

RÈGLE N° I.1.b (7 octobre 1992)

Tome 1: Conception générale et principes généraux
applicables à l'ensemble de l'installation.

Chapitre 1er b: Prise en compte des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication.

Domaine d'application: Installations nucléaires de base autres que les réacteurs, à l'exception des installations destinées au stockage à long terme des déchets radioactifs.

1. Objet de la règle

La pratique réglementaire française prévoit que la sûreté des installations nucléaires de base, notamment le confinement des produits radioactifs, puisse être assurée dans toutes les situations considérées comme plausibles pouvant résulter du fonctionnement normal ou accidentel des installations voisines, y compris les voies de communication et, le cas échéant, les navires passant au large de l'installation. La présente règle concerne les installations

nucléaires de base autres que les réacteurs nucléaires, à l'exception des installations destinées au stockage à long terme des déchets radioactifs.

Ces installations nucléaires peuvent comporter un ou plusieurs ateliers. Est désigné par atelier une partie de l'installation présentant une unité du point de vue de la

fonction industrielle ou de recherche et/ou une indépen

dance des fonctions de sûreté susceptibles d'être concernées par l'agression, par rapport aux infrastructures environnantes.

Cette règle a pour objet de définir des méthodes permettant de déterminer les risques induits par les agressions potentielles dues à l'environnement industriel et aux voies de communication à prendre en compte dans la conception de chaque atelier pour lequel elles pourraient donner lieu à des rejets radioactifs inacceptables.

Le groupe permanent chargé des «usines» a été consulté pour l'élaboration de la présente règle.

2. Enoncé de la règle

Pour chaque site, sont effectuées une identification et une évaluation des risques précisés en objet.

2.1. Identification des risques

a) Pour chaque site est effectuée une identification des installations industrielles et des voies de communication pouvant induire des risques pour le (ou les) atelier(s).

Seront considérés tant la situation existante au moment de l'examen que les projets de développement arrêtés ou d'une probabilité d'exécution jugée suffisante.

En outre, pour évaluer les risques qui seront pris en compte pour la conception, l'exploitant pourra tenir compte des modifications qui seront effectivement apportées à l'environnement, allant dans le sens d'une réduction des risques, s'il fournit une preuve jugée suffisante que ces modifications seront réalisées avant la mise en « actif » du (ou des) atelier(s).

A titre indicatif, une liste des installations industrielles et des voies de communication pouvant induire des risques pour les ateliers est présentée ci-après :

- zones, équipements industriels ou installations portuaires où peuvent se trouver:

- des installations pétrolières et pétrochimiques;
- des installations chimiques;
- des installations gazières;
- des oléoducs, gazoducs et autres canalisations de transport de matières et produits dangereux tels que définis au paragraphe 2.1; *b* ci-dessous;
 - des installations de fabrication et de stockage de substances explosives, toxiques ou corrosives, installations susceptibles d'engendrer de telles substances dans des circonstances accidentelles;
- installations industrielles ou militaires nécessitant le transport ou le stockage de substances explosives, toxiques ou corrosives et de produits pouvant engendrer de telles substances dans des circonstances accidentelles;
 - voies de communication terrestres, telles que routes, chemins de fer, gares de triage;
 - voies de navigation intérieures: chenaux, canaux et fleuves;
 - voies maritimes.

b) Pour les installations industrielles concernées, seront répertoriés les matières et produits réputés dangereux, les quantités maximales, ainsi que les plus courtes distances entre chacune de ces masses de matières et produits dangereux et chaque «cible» à protéger au sens du paragraphe 2.3.

De plus, pour ce qui est des voies de communication, sera répertoriée la fréquence des passages pour chaque type de transport, par classes de tonnage et de matières dangereuses.

A titre indicatif, une liste de matières réputées dangereuses est présentée ci-après:

- les hydrocarbures liquides, liquéfiés ou gazeux;
- les produits chimiques et pétrochimiques toxiques ou corrosifs;
- les explosifs;
- les produits nocifs pour les personnes et pour les matériels;
- les substances qui sont fabriquées, transportées, stockées au voisinage les unes des autres et dont les interactions (accidentelles) peuvent engendrer des substances inflammables, explosives, toxiques ou corrosives.

c) Les risques à étudier sont liés aux-cinq types d'agressions suivantes:

- l'élévation anormale de température due à un incendie;
- l'onde de pression aérienne due à une explosion;
- l'onde sismique associée à une explosion; -, les projectiles engendrés par une explosion;
- les nappes ou nuages dérivants de gaz toxiques ou corrosifs et des gaz et fumées résultant d'un incendie.

d) Trois familles de sources d'agressions potentielles

sont distinguées:

- les installations industrielles fixes telles que stockages et unités de production;
- les canalisations de transport telles que les gazoducs;
- les trafics routier, ferroviaire, fluvial et maritime.

2.2. Evaluation des risques . et dispositions de construction

Pour chaque site et chaque famille, est effectuée, dans la mesure où les informations statistiques existent et sont représentatives, une évaluation de la probabilité des conséquences sur l'atelier de chaque type d'agression défini ci-dessus au paragraphe 2.1. c. Dans le cas où les informations statistiques ne sont pas suffisamment représentatives, une valeur enveloppe de la probabilité sera retenue. L'évaluation des risques comportera également des éléments déterministes tels que ceux mentionnés ci-après.

2.2.1. Pour ce qui concerne l'élévation de température due à un incendie, la méthode prendra en compte de façon déterministe, en particulier, l'aire réelle de la nappe en feu, sa vitesse de régression, la hauteur des flammes, les puissances surfacique et rayonnée par la flamme et incidente sur chaque «cible» à protéger au sens du paragraphe 2.3.

En outre seront examinés les points suivants:

- possibilités d'écoulement de l'extérieur vers l'atelier de nappes de liquides inflammables ou en feu;

- effets du rayonnement des flammes sur les bâtiments, stockages divers et matériels électriques; existence de «relais de feu»;
 - possibilités de «tempêtes de feu », dues aux vents violents induits par les grands incendies, en particulier d'hydrocarbures;
- effets des fumées et gaz émis sur les équipements (en particulier effets de dépôts de carbone, de la corrosion par l'anhydride sulfureux, l'acide fluorhydrique...) et sur les personnels (risques d'intoxication par l'oxyde de carbone ou d'autres gaz produits).

2.2.2. Pour ce qui concerne l'effet de l'onde de pression aérienne due à une explosion, seront pris en compte - en tant que de besoin - les probabilités des événements initiateurs et des conditions météorologiques, la formation et la dérive des nappes ou nuages de gaz explosifs, la notion d'explosion de trinitrotoluène (TNT) équivalente à l'explosion de la masse de gaz ou de vapeurs se trouvant dans leurs limites d'inflammabilité avec l'air, l'atténuation avec la distance de l'onde de pression et les effets de l'interaction entre l'onde de champ libre et divers obstacles tels que les bâtiments voisins, susceptibles de renforcer localement l'agression sur chaque «cible».

L'exploitant devra vérifier la tenue des bâtiments abritant les structures et équipements nécessaires aux fonctions de sûreté de l'atelier et en particulier la tenue des ouvertures (accès et ventilations).

Ces fonctions de sûreté doivent rester assurées lorsque les bâtiments concernés sont soumis à une onde de surpression incidente dont les caractéristiques sont enveloppées de celles de toutes les ondes de surpression incidentes considérées comme plausibles.

Cette onde 'enveloppe sera telle que la probabilité d'une onde de surpression incidente de caractéristiques plus sévères soit compatible avec l'objectif défini au paragraphe 2.4.

Est jugée comme valant conformité avec la pratique réglementaire technique française, la conception des bâtiments et structures de gé-e civil nécessaires aux fonctions de sûreté de l'atelier fondée sur les hypothèses suivantes:

- a) Le chargement à retenir sur les parois tient compte des réflexions et des focalisations, sans privilégier aucune direction horizontale pour l'onde de surpression incidente.

La valeur maximale de la surpression appliquée sur les parois verticales et sur les toitures exposées aux réflexions dues à d'autres bâtiments plus élevés est prise forfaitairement égale respectivement à deux fois et à 1,5 fois la valeur maximale de la surpression de l'onde incidente.

La durée de la surpression appliquée sur les parois verticales est prise forfaitairement au moins égale à la moitié de la durée de la surpression de l'onde incidente.

L'exploitant peut prendre la durée de la surpression appliquée sur les toitures exposées aux réflexions dues à d'autres bâtiments plus élevés, égale à la durée de la surpression de l'onde incidente.

Des coefficients de focalisation doivent être évalués dans les configurations géométriques pouvant conduire à des réflexions multiples.

- b) Les déformations limites admissibles doivent être compatibles avec celles définies dans les règles de calcul du béton armé aux états limites (version 1983).

2.2.3. Pour ce qui concerne l'effet de l'onde sismique associée à une explosion donnée, seront prises en compte de manière déterministe, en particulier, les atténuations avec la distance entre le lieu de l'explosion et chaque «cible» des pics d'accélération horizontale et verticale en tenant compte des vitesses de propagation des ondes sismiques dans les terrains. Ces pics seront comparés aux accélérations maximales acceptables résultant du dimensionnement envisagé par ailleurs par l'exploitant à l'égard des séismes.

2.2.4. Pour ce qui concerne l'impact de projectiles engendrés par une explosion, seront prises en compte la probabilité d'impact sur chaque «cible» et, de façon déterministe, la résistance de la cible à l'impact.

L'exploitant examinera les effets des ondes sismiques associées à une explosion, ainsi que ceux des projectiles éventuellement engendrés en vue de vérifier que les fonctions de sûreté sont remplies dans les conditions précisées au paragraphe 2.4.

RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ RELATIVES AUX INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE AUTOUR DES RÉACTEURS

2.2.5. Pour ce qui concerne les effets des nappes ou nuages dérivants de gaz toxiques ou corrosifs et des gaz et fumées résultant d'un incendie, seront prises en compte - en tant que de besoin - les probabilités des événements initiateurs et des conditions météorologiques et, de façon déterministe, la dispersion atmosphérique et l'évaluation de l'efficacité par rapport à cette agression des dispositions prévues par ailleurs pour le fonctionnement normal (par exemple pour le maintien de la fiabilité des équipements de sûreté à l'égard de la pollution atmosphérique en zone industrielle) et pour des événements accidentels (par exemple un rejet non concerté de produits radioactifs par une installation voisine).

L'exploitant devra s'assurer que l'atelier est protégé contre de telles agressions dans les conditions précisées au paragraphe 2.4.

2.2.6. En annexe à la présente règle sont exposées quelques pratiques actuelles relatives, d'une part, à l'évaluation de la valeur maximale de la surpression de l'onde incidente en champ libre résultant d'une explosion, d'autre part, aux problèmes liés à la dérive de nuages ou nappes de gaz, en particulier inflammables. Ces pratiques sont considérées comme acceptables réglementairement.

2.3. Définition de la cible

On considère comme «cibles» à protéger l'ensemble des structures et équipements nécessaires aux «fonctions de sûreté» de l'atelier.

Quand il n'est pas possible d'étudier les conséquences de l'agression sur la «cible» proprement dite ou sur l'une de ses parties, on prend en compte - de façon pessimiste - le bâtiment ou la partie de bâtiment qui l'abrite.

2.4. Objectif probabiliste

D'une façon générale, l'objectif retenu est que le dimensionnement d'un atelier devrait être tel que la probabilité globale qu'il puisse être à l'origine de rejets inacceptables ne dépasse par 10^{-6} par an (122)..

Dès lors, il convient de considérer qu'une famille de sources d'agressions envisagées au paragraphe 2.1. d doit être prise en compte dans le dimensionnement de l'atelier si la probabilité qu'elle puisse conduire à des rejets inacceptables est supérieure à 10^{-7} par an (122).

2.5. Conception de l'atelier à l'égard des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication

Avant toute décision irréversible, l'exploitant vérifie que l'atelier est protégé contre les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication, c'est-à-dire que ses fonctions de sûreté sont assurées lorsqu'il est soumis aux agressions, parmi celles énumérées au paragraphe 2.1. c, provenant de chaque famille envisagée au paragraphe 2.1. d, que le respect de l'objectif défini au paragraphe 2.4 conduit à retenir.

Lorsque tel n'est pas le cas, l'exploitant soumet à l'administration des dispositions de construction appropriées pour protéger l'atelier contre la (ou les) catégorie(s) d'agressions concernées ou doit abandonner le site.

3. Commentaires

Les paragraphes 3.1 à 3.8 ci-après complètent les dispositions du chapitre 2.

Le caractère partiel des connaissances actuelles, d'origine essentiellement expérimentale, en matière de risques industriels, rend inévitable le recours aux différentes

(122) Comme il est d'usage, il s'agit ici d'un ordre de grandeur.

étapes des procédures réglementaires en vigueur, à des jugements d'experts pour préciser certaines des hypothèses à retenir.

3.1. Dérive vers le site de nappes ou de nuages de gaz

Ce paragraphe concerne les gaz inflammables, en particulier le gaz naturel, les propanes et butanes commerciaux et l'éthylène, les gaz toxiques comme le chlore et les gaz corrosifs.

L'événement initiateur le plus grave peut être la rupture d'un réservoir ou d'une canalisation, le gaz étant souvent à l'origine liquéfié par augmentation de la pression ou diminution de la température.

Le débit de gaz émis en fonction du temps après la rupture doit être évalué de façon pénalisante : ce débit constitue le terme source qui sera utilisé dans un modèle de dispersion atmosphérique présentant des marges suffisantes de conservatisme pour une telle application, tout en restant réaliste.

3.2. Incendies

A l'égard des risques induits par les incendies extérieurs à l'atelier, des dispositions particulières appropriées doivent être prises, en tant que de besoin, par l'exploitant.

3.3. Explosions

Dans le cas de dérive de nappes ou de nuages de produits inflammables, il y a déplacement du point potentiel d'initiation de l'explosion par rapport à l'installation. Cet aspect peut être probabilisé par la prise en compte des conditions météorologiques propres au site.

En ce qui concerne les dispositions de construction prises pour assurer la résistance des bâtiments à l'égard des effets de l'onde de surpression, il convient de préciser que les déformations limites admissibles définies dans les règles de calcul du béton armé aux états limites dans la version 1983 sont :

- 0,35 % pour le béton; - 1 % pour les aciers.

Les règles de conception des structures métalliques, ouvertures et ventilations, et notamment les déformations limites admissibles, seront précisées dans une révision ultérieure de la présente règle.

3.4. Onde sismique associée à une explosion

Il est à noter que les dispositions de construction prises à l'égard des séismes s'appliquant à des bâtiments, structures et équipements nécessaires aux fonctions de sûreté, sont en général estimées suffisantes pour la protection contre l'effet des ondes sismiques associées aux explosions considérées dans la présente règle fondamentale de sûreté.

3.5. Projectiles engendrés par une explosion

Les dispositions de construction des bâtiments prises à l'égard du risque de chute d'aéronefs qui fait l'objet d'une autre règle fondamentale de sûreté sont en général estimées suffisantes pour la protection contre l'effet des projectiles engendrés par les explosions considérées dans la présente règle fondamentale de sûreté.

3.6. Produits toxiques

Dans le cas de dérive de nappes ou de nuages de produits toxiques dégagés dans l'atmosphère par rupture de leur confinement ou' produits par réaction chimique, y

compris la combustion, le risque est lié à l'envahissement du site par une nappe ou un nuage dont la concentration en gaz ou en fumées est suffisante pour conduire à la réduction des capacités du personnel nécessaire à la sûreté de l'atelier.

3.7. Evaluation probabiliste

Au plan pratique, la probabilité d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la suite d'une agression peut être évaluée comme suit:

On évalue la probabilité P1 de l'agression sur les bâtiments concernés, la probabilité P2 pour qu'à la suite de l'agression la (ou les) fonction(s) de sûreté ne soit(en)t plus garantie(s), la probabilité P3 pour qu'il en résulte un dégagement inacceptable de substances radioactives au-delà de la limite du site. On a:

$$P = P1 \times P2 \times P3$$

a) L'évaluation de P1 repose sur une approche mixte contenant des éléments probabilistes et des éléments déterministes.

Les éléments probabilistes sont relatifs aux événements initiateurs. (par exemple probabilités d'accidents conduisant à un incendie ou à une explosion sur chacune des voies de communication concernées), pour lesquels on dispose de données statistiques suffisantes, données qui doivent pouvoir être exploitées, de manière sûre, pour des prévisions dans l'avenir proche en tenant compte notamment:

- de la taille des bases statistiques historiques; - de l'évolution des grandeurs des composants; - des changements technologiques;
- des modifications des conditions de trafic.

Dans les éléments probabilistes entrent également les statistiques météorologiques annuelles établies sur la base de plusieurs années complètes de mesures; les données concernées ici sont la vitesse et la direction du vent, ainsi que la classe de stabilité associée, qui gouvernent en particulier la dérive des nuages de gaz et donc le lieu de l'explosion éventuelle ainsi que l'évolution des quantités pouvant exploser et qui, de ce fait, influent sur l'amplitude des ondes de surpression.

Conformément au paragraphe 2.2 ci-dessus, l'estimation de P1 sera effectuée à partir d'éléments déterministes conservatifs dans le cas où les données statistiques ne sont pas suffisantes pour une évaluation probabiliste.

b) La détermination de P2 repose en général sur les bases suivantes:

- si le bâtiment abritant la (ou les) fonction(s) de sûreté résiste à l'effet de l'agression (par exemple au flux de chaleur dû à un incendie ou à la surpression incidente résultant d'une explosion) $P2 = 0$ donc $P = 0$;
- dans le cas contraire, on détermine P2 en fonction de la répartition géographique des systèmes concourant à la (ou aux) fonction(s) de sûreté considérées.

c) La valeur de P3 est prise égale à 1 sauf si l'étude des

conséquences radiologiques potentielles montre le caractère acceptable des rejets, auquel cas le terme P3 est nul.

3.8. Evolution de l'environnement

Quand sur un site particulier des évolutions de l'environnement industriel ou concernant les voies de communication sont prévues, ayant pour conséquences des modifications d'ordre de grandeur des probabilités précédentes, il devra en être tenu compte lors de l'examen de la compatibilité de l'installation envisagée avec son environnement.

Si par contre des évolutions interviennent alors que l'installation a déjà fait l'objet d'une autorisation de création, une nouvelle évaluation des probabilités devra être présentée par l'exploitant à la Direction de la sûreté des installations nucléaires avec, en tant que de besoin, la description des dispositions complémentaires projetées ainsi que les justificatifs correspondants.

ANNEXE

Exemples de pratiques considérées comme acceptables par la Direction de la sûreté des installations nucléaires pour évaluer certains termes techniques du scénario accidentel intervenant dans le calcul de la probabilité d'une onde de pression aérienne, due à une explosion, sur les bâtiments concernés.

Dans de très nombreux cas, un accident survenant dans l'environnement industriel d'une installation nucléaire ou sur les voies de communication au voisinage, et impliquant des produits dangereux, se déroule selon un scénario qui peut être décomposé en trois étapes:

- épandage de liquide par une brèche et évaporation instantanée ou progressive de ce liquide;
- dérive et dispersion atmosphérique de la nappe ou du nuage gazeux ainsi formé; - explosion accidentelle de ce nuage.

En fonction des produits impliqués et de la forme sous

laquelle ils sont stockés ou transportés, certaines de ces étapes n'ont pas lieu d'être examinées. Par exemple, dans le cas des explosifs solides, seule l'explosion sur place est à considérer; en ce qui concerne les produits gazeux, seules la dérive de la nappe ou du nuage et son explosion sont à examiner.

La décomposition en trois étapes, telle que présentée cidessus, illustre simplement le déroulement de la séquence la plus générale à analyser.

1. Emission de produits dangereux dans l'environnement

1.1. Réservoir de stockage ou citerne d'un véhicule de transport terrestre

Pour chacun des trois cas ci-dessous (gaz sous pression, gaz liquéfié sous pression, gaz liquéfié à basse température sous la pression atmosphérique), deux méthodes possibles sont présentées: la première peut être appliquée dans tous les cas, la deuxième peut être considérée comme acceptable chaque fois qu'il sera apporté une preuve jugée suffisante du fait qu'elle prend en compte une enveloppe réaliste des ruptures.

1.1.1. Gaz sous pression.

a) Rupture brutale du réservoir.

La bouffée de gaz ⁽¹²³⁾ quasi instantanée, correspondant

à la masse totale de gaz contenue dans le réservoir avant rupture, est à considérer comme le terme source du calcul de dispersion atmosphérique.

b) Cas d'une simple brèche.

Est prise en compte une émission de gaz à un débit continu dépendant de la taille de la brèche et des conditions de stockage.

(123) Bouffée de gaz = émission localisée et brève.

1.1.2. Gaz liquéfié sous pression.

a) Rupture brutale du réservoir.

De cette rupture résultent l'émission d'une bouffée (124) initiale de gaz, due à la surchauffe du liquide mis à la pression atmosphérique, puis d'une bouffée (124) secondaire lors du contact du liquide, restant à sa température d'ébullition sous la pression atmosphérique, avec le sol à la température ambiante, enfin une faible émission continue gouvernée par les transferts thermiques air-liquide. En général, seule la première bouffée - la

plus importante - est à prendre en compte dans le calcul de dispersion atmosphérique.

b) Cas d'une simple brèche.

Est prise en compte l'émission d'un fluide diphasique à un débit continu dépendant de la taille de la brèche et des conditions de stockage. La nappe ou le nuage gazeux résultant sont constitués, d'une part, de la fraction instantanément évaporée dans le jet résultant de l'état de surchauffe du liquide porté à la pression atmosphérique, d'autre part, de l'évaporation de la nappe liquide au contact du sol, nappe formée par la fraction non évaporée dans le jet.

1.1.3. Gaz liquéfié à basse température sous la pression atmosphérique.

a) Rupture brutale du réservoir.

De cette rupture résultent l'émission d'une bouffée (124) de gaz lors du contact du liquide avec le sol, puis une faible émission continue.

b) Cas d'une simple brèche.

Est prise en compte l'émission de liquide à un débit massique continu dépendant de la taille de la brèche et de la masse volumique du liquide stocké.

Au contact du sol, la nappe de liquide s'évapore et la vapeur ainsi formée constitue une nappe ou un nuage gazeux.

1.2. Citerne d'un transport fluvial ou maritime

L'évaluation de l'aléa peut être analogue à celle du paragraphe 1.1 de la présente annexe. Néanmoins, le débit d'évaporation de la nappe liquide qui s'étend sur l'eau est

différent de celui observé dans les cas d'épandage sur le sol, compte tenu en particulier de la formation d'une couche de glace.

1.3. Canalisation de transport

a) Gaz sous pression.

Est retenue la rupture circonférentielle brutale de la tuyauterie avec séparation complète des deux extrémités. Le débit est en général pris égal au débit critique à la brèche.

L'air entraîné par le jet de gaz dilue rapidement celui-ci jusqu'en dessous de la limite inférieure d'inflammabilité.

b) Gaz liquéfié.

Est retenue la rupture circonférentielle brutale de la tuyauterie avec séparation complète des deux extrémités. On suppose que l'écoulement reste en phase liquide jusqu'à la brèche et que la détente suivie de l'évaporation instantanée d'une fraction du débit se produit dans le jet. La fraction non évaporée forme une nappe liquide qui se vaporise progressivement sur le sol (cf. 1.1.2).

(124) Bouffée de gaz = émission localisée et brève.

2. Dispersion atmosphérique de nuages ou nappes de gaz dérivants

Un modèle à émission séquentielle (somme de bouffées élémentaires) peut être utilisé, tant pour le traitement de la bouffée initiale que pour l'émission continue subséquente. Un modèle utilisant la formulation et les données de Pasquill (125) est également acceptable pour le traitement de l'émission continue à débit constant ou quasi constant.

Pour la phase initiale de la dérive de gaz lourds (chlore, propane, etc.), des modélisations spécifiques appropriées peuvent être utilisées. Des méthodes fondées sur l'extrapolation, selon une procédure qualifiée, de résultats expérimentaux d'épandage sont également acceptables.

3. Explosion de mélanges ou de produits dangereux

3.1. Généralités. - *Equivalent TNT*. - *Abaque*

L'allumage accidentel d'une nappe ou d'un nuage dérivant de mélange inflammable ne conduit pas en général à une réaction à cinétique rapide produisant des effets mécaniques à distance. De tels accidents se sont néanmoins produits mais il paraît difficile *a posteriori* de rattacher les phénomènes observés à telle ou telle valeur des paramètres physiques de la combustion..

En attendant des progrès significatifs dans les connaissances théoriques et expérimentales sur les mécanismes commandant les transitions entre régimes de combustion de cinétiques différentes, l'hypothèse est faite qu'une explosion d'une nappe ou d'un nuage de gaz ou d'un mélange gazeux est équivalente à une détonation de TNT, et que la valeur du pic de surpression résultant peut être déduite, moyennant la définition d'un équivalent massique approprié, d'un abaque relatif à cet explosif condensé.

En cas d'explosion près du sol d'une masse de trinitro toluène TNT (exprimée en kilogrammes), la valeur du pic de surpression (exprimée en hPa) de l'onde de pression résultante de champ libre à front raide est donnée en fonction de la distance au point de l'explosion (exprimée en mètres) par la courbe de la figure jointe à la présente annexe, déduite de la figure 4.12 du manuel technique

TM-5-1 300 d.e l'armée américaine, extrapolée vers les basses surpressions de 69 hPa (1 psi) à 50 hPa. Cette courbe ne prend pas en compte les effets de focalisation que pourrait produire le relief ou une inversion de température de l'atmosphère près du sol, effets qui peuvent être

négligés compte tenu des marges de sécurité prises par ailleurs dans la présente règle.

3.2. Cas des nappes ou des nuages gazeux de produits inflammables

Dans le cas de produits inflammables, il y a dérive de la nappe de gaz jusqu'à l'endroit où une source d'ignition est rencontrée alors que le mélange est dans ses limites d'inflammabilité.

Lors des évaluations prévisionnelles, il est parfois difficile de préciser un tel scénario dans des conditions satisfaisantes pour la sûreté. Une pratique actuelle est de faire alors l'hypothèse pessimiste que l'explosion de la nappe se produit à la distance de la source de gaz (lieu de l'accident ou emplacement de la rupture) où la concentration maximale de gaz dans la nappe est égale à sa limite inférieure d'inflammabilité dans l'air.

(125) Atmospheric Diffusion F. Pasquill. Ellis Horwood Limited Publisher, Halsted Press, John Wiley and Sons, 1974, New York. .

La masse de produit inflammable pur alors impliquée dans l'explosion est celle mélangée à l'air à l'intérieur des limites d'inflammabilité.

Si cette quantité ne peut être évaluée dans des conditions satisfaisantes pour la sûreté, elle sera prise, par convention, égale à 20 % de la masse totale émise à la source sous forme gazeuse; dans le cas de cinétiques d'émission rapidement décroissantes (épandage de gaz liquéfié dans une cuvette de rétention par exemple), seront examinées la dispersion de la bouffée initiale et, en tant que de besoin, celle dans le panache correspondant à l'émission continue se déroulant par la suite.

Si MHC est la masse d'hydrocarbure mélangée à l'air à l'intérieur de ces limites d'inflammabilité, il est admis, compte tenu du pessimisme de l'hypothèse faite au paragraphe 3.1, 2^e alinéa, de la présente annexe, que l'explosion est équivalente quant à ses effets à celle d'une masse de TNT MTNT égale à cinq fois la masse d'hydrocarbure MHO dans la fourchette des pics de surpression (50 hPa 500 hPa).

Cas particulier du méthane

La quantification des effets d'une explosion accidentelle d'un nuage gazeux libre de méthane - provenant de l'évaporation d'une nappe de gaz naturel liquéfié - est effectuée selon la même démarche. Toutefois, on considère que la probabilité d'observer ces effets est au moins dix fois plus faible que celle de les observer à la suite d'une explosion d'un autre hydrocarbure.

3.3. Cas des réservoirs vides mal dégazés

Pour évaluer les risques présentés par l'explosion de réservoirs ou de citernes destinés au stockage de produits dangereux et qui ont été vidangés de leur contenu liquide mais qui ont été mal dégazés, il est supposé que leur contenu gazeux est constitué d'un mélange de vapeur et

d'air en proportions stœchiométriques. Il est admis que

l'explosion est équivalente quant à ses effets à celle d'une masse de TNT égale à cinq fois celle des vapeurs contenues.

3.4. Cas des explosifs solides

Les explosions d'explosifs autres que le TNT ou d'explosifs occasionnels sont traitées en se ramenant à l'explosion de TNT produisant les mêmes effets. Des tables de correspondances ont été établies, fondées sur des résultats d'essais; la table reconduite ci-après est présentement considérée comme réaliste.

Table citée au paragraphe 3.4 de l'annexe n° 2

Extrait de: «*Les explosifs occasionnels*»
par L. Médard

Propriétés de quelques explosifs condensés

(Le potentiel et le volume gazeux spécifique sont relatifs à la déflagration en vase clos engendrant une pression de 100 MPa; le c.u.p. concerne la détonation dans le bloc de plomb.)

	POTENTIEL	VOLUME GAZEUX	
	(kcal/kg)	spécifique (dm ³ /kg)	c.u.p.*
<i>Explosifs intentionnels:</i>			
Nitroglycérine.....	1623	716	145
..			
Acide picrique.....	770	880	100
Nitroguanidine.....	727	1075	96
..			
Trinitrotoluène.....	685	960	94
Fulminate de mercure.....	417	315	—
..			
<i>Explosifs occasionnels:</i>			
Tétranitrométhane.....	540	690	50
..			
Nitrate d'ammonium.....	628	980	70
..			
Nitrate d'hydrazinium.....	1018	1002	120
..			
Perchlorate d'ammonium.....	473	810	68
..			
Perchlorate d'hydrazinium.....	894	845	106
..			
Nitrate de méthyle.....	1650	875	158
..			
Nitrate d'éthyle.....	860	1230	122
..			
Nitrate de propyle normal.....	600	1245	—
..			
Nitrométhane.....	1130	1100	135
..			
Nitroéthane.....	570	750	—
..			
Dinitroéthane.....	1240	930	128
..			
Nitro-urée.....	920	850	97
..			
Nitrate d'urée.....	804	910	82

Nitrate de guanidinium	610	1100	80
Nitrate de méthylammonium	850	1190	100
Nitrocellulose là 12,1 % d'azote)	867	930	108
Acide trinitrobenzoïque.....	630	870	83
.....			
Acide picramique.....	475	950	61
.....			
Dinitro-1,3 benzène	630	920	86
Dinitro-2,4 toluène.....	580	927	68
.....			
Dinitro-2,4 phénol.....	510	935	78
.....			
Din itro-orth ocrésol.....	500	930	59
.....			
Dinitronaphtalène	575	770	50
.....			
Cyclotriméthylène- trinitrosamine.	870	1160	125,5
Pe ntamét hylèn e-di n itrosotétra- mie	675	1120	-

*Coefficient d'utilisation pratique (par convention c.U.p.: 100 pour l'acide picrique). Le c.U.p. est lié au travail spécifique d'un explosif.

Exemple: 15 g d'acide picrique et $15 \times (100/94) = 15,96$ g de TNT produisent le même évaseement dans des blocs de plomb étalons.