

Notice d'utilisation de l'outil de calcul PROJEX pour les éclatements de réservoirs de gaz issus d'une explosion interne ou d'un éclatement pneumatique

Cet outil de calcul permet de calculer les effets de pression ainsi que les distances de projection de fragments d'enveloppe définis par l'utilisateur observés suite à l'éclatement d'un réservoir de gaz. L'éclatement peut être pneumatique ou la conséquence d'une explosion interne.

1. Les données d'entrée communes aux deux types de scénarios

Etape 1 :

Choix de la géométrie du réservoir :

Deux types de réservoirs peuvent être étudiés : les réservoirs cylindriques, et les réservoirs sphériques.

Choix du scénario :

Deux types de scénarios peuvent être étudiés : l'explosion interne et l'éclatement pneumatique.

Si un calcul de projection de fragment (les caractéristiques du fragment doivent être connues par l'utilisateur) est souhaité, cocher la case correspondante.

Etape 2 :

Conditions atmosphériques : l'atmosphère est supposée être dans les conditions standard (20°C, 1.013 bar, 1,22 kg/m³, gamma de 1,4), mais les caractéristiques peuvent être modifiées par l'utilisateur.

Etape 3 :

L'utilisateur peut rentrer un numéro de CGR et un titre pour son calcul.

Une fois ces trois étapes renseignées, cliquer sur le bouton *valider*.

L'utilisateur doit alors indiquer un certain nombre de données, qui diffèrent selon le scénario choisi.

2. Cas du scénario d'explosion interne

2.1 Les données d'entrée à renseigner par l'utilisateur

Données relatives à la géométrie et au contenu du réservoir :

***Dimension géométrique :**

-Si le réservoir est cylindrique : fournir la **longueur** (ou hauteur) et le **diamètre** de ce cylindre

-Si le réservoir est sphérique : fournir le **diamètre** du réservoir

Le volume du réservoir sera calculé à partir de ces données d'entrée.

***Pression de rupture :** la pression existant dans le réservoir au moment de l'éclatement doit être fournie (en bar abs). Selon l'origine de l'éclatement, la pression existant dans le réservoir au moment de l'éclatement, appelée ici pression de rupture, peut être différente de la pression de rupture en statique du réservoir (qui est fixée lors de la conception du réservoir, et doit être connue par l'industriel).

Indication pour le choix de la pression interne au moment de l'éclatement dans le cas d'une explosion interne :

- pour les bacs d'hydrocarbures atmosphériques, le scénario d'accident généralement étudié est celui de l'explosion interne survenant dans un bac vide de liquide et mal dégazé. Si la surpression maximale susceptible d'être atteinte dans le bac lors d'un tel accident est mal connue, il est possible faire plusieurs calculs en considérant des pressions de rupture "forfaitaires" : $P_0 + 500\text{mbar}$, $P_0 + 750\text{mbar}$...
- pour les réservoirs sous pression, on peut considérer que, en régime statique, le réservoir peut supporter une pression au moins égale à trois fois sa pression de calcul (effective). Dans le cas d'une explosion interne, les effets dynamiques peuvent induire une pression de rupture 2 fois plus importante qu'en régime statique. Par conséquent, dans le cas d'une explosion interne, un réservoir peut éclater à une pression effective égale à 6 fois sa pression de calcul. Toutefois, il est important de garder à l'esprit que dans le cas d'une explosion à volume constant, la pression en fin d'explosion ne peut excéder 8 fois la pression initiale (10 fois la pression initiale pour l'hydrogène).

***Masse volumique du mélange vapeurs inflammables + air** à la température et pression de service.

La masse de gaz présent dans le réservoir est un paramètre important, qui permet de déterminer la frontière entre le champ proche et le champ lointain. Pour calculer cette masse de gaz, on peut considérer que le réservoir est entièrement rempli d'un mélange inflammable (ce qui suppose que le réservoir n'est pas isolé de l'ambiante). On peut supposer que ce mélange inflammable est constitué des vapeurs du produit stocké dans le réservoir et d'air dans les proportions de LSI (par exemple). On détermine alors la masse volumique de ce mélange à la température et pression de service.

A titre d'exemple :

Pour le fuel oil n°2, le kérosène, le FOD, le gazole et le brut léger, la LSI se situe aux alentours de 5%, si bien que l'on peut considérer que le réservoir est entièrement rempli d'un mélange à 5% de vapeurs du produit considéré (dont il faudra connaître la densité de vapeur à 20°C) et à 95% d'air (1,22 kg/m³ à 20°C).

***Le rapport C_p/C_v (gamma) des gaz brûlés** peut être modifié par l'utilisateur, il est par défaut fixé à 1,3.

Calcul de la projection de fragments (facultatif)

Il est nécessaire de fournir :

***la surface du fragment soumise au freinage,**

- *la **masse** du fragment,
- *le **coefficient de frottement** (pris par défaut égal à 0,8, mais peut être modifié)
- *l'**angle** d'éjection du fragment (pris par défaut égal à 35°, mais peut être modifié)

Choix des seuils de surpression calculés :

PRIMARISK fournit les résultats pour les seuils réglementaires, mais l'utilisateur peut demander un calcul pour un autre seuil de surpression, à condition qu'il soit supérieur à 50 mbar.

2.2 Les résultats affichés suite au calcul du scénario d'explosion interne

Effets de pression

Champ proche :

Le rayon du champ proche est compté à partir du centre du réservoir.

Dans toute la région correspondant au champ proche, on suppose que la surpression engendrée par l'éclatement est constante et égale à la pression de choc (pression à proximité immédiate du réservoir, calculée à partir de la théorie des tubes à choc), car on ne sait pas à l'heure actuelle quantifier la décroissance dans cette zone.

Champ lointain :

Les distances aux différents seuils de surpression sont affichées lorsque ces seuils de surpression sont bien atteints en champ lointain. Ces distances ont été déterminées à partir de l'abaque Multi-Energie-Indice 10 en considérant comme énergie d'explosion l'énergie de Brode.

Projection d'un fragment (calcul facultatif)

Les résultats de ce calcul sont la vitesse initiale de projection du fragment et sa distance maximale de projection (la hauteur initiale du projectile est prise au niveau du sol).

Pour les réservoirs cylindriques, l'impulsion communiquée aux fragments d'enveloppe ne sera pas la même selon que la décharge du gaz sous pression se fait radialement (selon le diamètre du réservoir, c'est-à-dire que le réservoir se rompt en boutonnière, le fragment est alors une partie de l'enveloppe) ou axialement (selon la longueur du réservoir, les fragments sont alors constitués par les extrémités du réservoir). Les deux résultats de calcul sont fournis (détente axiale et détente radiale).

Les données d'entrée sont également rappelées.

2.3 Les résultats détaillés suite au calcul du scénario d'explosion interne

Les résultats détaillés présentent, en plus des résultats présentés ci-dessus, des résultats intermédiaires, et des graphes.

Résultats intermédiaires :

*Volume du réservoir

*Longueur de détente (si le calcul de projection est demandé) : diamètre ou longueur du réservoir selon le type de réservoir et le type de décharge

*Masse de gaz dans le réservoir : elle permet de déterminer la frontière entre le champ proche et le champ lointain.

*Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture : elle sert à déterminer, avec la pression de rupture, la pression de choc, ie la pression maximale dans le champ proche. Cette vitesse est calculée à partir de la pression de rupture et du rapport des chaleurs spécifiques du gaz au moment de la rupture (peut être pris égal à 1,3 dans le cas d'une explosion interne), et de la masse volumique du mélange gazeux contenu dans le réservoir

*Impulsion subie par le fragment d'enveloppe (si le calcul de projection est demandé)

*Vitesse matérielle derrière l'onde de détente (si le calcul de projection est demandé)

*Vitesse du son dans l'air

*Energie

*Vitesse à l'impact au sol (si le calcul de projection est demandé)

Champ proche :

Rayon du champ proche

Pression de choc dans le champ proche

Champ lointain :

Effets de surpression : distances aux seuils de surpression réglementaires, et au seuil supplémentaire choisi par l'utilisateur

Graphiques liés au calcul :

Décroissance de la surpression en fonction de l'éloignement du réservoir.

Trajectoire du projectile si le calcul de projection a été demandé.

Les données d'entrée sont également rappelées.

2. Cas du scénario d'éclatement pneumatique

3.1 Les données d'entrée à renseigner par l'utilisateur

Données relatives à la géométrie et au contenu du réservoir :

***Dimension géométrique :**

-Si le réservoir est cylindrique : fournir la **longueur** (ou hauteur) et le **diamètre** de ce cylindre

-Si le réservoir est sphérique : fournir le **diamètre** du réservoir

Le volume du réservoir sera calculé à partir de ces données d'entrée.

***Pression de rupture :** la pression existant dans le réservoir au moment de l'éclatement doit être fournie (en bar abs). Selon l'origine de l'éclatement, la pression existant dans le réservoir au moment de l'éclatement, appelée ici pression de rupture, peut être différente de la pression de rupture en statique du réservoir (qui est fixée lors de la conception du réservoir, et doit être connue par l'industriel).

Indication pour le choix de la pression interne au moment de l'éclatement dans le cas d'un éclatement pneumatique :

- pour les réservoirs sous pression, on peut considérer que, en régime statique, le réservoir peut supporter une pression au moins égale à trois fois sa pression de calcul (effective). Dans le cas d'un éclatement pneumatique, si le scénario d'accident est celui d'un réservoir pris dans un incendie, les propriétés mécaniques de l'enveloppe étant endommagées par la montée en température, on peut considérer que le réservoir sera rompu à une pression égale à la moitié de sa pression de rupture en statique.

***Masse molaire du gaz** contenu dans le réservoir.

***Température** du gaz au moment de la rupture de l'enveloppe du réservoir.

Indication pour le choix de la température du gaz au moment de l'éclatement dans le cas d'un éclatement pneumatique :

*dans le cas d'un incendie externe, la température de rupture peut être prise égale à 773K

*dans le cas d'un suremplissage, elle peut être prise égale à la température de service.

***Le rapport C_p/C_v (gamma) du gaz** contenu dans le réservoir.

Calcul de la projection de fragments (facultatif)

Il est nécessaire de fournir :

*la **surface du fragment soumise au freinage**,

*la **masse** du fragment,

*le **coefficient de frottement** (pris par défaut égal à 0,8, mais peut être modifié)

*l'**angle** d'éjection du fragment (pris par défaut égal à 35°, mais peut être modifié)

Choix des seuils de surpression calculés :

PRIMARISK fournit les résultats pour les seuils réglementaires, mais l'utilisateur peut demander un calcul pour un autre seuil de surpression, à condition qu'il soit supérieur à 50 mbar.

3.2 Les résultats affichés suite au calcul du scénario d'éclatement pneumatique

Effets de pression

Champ proche :

Le rayon du champ proche est compté à partir du centre du réservoir.

Dans toute la région correspondant au champ proche, on suppose que la surpression engendrée par l'éclatement est constante et égale à la pression de choc (pression à proximité immédiate du réservoir, calculée à partir de la théorie des tubes à choc), car on ne sait pas à l'heure actuelle quantifier cette décroissance dans cette zone.

Champ lointain :

Les distances aux différents seuils de surpression sont affichées lorsque ces seuils de surpression sont bien atteints en champ lointain. Ces distances ont été déterminées à partir de l'abaque Multi-Energie-Indice 10 en considérant comme énergie d'explosion l'énergie de Brode.

Projection d'un fragment (calcul facultatif)

Les résultats de ce calcul sont la vitesse initiale de projection du fragment et sa distance maximale de projection.

Pour les réservoirs cylindriques, l'impulsion communiquée aux fragments d'enveloppe ne sera pas la même selon que la décharge du gaz sous pression se fait radialement (selon le diamètre du réservoir, c'est-à-dire que le réservoir se rompt en boutonnière, le fragment est alors une partie de l'enveloppe) ou axialement (selon la longueur du réservoir, les fragments sont alors constitués par les extrémités du réservoir). Les deux résultats de calcul sont fournis (détente axiale et détente radiale).

Les données d'entrée sont également rappelées.

3.3 Les résultats détaillés suite au calcul du scénario d'éclatement pneumatique

Les résultats détaillés présentent, en plus des résultats présentés ci-dessus, des résultats intermédiaires, et des graphes.

Résultats intermédiaires :

*Volume du réservoir

*Longueur de détente (si le calcul de projection est demandé) : diamètre ou longueur du réservoir selon le type de réservoir et le type de décharge

*Masse de gaz dans le réservoir : elle permet de déterminer la frontière entre le champ proche et le champ lointain.

*Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture : elle sert à déterminer, avec la pression de rupture, la pression de choc, ie la pression maximale dans le champ proche. Cette vitesse est calculée à partir de la pression de rupture, du rapport des chaleurs spécifiques du gaz au moment de la rupture, et de température du gaz au moment de la rupture.

*Impulsion subie par le fragment d'enveloppe (si le calcul de projection est demandé)

*Vitesse matérielle derrière l'onde de détente (si le calcul de projection est demandé)

*Vitesse du son dans l'air

*Energie

*Vitesse à l'impact au sol (si le calcul de projection est demandé)

Champ proche :

Rayon du champ proche

Pression de choc dans le champ proche

Champ lointain :

Effets de surpression : distances aux seuils de surpression réglementaires, et au seuil supplémentaire choisi par l'utilisateur

Graphiques liés au calcul :

Décroissance de la surpression en fonction de l'éloignement du réservoir.

Trajectoire du projectile si le calcul de projection a été demandé.

Les données d'entrée sont également rappelées.