements inhabituels (incidents divers, défaillances, ...).

La réglementation française [2] [3] [17] fixe, pour les bacs de stockage aériens, des exigences d'inspections/contrôles périodiques qui permettent également de vérifier le bon état de fonctionnement des événements.

Ces inspections/contrôles périodiques doivent faire l'objet d'un plan de suivi qui comprend :

- des visites de routine,
- des inspections externes détaillées,
- des inspections hors exploitation détaillées pour les réservoirs de capacité équivalente de plus de 100 m³. Les réservoirs qui ne sont pas en contact direct avec le sol et dont la paroi est entièrement visible de l'extérieur sont dispensés de ce type d'inspection.

Toutes ces opérations doivent être réalisées en respectant le ou les modes opératoires spécifiques prévus.

Les visites de routine permettent de constater le bon état général du réservoir et de son environnement ainsi que les signes extérieurs liés aux modes de dégradation possible. Une consigne écrite définit les modalités de ces visites de routine. L'intervalle entre deux visites de routine n'excède pas un an.

Les inspections externes détaillées permettent de s'assurer de l'absence d'anomalie remettant en cause la date prévue pour la prochaine inspection. Ces inspections comprennent, entre autres, une inspection visuelle externe approfondie des éléments constitutifs du réservoir et des accessoires (comme les tuyauteries et les événements). Ces inspections sont réalisées au moins tous les cinq ans, sauf si une visite de routine réalisée entre-temps a permis d'identifier une anomalie. Une fréquence différente peut être prévue par arrêté préfectoral pour les réservoirs liés à des unités de fabrication (par exemple synchronisation de cette visite avec l'arrêt de l'unité lié notamment aux visites réglementaires).

Les inspections détaillées hors exploitation comprennent a minima l'ensemble des points prévus pour l'inspection externe détaillée. Elles sont réalisées aussi souvent que nécessaire et au moins tous les dix ans, sauf si les résultats des dernières inspections permettent d'évaluer la criticité du réservoir à un niveau permettant de reporter l'échéance dans des conditions prévues par un guide professionnel reconnu par le ministère chargé du développement durable. Ce report ne saurait excéder dix ans et ne pourra en aucun cas être renouvelé. A l'inverse, ce délai peut être réduit si une visite de routine ou une inspection externe détaillée réalisée entre-temps a permis d'identifier une anomalie.

Pour les événements, ces visites et inspections doivent permettre de vérifier, en particulier :

- le bon état de la protection contre les intempéries,
- le bon état des grilles,
- l'absence de colmatage des grilles (moisissures, particules étrangères, ...),
- l'absence de corrosion et de détérioration,
- la manœuvrabilité pour les dispositifs actifs (bon fonctionnement de l'ouverture des couvercles, ...),
- le bon état du raccordement avec l'enceinte protégée,
- toutes les vérifications et actions de maintenance préventive préconisées par le constructeur des événements,

Pour les dispositifs actifs, un retarage éventuel pourra être nécessaire.

Les opérations de vérification et d'entretien nécessitent une structure dans laquelle les opérateurs doivent avoir les compétences nécessaires. L'industriel doit donc s'assurer de la compétence des personnes assurant ces activités. Lorsque ces activités de vérification et de maintenance sont confiées à une entreprise extérieure (le fournisseur ou autre), celle-ci doit gérer les mêmes contraintes. L'industriel doit fixer des exigences sur la compétence dans son contrat de maintenance.

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] *Circulaire du 10/05/10 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 (BO du MEEDDM n° 2010/12 du 10 juillet 2010).*
- [2] *Arrêté du 3 octobre 2010 modifié relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés exploités au sein d'une installation classée soumise à autorisation au titre de l'une ou plusieurs des rubriques nos 1436, 4330, 4331, 4722, 4734, 4742, 4743, 4744, 4746, 4747, 4748, ou pour le pétrole brut au titre de l'une ou plusieurs des rubriques nos 4510 ou 4511 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.*
- [3] *Guide de lecture des textes relatifs aux installations de stockage et de chargement / déchargement de liquides inflammables. Version d'octobre 2013.*
- [4] *EN 14015 : Spécification pour la conception et la fabrication de réservoirs en acier, soudés, aériens, à fond plat, cylindriques, verticaux, construits sur site destinés au stockage des liquides à la température ambiante ou supérieure – Juin 2005*
- [5] *API 620: Design and Construction of Large, Welded, Low-pressure Storage Tanks, Twelfth Edition – Oct. 2013*
- [6] *API 650: Welded Tanks for Oil Storage, Twelfth Edition – Mar. 2013*
- [7] *TRbF 20 : Directives techniques pour liquides combustibles, avril 2001*
- [8] *API 2000: Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks, Sixth Edition – Nov. 2009*
- [9] *NF EN ISO 28300 - Mai 2009 - Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel - Ventilation des réservoirs de stockage à pression atmosphérique et à basse pression.*
- [10] *Les Boilover et autres phénomènes générant des boules de feu concernant les bacs des dépôts de liquides inflammables – GTDLI – juin 2007.*
- [11] *Évaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité (DCE DRA-73) - Évaluation des Barrières Techniques de Sécurité - Ω 10 (2008).*
- [12] *API Std 521 Guide for Pressure-relieving and Depressuring Systems: Petroleum petrochemical and natural gas industries-Pressure relieving and depressuring systems, Fifth Edition*
- [13] *Isabelle Vuidart – Etude sur les équipements de réservoirs de stockages de liquides et de gaz liquéfiés – INERIS – 1996.*

- [14] *Fabien Fouillen - Modélisation du phénomène de pressurisation du contenu d'un bac à toit fixe pris dans un incendie – INERIS (31/03/2008).*
- [15] *Layers Of Protection Analysis - Center for Chemical Process Safety of American Institute of Chemical engineers – 2001.*
- [16] *Arrête du 29 septembre 2005.*
- [17] *DT 94, Octobre 2011, Guide d'inspection et de maintenance des réservoirs aériens cylindriques verticaux.*



INERIS

*maîtriser le risque
pour un développement durable*

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Aiaia
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - Internet : <http://www.ineris.fr>