

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'écologie, de l'énergie,
du développement durable et de la mer, en
charge des technologies vertes et des
négociations sur le climat

Direction générale de la prévention des risques

Service des risques technologiques

Sous Direction des risques accidentels

NOR : DEVP1013761C

(Texte non paru au Journal officiel)

(PR)

Circulaire du 10 mai 2010

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

Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat,

à

Monsieur le Préfet de police

Madame et messieurs les préfets de région

DREAL - DRIRE

Mesdames et messieurs les préfets de département

Résumé : la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages a fixé un nouveau cadre méthodologique et de nouveaux objectifs ambitieux pour la politique de prévention des risques technologiques majeurs dans les installations classées, la rédaction des études de dangers, leur instruction et la politique de maîtrise de l'urbanisation autour des sites.

Ce texte législatif a été suivi de textes réglementaires mais surtout de nombreuses circulaires d'application visant à définir d'une part les règles méthodologiques générales, puis ultérieurement les règles spécifiques permettant de répondre aux objectifs fixés par la loi dans l'ensemble des configurations rencontrées dans les installations classées.

Ces éléments de doctrine semblant désormais stabilisés, il est apparu utile de récapituler en une seule et même circulaire tous ces éléments dans un objectif de lisibilité et d'unification des instructions ministérielles. Tel est l'objet de la présente circulaire.

Cette circulaire ne présente donc aucune instruction nouvelle et revêt un caractère technique.

Catégorie : Directive adressée par le ministre aux services chargés de leur application		Domaines : Ecologie, développement durable ;	
Mots clés : Energie_Environnement – Sécurité		Mots clés libres : Installation classée – Seveso – Etudes de dangers - PPRT	
Textes de référence : Loi du 30 juillet 2003 ; Arrêté du 10 mai 2000 ; Arrêté du 29 septembre 2005			
Publication	<input checked="" type="checkbox"/> BO	<input checked="" type="checkbox"/> Site circulaires.gouv.fr	<input type="checkbox"/>

Contenu de la circulaire

Cette circulaire est organisée autour de quatre parties en annexes.

La première partie récapitule les règles techniques à proprement parler, regroupées autour de trois thèmes :

- les règles méthodologiques de rédaction des études de dangers,
- les critères d'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source proposée par l'exploitant,
- les règles méthodologiques applicables aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT).

La deuxième partie constitue un guide de rédaction des études de dangers pour les établissements relevant du régime de l'autorisation avec servitudes (AS), c'est-à-dire majoritairement les établissements dits « Seveso seuil haut ». Cette partie reprend donc un plan et un contenu types d'étude de dangers pour de tels établissements.

La troisième partie constitue un glossaire des principaux termes utilisés en risque technologique.

La quatrième partie, relativement brève, récapitule sous forme d'un tableau les exclusions spécifiques prévues pour certains types d'installations ou certains types d'événements.

Cette circulaire a vocation à traiter principalement des établissements relevant du régime de l'autorisation avec servitudes mais les principales règles méthodologiques peuvent être appliquées, avec la proportionnalité à laquelle la réglementation incite, pour l'ensemble des installations classées.

Je profite de cette circulaire pour vous rappeler l'ensemble de la politique de prévention des risques technologiques telle qu'elle est voulue par le gouvernement depuis l'accident AZF :

- la première priorité reste la réduction du risque à la source, sur la base de l'évaluation de ce risque par l'étude de dangers. C'est l'objet des critères d'appréciation (dits critères « MMR ») repris dans cette circulaire. Je rappelle que ces critères sont formalisés par une grille de criticité, qui a pour finalité de fournir une indication de la compatibilité de l'établissement avec son environnement, appréciation nécessaire à la prise de la décision publique. Cette grille permet d'évaluer l'acceptabilité sociétale du risque. La logique de construction de la grille intègre d'ailleurs un effet de levier favorisant l'adoption de mesures de réduction du risque de la part de l'exploitant,
- l'information et la concertation, notamment par l'utilisation du dispositif des CLIC (comités locaux d'information et de concertation) rénovés par la loi Grenelle 2, qui visent à informer les populations mais aussi à développer chez elles la culture du risque et à les associer aux processus décisionnels,
- l'élaboration des plans de secours, sur la base de l'intégralité des informations contenues dans l'étude de dangers. Cette dernière doit décrire en particulier, quelle que soit leur probabilité, les phénomènes dangereux consécutifs à la libération des potentiels de danger présents dans l'établissement dès lors qu'ils restent physiquement envisageables. Ces éléments sont à prendre en compte dans les Plans Particuliers d'Intervention (PPI),

- la maîtrise de l'urbanisation qui permet le maintien dans le temps d'un éloignement des tiers vis-à-vis des installations à l'origine des risques et de leur limitation en nombre, se fonde sur les phénomènes dangereux les plus probables pour lesquels les populations ne peuvent être mises à l'abri dans le cadre des plans de secours. Je rappelle que sont exclus pour cet usage les phénomènes dangereux considérés les plus improbables. La démarche d'élaboration des plans de prévention des risques technologiques pour les établissements soumis au régime de l'autorisation avec servitudes répond à ces objectifs.

Il est important d'avoir en permanence à l'esprit que si l'élaboration des études de dangers et les choix qui en découlent, comme celui des accidents retenus dans les PPRT, nécessitent un grand soin et une homogénéité nationale, ces démarches ne doivent pas conduire à privilégier les études au détriment tant de la mise en œuvre de mesures de réduction des risques que du maintien des conditions de sécurité dans l'exploitation des installations.

Circulaires et instructions abrogées

Sont abrogées :

- la circulaire du 29/09/05 relative aux critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans les établissements dits « SEVESO », visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié,
- la circulaire du 03/10/05 relative à la mise en œuvre des plans de prévention des risques technologiques,
- la circulaire DPPR/SEI2/MM-05-0316 du 07/10/05 relative aux Installations classées - Diffusion de l'arrêté ministériel 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 classées soumises à autorisation,
- la circulaire DPPR/SEI2/CB-06-0388 du 28/12/06 relative à la mise à disposition du guide d'élaboration et de lecture des études de dangers pour les établissements soumis à autorisation avec servitudes et des fiches d'application des textes réglementaires récents,
- la circulaire DPPR/SEI2/AL-06-357 du 31/01/07 relative aux études de dangers des dépôts de liquides inflammables - Compléments à l'instruction technique du 9 novembre 1989,
- la circulaire DPPR/SEI2/IH-07-0110 du 20/04/07 relative à l'application de l'arrêté fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques,
- la circulaire DPPR/SEI2/AL-07-0257 du 23/07/07 relative à l'évaluation des risques et des distances d'effets autour des dépôts de liquides inflammables et des dépôts de gaz inflammables liquéfiés,
- la circulaire DPPR/SEI2/IH-07-0253 du 24/07/07 relative à la prise en compte des effets de projection dans les études de dangers des installations classées puis dans le cadre des Plans de Prévention des Risques Technologiques,

- la circulaire BRTICP/2007-392/CD du 24/12/07 relative à l'exclusion de certains phénomènes dangereux concernant les véhicules-citernes et wagons-citernes transportant des substances toxiques non-inflammables
- la note de doctrine générale du 16/06/08 sur les études de dangers des terminaux méthaniers,
- la circulaire du 17/06/08 relative aux études de dangers des installations pyrotechniques,
- la circulaire du 09/07/08 relative aux règles méthodologiques pour la caractérisation des rejets toxiques accidentels dans les installations classées,
- la note de doctrine générale du 18/07/08 sur la prise en compte, dans les études de dangers, des agressions externes engendrés par les flux de transport de matières dangereuses à proximité d'un site,
- la note de doctrine générale du 15/10/08 sur les effets de vague dans les dépôts de liquides inflammables (y compris stockages au sein de sites industriels tels les raffineries),
- la circulaire BRTICP/2009-19/OA du 27/04/09 relative à l'application aux tuyauteries sur site de la circulaire du 29 septembre 2005 relative à l'appréciation de la démarche de maîtrise des risques, de la circulaire du 3 octobre 2005 relative aux plans de prévention des risques technologiques et de la circulaire du 4 mai 2007 relative à la maîtrise de l'urbanisation autour des installations classées,
- la circulaire BRTICP/2009-326/CD du 22/07/09 relative à la modélisation au moyen de modèles CFD de la dispersion atmosphérique pour l'évaluation des zones d'effets dans le cadre de l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT),
- la circulaire n° BRTICP/2009-362/CBO du 15/09/09 relative aux règles méthodologiques relatives aux études de dangers, à l'acceptabilité de la démarche de maîtrise des risques et aux PPRT des stockages souterrains de gaz.

Sont repris :

- mon courrier du 06/04/06 au préfet du Pas-de-Calais relatif à l'exclusion de certains phénomènes pour l'élaboration du périmètre d'un plan de prévention des risques technologiques (PPRT),
- mon courrier du 05/02/07 au préfet de la Sarthe sur la prise en compte des chutes d'avion,
- les dispositions relatives aux études de dangers de la circulaire multi-ministérielle DPPR/SEI2/IH-07-0111 du 20/04/07 relative à l'application de l'arrêté fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques,
- les instructions relatives aux études de dangers de ma circulaire BSEI n° 07-133 et DPPR/SEI2/CB-07-0212 du 14/05/07 relative à la superposition

- réglementaire et interfaces relatives aux canalisations de transport et aux tuyauteries d'installations classées,
- mon courrier du 06/02/08 au directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement du Nord-Pas-de-Calais relatif au déplacement de bouteilles contenant des gaz sous pression et à la prise en compte des phénomènes dangereux liés à la rupture du robinet de ces équipements, dans les études de dangers et les mesures de maîtrise de l'urbanisation,
 - mon courrier du 07/02/08 au préfet du Nord-Pas-de-Calais, préfet du Nord, sur l'exclusion pour le PPRT d'un phénomène dangereux dans la sidérurgie,
 - les dispositions relatives aux études de dangers et à la maîtrise de l'urbanisation de ma circulaire BRTICP/2007-482/LMA du 26/02/08 relative à la maîtrise de l'urbanisme autour des stockages de produits agropharmaceutiques soumis à autorisation,
 - mon courrier du 23/12/08 relatif à la modélisation des effets liés au phénomène de pressurisation de bac atmosphérique à toit fixe de liquides inflammables,
 - mon courrier du 02/01/09 au préfet de la Vendée sur l'exclusion de certains phénomènes dangereux dans les installations de stockage d'artifices de divertissement.

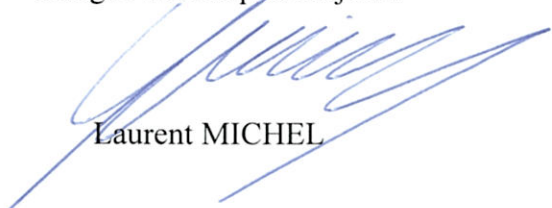
Nous vous prions de bien vouloir faire part, sous le timbre de la Direction Générale de la Prévention des Risques, des éventuelles difficultés que vous pourriez rencontrer lors de la mise en application de la présente circulaire.

La présente circulaire sera publiée au bulletin officiel du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat.

Paris, le 10 mai 2010

Pour le ministre et par délégation,

Le directeur général de la
prévention des risques,
délégué aux risques majeurs



Laurent MICHEL

Pour le ministre et par délégation,

Le Préfet Secrétaire Général,



Didier LALLEMENT

PARTIE 1 : Règles méthodologiques applicables pour l'élaboration des études de dangers

Sommaire de cette première partie

1. EVALUATION DES RISQUES, ETUDE DE DANGERS 9

1.1 REGLES GENERALES..... 9

1.1.1 Fiche 1 : Eléments pour la détermination de la gravité dans les études de dangers 12

1.1.2 Fiche 2 : La dispersion atmosphérique 18

1.1.3 Fiche 3 : Les phénomènes dangereux associés aux GPL dans les établissements de stockage hors raffineries et pétrochimie – l’UVCE 31

1.1.4 Fiche 4 : Les phénomènes dangereux associés aux gaz inflammables liquéfiés dans les établissements de stockage hors raffineries et pétrochimie – le BLEVE 54

1.1.5 Fiche n°5 : Phénomènes de dispersion atmosphérique : représentation et cotation en probabilité – gravité 68

1.1.6 Fiche n°6 : Tuyauteries d’usine: exemple de représentation et de cotation..... 78

1.1.7 Fiche n°7 : Mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine 85

1.1.8 Périmètre de l’étude de dangers pour les tuyauteries et canalisations de transport reliant deux installations classées..... 91

1.1.9 Périmètre de l’étude de dangers en cas de connexité d’équipements 92

1.1.10 Prise en compte des agressions externes engendrées par les flux de transport de matières dangereuses à proximité d’un site 93

1.1.11 Règles méthodologiques pour la caractérisation des rejets toxiques accidentels 95

1.1.12 Rappel sur les démonstrations des phénomènes dangereux pouvant être considérés comme « physiquement impossibles » 97

1.2 REGLES (OU PRECISIONS) SPECIFIQUES..... 99

1.2.1 Evénements initiateurs spécifiques 99

1.2.2 Traitement spécifique des effets de projection 101

1.2.3. Traitement spécifique de certains phénomènes dangereux concernant les citernes transportant des substances toxiques non inflammables ainsi que l’ammoniac 102

1.2.4 Traitement spécifique de la ruine métallurgique des tuyauteries d’usine transportant des gaz et liquides toxiques..... 104

1.2.5. Fuites de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) 106

1.2.6 Stockages de produits agropharmaceutiques 109

1.2.7 Secteur de la Pyrotechnie 109

1.2.8 Dépôts de Liquides Inflammables (DLI) 115

1.2.9 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL)..... 122

1.2.10 Stockages souterrains 125

2. APPRECIATION DE LA DEMARCHE DE REDUCTION DU RISQUE A LA SOURCE..... 132

2.1 REGLES GENERALES..... 132

2.1.1 Pré-requis et limites de la méthode d’appréciation de la démarche de maîtrise des risques accidentels définie dans le présent paragraphe 133

2.1.2 Généralités 133

2.1.3 Critères d’appréciation de la justification par l’exploitant de la maîtrise du risque accidentel correspondant à des dommages potentiels aux personnes à l’extérieur de l’établissement..... 133

2.1.4 Grille d'analyse de la justification par l'exploitant des mesures de maîtrise du risque en termes de couple probabilité – gravité des conséquences sur les personnes physiques correspondant à des intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement	136
2.2 REGLES SPECIFIQUES	137
2.2.1 Evénements initiateurs spécifiques	137
2.2.2 Effets de projection	137
2.2.3 Traitement spécifique de certains accidents concernant les citernes transportant des substances toxiques non inflammables ainsi que l'ammoniac.....	137
2.2.4 Traitement spécifique de la ruine métallurgique des tuyauteries d'usine transportant des gaz et liquides toxiques.....	137
2.2.5 Traitement spécifique des fuites massives de GNL de longue durée	137
2.2.6 Secteur de la pyrotechnie	138
2.2.7 Dépôts de Liquides Inflammables	142
2.2.8 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL).....	143
2.2.9 Stockages souterrains de gaz.....	143

3. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES TECHNOLOGIQUES **146**

3.1 REGLES GENERALES.....	146
3.1.1 Définition du périmètre d'étude	146
3.1.2 Elaboration des données nécessaires à la cartographie des aléas.....	147
3.1.3 Cartographie des aléas	148
3.2 REGLES SPECIFIQUES	149
3.2.1. Evénements initiateurs spécifiques	149
3.2.2 Chutes d'aéronefs.....	149
3.2.3 Rejets toxiques de longue durée.....	149
3.2.4 Traitement spécifique des fuites de GNL	150
3.2.5 Effets de projection	151
3.2.6 Traitement spécifique de certains phénomènes dangereux concernant les citernes transportant des substances toxiques non inflammables ainsi que l'ammoniac	151
3.2.7 Traitement spécifique de la ruine métallurgique des tuyauteries d'usine transportant des gaz et liquides toxiques.....	152
3.2.8 Traitement spécifique des tuyauteries transportant du gaz sidérurgique	152
3.2.9 Traitement spécifique des incendies dans les stockages de produits agropharmaceutiques.....	153
3.2.10 Secteur de la pyrotechnie	153
3.2.11 Dépôts de Liquides Inflammables.....	155
3.2.12 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL).....	155
3.2.13 Stockages souterrains de gaz.....	156

1. Evaluation des risques, étude de dangers

Dans l'esprit voulu par la loi du 30 juillet 2003, les accidents doivent être cotés en probabilité, gravité et cinétique. Les échelles, pour chacune de ces grandeurs, définies par l'arrêté du 29 septembre 2005 servent de référence à cette fin.

Lorsque l'estimation de la probabilité est basée sur la mise en valeur de mesures de maîtrise des risques, le cas de leur fonctionnement et le cas de leur défaillance doivent être traités, menant ainsi à chaque fois à une combinaison intensité / gravité / probabilité / cinétique.

1.1 Règles générales

Les premières des règles générales ci-dessous sont articulées autour de 7 sous-paragraphes ou fiches.

Pour ces fiches, les exploitants peuvent proposer des méthodologies alternatives pour la majorité des préconisations, méthodologies que vous pourrez accepter lorsque leur conformité aux exigences réglementaires est démontrée. A l'inverse, lorsque les exploitants utiliseront directement les préconisations de ces fiches, il ne sera pas nécessaire qu'ils vous en démontrent la pertinence et les conclusions pourront être acceptées par l'administration.

Ces fiches contiennent néanmoins également quelques principes généraux qui y sont signalés et qui devront en toutes circonstances être respectés.

La fiche n° 1, éléments pour la détermination de la gravité. L'objectif de cette fiche est de fournir à tous des règles de comptage des personnes se trouvant exposées à des effets (létaux ou irréversibles) dans les zones qui auront été définies dans une étude de dangers.

Je rappelle que ce terme « exposées » permet de ne pas prendre en compte des personnes se trouvant dans ces zones mais dont les plans d'urgence permettent la mise à l'abri ou dont certaines dispositions constructives permettent de considérer qu'elles ne sont en réalité pas exposées aux effets redoutés.

En terme de principe général, les exploitants pourront présenter des méthodologies de comptage alternatives mais ces méthodologies devront faire apparaître le cas le plus défavorable en terme d'occupation de l'espace (ERP occupé à hauteur de sa capacité d'accueil par exemple, sous réserve que le jeu d'hypothèses retenu soit réaliste), afin de répondre à l'exigence de l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 qui impose en son article 10 de compter dans ces zones le nombre de personnes « potentiellement exposées ».

La deuxième partie de cette fiche crée une règle de calcul particulière pour les établissements industriels voisins. Prenant en compte la réalité de la structure industrielle de notre territoire ainsi que la culture du risque des salariés intervenant sur ces sites industriels, cette fiche définit des conditions de coopération entre industriels qui conduisent à ne pas prendre en compte certains des travailleurs des établissements voisins dans la détermination de la gravité et donc dans l'appréciation de la démarche de maîtrise des risques telle qu'elle est précisée au paragraphe 2.

Les accidents concernés seront donc cotés en gravité et placés dans la grille d'appréciation sans tenir compte de la gravité correspondant aux personnes formées et informées.

J'appelle vivement votre attention sur la nécessité de ne pas s'arrêter définitivement pour autant dans la démarche de réduction du risque à la source pour les phénomènes dont les distances d'effets toucheraient seulement ces travailleurs.

Par ailleurs, je vous rappelle que les principes du règlement du PPRT sont indépendants de la détermination de la gravité. Ainsi, même si la gravité d'un accident est d'un niveau limité par l'absence de prise en compte des salariés du site voisin, si l'aléa est d'un niveau important, des mesures lourdes pourront tout de même être prises dans le cadre du PPRT (mesures foncières par exemple).

La fiche n° 2 sur la dispersion toxique est plus technique que « de doctrine » et vise à préciser certains aspects des mécanismes de dispersion atmosphérique et de modélisation.

Les fiches n° 3 et 4, UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) et BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), n'ont pas pour origine le nouveau contexte réglementaire mais la nécessité pour les inspecteurs des installations classées et des stockages souterrains de disposer d'une description de ces deux phénomènes dans le cas spécifique des stockages de propane ou butane hors raffinerie et pétrochimie.

La fiche n° 5, cotation en probabilité et en gravité des accidents découlant de dispersion toxique et d'UVCE, donne des propositions pour sélectionner des accidents représentatifs lors de l'apparition incontrôlée d'un nuage de gaz (toxique ou inflammable) alors qu'il n'est pas possible a priori de connaître les conditions de vent (stabilité, vitesse, direction) qui prévaudront le jour de l'accident.

En terme de principes généraux, l'exploitant peut proposer d'autres options de détermination des accidents représentatifs, pour peu que le cas le plus défavorable en terme de gravité et le cas le plus défavorable en terme de probabilité apparaissent d'une façon ou d'une autre. Si plusieurs accidents possibles sont représentés par l'exploitant, doivent apparaître a minima le cas le pire et le cas le plus probable.

La fiche n° 6, relative aux tuyauteries, présente un caractère différent des autres fiches. Elle a en effet pour vocation de présenter une méthode possible de représentation et de cotation des phénomènes dangereux et accidents pouvant se produire sur les tuyauteries. Elle pourra notamment servir de méthode-type lorsque l'exploitant ne dispose pas d'autre référentiel. Elle n'a cependant aucune vocation exclusive et vous pourrez accepter d'autres méthodologies.

La fiche n° 7, relative aux mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine, permet de prendre en compte, aux côtés des mesures de maîtrise des risques fondées sur des dispositifs techniques, les mesures intégrant une ou plusieurs intervention(s) humaine(s).

Il est apparu pertinent de définir certains principes pour leur prise en compte et leur évaluation, au regard de l'extrême diversité des situations rencontrées, et des études qui ont été réalisées sur ce sujet très complexe.

Ainsi, la fiche relative aux mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine apporte des éléments permettant de retenir une mesure de sécurité pour l'évaluation de la probabilité, en se basant sur les critères mentionnés à l'article 4 de l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 : efficacité, cinétique, testabilité et

maintenance. Elle apporte aussi des critères d'appréciation de la fiabilité de ces mesures, en explicitant les facteurs (formation, communication entre opérateurs, conditions de travail, etc.) qui peuvent influencer ces performances.

Je rappelle toutefois que les exploitants, sous réserve de justification suffisante, peuvent formuler des propositions différant des indications données dans cette fiche.

1.1.1 Fiche 1 : Eléments pour la détermination de la gravité dans les études de dangers

Afin de déterminer la gravité potentielle d'un accident dans les études de dangers des installations soumises à autorisation, et en particulier des établissements Seveso (c'est-à-dire les établissements relevant de l'arrêté du 10 mai 2000 modifié), il est nécessaire de pouvoir compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

Cette fiche constitue une indication d'une méthode possible pour la détermination de la gravité.

D'autres approches sont possibles à condition d'être raisonnablement conservatoires et d'être expliquées dans l'EDD.

Principe général

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 classées soumises à autorisation (appelé dans la suite de la fiche « arrêté PCIG ») prescrit la détermination du nombre de personnes potentiellement exposées («en tenant compte, le cas échéant, des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et de la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'accident si la cinétique de l'accident le permet »). Il convient donc, quelle que soit la méthodologie retenue, de faire apparaître (éventuellement parmi d'autres) l'accident le plus pénalisant en terme de gravité.

Dans la mesure où il n'est pas possible de prévoir les conditions de l'environnement le jour où se produira l'accident (direction du vent, vacances scolaires, heure d'encombrement sur les routes, etc.), une première possibilité simple sera à chaque fois de considérer un accident représentatif présentant :

- la gravité la plus pénalisante (ex : routes encombrées, écoles aux heures scolaires...)
- la probabilité prise égale à celle du phénomène dangereux

On peut aussi retenir un jeu d'hypothèses décrivant plusieurs accidents, parmi lesquels doit figurer l'accident à la gravité la plus pénalisante (auquel sera ici associée une probabilité plus faible pour tenir compte de la direction du vent ou de la probabilité qu'il y ait des bouchons, etc.)

Pour ce qui est de la prise en compte des conditions météorologiques pour la détermination de la gravité, il convient de se reporter à la fiche n° 5 relative à la représentation et cotation en probabilité – gravité des phénomènes de dispersion atmosphérique.

A. Méthodologie de comptage des personnes pour la détermination de la gravité des accidents

Les points A.1 à A.7 sont principalement utiles pour les établissements Seveso, pour les installations A non incluses dans un établissement Seveso, il convient de se reporter au point A.8.

A.1. Zones d'effets et identification des ensembles homogènes

Déterminer la surface des zones d'effets sortant du site pour chaque type d'effet.

Dans chaque zone couverte par les effets d'un phénomène dangereux issu de l'analyse de risque, identifier les ensembles homogènes (ERP, zones habitées, zones industrielles, commerces, voies de circulation, terrains non bâti...) et en déterminer la surface (pour les terrains non bâtis, les zones d'habitat) et/ou la longueur (pour les voies de circulation).

Remarque : il convient d'éviter de compter plusieurs fois une personne selon qu'elle se trouve, par exemple, sur son lieu de travail ou dans son logement. Pour chaque accident envisagé, elle doit alors être comptée uniquement dans la zone où elle est soumise à l'intensité la plus élevée. En première approche toutefois, cette précision peut être omise.

A.2. Etablissements Recevant du Public (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. point A.5).

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse, coiffeur)
- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes, bureaux de poste.

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

A.3. Zones d'activités

Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

A.4 Logements

Pour les logements : compter la moyenne INSEE par logement (par défaut : 2,5 personnes), sauf si les données locales indiquent un autre chiffre.

A défaut de données précises sur les logements, on peut également suivre une règle forfaitaire simplifiée (applicable en milieu urbain et périurbain, hors centres villes et grandes agglomérations), quitte à affiner si besoin :

Type d'habitat	Nombre de personnes à l'hectare
Individuel dispersé	40
Pavillonnaire dense	100
Collectif \leq R+2	400 - 600
Collectif immeuble $>$ R+2	600 – 1000

A.5 Voies de circulation

Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes qui ne sont pas déjà comptées parmi les personnes exposées dans d'autres catégories d'installations (en tant qu'habitation, commerce, etc.) situées dans la même zone d'effets, les temps de séjours en zone exposée étant généralement très supérieurs aux temps de trajets. Il en est de même des commerces de proximité, écoles (1), mairies... majoritairement fréquentées par des personnes habitant la zone considérée.

L'étude de dangers doit toutefois au moins lister toutes ces voies de circulation.

(1) *maternelles et primaires*

A.5.1 Voies de circulation automobiles

Option 1 : si l'axe de circulation concerné est susceptible de connaître des embouteillages fréquemment pour d'autres causes qu'un accident de la route ou qu'un événement exceptionnel du même type, compter 300 personnes permanentes par voie de circulation et par kilomètre exposé.

(exemple : autoroute à 2 fois 3 voies : compter 1800 personnes permanentes par kilomètre).

Sinon compter 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Exemple : 20 000 véhicules/j sur une zone de 2 km = $0.4 * 2 * 20000/100 = 160$ personnes.

Option 2 : Une autre méthode de comptage pourrait être utilisée par l'industriel, sous réserve d'une justification (par exemple sur la base de la vitesse limite autorisée sur la voie considérée...).

A.5.2 Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par km et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

A.5.3 Voies navigables

Compter 0,1 personne permanente par km exposé et par péniche/jour.

A.5.4 Chemins et voies piétonnes

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

A.6 Terrains non bâtis

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Terrains aménagés mais peu fréquentés (jardins et zones horticoles, vignes, zones de pêche, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...)) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

Dans les cas de figures précédents, le nombre de personnes exposées devra en tout état de cause être au moins égal à 1, sauf démonstration de l'impossibilité d'accès ou de l'interdiction d'accès.

A.7 Cas spéciaux (occupations extrêmement temporaires)

Ce genre de cas, tels que les manifestations regroupant un très grand nombre de personnes pendant quelques jours par an (festival des inter-celtiques de Lorient, Francofolies de La Rochelle, ...) est à compter à part.

Il est en effet très difficile de tenir compte de ces variations d'occupation très fortes. De manière intuitive, il est peu satisfaisant (et ingérable) de prendre la moyenne d'occupation comme de prendre le maximum d'occupation.

Il est conseillé de ne pas les évaluer en tant que tel dans la gravité, mais de consacrer un paragraphe spécial à la manifestation considérée, en prévoyant des

mesures spéciales (pré-activation du PPI ou arrêt/activité réduite de l'entreprise pendant la durée de la manifestation (pas de dépotage par exemple) ou interdiction de la manifestation...).

Les mesures mises en œuvre lors de cet événement doivent toutefois être soigneusement et précisément décrites dans l'étude de dangers, et il conviendra de chercher à éviter que de telles manifestations importantes se déroulent à proximité de l'installation à risques.

A.8. Cas des études de dangers réalisées pour des installations A non incluses dans un établissement classé Seveso

Pour ces installations, les règles peuvent être encore plus simples, on peut donc partir sur des estimations très forfaitaires de nombre de personnes à l'hectare selon le type de zone :

Rural : Habitat très peu dense à 20 p/ha / Semi-rural : 40-50 p/ha / Urbain 400-600 p/ha / Urbain dense: 1000 p/ha

Cette estimation ne dispense toutefois pas d'ajouter la contribution des voies de circulation et des zones d'activités.

B. Cas particulier des salariés des entreprises voisines ou des sous-traitants

B.1. Sous-traitants

Les sous-traitants intervenant dans l'établissement (ou installation) et pour le compte de l'exploitant réalisant l'étude de dangers ne sont pas à considérer comme des tiers au sens du code de l'environnement. Ils ne correspondent à aucun des intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il n'en va évidemment pas de même pour les installations et équipements que ces entreprises peuvent posséder hors des limites de l'établissement ; dans ce cas, se référer au point suivant.

B.2. Entreprises voisines

Un cas particulier peut être considéré pour la détermination de la gravité d'un accident potentiel vis-à-vis des personnes travaillant dans les entreprises voisines.

On peut considérer que ces personnes sont, du fait de leur niveau d'information et de leur proximité industrielle avec le site à l'origine du risque, moins vulnérables que la population au sens général et donc moins exposées (au sens de l'AM « PCIG » du 29 septembre 2005).

Dans la suite de cette partie, l'exploitant à l'origine du risque sera appelé X et l'entreprise voisine sera appelée Y.

Il est proposé d'accepter le comptage suivant :

les personnes travaillant dans l'entreprise Y peuvent ne pas être comptées comme exposées au sens de l'arrêté « PCIG » du 29 septembre 2005 si et seulement si les conditions suivantes sont remplies :

1) l'exploitant X et l'entreprise Y disposent d'un POI ou l'entreprise Y est incluse dans le POI élaboré par l'exploitant X

2) les deux POI (lorsque Y n'est pas incluse dans le POI de X) sont rendus cohérents notamment :

a. par l'existence dans le POI de Y de la description des mesures à prendre en cas d'accident chez X

b. par l'existence d'un dispositif d'alerte / de communication permettant de déclencher rapidement l'alerte chez Y en cas d'activation du POI chez X

c. par une information mutuelle lors de la modification d'un des deux POI

d. le cas échéant, par la précision duquel des chefs d'établissement prend la direction des secours avant le déclenchement éventuel du PPI

e. par une communication par X auprès de Y sur les retours d'expérience susceptibles d'avoir un impact chez Y

f. par une rencontre régulière des deux chefs d'établissements ou de leurs représentants chargés des plans d'urgence.

3) un exercice commun de POI est organisé régulièrement

NB : Au-delà de ces règles forfaitaires de comptage et des actions menées pour éviter que les salariés ne soient exposés, il est néanmoins vivement conseillé des mettre en place des dispositions constructives permettent d'assurer la protection physique de ces salariés (ex : salle de contrôle blastproof).

1.1.2 Fiche 2 : La dispersion atmosphérique

La présente fiche a été rédigée sur la base des données scientifiques disponibles et portées à la connaissance de l'administration. Les informations présentées reflètent un « état de l'art » à la date de rédaction de cette circulaire. Elles sont susceptibles d'évoluer avec le progrès des connaissances scientifiques relatives aux phénomènes étudiés.

La dispersion atmosphérique : rappel

Le terme dispersion atmosphérique peut désigner soit un phénomène dangereux soit le phénomène physique, *id est* les mécanismes physiques de mélange d'une substance dans l'air de l'atmosphère. La dispersion atmosphérique correspond au devenir d'un nuage de produit dangereux (substance inflammable, toxique...) dans le temps et dans l'espace. Sont abordés dans cette fiche les mécanismes physiques de dispersion atmosphérique qui peuvent être modélisés.

A. Introduction / démarche

Le but de cette fiche est de préciser et d'expliquer les paramètres à prendre en compte dans la démarche et dans les résultats de la modélisation des effets de dispersion, afin de la comprendre et pour y porter un regard critique (logique et cohérence de la démarche).

La modélisation des effets des phénomènes dangereux a 2 objectifs. Elle permet certes d'évaluer les distances d'effets demandées par la réglementation dans une étude de dangers (EDD) mais aussi de conforter des choix techniques (par exemple la conception d'un réseau de capteurs - nombre et positionnement - d'une chaîne de détection de fuite afin d'optimiser la cinétique de détection/réaction).

B. Théorie

La modélisation des effets d'un phénomène accidentel comprend 3 composantes, à savoir les modélisations du « terme source », de la « propagation » de cette source dans l'environnement et l'effet sur les « cibles ».

La dispersion atmosphérique d'un produit rejeté accidentellement dépend essentiellement :

- des caractéristiques de la source d'émission (énergie cinétique, direction du rejet, densité du produit rejeté, durée de la fuite, conditions de la fuite...);
- des conditions météorologiques comme la vitesse du vent, la stabilité de l'atmosphère, l'hygrométrie, la température ambiante ;
- des conditions de relief et de la présence d'obstacles.

Différents processus dont l'importance relative dépend des conditions de rejet entrent en jeu et agissent simultanément ou successivement. Ces différents mécanismes physiques sont présentés dans un rapport INERIS (cf. rapport oméga 12 disponible sur www.ineris.fr).

Ce rapport met en évidence les paramètres les plus influents sur les résultats de dispersion.

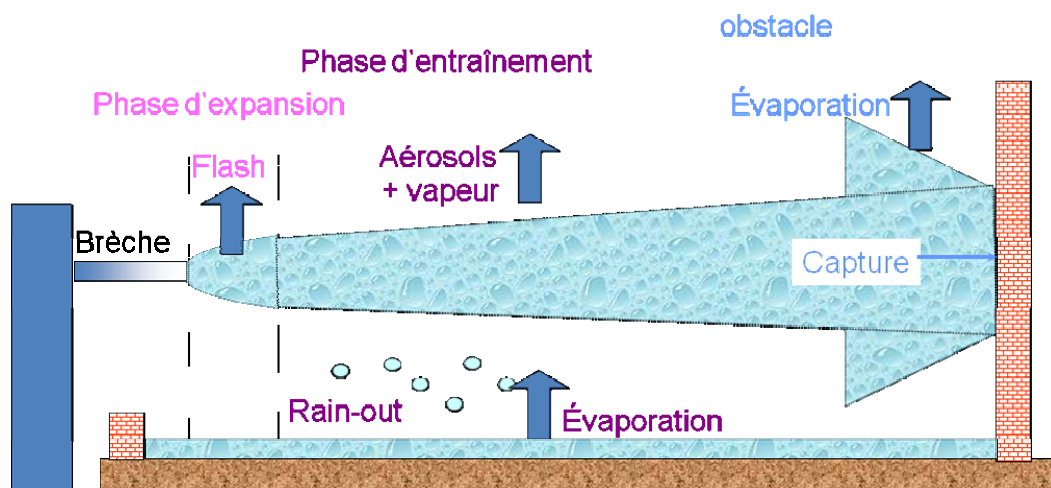
B.1. Terme Source

En amont de la modélisation de la dispersion atmosphérique d'une substance, il convient généralement de caractériser un «terme source».

On entend par «terme source», tout ce qui conditionne la formation du nuage dangereux, c'est-à-dire les caractéristiques de la source d'émission initiale éventuellement modifiées par le champ proche. Par exemple, la source d'émission initiale est caractérisée par le type de produit (état physique, quantité), sa pression, sa température qui conditionnent le débit, l'état physique et la vitesse à la brèche etc. Son « environnement proche » est par exemple la présence d'un mur (jet dit « impactant »), d'un local de confinement etc. qui influencent directement le devenir du terme source initial (devenir de la fraction liquide, évaporation de flaque etc.).

Il faut souligner l'importance de la quantification du terme source. Quel que soit l'outil de calcul utilisé, la caractérisation du terme source doit être la meilleure possible. En effet, le phénomène physique qui en résulte (la dispersion atmosphérique en l'occurrence) ne peut être correctement appréhendé si le terme source n'a pas été bien évalué.

La détermination du terme source peut s'effectuer forfaitairement ou de manière spécifique (via l'utilisation d'un outil adapté¹, cf. rapport oméga 19 disponible sur www.ineris.fr).



Indépendamment des caractéristiques propres du fluide, les paramètres les plus importants pour définir la typologie d'un rejet sont :

¹ On peut citer à titre d'exemple la détermination par le calcul d'un débit d'aérosol (fraction liquide et diamètre des gouttelettes etc.) pour un rejet di-phasique.

- le débit massique de fuite et la durée du rejet pour un rejet continu ou la quantité totale rejetée pour un rejet instantané

- les conditions de stockage du fluide (le débit est plus important si la phase est liquide)

- la section principale de fuite => plus cette section est faible, plus le débit sera petit – toutes conditions égales par ailleurs.

Nota : dans le cas d'une rupture guillotine, les deux débits provenant de l'amont et de l'aval de la rupture sont à prendre en compte.

Cas particulier du confinement :

Dans le cas d'un rejet en milieu confiné, il est nécessaire d'étudier les différents phénomènes physiques pouvant survenir dans le local (flash, vaporisation par entraînement de l'air ambiant et/ou par impact sur l'obstacle, dilution des vapeurs du produit avec l'air ambiant du local...) pour pouvoir caractériser la composition du terme source rejeté à l'atmosphère. Il faut aussi s'interroger sur la possibilité d'une montée en pression dans le local de confinement, et sur les conditions d'extraction (différents régimes, temps de mise en route, etc.) en comparant le débit volumique de fuite à celui extrait du local. Le terme source issu du confinement peut se traduire :

- par un rejet en cheminée (canalisé),
- par un rejet au niveau des interstices ou des ouvertures libres du local (non canalisé).

Bien souvent, cette seconde contribution est occultée dans les études ou mal prise en compte dans le calcul de dose toxique reçue par un individu situé à une certaine distance du local. Il convient aussi de distinguer le temps de fuite dans le local (qui peut être très court) du temps de rejet à la cheminée (qui peut être significativement plus long).

B.2. Dispersion

La dispersion atmosphérique caractérise le devenir, dans le temps et dans l'espace d'un ensemble de particules (aérosols, gaz, poussières) rejetées dans l'atmosphère. Elle définit donc la façon dont le nuage est transporté et dilué (effets de turbulence, gravité,...).

Les deux phénomènes physiques régissant l'évolution du nuage dans l'atmosphère sont le transport du nuage et sa dilution.

L'évolution du nuage dans l'atmosphère est principalement régie par :

- la densité du nuage par rapport à l'air (gaz léger / lourd / neutre),
- les conditions de rejet : durée du rejet (continu – instantané), dilution du nuage - entraînement d'air (quantité de mouvement initiale, cisaillement du champ de vent),

géométrie de la source (ponctuelle – surfacique), hauteur du rejet (sol – altitude), échanges thermiques,

- les conditions météorologiques : vitesse du vent et stabilité atmosphérique,
- l'environnement: obstacles, relief, occupation du sol.

Il est difficile de préjuger l'influence de certains paramètres qui peuvent avoir des actions antagonistes : il est donc très difficile de déterminer a priori si la variation d'un de ces paramètres dans un sens va plutôt aller dans le sens d'une approche conservatrice ou non.

C. Modélisation : Outils de calculs

Trois principales familles d'outils de calcul existent. Elles sont citées ci-après par ordre de complexité croissante :

- les modèles gaussiens qui permettent d'estimer la dispersion des gaz passifs. Pour rappel, le gaz est dit passif lorsqu'il n'apporte aucune perturbation mécanique à l'écoulement atmosphérique et se disperse du fait de la seule action du fluide porteur, l'air,

- les modèles intégraux à utiliser dès que le rejet perturbe l'écoulement atmosphérique de l'air. Pour la modélisation des nuages de gaz passifs (dès leur rejet ou après une dilution suffisamment importante), l'outil intégral utilise un modèle gaussien,

- les modèles CFD (Computational Fluid Dynamics), parfois appelés outils 3D, qui permettent de prendre en compte la complexité de l'environnement (obstacles, relief, ...) en s'appuyant sur la résolution des équations de la mécanique des fluides.

Il appartient à l'exploitant de s'assurer de l'adaptation du niveau de complexité de l'outil aux mécanismes physiques à modéliser et au contexte. L'inspection des installations classées vérifie si le modèle choisi est adapté au rejet considéré et à son environnement.

C.1. Modèles gaussiens

C.1.1. Généralités

Un modèle gaussien permet de modéliser la dispersion d'un gaz du fait de la seule action du fluide porteur, l'air. Le transport et la diffusion du gaz vont alors dépendre du vent et de la turbulence atmosphérique d'origine mécanique ou thermique.

C.1.2. Domaine de validité

Le modèle gaussien s'applique aux rejets de gaz neutres ou passifs. Le produit rejeté doit donc avoir : une densité à peu près égale à celle de l'air (ou bien il est très dilué) ; une température identique à celle de l'air et une vitesse initiale relative nulle. Il existe cependant des gaussiens « améliorés » qui prennent en compte les mécanismes supplémentaires de dépôts de particules et d'élévation des fumées d'incendie.

La vitesse du vent doit être d'au moins 1 à 2 m/s. Dans la plupart des cas, le champ de vent est uniforme horizontalement avec un profil vertical constant dans le temps. Une couche d'inversion de température peut parfois aussi être prise en compte.

La turbulence atmosphérique est prise en compte par l'intermédiaire de classes de stabilité. Elle est considérée homogène.

Le terrain doit être homogène et plat. En effet, la présence de reliefs, d'obstacles (murs, bâtiments...) introduirait des perturbations importantes de l'écoulement de l'air qui ne sont pas pris en compte par ces modèles. En pratique, les résultats sont valables pour des distances supérieures au moins à 100 m depuis le point de rejet, les modèles gaussiens n'ayant pas été validés dans la première centaine de mètres.

Par ailleurs, au-delà de la dizaine de kilomètres, les résultats présentent plus d'incertitudes car d'autres phénomènes de turbulence et de diffusion doivent être considérés.

C.1.3. Limites et écueils à éviter

Il faut rappeler que les modèles gaussiens s'attachent à modéliser la dispersion à partir d'équations paramétrées et simplifiées pour des gaz neutres ou passifs (densité proche de celle de l'air). De fait, la qualité de ce type de modèle est conditionnée par les éléments suivants :

- la direction et la vitesse du vent doit être constante,
- pas de présence de reliefs, d'obstacles (murs, bâtiments...),
- le nuage ne doit pas être trop éloigné du sol,
- distances en général supérieures à 100 m et inférieures à 10 km.

C.2. Modèles intégraux

C.2.1. Généralités

L'emploi d'un modèle intégral permet de modéliser les mécanismes physiques suivants qui ne peuvent être considérés avec un modèle gaussien :

- les effets de la dynamique des rejets à même d'engendrer une turbulence spécifique, pour les rejets sous forme de jet à grande vitesse d'émission,
- les effets de gravité, pour les rejets de gaz lourds,
- les effets de flottabilité pour les rejets de gaz légers.

Ce type de modèle est basé sur des équations de la mécanique des fluides simplifiées pour permettre une résolution rapide. Cette simplification se traduit par l'introduction de paramètres représentant globalement les mécanismes non modélisés. A cet effet, les coefficients des modèles intégraux sont « calés » sur des expérimentations. Pour la modélisation des nuages de gaz passifs, l'outil intégral utilise un modèle gaussien.

Les modèles intégraux comprennent, dans la plupart des cas, un module de calcul permettant de déterminer de façon plus ou moins forfaitaire le terme source de rejet en

fonction des conditions de stockage du produit et du type de rejet (rupture guillotine, ruine du réservoir, évaporation de flaque...).

Information : Les logiciels PHAST, GALON, ALOHA, EFFECTS ... sont des modèles de type intégral.

C.2.2. Domaine de validité

Ce type de modèle s'applique aux gaz neutres, aux gaz denses et parfois aux gaz légers (pour les versions les plus récentes des logiciels). La turbulence atmosphérique est prise en compte par l'intermédiaire de classes de stabilité atmosphérique, pour éviter une modélisation lourde de la turbulence.

Le terrain est supposé homogène et idéalement plat afin de ne pas introduire des perturbations complexes de l'écoulement de l'air. Les caractéristiques du terrain sont définies sous la forme d'une seule hauteur de rugosité pour toute la région du rejet.

Le champ de vent est uniforme horizontalement. La plupart des outils peuvent considérer la variation de la vitesse du vent, de la température de l'air et de la densité de l'atmosphère avec l'altitude.

Comme pour les modèles gaussiens, au-delà de la dizaine de kilomètres, les résultats ne sont plus valables car d'autres phénomènes de turbulence et de diffusion doivent être considérés.

C.2.3. Limites et écueils à éviter

Outre les limitations citées précédemment pour les modèles gaussiens, le choix et l'établissement des paramètres utilisés pour simplifier les équations de la mécanique des fluides conditionnent la qualité de ce modèle. Un inconvénient majeur est de supposer de fait des terrains soit plats et libres, soit caractérisés par leur seule rugosité ; ceci ne permet pas de modéliser les interactions nuage / sillage d'obstacle.

Enfin, il faut souligner que des erreurs issues du code ou une mise en équation des mécanismes physiques non réaliste peuvent être masquées par l'utilisation de ces paramètres.

C.3. Modèles CFD tridimensionnels

C.3.1. Généralités

Les modèles numériques tri-dimensionnels (Computational Fluid Dynamics) visent à simuler les rejets de gaz en prenant en compte l'ensemble des phénomènes intervenant de façon significative sur la dispersion, qu'ils soient liés à l'atmosphère comme la turbulence thermique, ou au site comme les obstacles ou le relief.

Information : les logiciels Phoenix, Fluidyn Panache, CFX, Fluent, Aria risk, StarCD, FLACS... sont des modèles de type CFD 3D.

Voir également point D.4. ci-dessous.

C.3.2. Domaine de validité

Ce type d'outil est basé sur la résolution des équations de la mécanique des fluides. Les simplifications des équations de la mécanique des fluides sont beaucoup moins poussées que celles effectuées dans les modèles intégraux. La validation de certains outils CFD peut nécessiter un calage empirique de quelques paramètres.

Les outils CFD tridimensionnels, une fois validés, ont un champ d'application étendu et prennent en compte les débits variables et sources multiples.

La modélisation tridimensionnelle apporte des informations qualitatives en plus des résultats quantitatifs.

C.3.3. Limites et écueils à éviter

En pratique, les outils de calcul CFD tridimensionnels ne permettent pas toujours de calculer le terme source. Le terme source doit donc être évalué avec un autre outil. Dans ce cas, les données d'entrée de ce terme source doivent être traduites le plus fidèlement possible dans l'outil de calcul CFD. Par ailleurs, la plupart des outils CFD tridimensionnels ne peuvent traiter directement les mécanismes liés à des rejets diphasiques. Dans de telles situations, c'est un terme source « équivalent » totalement gazeux qui est fourni comme donnée d'entrée, ce qui exige une bonne connaissance des mécanismes d'évolution des phases liquides lors de leur rejet accidentel et peut être une source d'erreur importante². L'utilisation de ce type d'outil nécessite du personnel « spécialisé », du matériel de calcul performant et surtout des données complètes et précises dont l'acquisition est indispensable pour la modélisation. La précision dépend de la méthode de résolution (différences finies, volumes finis, éléments finis), du maillage utilisé et de la manière de mettre en oeuvre les modèles physiques pour la caractérisation de la couche limite atmosphérique.

Par ailleurs, le premier retour d'expérience de l'utilisation de ces modèles pour les études de dangers des installations classées a montré que de nombreuses incohérences sont possibles. Se reporter ci-dessous (point D.4) aux conditions d'acceptation par l'administration.

C.4. Tableau « récapitulatif » avantages / inconvénients

Le tableau ci-après présente les avantages et les inconvénients des trois types de modèles précédemment décrits et des approches expérimentales.

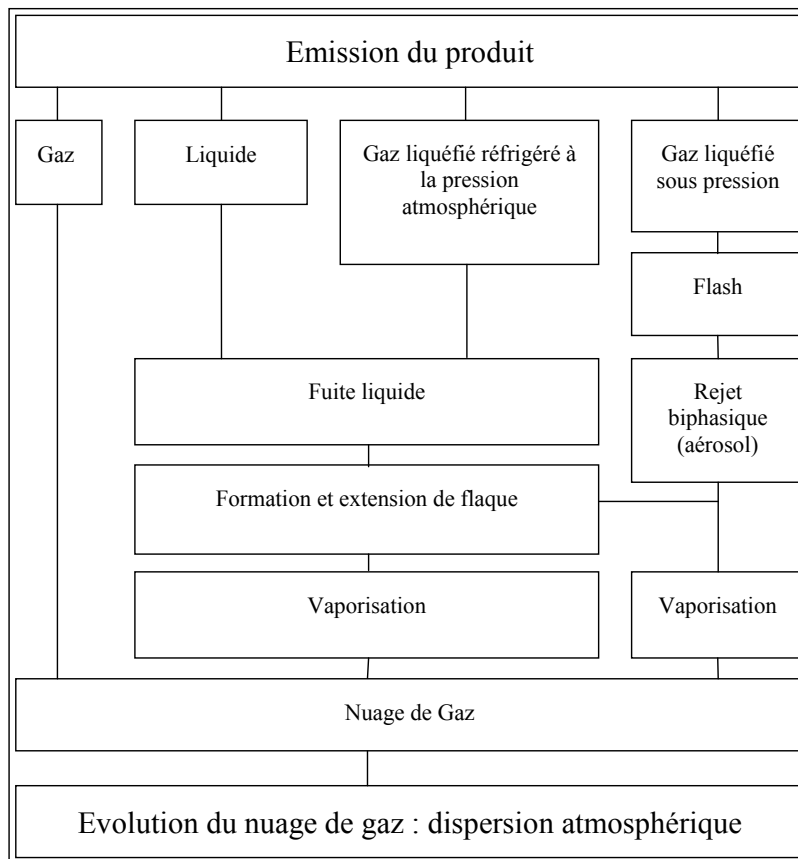
² A titre d'exemple, il est contre-productif d'utiliser un modèle CFD pour modéliser une fuite de gaz liquéfié si le phénomène d'aérosols n'est pas pris en compte dans la détermination du terme source

	Modèle gaussien	Modèle intégral	Modèle 3D (CFD)	Essai sur terrain	Essai sur maquette
Principaux avantages	Facilité de mise en œuvre Coût peu élevé	Facilité de mise en œuvre Coût peu élevé Densité (lourd, léger) thermique	Champ d'application étendu Débits variables Relief Rendu pédagogique excellent	Approche la plus fidèle : tous les phénomènes physiques sont pris en compte	Bonne reproduction de la géométrie et de la météo reproductibilité
Principales difficultés	1) Conditions météorologiques qui jouent un rôle essentiel au moment d'un rejet 2) Caractéristique du terme source 3) Caractéristiques d'un éventuel jet (direction, présence d'obstacles, ...) 4) Conditions de perte de confinement 5) Débit à la brèche 6) Obstacles et même en général de relief non pris en compte / terrain plat		1) 2) 3) 4) 5) Coût élevé Difficultés de mise en œuvre, données détaillées à réunir Nécessité des compétences (coût de M.O.) Raccordement cartographique entre 2D/3D	Coût très élevé Difficultés pratiques : disponibilités d'un terrain, météo le jour de l'essai et reproductibilité des essais.	Coût très élevé
Principales limitations	conditions météorologiques moyennes champ lointain (distance de l'ordre de 100 m à une dizaine de km de la source) et terrain plat aux nuages ne s'éloignant pas trop du sol (à cause du cisaillement verticaux) aux vents de direction constante et de vitesse non nulle à partir d'une vitesse de vent supérieure à 1 m/s	valable à condition que la concentration soit homogène à l'intérieur du nuage champ lointain (distance de l'ordre de 20 m à une dizaine de km de la source / 0-20 m au cas pas cas) à partir d'une vitesse de vent supérieure à 1 m/s aux vents de direction constante et de vitesse non nulle	Dépendent de la qualité des données d'entrée liées aux conditions et aux limites du problème à traiter (topographie, profils verticaux de vents et de température, etc.). Non prise en compte de la phase di-phasique (souvent)		Limitations pratiques du principe de similitude ⇒ corrections
Evolution prévisible	Pas d'évolution fondamentale au niveau des hypothèses Plus large diffusion Développement de systèmes d'alerte couplés avec des stations météorologiques	Pas d'évolution fondamentale au niveau des hypothèses Plus large diffusion	Améliorations : modélisation physique (rejets di-phasiques), ergonomie Validation en rejet accidentel Baisse du coût : modèle, machine	Utilisation orientée plus vers la validation de modèles 3D que vers la réponse directe	Utilisation orientée plus vers la validation de modèle 3D que vers la réponse directe

D. Eléments d'appréciation – Lecture critique de la modélisation d'un phénomène de dispersion atmosphérique

D.1. Examiner l'état physique initial du fluide diphasique

Attention : dans le cas d'un stockage de gaz liquéfié sous pression, une fuite par une soupape conduit généralement à une fuite en phase vapeur mais pas systématiquement. Dans certains cas, on peut assister à une fuite de type diphasique qui doit être prise en compte de manière spécifique (Cf. rapport « oméga 19 » disponible sur le site Internet www.ineris.fr).



D.2. Evaluation du terme source

Il convient de s'assurer que les éléments ci-dessous ont été examinés dans la démarche retenue par l'exploitant :

- i. Quelle est la base de données qui a servi pour rentrer les caractéristiques du produit ?
 - a. Propriété physico-chimiques
 - b. Toxicité (seuils – temps d'exposition)
- ii. Mode de rejet : rejet instantané, continu ou à des débits variables ?
- iii. Prise en compte des reliefs et des obstacles ?
- iv. Rejets bi-phasiques / prise en compte du confinement (possible) / diamètre de fuite maximum ? / conditions de pression, de température, phase des fluides ?
- v. Alimentation du rejet par l'amont et l'aval de l'écoulement nominal ?
- vi. Lieu de fuite ? (très important : le mauvais positionnement de la brèche peut donner une modélisation non pertinente)
- vii. Devenir de la phase liquide ?
- viii. Comportement de la fuite dans le temps ? (débit, confinement etc.)
- ix. Comportement des pompes et compresseurs en cas de perte de charge soudaine?
- x. Durée de la fuite : possibilités d'isolement, asservissement à des vannes et temps de réponse de celles-ci et cinétique de mise en œuvre de la chaîne de sécurité (détection, alarme, action)...

D.3. Quid des conditions météo?

Dans le cadre des études de dangers, les conditions de stabilité atmosphérique généralement retenues pour des rejets au niveau du sol sont de type D (neutre) et F (très stable) au sens de Pasquill, respectivement associées à des vitesses de vent de 5 et 3 m/s.

Dans certaines configurations de rejet et particulièrement pour les rejets en altitude (cheminée), les conditions défavorables peuvent être différentes de celles caractérisées par le couple (F, 3 m/s) généralement admises comme conduisant aux distances les plus pénalisantes pour les rejets à proximité du sol. En effet, de façon succincte, lorsqu'une atmosphère est instable (classes A et B de Pasquill), la dispersion atmosphérique verticale est favorisée. Le panache qui se forme est toutefois très ouvert. En conséquence, une part importante du produit émis se disperse vers le sol. Il en résulte que, malgré l'élévation initiale, les concentrations en polluants, au sol, peuvent être importantes.

A l'opposé, lorsqu'une atmosphère est stable, son aptitude à diffuser verticalement un polluant est faible. Le panache formé reste très peu ouvert. La dispersion s'opère donc en altitude et les concentrations de polluants, au sol, sont relativement faibles.

De ce fait, pour chacun des phénomènes, les conditions météorologiques figurant ci-après peuvent être considérées :

	Stabilité atmosphérique	Vitesses du vent considérées [m/s]
Rejet horizontal au niveau du sol	D	5 (conditions médianes)
	F	3 (conditions défavorables)
Rejet en altitude ou rejet vertical ou rejet de gaz léger	A	3
	B	3 et 5
	C	5 et 10
	D	5 et 10
	E	3
	F	3

Sur le territoire métropolitain, la température de l'atmosphère et du sol peut être fixée à 20°C pour les conditions de stabilité atmosphérique comprise entre A et E, et à 15°C pour la condition de stabilité atmosphérique F. L'humidité relative peut être retenue égale à 70%.

Concernant la direction du vent, la distance obtenue est indépendante de la direction du vent pour une modélisation avec un outil intégral (c'est pourquoi dans une étude de dangers on peut représenter facilement le résultat par un cercle de rayon égal à la distance obtenue par calcul). Pour une modélisation utilisant un calcul CFD en revanche, la direction du vent est un paramètre important puisque à chaque direction correspond un nouveau calcul. Dans ce cas, il est pertinent de bien choisir les directions

de vent pour lesquelles les calculs vont être effectués et de vérifier les raccordements entre les calculs (cf. fiche n° 5).

D.4. Dans quels cas est-il pertinent d'utiliser des modèles CFD tridimensionnels ?

La dispersion atmosphérique d'un produit est influencée par l'occupation du sol, à la fois dans le champ proche avec la présence d'obstacles isolés (bâtiments industriels, lotissements...), mais aussi dans le champ lointain avec l'existence d'accidents topographiques (vallées, falaises, collines, buttes ...). Ces éléments perturbent le champ de vent de façon mécanique.

Ces perturbations sont fonction de la taille et de la forme des obstacles topographiques rencontrés par le vent. Il est important de souligner que ces perturbations vont être observées à la fois en aval mais aussi en amont du changement de topographie.

Lorsque les irrégularités au sol sont de faible taille par rapport à celle du nuage, les perturbations qu'elles engendrent affectent de façon globale la dispersion du nuage. L'hypothèse d'un terrain idéalement plat et de rugosité uniforme est généralement bien adaptée à cette problématique. Un outil de calcul intégral peut ici être retenu.

Ceci étant, lorsque des obstacles de la taille du nuage existent, les exploitants peuvent être amenés à vous proposer d'utiliser de tels logiciels.

Plusieurs éléments d'appréciation à ma disposition me portent à considérer que l'utilisation de ces modèles ne peut être validée en l'état pour les études de dangers visant à servir d'appui à l'élaboration d'un PPRt et qu'il convient de la limiter aux sites où au moins l'une des deux conditions suivantes est respectée :

- les sites pour lesquels des obstacles importants, aussi bien naturels qu'anthropiques, s'interposent au cours de la migration du nuage (variation topographique due à ces obstacles naturels ou anthropiques de l'ordre d'une centaine de mètres et plus), pour lesquels ces modèles CFD semblent permettre d'obtenir des résultats plus précis que les autres modèles,
- les sites, notamment au sein de l'industrie de la chimie, pour lesquels les phénomènes dangereux pertinents pour la maîtrise de l'urbanisation présentent des effets particulièrement lointains, et de fait, pour lesquels des modifications des conditions de dispersion du nuage de produits polluants, au fur et à mesure de son déplacement, sont probables : il s'agit des sites pour lesquels les modélisations réalisées à partir de modèles gaussiens ou intégraux conduisent à des distances d'effets de plusieurs milliers de mètres pour les effets irréversibles. Toutefois, vous veillerez à examiner de manière très attentive les résultats des modélisations CFD alternatives lorsqu'elles conduisent à des distances d'effets (irréversibles) inférieures à environ 2000 mètres.

Dans tous les cas, il conviendra de faire appel à un tiers expert pour validation des paramètres de modélisation et du maillage retenu pour la modélisation à partir de modèles CFD.

S'agissant des études de dangers déjà remises à l'administration en utilisant ces modèles et dont l'inspection des installations classées a validé les conclusions par une tierce expertise menée par un organisme présentant des garanties que vous aurez jugées suffisantes, vous pourrez vous baser sur ces conclusions pour mettre en œuvre les politiques que la législation vous a confiées.

D.5. Justification du choix du modèle et du logiciel

Les points suivants ont pour but de permettre à l'inspection de mener une lecture critique de la démarche menée par l'exploitant notamment lorsque celle-ci est fondée sur des outils de calcul non usuellement utilisés ou en cas de doute sur la validité de certains modèles et/ou logiciels. Le choix du type de modèle dépend de la complexité des enjeux à traiter et est fonction du but du calcul (étude des risques accidentels, des risques chroniques ou d'intervention...). Pour le choix du logiciel, les points suivants sont à vérifier :

- Calage du logiciel : A t-il été calé sur le produit concerné? Sur quel produit ou famille de produits a-t-il été calé ? Avec quelles expériences et type de mesures physiques, sur quels paramètres ?

- Validation du logiciel : Comment a-t-il été validé ? Par le retour d'expérience (connaissance d'accidents dans des conditions similaires au cas étudié) ? Par des campagnes d'essais expérimentaux (grande échelle, maquette, etc.) et avec quelles mesures physiques (par des mesures réelles dans la mesure du possible et à partir d'interpolations, incertitudes liées aux protocoles et aux conditions de l'expérience et des mesures...)? Est-il possible d'obtenir des résultats des tests effectués permettant la comparaison du logiciel avec d'autres logiciels existant sur le marché ? Des grandeurs telles que la température, la vitesse ou la pression peuvent servir aux validations.

- Etude paramétrique : une étude de sensibilité des paramètres de calcul a t-elle été faite ? Si oui, sur quels paramètres ? Dans quelle plage de variation ?

- Domaine de validité :

i. Quelles sont les limites d'utilisation du modèle (vent, distance, etc.) et du logiciel (résolution numérique des équations, etc.) ?

ii. Quelles sont les plages d'utilisation ?

iii. Le domaine de validité du logiciel a t-il été qualifié (charte d'utilisation, formation, audit, etc.) à l'intention d'éventuels utilisateurs?

E. Conclusions

Les outils de calcul de dispersion atmosphérique sont des outils utiles pour l'analyse des phénomènes dangereux mais ne constituent qu'une part des éléments d'analyse. Ils doivent permettre de calculer et de visualiser les distances d'effets en tenant compte des seuils d'effets en vigueur en France et de mettre en évidence des effets de synergie. Cependant, compte tenu des incertitudes liées notamment aux simplifications retenues dans les outils de calcul de dispersion et aux seuils de toxicité utilisés, les résultats de calcul, qui sont avant tout fonction des phénomènes dangereux représentatifs étudiés, ont une précision acceptable pour l'élaboration d'un plan d'urgence, mais demandent une application plus prudente pour la définition de règles d'urbanisme.

Il importe que le logiciel soit mis en œuvre par des personnes ayant des connaissances suffisantes des phénomènes physiques et chimiques voire toxicologiques et écotoxicologiques mis en jeu et des réalités industrielles, ceci afin de conserver un regard critique sur les étapes du calcul et le résultat final.

Par ailleurs, les hypothèses simplificatrices et les corrélations employées dans les outils les plus simples sont généralement choisies de manière à ce que ces outils soient conservatoires. On est moins assuré d'être conservatoire avec des outils de calculs plus complexes. De fait, l'utilisation d'outils de calcul de dispersion atmosphérique doit être proportionnée à la complexité des enjeux à traiter.

Par principe, moins la démarche retenue est conservatoire et plus les choix effectués doivent être explicités et justifiés (essais expérimentaux pour une substance ou une famille chimique donnée, étude paramétrique des grandeurs physiques conditionnant la dispersion atmosphérique, etc.).

De manière générale, il convient toujours de commencer par un modèle intégral et de voir s'il est nécessaire d'affiner. Les outils de modélisations sont un moyen parmi d'autres pour affiner, vérifier ou conforter des solutions techniques proposées ou retenues dans le cadre de la maîtrise des risques d'une installation.

Il est rappelé qu'au-delà des résultats de la modélisation (et même en amont des calculs), c'est la compétence du modélisateur à la fois vis-à-vis du modèle lui-même (paramétrage...) que vis-à-vis des phénomènes à modéliser (type de fuites, comportement des produits etc.) qui est d'importance.

De plus, au-delà de la détermination de distances d'effet, la compréhension des phénomènes qu'apporte un modèle bien utilisé permet de conforter des choix techniques sur les éléments de sécurité (rétention, capteurs, confinements etc.).

Dans le cas où il y aurait des doutes sur la validité des calculs remis par l'exploitant, un complément d'information peut lui être demandé. Une étude critique peut être éventuellement envisagée. Dans ce cas, la finalité de cette tierce expertise est de valider la pertinence de la démarche développée par l'exploitant et l'ordre de grandeur des distances d'effets issues de la modélisation.

1.1.3 Fiche 3 : Les phénomènes dangereux associés aux GPL dans les établissements de stockage hors raffineries et pétrochimie – l'UVCE

A. Définition

Un UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) est une explosion de gaz à l'air libre. Dans le cas d'un gaz inflammable, tel que les GPL, cette explosion produit :

- des effets thermiques,
- des effets de pression.

B. Théorie

B.1 Description du phénomène

Un UVCE comprend généralement les étapes suivantes :

- rejet dans l'atmosphère d'un GPL, le produit étant en phase gaz ou en phase liquide,
- mélange avec l'oxygène de l'air pour former un volume inflammable,
- de manière concomitante, dilution et transport du nuage de gaz dont une partie du volume reste inflammable,
- inflammation de ce nuage,
- propagation d'un front de flamme des parties inflammables du nuage ; ce front de flamme, associé à l'expansion des gaz brûlés, agit à la manière d'un piston sur les gaz frais environnants et peut être à l'origine de la formation d'une onde de pression aérienne, appelée déflagration, si sa vitesse de propagation est suffisante,
- enfin, le cas échéant, mélange avec l'air et combustion des parties du nuage qui étaient initialement trop riches en combustible pour être inflammables.

Le vocabulaire distingue, selon les effets produits, l'UVCE du **Flash fire**, ou **Feu de nuage**. De manière générale, le terme UVCE s'applique lorsque des effets de pression sont observés, alors que le terme Flash fire est réservé aux situations où la combustion du nuage ne produit pas d'effets de pression. Cependant il s'agit dans les deux cas du même phénomène physique, à savoir la combustion d'un mélange gazeux inflammable.

B.2. Accélération des flammes et effets de pression

Lors d'une déflagration, plusieurs régimes de combustion des gaz sont susceptibles d'être observés successivement au cours du temps. La situation expérimentale suivante permet d'expliquer les mécanismes de production des effets de pression lors d'un UVCE. Il s'agit bien sûr d'un exemple, les configurations industrielles peuvent être beaucoup plus complexes, mais les mécanismes physiques mis en jeu sont les mêmes.

On considère un volume inflammable de forme hémisphérique, initialement au repos, dans lequel sont disposés des obstacles. Une source d'inflammation est placée au sol, au centre de l'hémisphère (image n° 1).

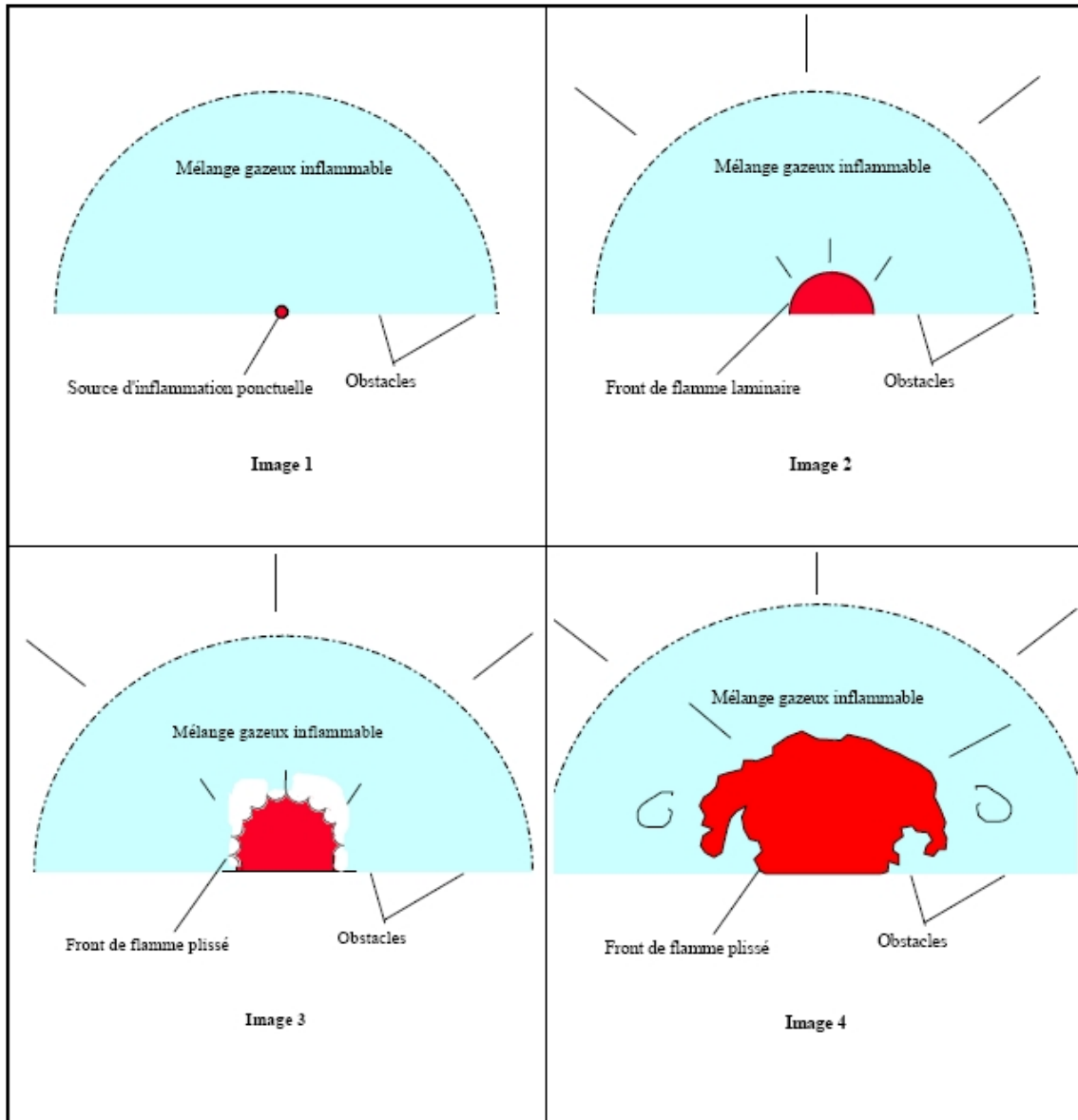
Juste après l'inflammation, le régime de combustion des gaz est généralement laminaire et un front de flamme se développe sphériquement autour du point d'allumage (image n° 2). Ce front de flamme est lisse et caractérisé par une épaisseur relativement faible (de l'ordre de 0,1 mm) de sorte qu'il peut être assimilé à une interface réactive transformant le mélange gazeux inflammable (gaz frais) en gaz brûlés. Ces derniers ont une densité moindre (d'un facteur 8 environ dans le cas des mélanges GPL-air) que le mélange gazeux initial, si bien qu'il s'ensuit une brusque expansion volumique capable de mettre en mouvement les gaz frais, situés en aval, devant les flammes. Ces dernières agissent comme un piston sur les gaz réactifs et provoquent leur écoulement (images n° 3 et n° 4).

Tant que le régime de combustion est laminaire, la vitesse relative du front de flamme par rapport au gaz frais, appelée vitesse fondamentale de combustion est de l'ordre de 0,5 m/s pour des mélanges propane-air ou butane-air.

La vitesse absolue (dans un repère fixe) du front de flamme correspond dans ce cas au rapport d'expansion des gaz multiplié par la vitesse fondamentale de combustion et est donc de l'ordre de quelques m/s.

Un front de flamme laminaire est très sensible aux perturbations de son environnement : variation de la vitesse des gaz, interaction avec des ondes de pression, variation locale de la concentration du mélange... Rapidement, la flamme prend une structure plissée et instable (image 3), ce qui a pour effet d'accroître la surface de flamme, donc la consommation des gaz frais, la production de gaz brûlés et la vitesse du front de flamme. Le frottement du fluide sur des parois ou son interaction avec des obstacles induit de la turbulence dans l'écoulement, ce qui accentue encore ce phénomène (image 4). En retour, cette accélération augmente la vitesse d'écoulement des gaz frais et le niveau de turbulence de l'écoulement. Ainsi, par ce mécanisme auto-entretenu, la flamme s'accélère d'elle-même : il s'agit du régime de **déflagration**.

La présence d'un confinement partiel (mur, auvent, etc...) peut accentuer la montée en pression en bloquant l'expansion volumique des gaz dans une ou plusieurs directions.



La flamme ne peut toutefois s'accélérer indéfiniment. Lorsque le régime de déflagration devient suffisamment rapide, l'onde de choc qui se forme en avant du front de flamme peut comprimer le mélange de gaz frais jusqu'à sa température d'auto-inflammation. Si tel est le cas, il peut se former derrière l'onde de pression une zone de combustion qui se propage à la même vitesse. La zone de combustion « entretient » l'onde en compensant son atténuation naturelle, tandis que l'onde « entretient » la flamme par auto-inflammation : il s'agit du régime de **détonation**. En pratique, la transition vers la détonation peut se produire dès lors que la vitesse de la flamme devient comparable à la vitesse du son dans les gaz brûlés, soit au moins 500 m/s. Elle s'observe en général pour des vitesses de flamme de l'ordre de 2000 m/s. Dans le cas d'un UVCE de GPL, la détonation est exceptionnelle. Le régime d'explosion à retenir est celui de la **déflagration**.

C. Descriptions des effets

Les effets générés par un UVCE sont fortement dépendants des conditions locales dans lesquelles l'explosion a lieu : conditions du mélange gazeux et conditions de l'environnement.

Paramètres propres au mélange gazeux	Paramètres propres à l'environnement
Réactivité (vitesse fondamentale de combustion, taux d'expansion)	Source d'inflammation (position par rapport au nuage, énergie)
Concentration et homogénéité	Encombrement (nombre, position, taille des obstacles)
Turbulence propre du jet	Confinement partiel

C.1. Effets thermiques

L'expérience montre qu'en pratique, les effets thermiques de l'UVCE ne sont pas dus au rayonnement thermique (très court) du nuage enflammé, mais uniquement au passage du front de flamme. Autrement dit, toute personne se trouvant sur le parcours de la flamme est susceptible de subir l'effet létal, mais celui-ci n'excède pas la limite extrême atteinte par le front de flamme. Ainsi, l'effet thermique de l'UVCE ou du Flash Fire (rappelons qu'il s'agit du même phénomène physique) sur l'homme est dimensionné par la distance à la LII³.

C.2. Effets de surpression

Ces effets sont produits par l'effet piston du front de flamme sur les gaz frais. Plus la propagation du front de flamme est rapide et plus son accélération est grande, plus l'amplitude de l'onde de pression est importante. Celle-ci se propage dans l'environnement à la façon d'une onde de choc dont l'amplitude s'atténue lorsque l'on s'éloigne du centre de l'explosion, de manière inversement proportionnelle à la distance.

En l'absence d'obstacle, on observe expérimentalement que la propagation de la flamme dans un mélange homogène et au repos est très faiblement accélérée, et que les niveaux de pression associés n'excèdent pas quelques millibars. En revanche, la présence d'un écoulement turbulent ou de gradients de concentration suffit à accélérer la flamme et à engendrer des niveaux de pression plus élevés, même en l'absence d'obstacle.

D. Causes – Réalités physiques

Les causes d'un UVCE

Pour obtenir un UVCE il faut deux conditions réalisées simultanément :

- un nuage de gaz inflammable (dont la concentration en combustible se situe entre la LII et la LSI⁴),

³ LII : Limite Inférieure d'Inflammabilité
⁴ LSI : Limite Supérieure d'Inflammabilité

- une source d'inflammation.

Tous les phénomènes de rupture de canalisation ou de fuite d'un GPL peuvent engendrer un UVCE. La fuite peut être liquide ou gazeuse, mais à conditions de fuite équivalentes (pression, température, section de fuite), une fuite en phase liquide produit des nuages inflammables toujours beaucoup plus grands qu'une fuite en phase gazeuse, car le débit rejeté est beaucoup plus élevé (pour les GPL dans des conditions ambiantes, 1 litre de phase liquide engendre de l'ordre de 250 litres de phase gazeuse).

Remarques sur la formation du nuage inflammable

La formation et la dispersion du nuage inflammable sont influencées par de nombreux phénomènes, qui ne sont pas toujours pris en compte dans les modèles :

- **Forme de la brèche** : la forme de la brèche a une influence sur la forme du jet. Ainsi une fuite sur un plan de joint (bride) engendre un jet « plan », dont le développement est différent du jet « bâton » formé par exemple par la rupture guillotine d'un piquage. La forme de la brèche a donc une influence directe sur le volume inflammable formé, qui n'est pas prise en compte par les modèles de calcul de terme source. Les méthodes habituellement utilisées consistent à calculer un diamètre de fuite équivalent et à assimiler le rejet à un jet « bâton ». Cette approche devrait être conservatoire, car un jet plan devrait plutôt avoir tendance à favoriser la dilution et donc à diminuer les volumes inflammables. On manque néanmoins de données expérimentales sur le sujet.
- **Direction du rejet** : la direction du rejet (verticale, horizontale), de même que sa hauteur par rapport au sol ont une influence non négligeable sur la formation du nuage inflammable. De manière générale, la dilution est plus rapide pour un jet vertical (vers le haut) que pour un jet horizontal, et pour un rejet en hauteur que pour un rejet au sol. Par conséquent, la distance à la LII est généralement maximale lorsque le jet se produit horizontalement au niveau du sol. Enfin, un rejet en hauteur présente généralement moins de risques, car la plupart des cibles et des sources d'inflammation potentielles sont situées au sol.
- **Impact du jet** : on parle de jet impactant lorsque le jet rencontre un obstacle sur sa trajectoire, à proximité du point de fuite. Dans le cas d'un **jet impactant**, l'expérience montre que le volume inflammable formé pourrait être plusieurs fois supérieur à celui formé en jet libre, à conditions de fuite (diamètre de la brèche, pression) identiques. Cet accroissement de volume est produit par les phénomènes de déflexion et de re-circulation induits par les obstacles proches du point de fuite. Une analyse au cas par cas, en fonction de la taille, de la position des obstacles et de la quantité de mouvement du rejet, est nécessaire pour donner une estimation du volume inflammable à prendre en compte pour le calcul d'explosion.
- L'impact du jet sur un obstacle perturbe fortement la dispersion par rapport à une situation de champ libre, et pourrait conduire soit à une augmentation, soit à une diminution de la distance à la LII. Une étude au cas par cas, éventuellement par une simulation tridimensionnelle, est nécessaire.
- Les données expérimentales pour le butane et le propane montrent qu'en cas de fuite sur la phase liquide, **il n'y a quasiment pas de formation de**

flaque au sol si le rejet n'est pas impactant. Il n'y a donc pas de calcul d'évaporation de flaque.

- En régime permanent (c'est-à-dire lorsque la fuite est alimentée avec un débit constant), le volume inflammable et la distance à la LII ne dépendent pas de la quantité rejetée, ni de la durée du rejet. Dans le cas d'un jet sous pression, le régime permanent peut être atteint rapidement (souvent moins d'une minute).

C'est pourquoi les mesures de sécurité destinées à réduire le temps de fuite ne se traduisent pas toujours par une réduction des distances d'effet dans les résultats donnés par les modèles de calcul, si la durée de la fuite reste supérieure à la durée d'établissement du régime permanent. Cependant, ces mesures vont bien entendu dans le sens de la sécurité, car elles permettent de réduire considérablement **le temps de présence du nuage inflammable**, et donc le **risque d'inflammation**. Enfin, en cas de feu torche, la limitation de la durée de fuite permet souvent de réduire les distances d'effet, et limite l'agression thermique sur les structures, donc le risque d'effet domino.

- La distance du point de rejet à la LII ne peut pas être plus grande que celle atteinte en régime établi.
- Dans le cas d'une fuite établie, on observe généralement une diminution rapide du débit, due à une chute de la température dans la canalisation. Cette chute de débit s'ajoute à celle induite par la vaporisation partielle du liquide dans la canalisation avant la brèche (phénomène de flash).
- **Conditions météorologiques** : L'influence de la stabilité atmosphérique et de la vitesse du vent sur la formation des nuages est complexe, car plusieurs mécanismes physiques entrent en compétition.

Néanmoins, on peut dégager quelques tendances générales :

- les volumes inflammables les plus grands sont généralement produits lorsque l'atmosphère est très stable, car la dilution est faible,
- la vitesse du vent entraîne deux effets contraires : un vent fort favorise la dilution, donc la réduction du volume inflammable, mais peut entraîner le nuage à des distances plus élevées par advection,
- lors d'un rejet de GPL, le nuage visible, dû à la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique, n'a aucun rapport avec la distance à la LII. Selon le taux d'humidité de l'air, le nuage visible est tantôt plus petit, tantôt plus grand que le nuage inflammable.

E. Modélisation des effets

En premier lieu, il est important de rappeler que les méthodes de calculs présentées ne permettent pas d'obtenir plus que des ordres de grandeur, sur lesquels la marge d'erreur n'est généralement pas quantifiable mais peut être relativement importante. Les effets modélisés (thermiques et surpression) sont ceux générés par **l'extension maximale du nuage au moment de l'inflammation**. Le point d'inflammation ressort de **l'analyse de risque**.

Le calcul d'un scénario d'explosion d'un nuage est réalisé en plusieurs temps :

- détermination du **terme source**,
- un calcul de **dispersion** du nuage inflammable,

- un calcul d'**explosion**.

Les distances d'effets sont déduites du calcul de dispersion (effets thermiques) et du calcul d'explosion (effets de pression).

E.1. Calcul du terme source

E.1.1. Paramètres à définir

Quantité rejetée	Diamètre de la brèche
Phase rejetée (gazeuse ou liquide)	Hauteur de liquide par rapport à la brèche
Température	Longueur de canalisation
Pression	Direction du rejet : horizontal, vertical, impactant ou non
Durée de la fuite	Hauteur du rejet
Composition du produit	Pertes de charge

Le calcul prend également en compte les propriétés thermophysiques du produit. Pour la densité, les valeurs à retenir sont celles du Comité Français du Butane et du Propane, qui fournit les tables et les courbes de variation de la densité en fonction de la température. Les valeurs de densité du propane et du butane dans les conditions ambiantes sont indiquées dans le tableau suivant.

Propane	Butane
515 kg/m ³ à 15°C	585 kg/m ³ à 15°C
508 kg/m ³ à 20°C	579 kg/m ³ à 20°C

Le choix d'une valeur de densité à 15°C ou 20°C a une influence minime sur les distances d'effet calculées (moins de 5%)

E.1.2. Hypothèses de calcul

Le calcul de la formation et de la dispersion d'un nuage inflammable fait intervenir un grand nombre d'hypothèses de calcul liées à la définition du scénario, dont certaines sont liées aux caractéristiques de la fuite, et d'autres à l'environnement du rejet. **Le choix des hypothèses faites doit être justifié explicitement par l'analyse des risques.**

De manière générale, dans les cas de la rupture d'une tuyauterie, l'hypothèse majorante consiste à considérer les deux rejets (des contributions amont et aval) dans le même sens et à additionner les débits. Cette hypothèse conservatoire est sans doute peu représentative de la réalité dans la plupart des cas, mais on ne dispose pas aujourd'hui de modèle conservatoire plus précis décrivant la forme d'un nuage alimenté par deux fuites de sens opposés. Deux cas peuvent se présenter :

- les deux contributions sont alimentées (par exemple, lors de la rupture d'un bras de chargement en cours de dépotage si aucune mesure de maîtrise des risques n'est prise en compte : l'amont est alimenté par la vidange du camion, l'aval est alimenté par la vidange du réservoir) ;

- une seule contribution est alimentée, l'autre correspondant à la vidange d'un tronçon de canalisation.

Dans ce cas, la durée de fuite des deux contributions peut être très différente. A noter que le débit de dépressurisation d'une canalisation est variable dans le temps, et peut être calculé par tronçon.

Autant que possible (données disponibles, possibilité des outils de modélisation), on prendra en compte les pertes de charge générées par les différents équipements présents le long des canalisations (coudes, vannes, clapets internes, clapets de rupture...).

En cas d'arrachement de bras sur un poste de transfert « camion », la contribution du camion à la fuite est modélisée à partir de l'arrière du camion.

En cas d'arrachement de bras sur un poste de transfert « wagon » la contribution du wagon à la fuite est modélisée perpendiculairement au wagon dans le prolongement du piquage.

La fuite sur bride est modélisée par une fuite de dimension « épaisseur du joint x largeur du secteur angulaire défini par deux boulons successifs ».

E.2. Dispersion du nuage de gaz

Le calcul de dispersion est généralement réalisé avec un logiciel de dispersion atmosphérique, par exemple PHAST (développé par DNV), FRED (développé par SHELL), SIGMA (développé par l'IRSN)... Les modèles de dispersion peuvent différer d'un code à l'autre, ce qui peut être source d'écart dans les résultats. Néanmoins, les hypothèses de départ restent semblables.

E.2.1. Paramètres à définir

Le calcul de la dispersion du nuage fait intervenir des paramètres liés aux conditions extérieures, comme l'état atmosphérique et l'environnement du rejet.

Les conditions météorologiques sont généralement définies par trois paramètres :

- la stabilité atmosphérique,
- la vitesse du vent,
- la température ambiante.

La stabilité atmosphérique est souvent décrite à l'aide des classes de stabilité de Pasquill. On distingue 6 classes allant des atmosphères très instables (A, B) aux atmosphères très stables (E, F), en passant par des atmosphères neutres (C, D). Il existe cependant d'autres systèmes de classification comme celle de Doury qui ne définit que deux classes : les classes de diffusion normale (DN) qui regroupent les classes A à D de Pasquill et les classes de diffusion faible (DF) qui regroupent les classes E et F de Pasquill.

De plus certaines conditions de stabilité ne sont pas compatibles avec certaines vitesses de vent. Le tableau qui suit donne un exemple de la compatibilité des classes de stabilité de Pasquill avec certaines conditions météorologiques.

Vitesse du vent à 10 m	JOUR			NUIT	
	Rayonnement solaire incident			Nébulosité	
	Fort	Modéré	Faible	Entre 4/8 et 7/8	<3/8
[m/s]					
<2	A	A-B	B	F	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Pour ces raisons, il est recommandé, a minima, de calculer les distances d'effets dans les conditions météorologiques suivantes :

D, 5, 20	F, 3, 15
Atmosphère neutre	Atmosphère très stable
Vitesse du vent, à une altitude de 10 mètres, égale à 5 m/s	Vitesse du vent, à une altitude de 10 mètres, égale à 3 m/s
Température ambiante égale à 20°C	Température ambiante égale à 15°C

Environnement du rejet : les obstacles et les accidents topographiques perturbent la trajectoire du vent et modifient les caractéristiques moyennes et turbulentes de l'écoulement de l'air. Ces modifications sont, naturellement, fonction de la taille et de la forme des obstacles topographiques rencontrés par le vent. Les logiciels utilisant des modèles intégraux ne permettent pas de prendre en compte le relief, ni la présence d'obstacles à la dispersion des nuages (bâtiments), et supposent une direction et un profil de vent constants dans le temps. Lorsque les irrégularités au sol sont de faible taille par rapport à celle du nuage, les perturbations qu'elles engendrent affectent de façon globale la dispersion du nuage. L'hypothèse d'un terrain idéalement plat et de rugosité uniforme est généralement bien adaptée à cette problématique.

La rugosité peut être interprétée comme un coefficient de frottement du nuage sur le sol, et produit deux types d'effets antagonistes :

- elle augmente la turbulence, ce qui favorise la dilution,
- elle freine le nuage, ce qui favorise l'effet d'accumulation et la concentration.

La rugosité varie selon le type d'environnement : champs, habitat dispersé, environnement industriel ou urbain ...

La rugosité a une influence non négligeable sur la dispersion des nuages de GPL, car ceux-ci ont un comportement de « gaz rampant » au sol, du fait de leur densité plus élevée que celle de l'air.

E.2.2. Résultats :

Le calcul de dispersion permet d'obtenir trois types de résultats :

- la distance maximale atteinte par le nuage inflammable à sa limite inférieure d'inflammabilité ou **distance à la LII**,
- la masse de GPL contenue dans le nuage inflammable (ou **masse inflammable**) : en théorie, il s'agit de la masse de GPL dont la concentration est comprise entre la LII et la LSI. En pratique, l'expérience montre que les parties du nuage initialement trop riches en combustible se diluent pendant l'expansion volumétrique du nuage et brûlent également. Il est donc préférable d'évaluer la quantité inflammable à partir de la masse de GPL de concentration supérieure à la LII, sachant que la quantité initialement trop riche ne représente que quelques pourcents de la quantité initialement comprise entre la LII et la LSI,
- la forme du nuage, en particulier sa largeur et sa hauteur.

La distance à la LII représente le rayon maximal, compté à partir du point de fuite, qui peut être atteint par le nuage inflammable. Cela ne signifie pas pour autant que le nuage inflammable recouvre la surface du cercle délimité par la distance à la LII, mais qu'il prend la forme d'un panache inflammable dont la longueur est au maximum égale à la distance à la LII.

E.3. Explosion du nuage de gaz – Effets de pression

Il existe plusieurs méthodes de calcul des effets de pression d'un UVCE, pour la plupart fondées sur le concept Multi-energy.

Parmi les plus couramment utilisées on trouve :

- la méthode Multi-energy (TNO)
- la méthode CAM (Congestion Assessment Method, Shell)
- la méthode de Baker-Strehlow.

L'idée centrale de ces méthodes est qu'une explosion de gaz produit des effets d'autant plus importants qu'elle se développe dans un environnement encombré ou turbulent dans lequel la flamme peut se propager rapidement, et qu'en dehors de ces zones, les effets de pression associés à la propagation de la flamme sont minimes. Pour une situation réelle où la dimension maximum du nuage explosif a été préalablement estimée, on repère les endroits où la densité d'obstacles ou le degré de turbulence du nuage sont susceptibles d'être importants et on modélise l'explosion globale par une succession d'impulsions de pression engendrées par la propagation de la flamme à travers ces zones. En fait, tout se passe comme s'il n'y avait pas une, mais plusieurs explosions. On associe à chaque explosion « élémentaire » un indice de violence (sur une échelle de 1 à 10 pour la méthode Multi-Energy) qui représente la surpression maximale qui peut être obtenue dans la zone associée. Outre ces considérations géométriques la réactivité propre du gaz inflammable doit être prise en considération.

Les distances d'effets calculées ne sont pas liées directement à la quantité de produit rejeté, ni au volume des nuages inflammables formés, mais bien au volume des zones d'encombrement et de confinement. Aussi, des scénarios différents, mettant en jeu des débits de fuite et des quantités de produits différents conduisent aux mêmes distances d'effets si les nuages inflammables formés couvrent les mêmes zones encombrées.

Les méthodes fondées sur l'équivalent TNT sont inadaptées au calcul des effets d'un UVCE et ne sont pas forcément majorantes (Mouilleau et Lechaudel, 1999).

L'application de la méthode Multi-énergie ou d'une méthode équivalente (CAM, Baker Strehlow) qui prend en compte les zones en champ libre et les zones encombrées est recommandée

E.3.1. Détermination de l'énergie d'explosion

E.3.1.1. Propriétés de combustion du produit

L'énergie de l'explosion est liée :

- à la chaleur de combustion du gaz,
- au volume inflammable considéré.

	Propane	Butane
Energie de combustion	46 MJ/kg *	45,9 MJ/kg *
	3,46 MJ/m ³ **	3,48 MJ/m ³ **
Limites d'inflammabilité (% vol)	2,1 % - 9,5 %	1,3 % – 8,5 %
Concentration stœchiométrique	4,0 %	3,1 %

* par kg de produit

** par m³ de mélange stœchiométrique

E.3.1.2. Calcul du volume inflammable en champ libre

Le calcul de dispersion permet de déterminer la masse de GPL contenue dans le nuage inflammable.

Toutefois, il ne permet pas de déterminer le volume de nuage dont la concentration est comprise entre la LII et la LSI. La concentration dans le nuage est variable ; il y a des gradients, avec des zones de concentration supérieure à la concentration stœchiométrique, et d'autres de concentration inférieure.

En moyenne, considérer que toute la masse inflammable est diluée à la concentration stœchiométrique permet de calculer le volume inflammable avec une bonne approximation.

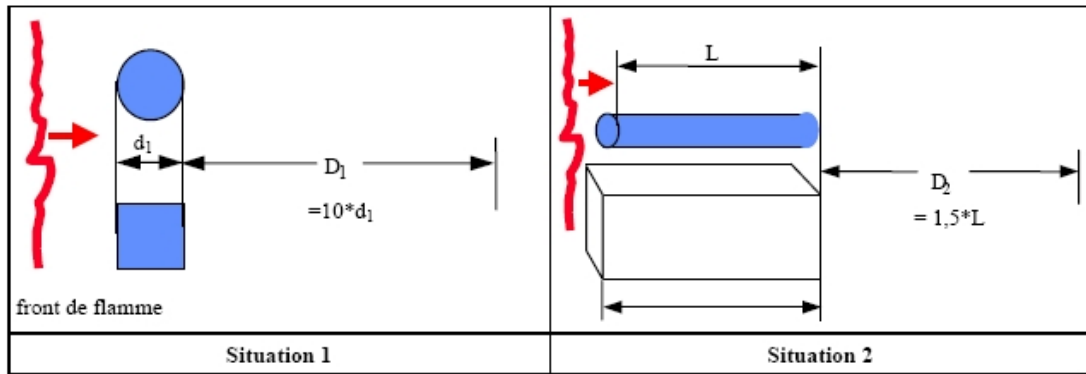
On a ainsi $V_{inf} = M_{inf} / (\rho_{gaz} \cdot C)$ où C est la concentration volumique de gaz dans le nuage.

En champ libre, la masse réagissant à considérer pour la suite de la modélisation est celle que le nuage aurait s'il avait atteint son expansion maximale (masse à la LII).

E.3.1.3. Détermination des zones encombrées indépendantes

On dispose des quelques critères simples suivants, proposés par le TNO, pour déterminer les zones encombrées « indépendantes » au sens de la méthode Multi-Energy:

- deux obstacles appartiennent à une même zone si la distance qui les sépare est inférieure à 10 fois la plus petite dimension orientée perpendiculairement à la direction des flammes (situation 1), ou 1,5 fois la dimension orientée parallèlement à l'obstacle (situation 2). Par exemple, dans la situation 1 où la flamme se propage perpendiculairement à l'axe d'un obstacle cylindrique, la plus petite dimension perpendiculaire à la direction des flammes est le diamètre du cylindre



- deux zones séparées par plus de 25 m sont indépendantes.

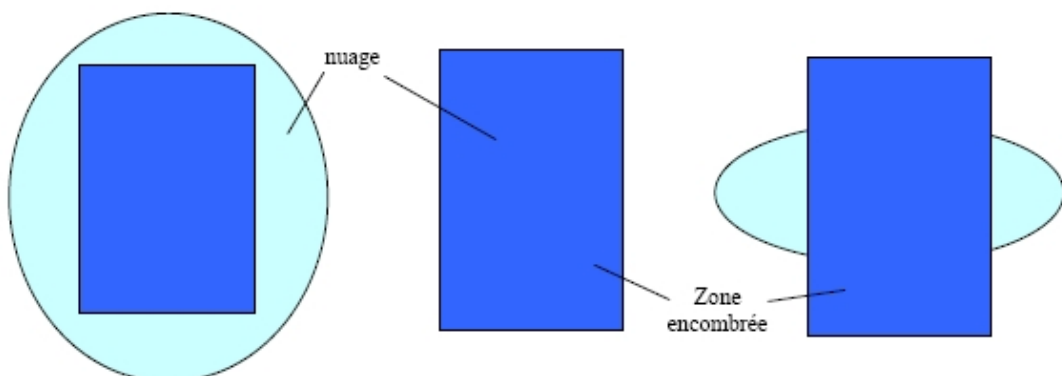
En général, la détermination des zones encombrées est assez intuitive. Sur un site GPL, il s'agit principalement :

- des postes de chargement et déchargement,
- des pomperies,
- des stockages de bouteilles,
- des zones de stationnement de camions et de wagons.

Le volume des zones encombrées est calculé en retranchant le volume des obstacles. Le taux d'encombrement est souvent difficile à estimer, mais il est en général plus faible que l'intuition le laisserait supposer. A titre indicatif, le taux d'encombrement d'un casier de bouteilles est de 30 à 35%.

E.3.1.4. Détermination du volume inflammable dans la zone encombrée

Il s'agit dans cette étape de superposer le profil du nuage inflammable à la cartographie des zones encombrées.



Le nuage recouvre totalement la zone encombrée :
 $V_{\text{infi}} = V_{\text{encombre}}$

Le nuage est contenu dans la zone encombrée :
 $V_{\text{infi}} = V_{\text{nuage}}$

Le nuage recouvre partiellement la zone encombrée :
 $V_{\text{infi}} = V_{\text{encombre recouvert par le nuage}}$

Cette comparaison doit également être effectuée dans la hauteur. Les obstacles ne sont pris en compte que sur la hauteur du nuage.

La précision requise sur le calcul du volume inflammable est assez relative. Comme il intervient à la puissance 1/3 dans le calcul de la surpression, un écart de 10% sur le volume inflammable induit une erreur d'environ 3% sur le calcul de la distance à un seuil de surpression donnée.

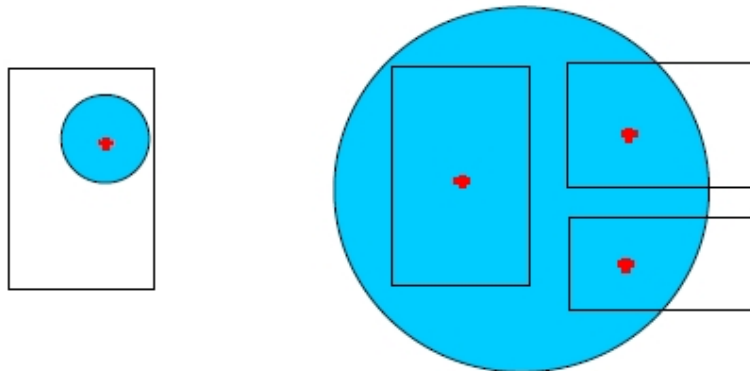
E.3.1.5. Calcul de l'énergie d'explosion

Une fois déterminé le volume inflammable à considérer dans chaque zone encombrée, l'énergie de chacune des explosions élémentaires est aisément calculée en multipliant le volume inflammable par la chaleur de combustion du gaz considéré.

E.3.2. Identification du centre de l'explosion

L'identification du centre de l'explosion est une étape primordiale, car c'est à partir de ce point que sont comptées les distances d'effet. Il est donc **impératif que pour chaque nuage de gaz pouvant exploser, l'étude indique les coordonnées du centre de l'explosion et la distance d'effets à partir de ce centre.**

Explosions dans des zones encombrées - **deux cas se présentent**



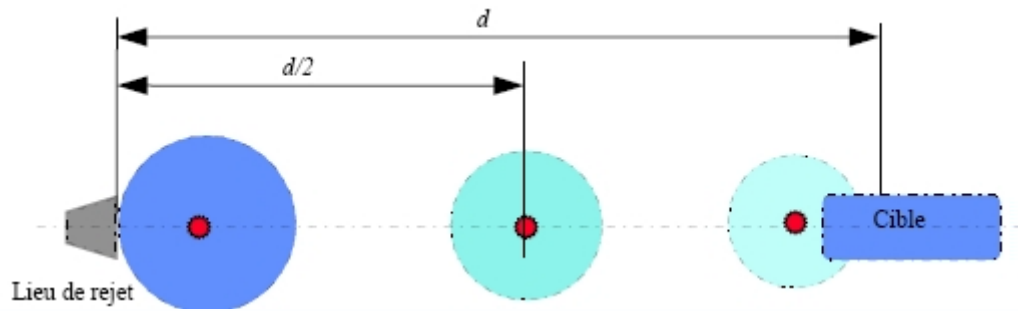
*Cas 1 : le nuage est contenu dans la zone encombrée :
Centre d'explosion = centre du nuage*

*Cas 2 : le nuage couvre totalement ou partiellement plusieurs zones encombrées :
Centres d'explosion = centre de chaque zone encombrée, ou centre de la partie encombrée recouverte par le nuage*

Dans le cas d'une explosion en champ libre, la totalité de la masse inflammable doit être considérée et les deux situations suivantes peuvent se présenter.

E.3.2.1 Cas des nuages dérivant en champ libre

Lors d'un rejet massif de produit pendant une durée très courte (ruine de réservoir, ou jet transitoire sous pression), il se forme un nuage dérivant, dont le volume inflammable diminue au fur et à mesure du déplacement du nuage. On suppose que le nuage dérive en champ libre c'est-à-dire qu'il ne rencontre pas d'obstacle à sa dispersion, ni de zone encombrée qui favoriserait une explosion violente.



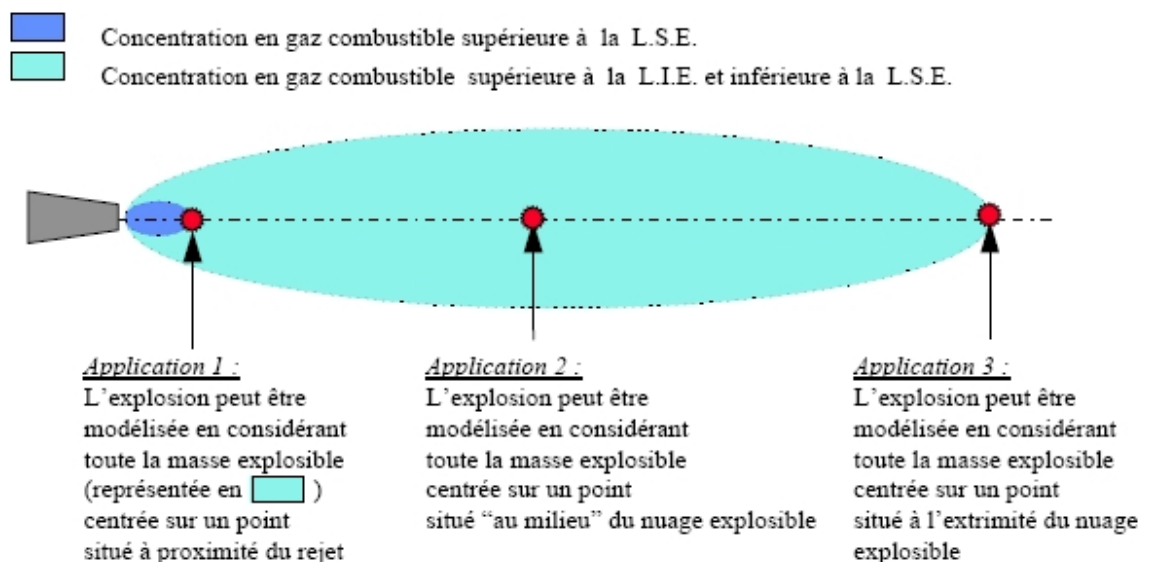
Trois situations-types peuvent être identifiées.

Situation 1	Situation 2	Situation 3
Inflammation à proximité immédiate du rejet	Inflammation au cours de la dérive du nuage	Inflammation à la distance à la LII
Volume inflammable maximum	Volume inflammable intermédiaire	Volume inflammable minimum
Turbulence du jet élevée	Turbulence du jet atténuée	Turbulence atmosphérique
Surpression maximale dans le nuage de l'ordre de 100 mbar	Surpression maximale dans le nuage de l'ordre de 50 mbar	Surpression maximale dans le nuage de l'ordre de 20 mbar
Explosion loin de la cible	Explosion à mi-distance entre la source et la cible	Explosion proche de la cible

Les trois situations méritent d'être étudiées, sans qu'il soit possible de déterminer a priori la plus pénalisante. Dans la situation 1, le volume inflammable est important et la surpression maximale élevée, mais l'explosion se produit loin de la cible, si bien que l'effet de pression sur cette cible peut être de faible ampleur. A l'opposé, dans la situation 3, le volume inflammable a beaucoup diminué, la surpression maximale est faible car le nuage est peu turbulent, mais l'explosion se produit au niveau de la cible. Tout dépend, dans ces cas, de l'éloignement de la cible et du seuil d'effet étudié.

E.3.2.2 Cas des fuites alimentées en champ libre

Dans le cas des jets sous pression en régime permanent, le nuage inflammable prend la forme d'un ellipsoïde très allongé.

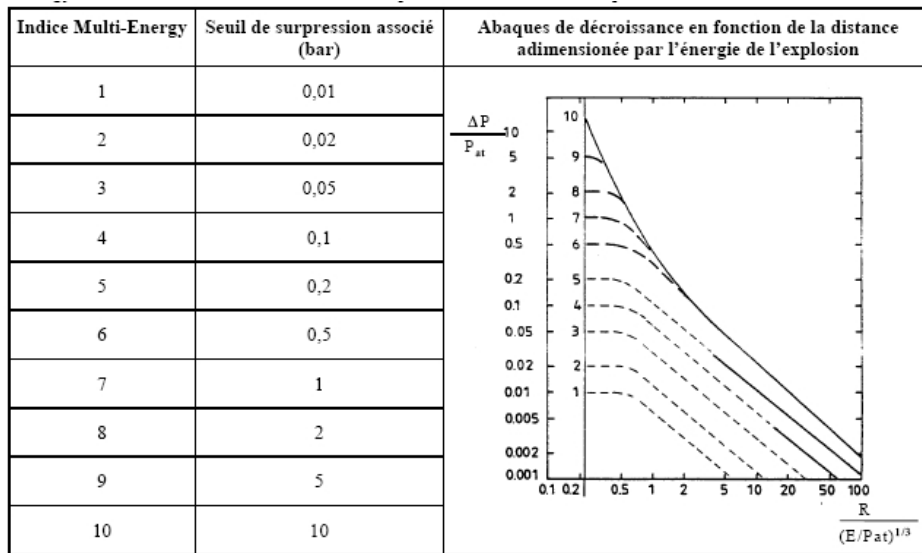


L'application 3 correspond au cas où le nuage rencontre une source d'inflammation préexistante à sa dispersion.

Toutefois, la surpression produite dans une telle situation est peu élevée car la propagation du front de flamme n'est pas sphérique. Du point de vue des effets, les résultats expérimentaux disponibles montrent que la situation 2 est la plus pénalisante. Elle est susceptible de se produire lorsqu'une source d'inflammation transitoire apparaît dans le nuage après sa formation. L'application 2 est donc préconisée : centre de l'explosion positionné à une 1/2 distance « point de fuite – point d'inflammation ».

E.3.2.3 Choix d'un indice de violence

L'indice de violence correspond au niveau de surpression maximal produit par l'explosion. A chaque indice de violence est associée une courbe de décroissance des surpressions aériennes. Dans le cas de la méthode Multi-Energy, les indices sont notés de 1 à 10, et correspondent aux niveaux de surpression suivants :



Les courbes d'indice supérieur ou égal à 6 sont confondues pour les niveaux de pression inférieurs à 0,2 bar.

Le niveau de surpression maximal est directement lié à la vitesse de flamme atteinte lors de la combustion du nuage.

En théorie, il suffirait de calculer cette vitesse de flamme pour déterminer précisément l'indice de violence à retenir.

En pratique, ce calcul est difficile à effectuer, car il dépend de plusieurs paramètres :

- la réactivité propre du gaz,
- la turbulence propre du jet,
- la densité d'obstacles présents sur le parcours de la flamme,
- l'énergie de la source d'inflammation.

Pour un site GPL, on pourra s'accorder pour retenir les ordres de grandeur suivants :

Nature du volume inflammable	Ordre de grandeur de la surpression maximale*
Nuage quasiment au repos en champ libre	< 20 mbar (Réf 1)
Jet turbulent en champ libre	50 à 100 mbar (Réf 2) selon la puissance du jet
Casiers de bouteilles	500 – 1000 mbar (Réf 3)
Pomperie	100 – 500 mbar selon la configuration
Zones de stationnement de camions ou de wagons	100 – 500 mbar (Réf 4) selon la configuration

* il s'agit de la surpression maximale dans le volume inflammable déterminé au point E.3.1.4.

Ces règles sont purement indicatives, car la violence de l'explosion dépend autant de l'encombrement de la zone que de la turbulence initiale du jet. Une analyse au cas par cas est nécessaire.

Les ordres de grandeurs proposés sont déduits des données expérimentales suivantes :

Réf 1- Lannoy A. et al. (1989) : Déflagration sans turbulence en espace libre : expérimentation et modélisation. EDF, Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches, série A n°1, pp.1-13.

Réf 2- Stock M., Schumann S., Wirkner-Bott I. (1992), 7th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries ; Taormina, Italy, 4-8 May 1992 (Paper N° 36).

Réf 3- Mercx W.P.M.(1993), Modelling and experimental research into gas explosions, Overall Final report of the MERGE project, CEC contract : STEP - CT - 0111 (SSMA).

Réf 4- Lechaudel J.F. and Mouilleau Y. (1995) :Assessment of an accidental vapour cloud explosion - A case study : Saint Herblain, October the 7th 1991, France, Proceedings of the 8 th International Loss Prevention Symposium, pp 333-348, Antwerp, Belgium.

E.3.2.4. Cas particulier des halls d'emplissage

En toute rigueur, les explosions dans les halls d'emplissage de grands volumes inflammables (consécutifs, par exemple, à la pénétration d'un nuage formé à l'extérieur) ne peuvent être traitées avec une méthode du type Multienergy, car il s'agit d'explosions confinées, et non d'UVCE. Les effets de pression dans l'environnement sont induits par l'éclatement du bâtiment, et non directement par l'énergie de combustion mise en jeu. Néanmoins, les halls d'emplissage sont généralement des structures légères, dans lesquelles les brèches apparaissent rapidement, si bien qu'une grande partie du nuage initialement présent à l'intérieur brûle à l'extérieur, à la manière d'un UVCE.

Aussi, en première approche, une méthode du type Multi-energy pourrait être utilisée, en considérant un indice de violence de 6, justifié par les vitesses de flamme élevées observées dans ce type d'explosion. Néanmoins, un calcul plus précis ne peut se faire qu'après une étude de la résistance de la structure, et avec un modèle d'explosion en enceinte fermée.

E.4. Explosion et inflammation du nuage de gaz – Effets thermiques

L'expérience montre que l'effet du rayonnement thermique est assez limité, et que l'effet léthal est dimensionné par la distance à LII. Autrement dit, toute personne se trouvant sur le parcours des gaz brûlés est susceptible de subir l'effet léthal avec une probabilité élevée, et toute personne se trouvant en dehors du nuage inflammable ne peut pas subir d'effet thermique léthal.

Dans le cas de l'explosion d'un nuage de gaz au repos en espace libre ou flash fire les seuils d'effets thermiques considérés sont :

- distance au seuil des effets létaux significatifs = distance à la LII
- distance au seuil des premiers effets létaux = distance à la LII
- distance à l'effet irréversible = 1,1 x distance à la LII (formule forfaitaire).

Toutefois, lorsqu'un nuage inflammable sort d'un site, il est nécessaire d'étudier l'environnement voisin pour identifier la présence de sources d'inflammation éventuelles. En particulier, si dans certaines directions il est démontré que la possibilité que le nuage rencontre une source d'inflammation avant d'atteindre la distance maximale à la LII est très forte, la distance aux effets thermiques dans cette direction peut être réduite à la distance entre le point de fuite et le point d'inflammation.

F - Exemple de calcul des effets d'un UVCE

L'exemple qui suit illustre les principales règles et hypothèses de calcul proposées dans cette fiche. Toutefois, il ne prétend pas couvrir toutes les situations susceptibles d'être rencontrées dans l'industrie. Il est purement fictif, et basé sur l'application de la méthode Multi-Energy.

Hypothèses : On considère un rejet accidentel de propane suite à la rupture guillotiné d'une canalisation de liquide.

Le rejet est supposé libre, horizontal, à 1 m au-dessus du sol, et la durée de fuite est de 15 minutes. Ces hypothèses sont issues d'une analyse de risques.

On suppose également que la fuite est alimentée d'un côté par la vidange d'une capacité (contribution « amont »), de l'autre uniquement par la dépressurisation d'un tronçon de canalisation (contribution « aval »).

1. Calcul du terme source

Un calcul de débit est réalisé pour les contributions « amont » et « aval ». Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Contributions		Amont	Aval
Débit massique du rejet (kg/s)	[kg/s]	29.2	35
Vitesse finale du rejet (m/s)	[m/s]	180	180
Durée du rejet (s)	[s]	900	4
Fraction liquide	-	0.69	0.69

La contribution aval prend la forme d'un relâchement de produit de très courte durée, assimilable à une bouffée.

Dans ce cas, le calcul de dispersion montre que cette bouffée initiale n'a pas d'incidence sur la masse inflammable formée. Elle peut être négligée.

2. Calcul de la formation et de la dispersion du nuage de gaz

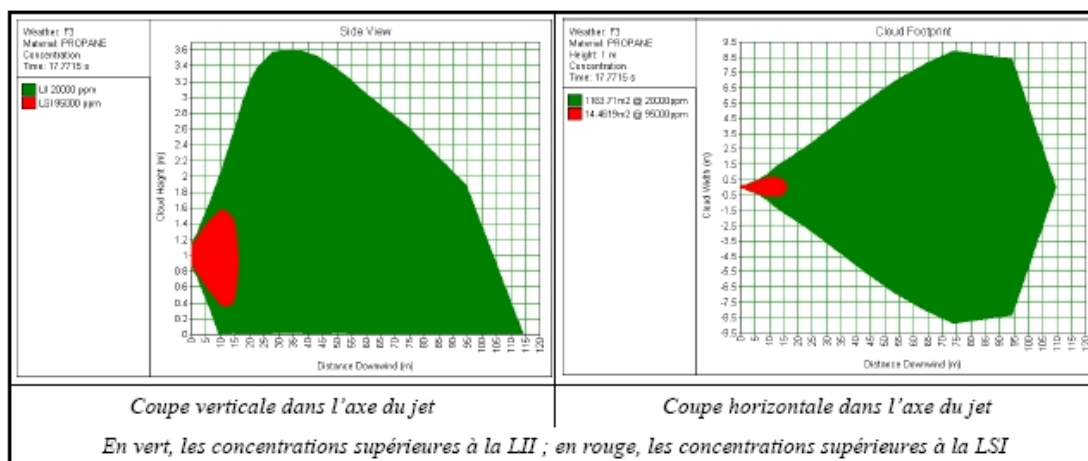
Le calcul est réalisé avec un logiciel de dispersion atmosphérique en champ libre. Il permet, à partir des caractéristiques du terme source de déterminer la forme et les dimensions du nuage, ainsi que la masse de propane dont la concentration est au-dessus de la LII. Il est effectué avec les conditions météorologiques de Pasquill (F, 3) et (D, 5).

Les principaux résultats de calcul sont présentés dans le tableau suivant :

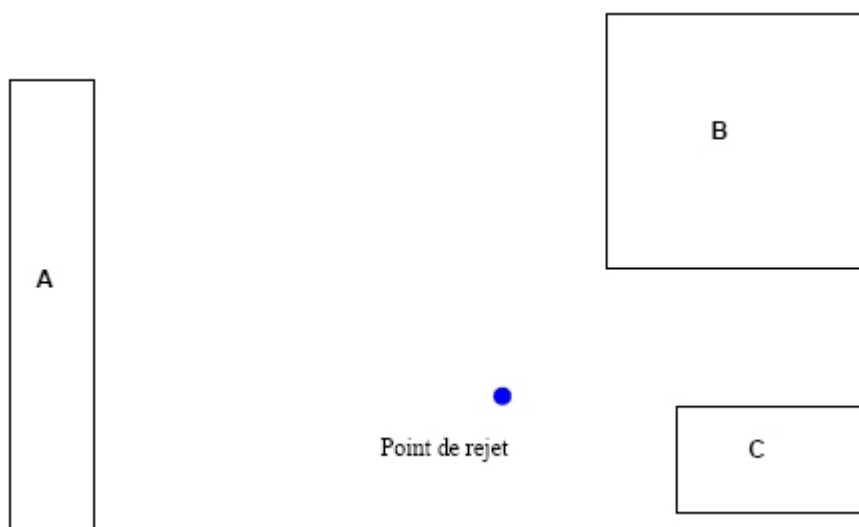
Conditions météorologiques	(F, 3)	(D, 5)
Distance à la LII (m)	115	120
Masse inflammable (kg)	160	100
Volume inflammable dans les proportions stœchiométriques (m ³)	2 175	1 340

Dans la suite, le calcul détaillé d'explosion en zone encombrée est exposé dans les conditions (F, 3) uniquement. La démarche de calcul serait identique dans les conditions (D, 5).

Le nuage inflammable prend la forme d'un panache dont les dimensions maximales sont les suivantes dans les conditions (F, 3) - Longueur maximale : 115 m
Largeur maximale : 18 m
Hauteur maximale : 4 m



3. Détermination des zones encombrées indépendantes



Les zones A, B, C ont pour dimensions respectives :

Zone	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Volume total (m ³)	Taux d'encombrement	Volume libre (m ³)	Distance du point de rejet au centre de la zone (m)
A	5	30	4	600	10 %	540	50
B	15	15	6	1 350	15 %	1 148	40
C	10	7	7	490	30 %	343	30

On suppose que ces trois zones peuvent être considérées comme des zones encombrées indépendantes au sens de la méthode Multi-energy, d'après les critères définis au point E.3.

4. Détermination des volumes inflammables dans chaque zone encombrée

En superposant le profil du nuage au « plan » des zones encombrées, on détermine les zones encombrées susceptibles d'être recouvertes, totalement ou partiellement, par le nuage inflammable. Dans cet exemple, les trois zones A, B et C sont situées à une distance inférieure à la distance à la LII, elles peuvent donc être atteintes par le nuage inflammable.

Cependant, en raison de la forme en panache du nuage, il est peu probable qu'il atteigne en même temps plusieurs zones encombrées. Les zones recouvertes dépendent de la direction dans laquelle se développe le panache, et de la direction du vent. On peut aussi imaginer que la gaz se disperse dans un espace libre d'obstacles, par exemple entre les zones A et B. Ce cas doit être étudié également.

Pour chaque zone encombrée, le volume inflammable est limité au volume encombré effectivement recouvert par le nuage, déterminé en comparant les dimensions respectives du nuage et de la zone encombrée.

Ainsi, les zones B et C sont plus hautes que la hauteur maximale du nuage, la hauteur du volume inflammable encombré correspondant est donc limitée à la hauteur du nuage

La zone A est plus large que le nuage, la largeur du volume inflammable encombré correspondant est limitée à la largeur du nuage.

Zone	Dimensions du volume inflammable dans chaque zone				Taux d'encombrement	Volume inflammable encombré (m ³)
	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Volume total (m ³)		
A	5	18	4	360	10 %	324
B	15	15	4	900	15 %	765
C	10	7	4	280	30 %	196

5. Calcul de l'énergie d'explosion

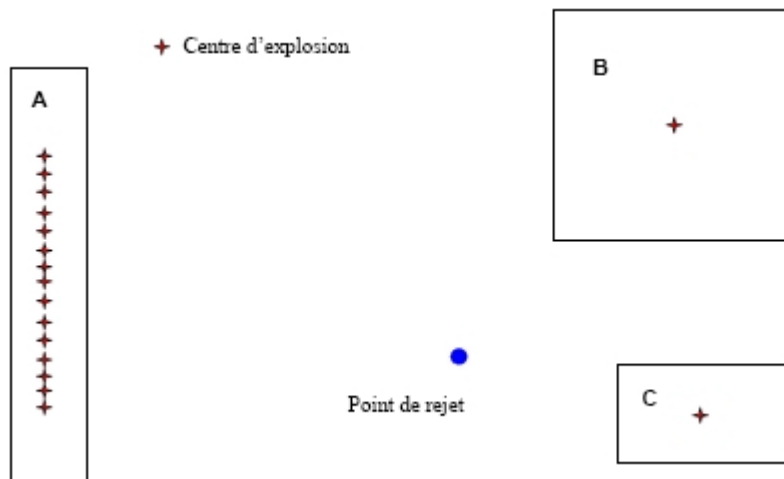
Pour chaque volume encombré, l'énergie de l'explosion est déterminée en multipliant le volume inflammable déterminé à l'étape précédente par la chaleur de combustion du propane (3,46 MJ/m³ pour un mélange stoechiométrique).

Zone	Volume inflammable encombré (m ³)	Energie de l'explosion (MJ)
A	324	1 121
B	765	2 647
C	196	678

6. Identification du centre de l'explosion

La procédure proposée au E.3.2. Identification du centre de l'explosion permet de déterminer le centre de l'explosion pour chacune des zones A, B et C.

Dans le cas des zones B et C, le nuage est susceptible de recouvrir totalement la surface occupée par la zone encombrée : le centre de l'explosion est donc situé au centre des zones encombrées. Dans le cas de la zone A, la largeur maximale du nuage est inférieure à la largeur de la zone encombrée. Le centre de l'explosion est donc situé au centre du volume inflammable. Selon la direction du jet, la partie de la zone A recouverte par le nuage inflammable peut varier. Le centre de l'explosion est donc susceptible de se déplacer dans la zone A.



7. Choix de l'indice de violence

On suppose que l'analyse de chaque zone encombrée conduit à retenir les indices de violence suivant :

Zone	Indice Multi-energy	Surpression maximale correspondante (mbar)
A	5	200
B	6	500
C	6	500

Le jet pourrait également se développer en champ libre, par exemple entre les zones A et B. Dans ce cas, c'est le volume inflammable total qui est considéré ($1\ 340\ \text{m}^3$), et nous supposons une surpression maximale de 100 mbar (indice de violence 4), en raison de la nature du jet (initialement fortement turbulent).

8. Calcul des effets de pression

Avec les hypothèses précédentes, l'utilisation des abaques de décroissance du E.3.3 permet de déterminer les distances d'effet qui suivent. Ces distances sont comptées, pour les zones A, B et C, depuis le centre de l'explosion déterminé à l'étape 6.

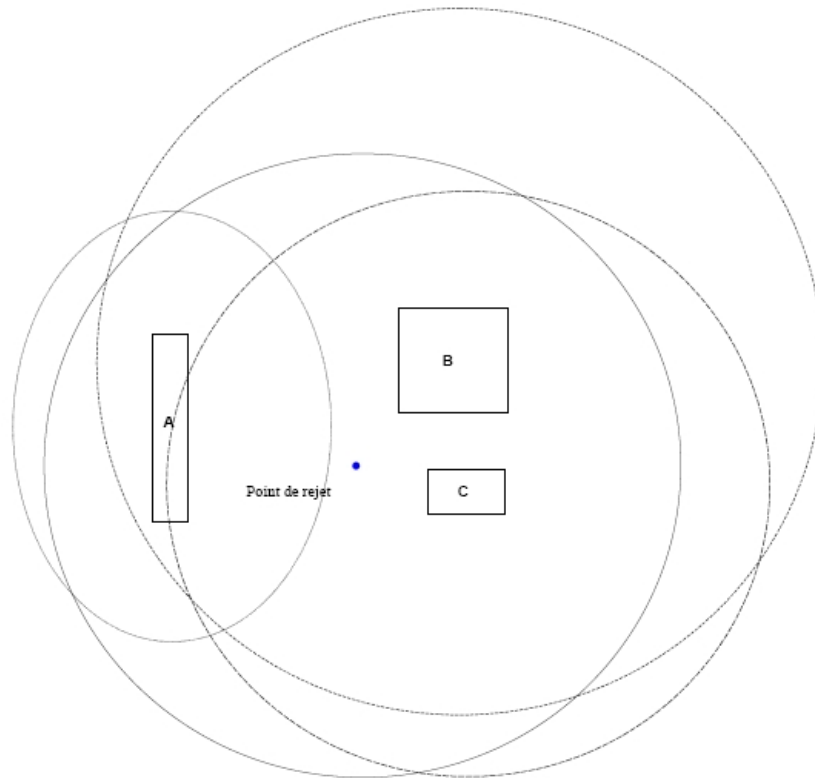
Pour l'explosion en champ libre, la distance est comptée à partir du point de fuite, en supposant que le centre de l'explosion est situé au centre du nuage inflammable, c'est-à-dire à la moitié de la distance à la LII. Cela revient à ajouter la moitié de la distance à la LII à la distance d'effet calculée

Zone encombrée	200 mbar	140 mbar	50 mbar
A	12 m	20 m	55 m
B	50 m	65 m	155 m
C	30 m	40 m	100 m
Explosion du nuage en champ libre	Non atteint	Non atteint	115 m*

* 115 m = 58 m (distance d'effet) + 57 m (1/2 distance à la LII)

On notera en particulier que l'explosion dans la zone C entraîne des distances d'effet plus grandes que l'explosion dans la zone A, alors qu'elle met en jeu un volume inflammable plus petit. Ceci est dû au niveau de surpression maximal (indice de violence) associé à chaque explosion.

Il est possible de positionner ces zones sur un plan, comme ci-dessous pour les distances au seuil de 50 mbar (sur cet exemple, l'échelle n'est respectée qu'approximativement). Pour le cas particulier de l'explosion en champ libre, ce tracé en forme de cercle centré sur le point de fuite suppose qu'il n'y a pas de direction prévisible du rejet.



9. Effets thermiques

Les effets thermiques sur l'homme sont déterminés à partir de la distance à la LII, comme indiqué au point E.4.

Seuil des effets létaux	Seuil des effets irréversibles
120 m	130 m

10. Influence du volume inflammable

A titre d'illustration, le calcul d'explosion en champ libre est effectué dans les conditions (D, 5). On remarquera que pour un volume inflammable 40% plus petit que dans les conditions (F, 3), la distance d'effet est presque inchangée, ce qui illustre le peu de sensibilité des distances d'effets à une incertitude sur le volume inflammable (rappelons que celui intervient à la puissance 1/3 dans les abaques de décroissance de la méthode Multi-énergie).

Conditions météorologiques	(F, 3)	(D, 5)
Distance à la LII (m)	115	120
Volume inflammable dans les proportions stœchiométriques (m ³)	2 175	1 340
Distance au seuil de 50 mbar comptée à partir du point de fuite (= $d_{\text{effet}} + \frac{1}{2} d_{\text{LII}}$)	115 m (58 m + 57 m)	110 m (50 m + 60 m)

1.1.4 Fiche 4 : Les phénomènes dangereux associés aux gaz inflammables liquéfiés dans les établissements de stockage hors raffineries et pétrochimie – le BLEVE

Rappel Préliminaire

L'occurrence d'un BLEVE est liée à la rupture brutale d'un réservoir de gaz liquéfié, survenant lorsque le réservoir est soumis à une agression thermique ou mécanique. Le phénomène de BLEVE est donc l'effet domino d'un événement précurseur tel que l'impact d'un projectile, l'échauffement par un feu torche impactant, un surremplissage,...

A. Définition

BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, ou vaporisation explosive d'un liquide porté à ébullition.

Le BLEVE peut être défini comme la vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique.

Tous les stockages de gaz liquéfiés sous pression sont susceptibles d'être le siège d'un BLEVE. En effet, le BLEVE est associé avant tout à un changement d'état à caractère explosif, et non à une réaction de combustion. Aussi, il n'est pas nécessaire que le produit concerné soit inflammable pour parler de BLEVE. Toutefois, il n'est question dans cette fiche que des gaz inflammables liquéfiés.

Les effets d'un BLEVE sur l'environnement se manifestent généralement de trois manières :

- Effets de pression : propagation d'une onde de surpression,
- Effets missiles : projection de fragments à des distances parfois très importantes,
- Effets thermiques : dans le cas d'un BLEVE de gaz liquéfié inflammable, rayonnement de la boule de feu.

B. Théorie

La théorie du BLEVE fait appel à la notion de température limite de surchauffe (TLS).

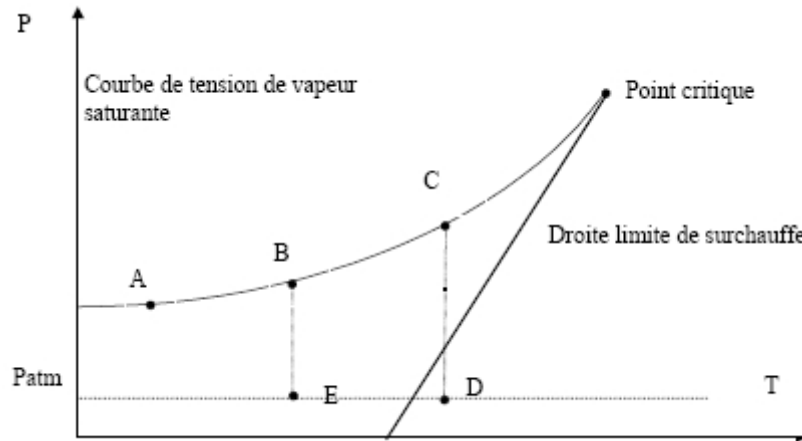
Lorsqu'on transfère, à pression donnée, de la chaleur à un liquide, celui-ci subit une augmentation de température, jusqu'à atteindre son point d'ébullition et à former des bulles de vapeur qui se développent sur les sites actifs que sont les impuretés et les interfaces avec les parois. Lorsqu'il n'y a pas suffisamment de sites de nucléation dans le liquide, le point d'ébullition peut être dépassé sans qu'il n'y ait d'ébullition. Dans ce cas, le liquide est dit surchauffé.

Il existe cependant une limite de température, à une pression donnée, au-delà de laquelle se développent des bulles de vapeur dans tout le liquide, même en l'absence de sites de nucléation. Cette limite est la température limite de surchauffe.

Considérons, un gaz liquéfié pur à l'équilibre thermodynamique dont l'état est présenté par le point A. Si on lui fournit de la chaleur, le point représentatif de son état se déplace sur la courbe de vapeur saturante jusqu'à rejoindre le point B. Le gaz peut

alors passer, par dépressurisation brutale, à l'état représenté par le point E en restant, au moins momentanément, surchauffé, à l'état liquide avant de se vaporiser plus ou moins rapidement. En revanche, un gaz dont l'état est représenté par le point C de la courbe de tension de vapeur, qui est dépressurisé brutalement à la pression atmosphérique (point D) subit une vaporisation homogène, rapide et totale à caractère explosif, car il ne peut subsister à l'état liquide à une température supérieure à sa température limite de surchauffe.

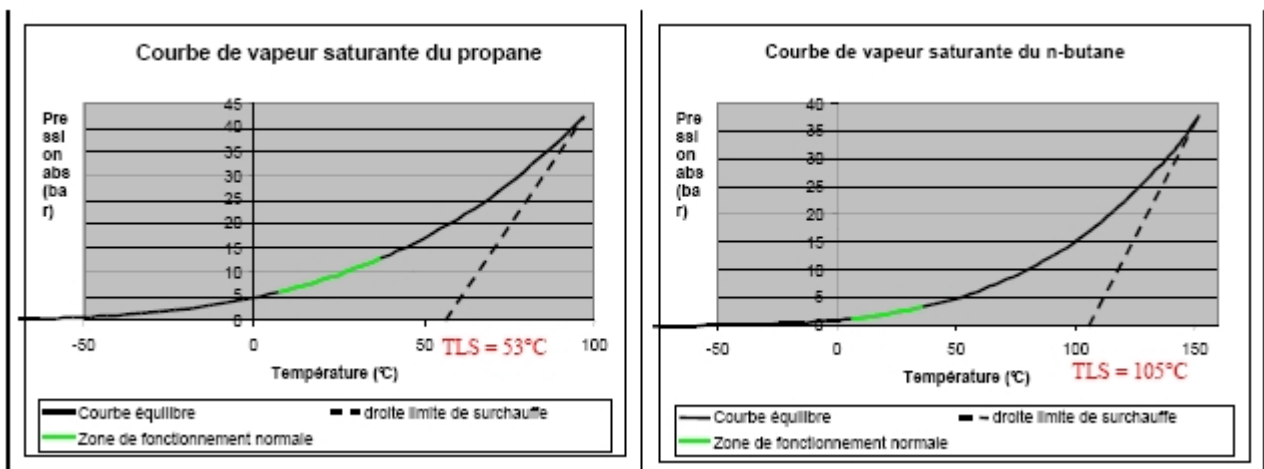
Courbe de tension de vapeur saturante et de droite limite de surchauffe



La notion de BLEVE froid ou chaud se réfère uniquement à la température limite de surchauffe (TLS) du produit :

- la transformation B-E, qui se produit en dessous de la température limite de surchauffe à pression atmosphérique, est généralement appelée « BLEVE froid »
- la transformation C-D, qui se produit au-dessus de la température limite de surchauffe à pression atmosphérique, est généralement appelée « BLEVE chaud ».

Courbes de vapeur saturante et de température limite de surchauffe du propane et du butane (données issues de la base de données publiques DIPPR)



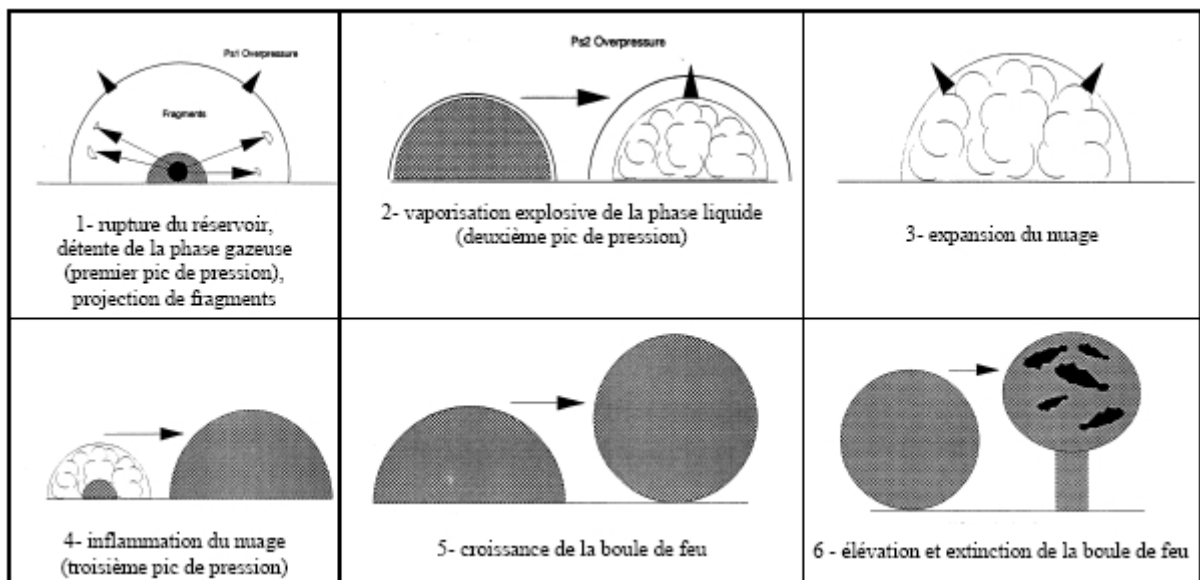
La zone dite de « fonctionnement normal » correspond aux conditions de température et de pression usuellement rencontrées en exploitation. La température de stockage impose la pression dans le réservoir : par exemple, pour le propane stocké à 20°C la pression est de 8,4 bars absolus.

Pour qu'un BLEVE chaud se produise, il faut donc que la pression d'éclatement du réservoir soit supérieure à 19,9 bars pour du propane et 17 bars pour du butane. Pour des pressions inférieures la rupture conduit à un BLEVE « froid ».

La distinction entre BLEVE « froid » et BLEVE « chaud » décrite ci-dessus est théorique. En pratique, la transition entre les deux s'effectue de manière continue. L'analyse du retour d'expérience montre qu'il est difficile de distinguer, a posteriori, un BLEVE « froid » d'un BLEVE « chaud » car leurs effets sont très semblables.

Aussi, dans la suite de la fiche, il sera fait référence au phénomène de BLEVE comme la vaporisation explosive d'un liquide porté brutalement à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique, sans distinction entre BLEVE froid et BLEVE chaud.

Etapes de développement d'un BLEVE " chaud " (d'après S. Shield, 1993)



C. Description des effets

Les effets du BLEVE sont de trois types : thermiques, surpression et missile. D'une manière générale, les distances aux seuils d'effets de surpression (50 et 140 mbar) sont moindres que les distances aux seuils d'effets thermiques (600 et 1000 $(\text{kW}/\text{m}^2)^{4/3} \cdot \text{s}$)

En théorie, le BLEVE froid engendre des effets moindres que le BLEVE chaud car la pression et la température de rupture sont plus basses. De ce fait, le flash du liquide en gaz n'est pas total : une flaque de liquide peut se former au sol et engendrer un feu de nappe. Les niveaux de surpression dans l'environnement sont également plus faibles lors d'un BLEVE froid, et les fragments sont projetés à des distances assez courtes.

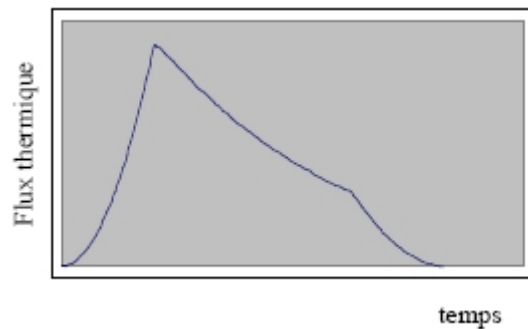
C.1. Effets thermiques

Les effets thermiques sont liés au rayonnement thermique de la boule de feu et, le cas échéant, de la combustion de la flaque au sol. La durée d'exposition au

rayonnement, qui dépend de la composition, de la quantité et de la température du produit présent, est de courte durée (d'environ quelques secondes pour un petit camion citerne à environ quelques dizaines de secondes pour une sphère de 1 000 m³).

Le rayonnement suit la cinétique du phénomène. Pendant la phase d'inflammation du nuage et de croissance de la boule de feu, le flux thermique atteint rapidement le maximum de son intensité, pour décroître (au niveau du sol) à mesure que la boule de feu s'élève dans le ciel, avant de chuter rapidement quand la boule de feu se résorbe.

Allure du flux thermique reçu par une cible lors d'un BLEVE chaud :



Parce que le rayonnement thermique n'est pas constant et que le phénomène est de courte durée, de l'ordre de la dizaine de secondes, les seuils thermiques utilisés pour la définition des effets létaux et irréversibles sont ceux de faible durée définis par l'arrêté 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 classées soumises à autorisation :

- seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine : $600 \text{ (kW/m}^2\text{)}^{4/3} \cdot \text{s}$
- seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine : $1000 \text{ (kW/m}^2\text{)}^{4/3} \cdot \text{s}$
- seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine : $1800 \text{ (kW/m}^2\text{)}^{4/3} \cdot \text{s}$

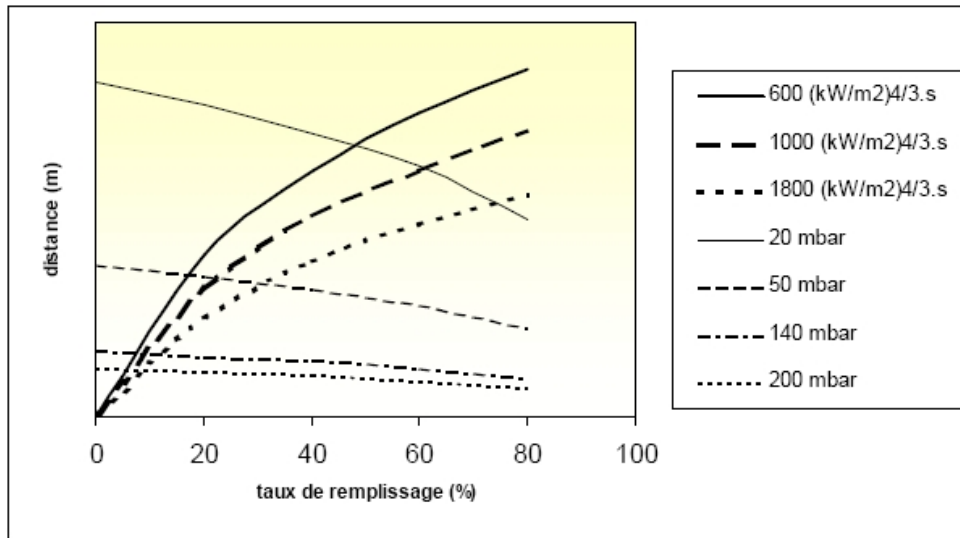
En effet dans le cas où la durée du phénomène est inférieure à 2 minutes, le calcul des distances se fait en terme de **doses thermiques** reçues exprimés en $[(\text{kW/m}^2)^{4/3}] \cdot \text{s}$, et non en terme de flux exprimés en $[\text{kW/m}^2]$.

La figure suivante représente l'allure des courbes de distances d'effets en fonction du taux de remplissage.

La position relative des courbes peut varier en fonction de la nature du produit et de la pression d'éclatement, mais de manière générale, les tendances suivantes se dégagent :

- les distances d'effet enveloppes sont données par les effets thermiques calculés pour un réservoir plein. Les distances au seuil des effets irréversibles de surpression (50 mbar) sont inférieures aux distances au seuil des effets irréversibles thermiques ($600 \text{ (kW/m}^2\text{)}^{4/3} \cdot \text{s}$).
- en dessous d'un certain taux de remplissage (de l'ordre de 15 à 30% selon les conditions de rupture et la nature du produit), les effets de pression peuvent devenir majorants par rapport aux effets thermiques.

Le seuil de $1800 \text{ (kW/m}^2\text{)}^{4/3} \cdot \text{s}$ peut ne pas être atteint dans le cas de BLEVE de petits réservoirs (de l'ordre de quelques mètres cubes). Dans ce cas, la distance d'effet associée peut être prise égale au rayon de la boule de feu.

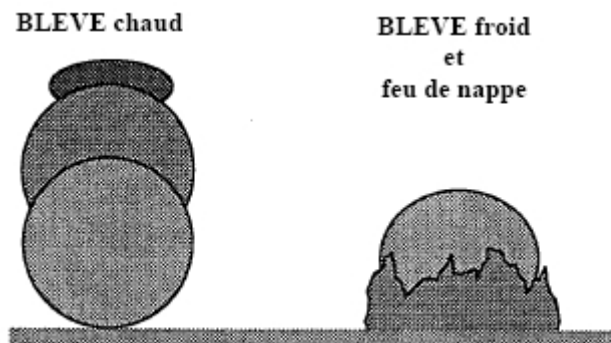


Allure de l'évolution des effets thermiques et de pression lors d'un BLEVE, en fonction du taux de remplissage

Dans le cas d'un BLEVE froid, les effets thermiques sont produits à la fois :

- par le rayonnement de la boule de feu (de taille plus réduite qu'en cas de BLEVE « chaud »),
- par le rayonnement d'un feu de nappe si une flaque se forme au sol.

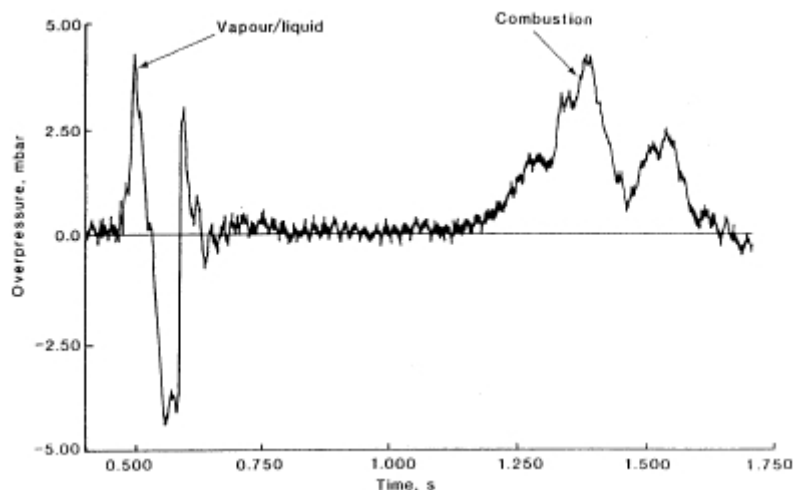
Le pouvoir émissif du feu de nappe étant deux à trois fois inférieur à celui de la boule de feu, on admet que les effets thermiques produit par un BLEVE froid sont inférieurs à ceux produits par un BLEVE chaud. Ce point est vérifié lors des essais expérimentaux.



d'après S. Shield, 1993

C.2. Effets de surpression

Un enregistrement de la surpression engendrée par un BLEVE est reproduit sur la figure suivante. Ce profil typique, mentionné par de nombreux auteurs (Shield 1993, Birk 1997, etc.), met en évidence un premier pic suivi d'une phase négative prononcée, un deuxième pic rapproché d'amplitude voisine du premier, puis, plus tardivement, un troisième pic très large.



Exemple de signal de pression enregistré lors d'un BLEVE de butane (essai British Gas, d'après S. Shield 1993)

Le **premier pic** résulte clairement de la détente brutale de la phase gazeuse du réservoir. A l'échelle expérimentale, une corrélation peut être établie entre l'amplitude du premier pic et l'énergie de détente du ciel gazeux.

L'interprétation du **deuxième pic** est plus délicate :

- Shield l'attribue à la vaporisation explosive du liquide, et note qu'il apparaît toujours dans la phase de dépression qui suit le premier pic,
- d'autres auteurs, comme Birk, attribuent les deux premiers pics à un seul et même phénomène physique, la détente de la phase vapeur. Birk souligne que cette succession de pics de pression est également visible lors d'éclatements de réservoirs qui ne contiennent que du gaz. Il note par ailleurs une corrélation très nette entre le premier et le deuxième pic, quel que soit le taux de remplissage au moment de la rupture, ce qui suggérerait que les deux pics sont dus au même phénomène physique. De plus, ce profil typique de surpression est observé indépendamment de la température du liquide à la rupture. Or, en théorie, un pic de vaporisation du liquide ne devrait être visible que lorsque celle-ci présente un caractère explosif, c'est-à-dire lorsque la température du liquide est supérieure à la température de surchauffe à la pression atmosphérique.

Le **troisième pic** est classiquement attribué à la combustion de la boule de feu. Il est d'amplitude généralement plus faible que les deux premiers, mais sa durée est beaucoup plus longue. D'après Shield, le pic de combustion présente les plus grands niveaux d'impulsion, et est donc responsable des dégâts aux structures. Néanmoins, la réglementation prescrit des seuils d'effets exprimés en terme de surpression. Il est donc nécessaire de s'intéresser au niveau de surpression maximum engendré par les deux premiers pics.

La difficulté à interpréter les deux premiers pics rend difficile le choix d'un modèle physique. Toutefois, quelle que soit cette interprétation, il semble bien que l'on puisse dimensionner les effets de surpression à partir de la détente de la phase gazeuse.

Dans le cas d'un éclatement en dessous de la température limite de surchauffe, ces trois pics de pression sont également présents. Leur amplitude relative est fonction de la fraction gazeuse à la rupture et du taux de vaporisation. Néanmoins, il semble que les

niveaux de pression soient assez limités, car les énergies de détente de la vapeur et de vaporisation du liquide sont d'autant plus faibles que la température est basse. Les données expérimentales disponibles à l'échelle moyenne confirment ce point.

C.3. Effets de projection

Les BLEVE produisent des effets de projection. Le retour d'expérience montre que lors d'un BLEVE, la rupture du réservoir produit un nombre limité de fragments, en général moins de quatre ou cinq. Des fragments peuvent être projetés à des distances très élevées (plusieurs centaines de mètres), car leur impulsion initiale, communiquée par la vaporisation quasi-instantanée du liquide, est très grande. Au moins deux BLEVE survenus sur des citernes mobiles (Kamena Vourla, Grèce, 1999 et Belleville, Canada, 2002) ont projeté le réservoir presque entier à environ 800 m. Toutefois, le retour d'expérience sur les BLEVE de citernes mobiles montre qu'environ 85 % des fragments sont projetés dans un rayon de 300 m autour du réservoir.

Dans le cas des réservoirs cylindriques, les essais et le retour d'expérience montrent que les fragments sont projetés préférentiellement selon l'axe du réservoir. La préconisation consistant à ne pas placer de cible sensible dans l'axe des réservoirs cylindriques est donc justifiée. Toutefois, on ne peut exclure la projection dans une direction perpendiculaire, car il ne s'agit que d'une répartition statistique (d'après Birk, 2/3 des fragments sont projetés dans l'axe du réservoir, et 1/3 perpendiculairement).

D. Causes – Réalités physiques

Sur un dépôt de gaz inflammable liquéfié, un BLEVE peut être observé pour tous les types de réservoirs : sphère, wagon citerne, camion citerne, réservoir cylindrique vrac, bouteilles.

Les causes d'un BLEVE

Trois principales causes du BLEVE ont été identifiées, dont deux sont liées à des agressions externes :

- un impact mécanique,
- une agression thermique (feu torche ou feu de nappe)
- le surremplissage du réservoir.

L'impact mécanique ne peut conduire qu'à la formation d'une rupture à froid du réservoir, car il n'y a pas d'échauffement du réservoir qui pourrait augmenter la température du gaz contenu au-delà de la TLS. Dans ce cas, l'inflammation du nuage inflammable formé peut être retardée, de sorte qu'un UVCE peut se produire.

Une agression thermique (feu torche, feu de nappe) peut engendrer une rupture à une température inférieure ou supérieure à la TLS. Les conditions à la rupture dépendent en particulier de la présence ou non de soupapes. En théorie, les réservoirs sans soupape ne peuvent conduire qu'à un BLEVE à température supérieure à la TLS car à la pression d'éclatement du réservoir (de l'ordre de 20 à 30 bar) la température est supérieure à la TLS. En pratique, la pression d'éclatement du réservoir dépend aussi de la mécanique de la rupture.

En cas de surremplissage du réservoir, une montée en température entraîne la dilatation du liquide à l'intérieur, qui peut aller jusqu'à la disparition complète de la phase gazeuse : c'est le phénomène de plein hydraulique. La pression monte alors

extrêmement rapidement dans le réservoir et entraîne sa rupture, mais la température peut être encore bien plus basse que la TLS à pression atmosphérique.

E Modélisation des effets

E.1. Effets thermiques

Préliminaire

Pour étudier un phénomène de BLEVE, « chaud » ou « froid », les effets thermiques associés à la boule de feu doivent être systématiquement modélisés.

En raison des difficultés à déterminer les critères d'exploitation fiables qui permettraient de s'affranchir de manière générique du BLEVE chaud (telle qu'une impossibilité physique de dépasser la TLS), en raison du retour d'expérience qui met en évidence l'impossibilité de déterminer de manière fiable a posteriori si un BLEVE s'est produit au-dessus ou en dessous de la température limite de surchauffe, en raison de l'usage des résultats des modélisations à des fins de protection des tiers par le biais de la maîtrise de l'urbanisation et d'élaboration des plans de secours, **la modélisation à considérer pour la détermination des effets thermiques du BLEVE en tant que potentiel de danger, est celle d'un BLEVE au sens strict, c'est-à-dire survenant au-dessus de la température limite de surchauffe.**

Les effets thermiques des scénarios étudiés dans l'étude de dangers doivent être modélisés avec les hypothèses de calcul déterminées par l'analyse des risques.

Choix du modèle

A la demande du ministère du Développement durable, l'INERIS a comparé plusieurs modèles de calcul des effets thermiques disponibles dans la littérature (Leprette, 2002). La plupart (modèles du TNO, du CCPS) sont des modèles purement empiriques et très simples, qui permettent de déterminer, à partir de la seule connaissance de la masse de produit contenue dans le réservoir, les principales caractéristiques du BLEVE (taille et durée de vie de la boule de feu). Ils permettent, à partir d'un modèle classique de rayonnement thermique, de calculer l'effet thermique du BLEVE.

Le Centre de Recherche de SHELL (Thornton Research Centre, TRC) a développé un modèle semi-empirique plus complexe qui décrit la physique du phénomène. Ce modèle, souvent appelé modèle TRC, ou modèle de Shield, avait été à la base des formules de l'arrêté du 5 juin 2003 modifiant l'arrêté du 9 novembre 1989 qui fixait des distances d'isolement. Son utilisation est préconisée par le Groupe de Travail « Etudes de dangers » auprès du CSIC (avis du 10 décembre 2003). Il est également disponible dans le logiciel FRED.

Modèle TRC SHIELD

Le modèle est construit à partir d'essais réalisés par British Gas dans les années 1990 sur des capacités de quelques tonnes de GPL (propane et butane). Il permet de simuler l'évolution du phénomène dans le temps, en considérant trois phases de développement de la boule de feu :

1) Phase d'inflammation du nuage et de développement de la boule de feu jusqu'à son diamètre maximal, ou phase d'expansion

Durant cette phase, le modèle suppose une évolution linéaire du rayon et du pouvoir émissif de la boule de feu avec le temps jusqu'à leur valeur maximale.

2) Phase de combustion de la boule de feu

Durant cette phase le modèle suppose :

- une décroissance linéaire de la température de la boule de feu entre sa valeur maximale et sa valeur de début d'extinction. Le modèle évalue la température finale de la boule de feu à 0,88 fois sa température maximale (cette hypothèse provient de l'observation des résultats expérimentaux),
- une vitesse d'ascension de la boule de feu constante. L'absence d'accélération verticale ascendante notable s'explique dans la mesure où la boule de feu entraîne de l'air et donc se refroidit alors qu'elle s'élève. En effet, dans le cas contraire, elle devrait accélérer fortement dans la direction verticale du fait d'une différence de température importante avec l'ambiante,
- un rayon de la boule de feu constant lors de son ascension.

3) Phase d'extinction

L'extinction de la boule de feu est supposée complète lorsque les dernières gouttes qui se sont enflammées, alors que la boule de feu était à sa température maximale (fin de la phase d'expansion), sont consumées.

Durant cette phase le modèle suppose une décroissance linéaire du rayon de la boule de feu avec le temps et un maintien de la valeur du pouvoir émissif. La boule de feu est supposée rester à l'altitude qu'elle avait à la fin de son ascension.

Le modèle repose sur un certain nombre d'hypothèses et de relations empiriques spécifiques aux GPL (butane et propane). C'est pourquoi son utilisation pour d'autres gaz liquéfiés est impossible de manière systématique et doit être envisagée au cas par cas.

Paramètres d'entrée du modèle TRC Shield

Le modèle peut être utilisé pour **des taux de remplissage compris entre 30 et 85%**.

Au-dessous de 30%, l'effet de surpression peut devenir prépondérant. Il est donné par la détente de la phase gazeuse. Dans ce cas, des modèles d'éclatement pneumatique de réservoir sont plus appropriés.

Au-dessus de 85%, le réservoir peut se rompre par plein hydraulique.

Paramètres liés aux conditions de stockage		Paramètres liés aux conditions ambiantes	
Paramètre	Valeurs conseillées	Paramètre	Valeurs conseillées
Nature du produit (conditionne les propriétés thermodynamiques à retenir)	Données butane et propane commercial de TRC Shield	Pression atmosphérique	1013 hPa
Volume du réservoir	Volume nominal du réservoir	Température ambiante	20 °C
Taux de remplissage	(1)	Humidité de l'air	70% HR
Pression d'éclatement	Présence ou non de soupapes (2)		

(1) Taux de remplissage

Le taux de remplissage à prendre en compte pour la modélisation est :

- pour un réservoir utilisé à moins de 85% de sa capacité, celui dont l'atteinte génère l'arrêt du remplissage,
- pour un réservoir exploité à 85% ou plus de sa capacité, 85%. En effet ce niveau est celui qui génère l'effet maximal.

(2) Pression d'éclatement

Le choix de la pression d'éclatement dépend du type de réservoir étudié. Les essais réalisés sur des capacités de quelques mètres cubes munies de soupapes montrent que la rupture survient à une pression égale à la pression de tarage des soupapes. Dans le cas des réservoirs sans soupape, la rupture se produit à une pression plus élevée, proche de la pression d'épreuve des réservoirs.

Néanmoins, la prise en compte des soupapes suppose que toutes les conditions garantissant leur bon fonctionnement sont réunies. Il est donc proposé de ne retenir une pression d'éclatement égale à la pression de tarage que lorsque les soupapes sont retenues comme une mesure de maîtrise des risques.

	Réservoir muni de soupapes	Réservoir sans soupape
Pression d'éclatement	Pression de tarage des soupapes	Pression d'épreuve du réservoir

Dans le cas d'un réservoir mobile (sans soupape), la pression d'éclatement peut être considérée comme égale à la pression d'épreuve du réservoir. En effet, on admet généralement qu'un réservoir éclate pneumatiquement à deux fois sa pression d'épreuve, mais par ailleurs, ses caractéristiques mécaniques sont divisées par deux lorsqu'il est chauffé à 500°C. Cette pression d'épreuve est de l'ordre de 25 à 30 bar pour les citernes routières et ferroviaires.

Formules recommandées

Les formules ci-après sont une application du modèle TRC avec les hypothèses standard suivantes:

Conditions de stockage	Taux de remplissage	85%
	Pression d'éclatement	Propane : 17 bar abs Butane : 7,5 bar abs
Conditions ambiantes	Température atmosphérique	20°C
	Humidité de l'air	70%

Les pressions de rupture retenues correspondent aux pressions de tarage des soupapes les plus couramment utilisées sur les réservoirs fixes de propane et de butane.

Les distances sont exprimées en mètres, la masse en kilogrammes. La masse correspond à la masse maximale de gaz liquéfié contenu dans le réservoir.

	Butane, butènes, butadiènes, chlorure de méthyle, chlorure d'éthyle et CVM	Propane, propylène
Distance d'effet relative au seuil de 1.800 (kW/m ²) ^{4/3} .s	0,81. M ^{0,471}	1,28 M ^{0,448}
Distance d'effet relative au seuil de 1.000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	1,72 M ^{0,437}	1,92 M ^{0,442}
Distance d'effet relative au seuil de 600 (kW/m ²) ^{4/3} .s	2,44 M ^{0,427}	2,97 M ^{0,425}

Les distances sont en mètres, les masses en kilogrammes

Attention, l'application des formules ci-dessus aux réservoirs mobiles est erronée et minorante car la pression d'éclatement des citernes routières et ferroviaires, qui ne sont pas munies de soupape, est plus élevée.

Les tableaux suivants présentent les distances d'effets thermiques des BLEVE de citernes mobiles, calculées pour des réservoirs pleins (remplis à 85% à la température ambiante) avec le modèle TRC.

PROPANE ou BUTANE, réservoir rempli à 85 %				
Réservoirs mobiles	Pression d'éclatement	600 (kW/m ²) ^{4/3} .s	1.000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	1.800 (kW/m ²) ^{4/3} .s
Wagon citerne 119 m ³	27 bar	320	250	190
Wagon citerne 90 m ³	27 bar	270	220	160
Camion citerne 20 t	25 bar	210	170	120
Camion citerne 9 t	25 bar	150	120	80
Camion citerne 6 t	25 bar	120	100	70

Un réservoir rempli à 85% atteint le plein hydraulique, qui se traduit par la disparition de la phase gazeuse, avant d'atteindre la pression d'épreuve. Dès que la

phase gazeuse disparaît, la pression monte très rapidement dans le réservoir et entraîne rapidement sa rupture, tandis que la température continue de monter lentement : il n'y a plus d'équilibre liquide-vapeur. Aussi, le tableau ci-dessus a été élaboré avec les hypothèses de calcul suivantes :

- pression d'éclatement égale à la pression d'épreuve du réservoir,
- température à l'éclatement égale à la température au moment où la phase gazeuse disparaît, soit 55°C pour le propane et 76°C pour le butane.

Moyennant ces hypothèses, les distances obtenues pour le propane et le butane sont très voisines (écart inférieur à 10%), si bien qu'un seul tableau de valeurs a été retenu, valable indifféremment pour le propane, le butane, et les mélanges de ces deux produits.

On rappelle par ailleurs que les valeurs de pression d'éclatement reprises dans le tableau ci-dessus ne sont valables que pour des scénarii où la citerne est soumise à une agression thermique externe. C'est en effet le seul cas où l'on peut considérer que la pression d'éclatement est égale à la pression d'épreuve, l'agression thermique faisant chuter la résistance mécanique de l'enveloppe d'un facteur 2 environ lorsqu'elle est portée à 500°C.

Sensibilité du modèle

Le modèle TRC est sensible à la variation de certains paramètres ou de certaines hypothèses. On note par exemple un écart de l'ordre de 10 % sur les distances calculées avec le logiciel FRED et les formules recommandées, alors que les deux utilisent le modèle TRC. L'écart provient d'une prise en compte différente de l'influence de l'humidité ambiante sur l'absorption du rayonnement thermique, la relation empirique proposée par FRED étant un peu plus complexe, mais aussi plus précise, que la corrélation employée pour l'établissement des formules recommandées.

Le modèle est également sensible, dans une certaine mesure, à une incertitude sur les données d'entrée. Par exemple, une augmentation de 10% sur la pression d'éclatement entraîne une augmentation d'environ 2% sur les distances d'effets ; une augmentation de 10% du taux de remplissage entraîne une augmentation de l'ordre de 5% des distances d'effets.

Sans entrer dans une étude systématique de la sensibilité du modèle, on peut retenir que **les formules recommandées constituent des courbes enveloppe** mais qu'il est possible d'affiner le modèle en améliorant, quand c'est possible, certaines relations empiriques utilisées par le modèle.

En tout état de cause, il est bon de rappeler **qu'une variation de l'ordre de 10% sur les distances est certainement inférieure à la précision réelle du modèle.**

E.2. Effets de surpression

Préliminaire

Les effets de surpression du BLEVE ont été peu étudiés et modélisés en raison de l'impact majorant des effets thermiques. La modélisation de ces effets peut être utile pour :

- le cas où un réservoir est utilisé à moins de 30% de sa capacité nominale (cf graphe effets thermiques – effets de surpression au point C.1),

- la détermination des effets dominos par impact sur les structures (seuil de surpression de 200 mbar)
- la détermination des distances d'effets par surpression pour établir les cartes d'aléa pour les PPRT.

La propagation de l'onde de surpression dépend de l'environnement dans lequel elle évolue. En deçà de 50 mbar, l'influence de paramètres extérieurs comme le sens et la vitesse du vent, la topographie, la hauteur et la densité du ciel nuageux, les phénomènes de réflexions à grande échelle sur les basses couches de l'atmosphère etc., n'est pas prise en compte par les modèles, bien qu'elle ne soit pas toujours négligeable.

Pour assurer la cohérence avec les observations expérimentales décrites plus haut, le modèle retenu doit présenter a minima les caractéristiques suivantes :

- effets de pression maximum lorsque le réservoir est peu rempli,
- effets de pression diminuant lorsque le taux de remplissage augmente,
- calcul et comparaisons des trois pics de pression.

La plupart des modèles disponibles dans la littérature (Prugh 1991, Birk 1996, Planas-Cuchi 2004 par exemple) sont fondés sur un équivalent TNT calculé à partir de l'énergie libérée par la vaporisation. Ils donnent des ordres de grandeur satisfaisants, mais la tendance décrite ci-dessus n'est pas respectée.

Le modèle TRC Shield semble le seul à décrire de manière satisfaisante cette tendance. Il est fondé sur un calcul et une comparaison des trois pics successifs observés lors d'un BLEVE :

- pic de détente de la phase gazeuse,
- pic de vaporisation de la phase liquide,
- pic de combustion de la boule de feu.

Toutefois, ce modèle a un domaine de validité restreint à une plage de taux de remplissage compris entre 30% et 85% environ. Si l'on admet que les effets de surpression sont essentiellement dus à la détente de la phase vapeur, il peut être nécessaire de disposer d'un modèle valide pour des taux de remplissage inférieurs à 30%. Dans ce cas, un modèle d'éclatement pneumatique (fondé sur le calcul d'une pression de choc et d'une énergie d'éclatement, l'énergie de Brode par exemple, cf. Heudier 2004) peut être utilisé. Il faudra considérer que la totalité de l'énergie potentielle alimente l'onde de pression. A noter qu'un tel modèle peut être employé quel que soit le taux de remplissage, puisqu'il n'est fonction que du volume de la phase gazeuse et de la pression d'éclatement.

Les effets de pression calculés sont toujours inférieurs aux effets thermiques (à seuil d'effet équivalent), sauf pour les faibles taux de remplissage.

Seul le pic de détente de la phase gazeuse est susceptible de produire des niveaux de pression supérieurs à 300 mbar.

Ce seuil n'est atteint que dans le champ proche du réservoir, et donne des distances d'effets inférieures aux effets thermiques à $1800 \text{ (kW/m}^2\text{)}^{4/3} \cdot s$, excepté si le réservoir est faiblement rempli.

Le cas du seuil réglementaire de 20 mbar est particulier, car il n'a pas d'équivalent en terme d'effet thermique. Les modèles d'éclatement pneumatique donnent des distances à 20 mbar (pour l'éclatement du réservoir vide) du même ordre que le seuil irréversible thermique (pour le BLEVE du réservoir plein). Elles sont tantôt un peu supérieures, tantôt un peu inférieures selon la pression rupture du réservoir. Il n'est toutefois pas nécessaire de modéliser les distances d'effets à 20mbar, l'arrêté 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 classées soumises à autorisation suggère de prendre le double de la distance d'effets à 50mbar.

Application aux réservoirs mobiles

Les tableaux suivants présentent les distances d'effets de pression associées à l'éclatement de réservoirs ne contenant que du gaz, pour une pression d'éclatement de 27 bar (wagons) ou 25 bar (camions).

PROPANE ou BUTANE, réservoir vide de liquide						
Réservoirs mobiles	Pression d'éclatement	300 mbar	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar
Wagon citerne 119 m3	27 bar	50	60	80	185	370
Wagons citerne 90 m3	27 bar	45	55	70	170	340
Camion citerne 20 t	25 bar	35	45	65	130	260
Camion citerne 9 t	25 bar	25	35	45	100	200
Camion citerne 6 t	25 bar	25	30	40	90	180

F. Références

HEUDIER L., 2004 : Les éclatements de réservoirs, phénoménologie et modélisation des effets, rapport INERIS Ω 15, octobre 2004, www.ineris.fr
LEPRETTE E., 2002 : Le BLEVE, Phénoménologie et modélisation des effets thermiques, Rapport INERIS - Ω 5, www.ineris.fr
SHIELD, S.R., 1993 : A model to predict the radiant heat transfer and blast hazards from LPG BLEVEs. AIChE Symp. Series, vol. 89

1.1.5 Fiche n°5 : Phénomènes de dispersion atmosphérique : représentation et cotation en probabilité – gravité

A. Généralités

Pour tout phénomène dangereux, notamment les phénomènes de dispersion de gaz, toxique ou inflammable, une cartographie des zones d'effets est nécessaire dans l'étude de dangers, ainsi que la détermination de la gravité et de la probabilité du (ou des) accident(s) correspondants.

La fiche présente donc les hypothèses de représentation des effets pour l'élaboration des cartes d'aléas ainsi que les cas à examiner dans la cadre des études de dangers, avec la détermination des accidents à placer dans la grille du paragraphe 2 de cette première partie de la circulaire.

Dans la mesure où l'arrêté du 29 septembre 2005 prescrit la détermination du nombre de personnes potentiellement exposées (« en tenant compte, le cas échéant, des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et de la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'accident si la cinétique de l'accident le permet »), il convient, quelle que soit la méthodologie retenue, de faire apparaître (éventuellement parmi d'autres) l'accident le plus pénalisant en terme de gravité.

De manière générale, l'objectif de la détermination de la gravité (par la détermination du nombre de personnes potentiellement exposées) est d'aboutir à une évaluation du niveau de risque présenté par l'installation (ou établissement) et en aucun cas de prévoir « qui » seront les victimes en cas d'accident.

Il n'est question dans cette fiche ni des hypothèses sur la fuite ni du choix du type de modèle à utiliser.

Ce deuxième point fait l'objet d'une autre fiche (1.1.2 Fiche 2 : La dispersion atmosphérique), plus précise pour chaque type de dispersion (toxique, inflammable...). Cette seconde fiche rappelle également l'importance d'une définition précise du terme source de la fuite (pression, température, débit, phase(s) en présence, jet impactant ou non, durée de fuite...) et précise les couples (classes de stabilité-vitesse du vent) à considérer pour les rejets au sol et en hauteur, par exemple à une cheminée.

Comme noté ci-dessus, pour les phénomènes de dispersion de gaz, il convient de considérer pour chaque modélisation des couples de stabilité-vitesse de vent. A partir de ces paramètres, associés aux caractéristiques du rejet (taille de la canalisation, taille de brèche, phase(s) en présence, température, pression, débit et durée de fuite...), il est nécessaire de modéliser les effets de la dispersion du nuage, puis de déterminer la gravité correspondante.

Dans la présente fiche, on entend par « fuite » (et donc la probabilité P_{fuite} associée) l'ensemble des caractéristiques du terme source d'une fuite, et notamment la durée du rejet.

NB : La prise en compte des paramètres météorologiques spécifiques au site (stabilité, vitesse et direction de vent) n'est possible que pour les sites (installations ou établissement) pour lesquels ces paramètres sont connus précisément, et non à partir des données d'une station météo éloignée, même de quelques kilomètres.

B. Représentation des zones d'effets des phénomènes

Les zones d'effets des phénomènes sont représentées de la manière suivante : à partir des distances d'effet calculées (pour les différents seuils d'effets), considérer

comme limites des zones d'effet les cercles de rayon correspondant. Ce sont ces zones d'effets circulaires (disques/couronnes concentriques) qui doivent apparaître dans l'étude de dangers, et qui serviront pour la cartographie de l'aléa pour les établissements AS.

Classes de stabilité-vitesse du vent

Option 1 : Une première option qui pourra être choisie par l'exploitant est de ne conserver qu'un phénomène dangereux par fuite dont la zone d'effets correspondra au disque de rayon égal à la plus grande des distances d'effets obtenues pour les différents couples (classe de stabilité / vitesse du vent) en ne conservant toutefois que les classes de (stabilité / vitesse) usuellement considérées. La probabilité des phénomènes correspondant aux différentes fuites sera alors égale aux probabilités respectives de ces fuites (caractérisées par leur emplacement et les données du terme source) :

$$P_{ph.d} = P_{fuite}$$

Option 2 : Une deuxième option est de faire apparaître, pour chaque fuite, plusieurs phénomènes dangereux correspondant à plusieurs choix de couples (stabilité / vitesse du vent). Devront alors a minima apparaître le cas du couple le plus probable (la probabilité du phénomène dangereux sera alors prise égale à la probabilité de la fuite par approximation) et le cas du couple présentant les distances d'effets les plus grandes (la probabilité du phénomène dangereux sera alors prise égale à :

$$P_{ph.d} = P_{fuite} * P_{couple}, \text{ avec } P_{couple} \text{ qui peut être faible).}$$

Dans la suite de cette note, le nombre de phénomènes dangereux par fuite ainsi retenus est appelé N (en pratique, N= 1 dans l'option 1 et $N \geq 2$ dans l'option 2).

Choix des accidents :

Plusieurs options peuvent être suivies pour la représentation du ou des accident(s) correspondant à chaque phénomène de dispersion à partir d'une fuite (caractérisée par l'ensemble des paramètres de son terme source). Elles sont décrites ci-dessous, en partant de la plus simple mais conservatoire, à la plus fine. Le choix de l'option suivie appartient à l'exploitant. Ceci est applicable pour chaque fuite (en supposant que toutes les hypothèses du terme source sont connues), et chacun des N couples (classe de stabilité/vitesse de vent).

C. Options de représentation et de détermination de la gravité des accidents correspondants

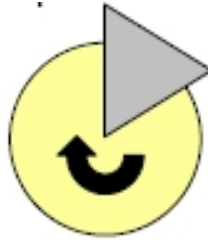
Différentes options, de niveau de finesse croissant, sont possibles (au choix de l'exploitant).

Dans les différentes options, il est proposé de prendre un secteur angulaire de 60°. L'exploitant peut démontrer que l'angle est plus petit, mais l'attention est appelée sur le fait que, pour une fuite de produit toxique, la durée de fuite, la durée de persistance du nuage peuvent être importantes et que le nuage peut être soumis à des variations angulaires du vent pendant la dispersion du nuage.

Option A : simple et conservatoire, un seul accident correspondant à chaque phénomène de dispersion, par couple (classes de stabilité/vitesse du vent) retenu : conservatoire en probabilité et en gravité.

Pour la détermination de la gravité de l'accident correspondant à ce phénomène de dispersion, prendre le secteur angulaire choisi (usuellement 60°) correspondant à la zone la plus densément peuplée (en faisant tourner ce secteur sur l'ensemble des directions). Compter alors le nombre de personnes exposées pour chacun des niveaux d'intensité, pour en déduire la gravité (cf.1.1.1 Fiche 1 : Eléments pour la détermination de la gravité dans les études de dangers). Sur le schéma, cela correspond aux personnes présentes dans l'intersection du disque des effets et du secteur angulaire représenté par le triangle.

→ Dans cette option, la probabilité de l'accident est celle du phénomène dangereux, et la gravité est celle correspondant à la position du secteur la plus pénalisante.



Option B : un peu plus fine : plusieurs accidents correspondant à chaque phénomène de dispersion : le plus probable **et** le plus grave doivent apparaître, tenant compte de la rose des vents.

a. Le plus probable : dans le cas où la rose des vents indique qu'une direction est majoritaire (secteur de 60° dans lequel les vents sont observés le plus souvent) considérer les personnes « sous le vent » pour ce secteur angulaire de 60° .

→ La probabilité de l'accident est alors $P_{acc} = P_{ph\ d} * P_{direction\ vent}$, avec $P_{direction\ vent}$ importante (le plus souvent arrondie à 1, par simplification), donc P_{acc} assimilée à $P_{ph\ d}$, mais la gravité n'est pas majorée.

ET

b. Le plus grave : quelles que soient les directions de vent les plus observées, prendre pour la gravité le secteur angulaire de 60° tel que le nombre de personnes exposées soit le plus grand.

→ On a également $P_{acc} = P_{ph\ d} * P_{direction\ vent}$, mais avec $P_{direction\ vent}$ qui peut être faible, et donc P_{acc} peut être d'une classe de probabilité plus faible que $P_{ph\ d}$. La gravité est en revanche conservatoire.

NB : Prendre un angle de 60° ne signifie pas découper la rose des vents en 6 secteurs, mais bien faire tourner ce secteur sur l'ensemble de la rose des vents. Dans le cas de l'option B, les deux secteurs déterminés peuvent se superposer en partie.

Conclusion :

Pour une même fuite, selon les N couples (conditions de stabilité/vitesse de vent) retenus en vertu de la partie 2 de cette note, on a au moins N phénomènes et :

- selon l'option A, N accidents de gravité et de probabilité conservatoires,
- selon l'option B, 2N (ou plus) accidents, mais moins conservatoires

D. Conclusion générale

Dans le cas où l'exploitant dispose des données météorologiques propres à son site (ou à sa proximité immédiate), il peut ainsi déterminer les accidents représentatifs

pouvant survenir par une série de triplets stabilité / vitesse / direction du vent, en conservant, selon ses choix plus ou moins conservatoires :

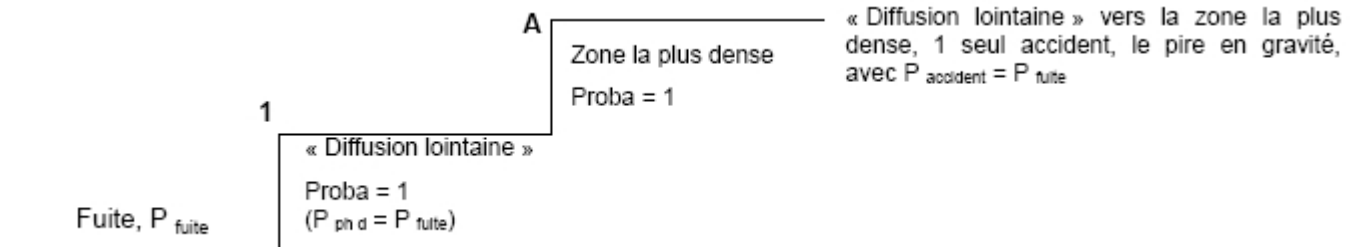
- le seul triplet présentant la gravité la plus importante et la probabilité prise égale à celle de la fuite (cf. exemple a) ci-dessous),
- plusieurs accidents se différenciant par des classes de stabilité / vitesse et/ou direction de vent multiples, en effectuant alors le produit de la probabilité de la fuite par la probabilité d'occurrence des conditions de vent choisies.

Exemples :

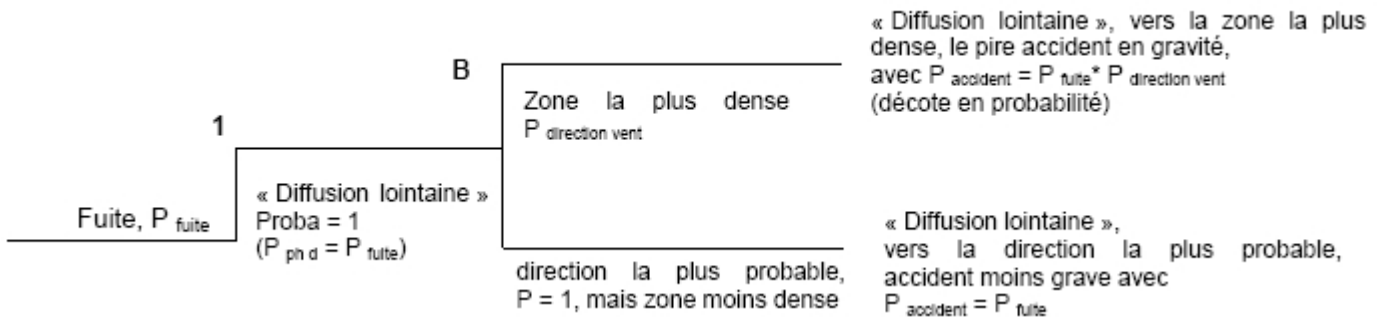
Dans chaque exemple ci-dessous, la probabilité notée à chaque étape du raisonnement est la probabilité conditionnelle sachant que l'étape située à sa gauche est réalisée.

Dans cet exemple, on appellera « diffusion lointaine » la diffusion faite selon le couple (stabilité - vitesse de vent) tel que la distance d'effets soit la plus importante.

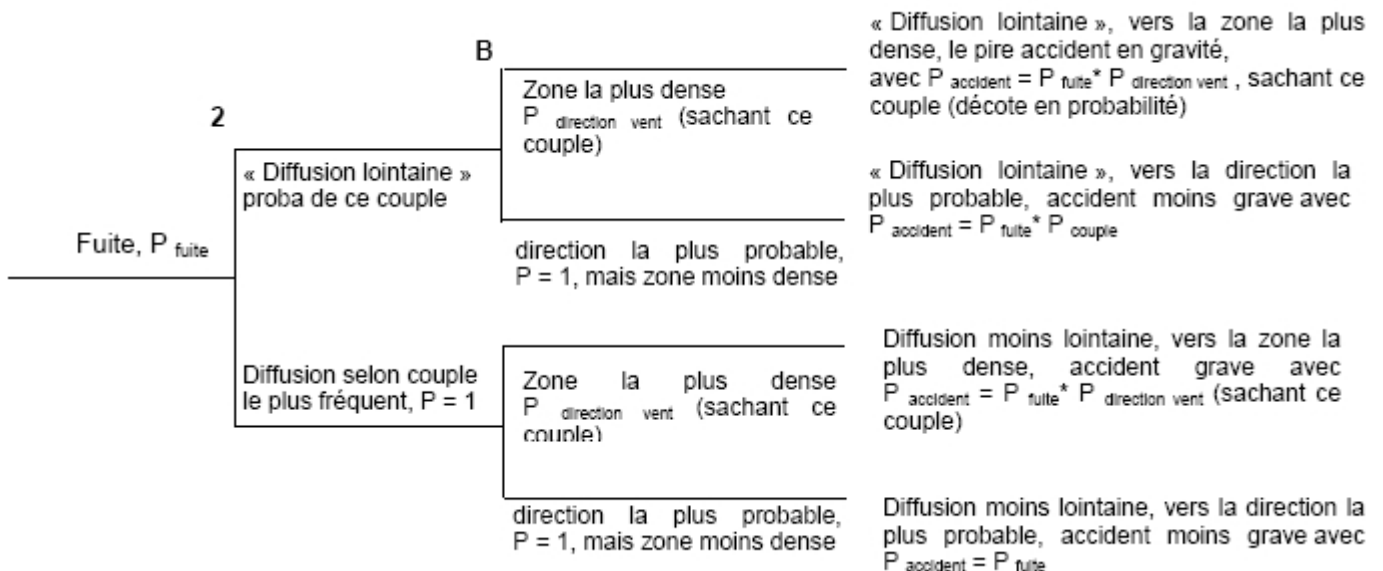
a) avec l'option **1** puis l'option **A** :



b) avec l'option **1** puis l'option **B** :



c) avec l'option **2** puis l'option **B** :



Attention comme indiqué en tête de l'exemple, les directions de vent ne sont a priori pas indépendantes des couples (stabilité/vitesse de vent). Dans l'option **B**, c'est donc la probabilité de la direction de vent, sachant quel est le couple (stabilité/vitesse) considéré en suivant l'option **2**, qui est à prendre en compte, et non la simple statistique météorologique d'occurrence de ce vent dans l'année.

E. Cas particulier de l'UVCE

Les UVCE constituent un cas particulier de dispersion atmosphérique, l'ensemble des indications précédentes est donc valable (chapitres A à D), avec le cas particulier de la prise en compte des deux types d'effets qui ne sont pas forcément « initiés » au même endroit. Il convient de faire apparaître la gravité maximale associée à l'ensemble des effets, thermiques et de surpression.

Nota : Dans le cas des GPL (butane et propane) le présent chapitre doit être lu en parallèle de la fiche UVCE (1.1.3 Fiche 3 : Les phénomènes dangereux associés aux GPL dans les établissements de stockage hors raffineries et pétrochimie – l'UVCE). Pour d'autres gaz (plus réactifs ex : H₂...), ces propositions devront éventuellement être adaptées.

E.1. UVCE en champ libre

E.1.1. Représentation des zones d'effets :

Concernant les effets de pression :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des effets de pression d'un UVCE, toutefois celles fondées sur l'équivalent TNT sont inadaptées et pas nécessairement majorantes.

En champ libre, après détermination des dimensions maximales du nuage inflammable, les effets de surpression sont à étudier à partir du point d'inflammation potentiel, c'est-à-dire un (ou des) point(s) chaud(s) judicieusement démontré(s). Les zones d'effets sont alors un (ou des) ensemble(s) de disques/couronnes concentriques (correspondant aux seuils d'effets) centré(s) sur ce(s) points d'inflammation, tenant compte de la réactivité du gaz inflammable.

Concernant les effets thermiques :

Dans le cas de l'explosion d'un nuage de gaz au repos en espace libre ou « flash fire » la cartographie des zones d'effets thermiques, qui serviront notamment pour définir la carte d'aléa, est constituée de disques/couronnes centrés sur le point de fuite et de rayon égal à :

- la distance à la LII pour les effets létaux significatifs et les premiers effets létaux,
- 1,1 fois la distance à la LII pour les effets irréversibles.

E.1.2. Evaluation de la gravité

Les options définies au chapitre 3 s'appliquent, la mesure de l'angle de référence pourra également être prise égale à 60°. Quelle que soit la position du secteur angulaire,

la gravité de l'accident liée aux effets thermiques du phénomène sera déterminée par la portion du disque correspondante (comme pour les effets toxiques). La gravité liée aux effets de surpression est déterminée par le nombre de personnes exposées dans les disques correspondant aux effets de surpression, sans compter deux fois les personnes exposées aux deux types d'effets.

E.1.3. Récapitulatif UVCE champ libre :

	Représentation cartographique des zones d'effets dans l'EDD	Cotation Gravité (personnes exposées)	Aléa
Effets thermiques (champ libre)	Disques centrés sur le point de fuite	Nombre de personnes exposées dans le secteur de 60° → point C de la présente fiche	Disques centrés sur le point de fuite
Effets de surpression (champ libre)	Un ou des ensemble(s) de disques centrés sur le(s) point(s) d'inflammation potentiel(s) (cf. fiche UVCE)	Nombre de personnes exposées dans les zones de surpression représentées par un ou des cercle(s) centré(s) sur le(s) point(s) d'inflammation, dans le secteur angulaire étudié	Un ou des ensemble(s) de disques concentriques centré(s) sur le(s) point(s) d'inflammation

E.2. UVCE en champ encombré

E.2.1. Représentation des zones d'effets :

Concernant les effets de pression

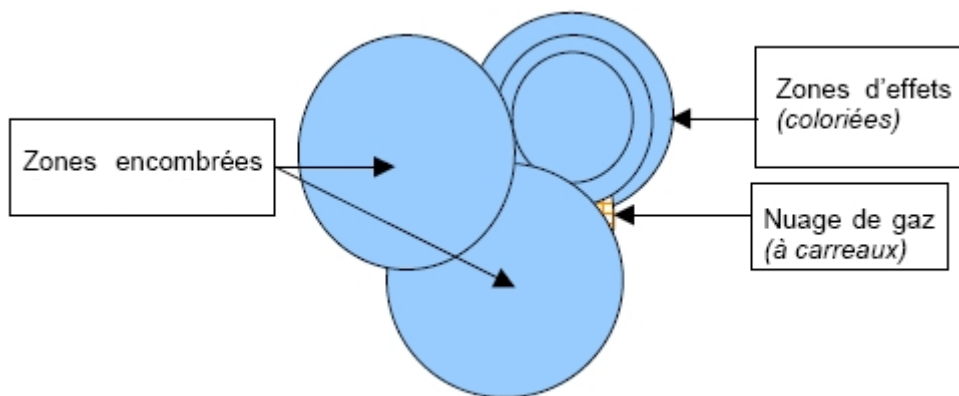
Il conviendra, pour une situation réelle où la dimension maximum du nuage explosif (cercle enveloppe des nuages de gaz possibles selon les stabilités et vitesses de vent, à fuite donnée, comme dans l'option 1 ci-dessus) a été préalablement estimée, de repérer les endroits où la densité d'obstacles ou le degré de turbulence du nuage sont susceptibles d'être importants et modéliser l'explosion globale.

La réactivité propre du gaz inflammable doit également être prise en considération.

Les distances d'effets calculées ne sont pas liées directement à la quantité de produit rejeté, ni au volume des nuages inflammables formés, mais bien au volume des zones d'encombrement et de confinement rempli par le mélange inflammable (et au niveau de confinement).

-> La cartographie des zones d'effets de surpression, qui serviront notamment pour définir la carte d'aléa dans le cas des établissements AS, est constituée de l'union des disques centrés sur ces zones encombrées, de rayons déterminés par la modélisation.

NB : sur le schéma ci-dessous n'apparaissent pas les zones d'effets correspondant au seuil de 20mbar, pour faciliter la lecture.



Dans le cas où des nuages de gaz peuvent provenir de nombreuses sources et dériver vers différentes zones encombrées (exemple des unités dans les raffineries de pétrole), on pourra prendre les disques autour de chaque zone encombrée et cumuler les probabilités des différentes fuites menant à un nuage de gaz emplissant cette zone.

Concernant les effets thermiques

En champ encombré, les effets thermiques sont à étudier comme dans le cas du champ libre, cf E.1.1 (disques centrés sur le point de fuite, de rayon égal à la distance à la LII pour les effets létaux significatifs et les premiers effets létaux ; et 1,1 fois la distance à la LII pour les effets irréversibles).

E.2.2. Evaluation de la gravité

Les mêmes principes qu'en champ libre s'appliquent.

De plus, si le secteur angulaire dans la position étudiée contient tout ou partie d'une zone encombrée, il faut ajouter à la gravité due aux effets thermiques (ci-dessus) la gravité due à l'intégralité de la zone d'effets de surpression induite par la zone encombrée. Attention toutefois à ne pas compter deux fois les mêmes personnes.

E.2.3. Récapitulatif pour le champ encombré

	Représentation cartographique des zones d'effets dans l'EDD	Cotation gravité (personnes exposées)	Aléa
Effets thermiques (champ encombré)	Disques centrés sur le point de fuite	Nombre de personnes exposées dans le secteur de 60° -> point C de la présente fiche	Disques (correspondant aux différents seuils d'effets) centrés sur le point de fuite
Effets de surpression (champ encombré)	Un ou des ensemble(s) de disques centrés sur	Nombre de personnes exposées dans les zones de surpression représentées par un ou des cercle(s)	Un ou des ensemble(s) de disques

encombré)	les zones encombrées (quelle que soit la position du point d'inflammation)	centré(s) sur le(s) zone(s) encombrées se trouvant dans le secteur angulaire étudié	concentriques (correspondant aux seuils d'effets) centré(s) sur la(les) zone(s) encombrée(s)
-----------	--	---	--

F. Exemples

F.1. Toxiques

On considère une fuite de probabilité de classe D dans un site dont la rose des vents du site est la suivante :

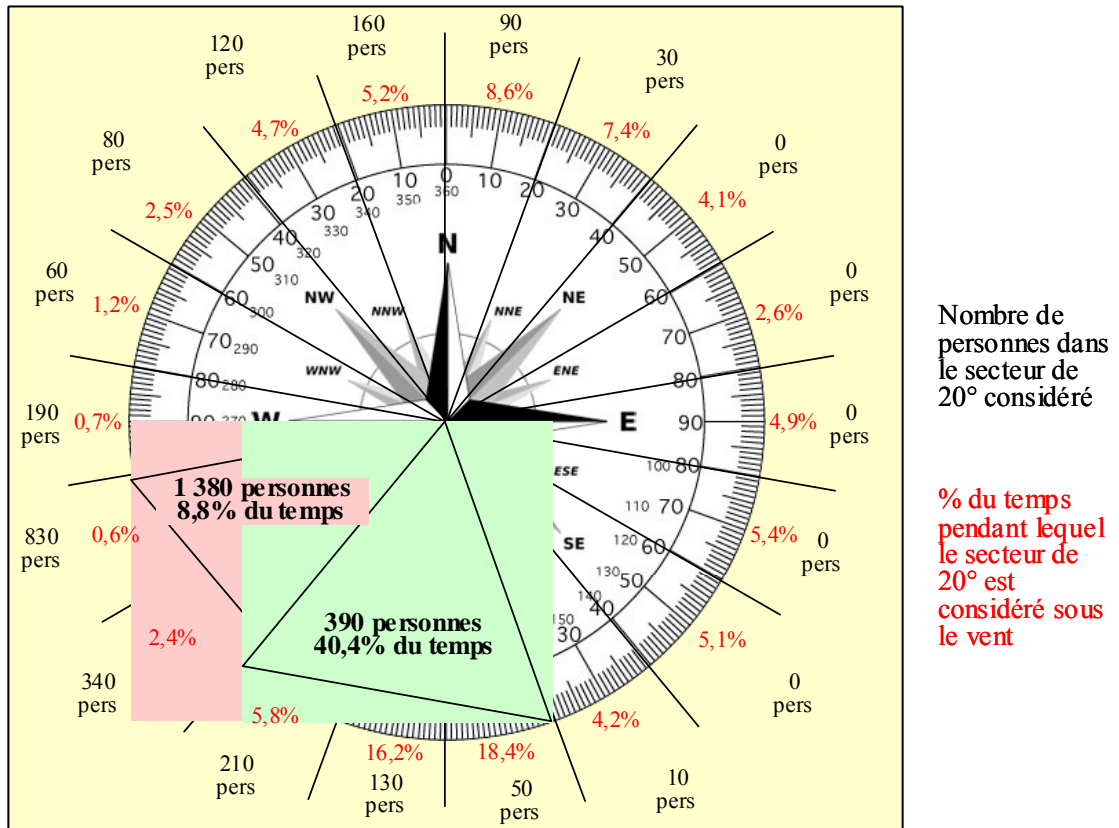


Illustration des différentes options sur cet exemple :

Option 1 : disque de rayon 2 200m, correspondant au panache de dispersion le plus long.

Option 2 : n'apparaît pas sur cet exemple, il faudrait connaître les couples stabilité/vitesse de vent pour ce lieu, ce qui n'est pas le cas.

Options A et B pour la détermination de la gravité :

Considérons pour simplifier l'exemple, que le nombre de personnes indiqué correspond au nombre de personnes présentes dans les zones des effets irréversibles (et non létaux), ce qui permet de déterminer plus simplement la gravité correspondante.

Selon l'option A, on regarde le nombre maximal de personnes impactées en même temps (dans un angle de 60°), quelle que soit la probabilité que le vent souffle dans cette direction. L'accident correspondant est représenté ici par le secteur rose. Il impacte potentiellement 1380 personnes exposées à des effets irréversibles, la gravité associée correspond donc au niveau « **désastreux** » de l'échelle, avec une probabilité égale à la probabilité de la fuite, soit **D**.

Selon l'option B, on regarde :

a) d'une part, l'accident le plus probable : vers le sud dans ce cas (secteur vert), avec une fréquence de vent de 40,4%. On a alors un accident impactant 390 personnes, soit une gravité « **catastrophique** », avec une probabilité égale à la probabilité de la fuite, soit **D**.

b) d'autre part, l'accident le plus grave : vers l'est ici (secteur jaune). On a alors un accident impactant 1380 personnes, soit une gravité correspondant au niveau « **désastreux** », avec une probabilité décotée du fait de la faible probabilité que le vent souffle dans cette direction, donc probabilité de classe **E**.

Conclusion :

option A → 1 accident, D-désastreux, donc classé NON dans la matrice du paragraphe 2 de cette première partie de circulaire

option B → 2 accidents :

a) D-catastrophique → MMR rang 2

et

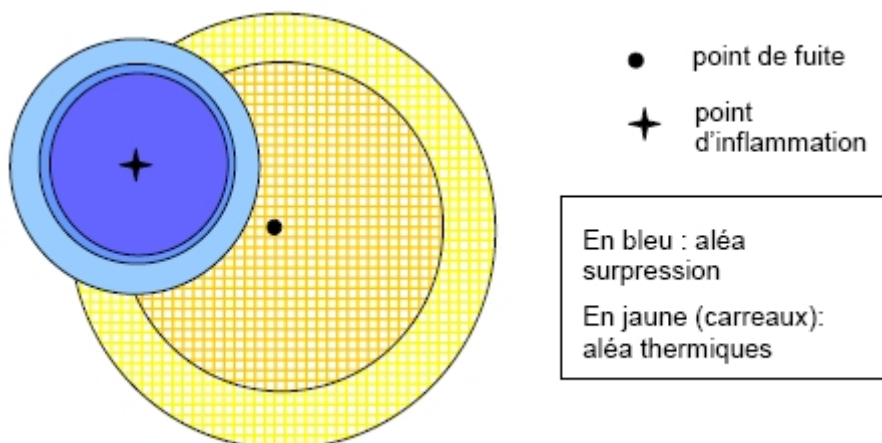
b) E-désastreux → MMR rang 2 (établissement existant),

soient 2 accidents MMR rang 2 « au lieu » d'un seul accident classé NON.

F.2. UVCE

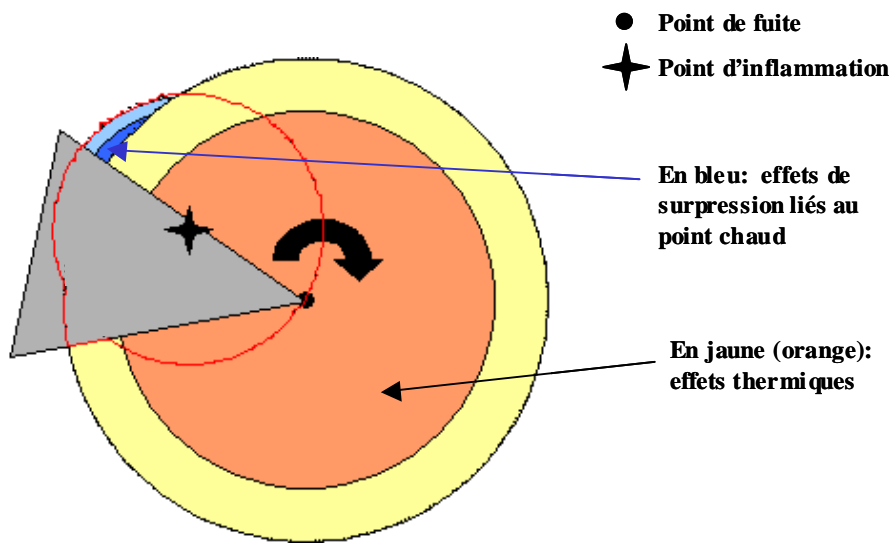
F.2.1. UVCE en champ libre

Détermination de l'aléa (liés à des effets de surpression ou des effets thermiques) :



Détermination de la gravité en champ libre :

Compter dans ce cas, pour déterminer la gravité, toutes les personnes présentes dans l'union du secteur gris de 60° avec les disques jaunes (carreaux), plus toutes les personnes situées dans les disques bleus, sans compter les personnes deux fois bien sûr

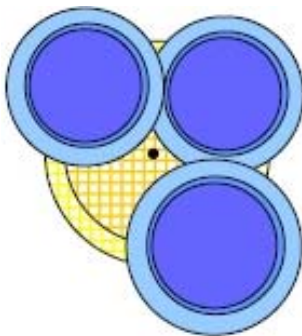


(toutes les zones entourées de rouge), en faisant tourner le secteur angulaire de manière à déterminer le nombre maximum de personnes exposées.

6.2.1. UVCE en champ encombré :

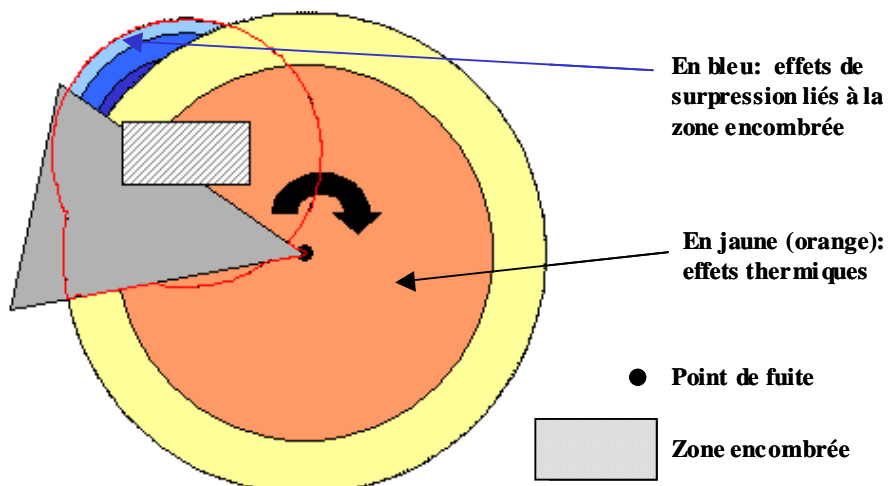
Détermination de l'aléa

La détermination de l'aléa de surpression devra tenir compte des différentes contributions liées à toutes les zones encombrées, trois sur l'exemple représenté ci-dessous.



Détermination de la gravité dans le cas où le secteur angulaire atteint une (ou plusieurs) zone(s) encombrée(s) :

Compter dans ce cas pour déterminer la gravité toutes les personnes présentes dans l'intersection du secteur gris avec les disques jaunes, plus toutes les personnes situées dans les disques bleus, sans compter les personnes deux fois bien sûr (les zones concernées sont entourées de rouge).



1.1.6 Fiche n°6 : Tuyauteries d'usine: exemple de représentation et de cotation

L'objet de la présente fiche est de formuler des propositions de modélisation des phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des tuyauteries, en mettant en œuvre des hypothèses raisonnablement majorantes. Il n'est pas ici question à proprement parler du niveau de sécurité présenté par les tuyauteries en fonction de leur mode de conception, construction, exploitation, maintenance...

Il convient de signaler qu'au-delà des tuyauteries (par essence linéaires), les ensembles de tuyauteries sont associés à des brides, clapets, régulateurs de pression, etc. (points discrets) qui ne devront pas être omis par ailleurs dans les études de dangers. Ces points singuliers constitués par les équipements « connexes » aux tuyauteries ne sont pas traités dans la présente fiche. On entend ici par « tuyauterie » les tuyaux permettant la circulation des fluides à l'intérieur d'une installation classée ou d'un établissement, y compris celles relevant de la réglementation canalisations de transport à l'intérieur des installations classées. L'objet de la présente fiche est de traiter le cas des tuyauteries aériennes. Pour les tuyauteries enterrées, la représentation sera adaptée aux caractéristiques des événements susceptibles de se produire (remontée de gaz le long de la tuyauterie, libération de gaz par certains conduits menant à l'air libre...).

Elle propose une méthodologie facultative pour permettre d'une part de simplifier les cas où plusieurs tuyauteries suivent le même parcours, et d'autre part pour en extraire quelques accidents représentatifs alors que :

- des fuites d'une infinité de diamètre (de 0 à 100%, voire plus) peuvent se produire,
- les fuites peuvent se produire en tout lieu de la tuyauterie.

A. Modélisation des tuyauteries et choix du nombre de phénomènes représentatifs

A.1. Notion de tuyauteries équivalentes

On pourra considérer dans les études de dangers que toutes les tuyauteries peuvent être rapportées à « quelques » tuyauteries équivalentes (qu'on pourrait appeler aussi « tuyauteries enveloppes ») qui peuvent être :

- dans le cas d'une tuyauterie réelle, la tuyauterie elle-même,
- dans le cas d'un rack de tuyauteries (ou tuyauteries de parcours proche) sans possibilité d'effets domino en cas de fuite sur l'une d'elles (c'est-à-dire le plus souvent ne contenant pas de fluide inflammable, ou bien pas de fluide corrosif susceptible, en cas de fuite, d'endommager la/les tuyauteries voisines de métallurgie moins résistante), la tuyauterie équivalente est alors :
 - une tuyauterie suivant le même parcours,
 - dont les distances d'effets toxiques pour chaque seuil d'effets sont celles engendrées par la tuyauterie du rack engendrant les plus grandes distances d'effet toxique (sans oublier les synergies entre substances toxiques),
 - dont les autres types d'effets éventuels suivent le même principe,
 - pour laquelle la probabilité du phénomène de fuite équivaut à la somme des probabilités de cette fuite sur chacune des tuyauteries composant le

rack (pour tenir compte d'une contribution linéique plus importante sur des tuyauteries « indépendantes »).

Note : En toute rigueur, dans ce dernier cas, la somme des probabilités est légèrement majorante. Un calcul plus rigoureux pourra être mené, au besoin.

NB : Dans le cas particulier des fuites suite à choc sur un rack, il convient de déterminer les effets par cumul des termes sources.

Dans le cas d'un rack de tuyauteries (ou tuyauteries proches) présentant la possibilité d'effets dominos en cas de fuite sur au moins l'une d'elles, on pourra alors avoir recours à deux tuyauteries équivalentes selon le phénomène étudié :

- celle décrite juste au-dessus pour les phénomènes ne mettant pas en œuvre d'effet domino,

- et pour les phénomènes pouvant entraîner des effets dominos : tuyauterie de même parcours, présentant des distances d'effets résultantes des différentes contributions en cas d'effet domino. La probabilité du phénomène est prise égale à la somme des probabilités des initiateurs menant à un effet domino.

A.2. Choix des phénomènes représentatifs

Pour les tuyauteries, le lieu de fuite ainsi que le type de fuite (taille de brèche, élément déterminant du terme source) sont multiples, et il convient de réduire ce nombre infini à un nombre plus facile à manipuler, représentatif de ce qui peut se produire dans l'installation. L'exploitant a le choix du nombre de phénomènes représentatifs qu'il fait apparaître dans l'étude de dangers.

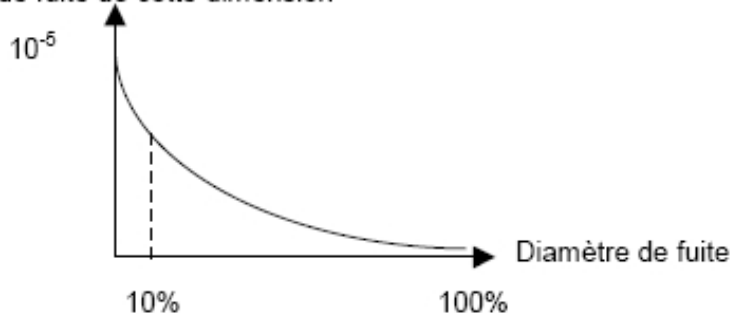
Pour chaque tuyauterie, ou tuyauterie équivalente, **doit** toutefois apparaître au moins la configuration la plus pénalisante (généralement la rupture 100%). L'exploitant peut cependant faire apparaître en outre les phénomènes (et accidents correspondants) liés à des fuites de taille inférieure, par exemple 50% du diamètre de la tuyauterie et 15 mm.

NB : pour les cas de fuites longues alimentées produisant des distances d'effets supérieures au cas de la rupture guillotine, c'est ce cas et non la rupture 100% qui doit être étudié.

Règle : Pour chaque diamètre de fuite ainsi retenu, la probabilité à associer aux phénomènes (et accidents correspondants) est le cumul des probabilités depuis le diamètre immédiatement inférieur retenu.

Exemple : dans le cas d'une tuyauterie de diamètre 100mm

Probabilité de fuite de cette dimension



→ si l'exploitant retient la seule fuite de diamètre 100 mm, on aura un phénomène dangereux auquel sera associée la probabilité $P = \int_{d=0}^{d=100\text{mm}} dP(d)$ (l'ensemble de l'aire sous la courbe ci-dessus).

→ si l'exploitant retient les fuites de diamètre 15, 50 et 100 mm, on aura trois phénomènes dangereux auxquels seront associées les probabilités suivantes :

- fuite 15mm : $P = \int_{d=0}^{d=15\text{mm}} dP(d)$
- fuite 50mm : $P = \int_{d=15}^{d=50\text{mm}} dP(d)$
- fuite 100mm : $P = \int_{d=50}^{d=100\text{mm}} dP(d)$

Par ailleurs, s'il apparaît, après justification, que des phénomènes liés à des fuites de diamètre inférieur au plus petit étudié (ici, 15mm) ne produisent pas d'effet à l'extérieur, ni de manière directe, ni par effet domino, alors seuls les phénomènes correspondant aux types de fuites de diamètre supérieur (ici, 50 et 100 mm) sont utilisés dans la suite de l'EDD.

Pour ce qui est des lieux de fuite possibles, l'approche est détaillée dans les points C (pour la cotation en probabilité et gravité des accidents) et D (pour la détermination de l'aléa) de la présente fiche.

B. Remarques générales sur les tuyauteries, la démarche de réduction du risque à la source et les PPRT

Il convient de bien se rappeler que les deux préoccupations partent de logiques différentes :

- la grille d'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source (cf. paragraphe 2 de cette première partie de circulaire) se préoccupe des accidents pouvant se produire à installation donnée
- les PPRT partent des aléas auxquels chaque point de l'espace est soumis.

Les probabilités pour les phénomènes dangereux et accidents pouvant se produire sur les tuyauteries s'expriment généralement en probabilité linéique P_1 . Dans un certain nombre de cas (tuyauterie longue, cf. point suivant), la probabilité que l'installation soit à l'origine d'un phénomène dangereux ($P_1 \times$ longueur de la tuyauterie) est donc très grande par rapport à la probabilité qu'un point de l'espace soit touché par les effets d'un phénomène dangereux.

Cette propriété obligera à recourir à une modélisation beaucoup plus approfondie des accidents à placer dans la matrice d'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source par rapport à celle mise en œuvre pour la démarche PPRT.

C. Choix des accidents positionnés dans la grille d'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source – considérations sur la gravité.

C.1. Cas d'une tuyauterie longue

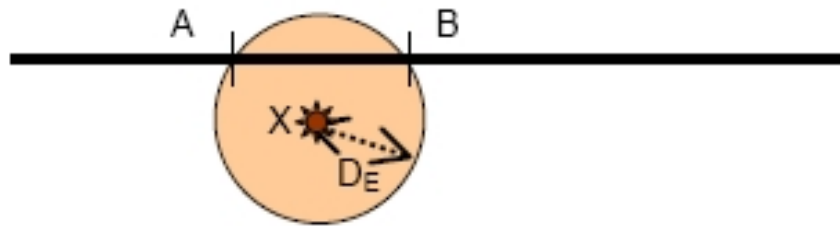
Une tuyauterie est considérée comme longue dans la présente fiche si sa longueur, sur un tronçon homogène, est d'une longueur supérieure au double des distances d'effets qu'une fuite sur cette tuyauterie peut engendrer. En pratique, ce type de configuration n'est pas très courant dans les installations classées (la présente fiche ne vise pas les canalisations de transport hors des établissements).

Probabilité :

Un point X de l'espace autour d'une tuyauterie longue ne peut être affecté par les effets d'un événement dangereux survenu sur cette tuyauterie que si cet événement se produit sur le tronçon [AB] de la tuyauterie situé à une distance du point X inférieure à

la distance maximale d'effet (au sens des distances d'effets irréversibles D_{EI} , « premiers » effets létaux D_{EL} , effets létaux significatifs D_{ELS}).

On considère que les zones d'effets sont centrées sur la tuyauterie. [NB : pour les effets de surpression de l'UVCE, ce n'est généralement pas le cas.]



Ce tronçon [AB] de tuyauterie est donc délimité par l'intersection de la sphère centrée au point X considéré et de rayon D_E = distance d'effet pour l'intensité de l'effet pris en compte (D_{EI} , D_{EL} , D_{ELS}). Ce tronçon [AB] de tuyauterie mesure donc au maximum $2D_E$ (soit D_E de part et d'autre du point s'il est situé sur la tuyauterie).

NB : ce cercle ne représente pas la zone d'effets d'un événement se produisant sur le tronçon AB !

Conclusion : on peut ainsi entourer la tuyauterie d'une zone d'effets correspondant à un ensemble de sphères de rayon D_E glissant tout le long de la tuyauterie. Pour cette zone d'effets, la probabilité de survenance en un de ses points de l'effet considéré (donc du phénomène dangereux) peut être raisonnablement majorée par :

$$P = P_1 \times 2 \times D_E$$

- P_1 étant la probabilité linéique pour la plage de tailles de brèche correspondant au type de fuite étudié (par exemple : de 0 à 15 mm, ou de 15 mm à la rupture), et pour le type de tuyauterie concerné (fonction du diamètre, et le cas échéant d'autres paramètres tels que le fluide véhiculé, l'âge, le niveau de sensibilité,...)

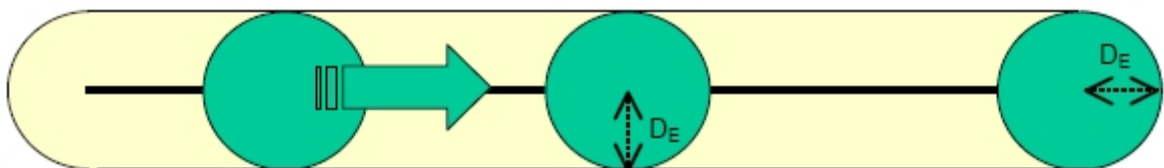
- D_E étant la distance d'effets correspondant aux effets « E » (D_{EI} , D_{EL} , D_{ELS})

-> il convient donc de prendre, comme probabilité des phénomènes de fuite, sur une tuyauterie « longue », $P = P_1 \times 2 \times D_E$

De plus, pour simplifier les choses et éviter d'avoir des probabilités différentes en fonction du seuil d'effets considéré, la probabilité pourra être calculée sur la base de la distance des effets irréversibles (D_{EI}) pour les différents seuils d'effets, en gardant bien les différentes distances d'effets pour la représentation (cartographique) de ces effets.

Représentation des effets :

Si un phénomène dangereux se produit en un point de la tuyauterie, les effets du phénomène seront sensibles sur une sphère de rayon D_E (pour chaque seuil d'effet). Les zones d'effets de l'ensemble des phénomènes possibles seront donc représentées par superposition des sphères (centrées tout le long de la tuyauterie), donc à une forme allongée, distante de D_E autour de la tuyauterie.



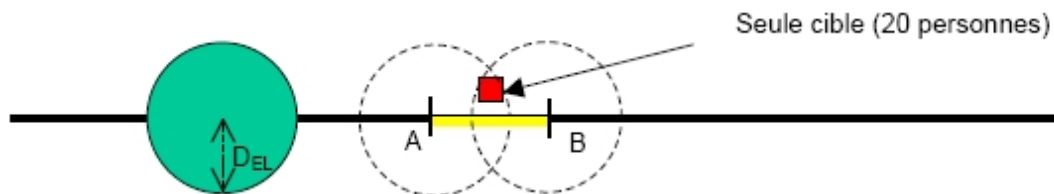
NB : ce schéma illustre les zones d'effets pour un seuil d'effets. En pratique, il convient de représenter les différentes formes allongées correspondant aux différents seuils d'effets mentionnés à l'article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 (dit arrêté « PCIG »).

Détermination de la gravité de l'accident : la gravité de l'accident associé à ces phénomènes est déterminée par le nombre de personnes exposées aux effets dans les différentes sphères.

Une première possibilité, simple mais très conservatrice, est de déterminer la position de la sphère menant au plus grand nombre de personnes exposées et d'attribuer à un seul accident représentatif cette gravité et une probabilité égale à $P_1 \times$ longueur de la tuyauterie.

Il est possible d'affiner l'approche, selon la méthode suivante :

- séparer la tuyauterie en segments pour lesquels les sphères dont les centres sont sur ces segments mènent à une classe de gravité homogène (l'arrêté du 29 septembre 2005 ne prévoyant que 5 classes de gravité, on aura donc au maximum 5 groupes de segments)
- calculer la longueur cumulée de ces groupes de segments et obtenir un accident représentatif par classe de gravité rencontrée pour lequel la probabilité sera $P_1 \times$ la somme des longueurs des segments menant à cette classe de gravité.
- Dans ce cas, on obtient au maximum 5 accidents par tuyauterie, chacun d'une classe de gravité différente.



Exemple :

Supposons qu'autour de la tuyauterie se trouvent 20 personnes (exposées) dans la zone des effets létaux, et aucune dans la zone des effets irréversibles.

Supposons que les cercles ainsi dessinés représentent les sphères d'un rayon égal aux distances des effets létaux D_{EL} .

Le segment [AB] de la tuyauterie représente l'ensemble des points pour lesquels la réalisation du phénomène dangereux conduira à des effets létaux impactant les 20 personnes « cibles », seules personnes présentes à une distance inférieure à D_{EL} (mais aussi D_{EI}) de la tuyauterie. Le reste de la tuyauterie ne peut conduire à des effets létaux sur les cibles.

On peut alors présenter deux accidents représentatifs :

- un de probabilité égale à $P_1 \times$ longueur du segment [AB], et de gravité « catastrophique » (entre 10 et 100 personnes exposées à des effets létaux)
- un de probabilité égale à $P_1 \times$ (longueur de la tuyauterie – longueur du segment [AB]) et de gravité au plus « modérée »

C.2. Cas des tuyauteries « courtes » (par rapport aux distances d'effets engendrées)

C'est le cas le plus souvent rencontré dans les installations classées. Dans ce cas, pour simplifier, c'est l'ensemble de la longueur L de la tuyauterie qui contribue à la probabilité de fuite impactant tel ou tel point.

On peut donc prendre $P = P_1 * L$.

Les zones d'effets correspondent là aussi à un continuum de sphères centrées sur tous les points de la tuyauterie, et donc à une zone allongée tout autour de la tuyauterie, comme dans le cas des tuyauteries longues.

La gravité est déterminée en prenant l'ensemble des personnes exposées dans les zones d'effets cumulées. Si cette méthode conduit à une situation trop difficile, on peut prendre une méthode similaire au cas des tuyauteries longues.

D. Aléa pour le PPRT

L'aléa correspond au couplage des zones d'effets et des probabilités d'occurrence des phénomènes.

Comme décrit ci-dessus, pour le **cas des tuyauteries longues**, un point de l'espace autour d'une tuyauterie longue ne peut être affecté par les effets d'un événement dangereux survenu sur cette tuyauterie que si cet événement se produit sur la section de la tuyauterie située à une distance du point inférieure à la distance maximale d'effet.

Cette section de tuyauterie est donc délimitée par l'intersection de la sphère centrée au point considéré et de rayon D_E = distance d'effet pour l'intensité de l'effet pris en compte (D_{EI} , D_{EL} , D_{ELS}).

Cette section de tuyauterie mesure donc au maximum $2D_E$ (soit D_E de part et d'autre du point s'il est situé sur la tuyauterie)

Conclusion : on peut ainsi entourer la tuyauterie d'une zone d'effet correspondant à un ensemble de sphères de rayon D_E glissant tout le long de la tuyauterie. Pour cette zone d'effets la probabilité de survenance en un de ses points de l'effet considéré (donc du phénomène dangereux) peut être raisonnablement majorée par :

$$P = P_1 \times 2 \times D_E$$

- P_1 étant la probabilité linéique pour la plage de tailles de brèche correspondant au type de fuite étudié (par exemple : de 0 à 15 mm, ou de 15 mm à la rupture), et pour le type de tuyauterie concerné (fonction du diamètre, et le cas échéant d'autres paramètres tels que le fluide véhiculé, l'âge, le niveau de sensibilité,...)

D_E étant la distance d'effets correspondant aux effets « E » (D_{EI} , D_{EL} , D_{ELS})

De plus, pour simplifier les choses et éviter d'avoir des probabilités différentes en fonction du seuil d'effets considéré, la probabilité pourra être calculée sur la base de la distance des effets irréversibles (D_{EI}) pour les différents seuils d'effets.

Dans le cas des **tuyauteries longues**, on a donc des **zones d'effets en longueur** (selon le seuil d'effets considéré), auxquelles sont associées les probabilités

$$P = P_1 \times 2 \times D_{EI}$$

Dans le cas des **tuyauteries courtes**, on a une **zone d'effets en longueur** selon le même principe, à laquelle on peut associer la probabilité $P = P_1 \times L$.

E. Cas particulier de l'UVCE et de l'inflammation d'un nuage en champ libre

Les inflammations de nuages de gaz présentent quelques particularités qu'il convient de prendre en compte. La proposition de modélisation est la suivante :

le phénomène dangereux se produira lorsque le nuage de gaz inflammable entrera en contact avec un point chaud. La zone d'effet de surpression sera alors une sphère centrée autour d'un point déterminé en fonction de l'encombrement et du modèle utilisé (1.1.3 Fiche 3 : Les phénomènes dangereux associés aux GPL dans les établissements de stockage hors raffineries et pétrochimie – l'UVCE). La zone d'effet thermique est la partie du nuage s'enflammant (donc dont la concentration est comprise entre la LII et la LSI).

Phénomène dangereux

La probabilité du phénomène dangereux sera ainsi obtenue en considérant les segments de la tuyauterie pour lesquels une fuite de gaz mènera à une concentration dangereuse (supérieure à la limite inférieure d'inflammabilité) au niveau du point chaud, et en multipliant cette longueur totale par la probabilité linéique.

Accident représentatif

Le raisonnement est le même que celui présenté dans les parties précédentes, au calcul de la gravité près qui devra être évaluée de façon similaire à la description faite dans la fiche de représentation et cotation des phénomènes de dispersions atmosphériques et UVCE (1.1.5 Fiche n°5 : Phénomènes de dispersion atmosphérique : représentation et cotation en probabilité – gravité), à savoir en sommant la gravité due aux effets thermiques et la gravité due aux effets de surpression, sans pour autant compter en double les personnes exposées aux deux types d'effets.

1.1.7 Fiche n°7 : Mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine

L'objet de la présente fiche est de donner des éléments d'appréciation sur la prise en compte des mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine. Cette fiche n'a pas de caractère réglementaire et d'autres approches de ces mesures peuvent être acceptées sous réserve de justifications.

Sera considérée comme mesure de maîtrise des risques fondée sur une intervention humaine au sens de la présente fiche une mesure constituée d'au moins une activité humaine (une ou plusieurs opérations) qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptibles d'aboutir à un accident.

Notes :

1) la formation générale des agents, leur entraînement et les plans de secours généraux (type Plan d'Opération Interne, POI, et Plan Particulier d'Intervention, PPI) ne sont donc pas considérés comme mesure de maîtrise des risques à part entière,

2) les mesures d'interdiction formalisées (interdiction de fumer, interdiction des téléphones portables, plan de circulation...) sont traitées au chapitre D.

A. Règles générales

A.1 Conditions de prise en compte

Rappel : 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 classées soumises à autorisation précise :

« Pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de maîtrise des risques doivent être **efficaces**, avoir une **cinétique** de mise en œuvre en adéquation avec celle des événements à maîtriser, être **testées** et **maintenues** de façon à garantir la pérennité du positionnement précité ». Par mesures de maîtrise des risques, on entend à la fois mesures techniques de maîtrise des risques ou mesures fondées sur les interventions humaines.

La vérification de ces quatre critères doit être réalisée par l'exploitant dans l'étude de dangers. Cette démonstration est une condition nécessaire à la prise en compte de la mesure pour l'évaluation de la probabilité.

Ces quatre critères sont plus délicats à transposer au domaine des actions humaines par rapport aux mesures techniques. Néanmoins, il est possible de les retrouver dans les dimensions suivantes :

L'**efficacité** de la mesure prévue par rapport aux événements qu'elle est censée maîtriser. Ce principe correspond à l'adéquation :

- d'une part, entre la tâche attribuée aux hommes et les exigences à satisfaire pour assurer la maîtrise des risques (conception de la mesure de sécurité),
- d'autre part, entre les moyens et les outils mis à disposition des hommes (outils, formation, documentation) et les caractéristiques, le dimensionnement de cette tâche (complexité, degré d'autonomie, fréquence, caractère programmé ou non, dimension collective, etc.), sans

oublier les caractéristiques du contexte de réalisation (contrainte temporelle, dimensionnement du poste de travail, ambiances de travail, contexte physique et ergonomie du poste de travail, ressources techniques ou humaines prévues, etc.).

Cette efficacité est également conditionnée par l'adéquation de la cinétique de mise en œuvre de la mesure avec la cinétique des événements à maîtriser.

Le maintien dans le temps de l'efficacité de la mesure prévue et **le test ou la vérification** de son efficacité : dans le cadre de mesures incluant des actions humaines, les paramètres pesant sur la performance de la mesure de maîtrise des risques sont notamment le niveau des compétences du personnel et les conditions de travail. On peut citer également les exercices (une notion d'exercices planifiés / inopinés permet de différencier maintenance et test) ou l'analyse du retour d'expérience. Le maintien dans le temps de ces paramètres est normalement géré par l'organisation particulièrement à travers la formation. Le système de contrôle des performances du système doit permettre de vérifier que les conditions de l'efficacité de la mesure (pratiques opératoires et conditions matérielles de réalisation des actions de sécurité) sont correctement maintenues et gérées.

A.2. Eléments préalables et bonnes pratiques

Préalablement à l'analyse des critères réglementaires évoqués dans cette fiche, il convient d'apporter une attention toute particulière :

- à la formation et l'habilitation des opérateurs chargés d'exercer l'intervention humaine identifiée comme mesure de sécurité,
- à la bonne coordination des acteurs, la bonne communication entre les opérateurs précités lorsque la mesure fait appel à une action collective,
- aux conditions de recours à la sous-traitance et à son encadrement (formation mais aussi bonne intégration dans les équipes pour les mesures faisant appel à une action collective).

Pour mémoire, d'autres éléments peuvent aussi influencer sur la performance de ces mesures de sécurité : la conception et la modification des situations de travail, des facteurs économiques exogènes, etc.

A.3. Mesures de pré-dérive / Mesures de rattrapage de dérives

De par leur nature, il est considéré que les mesures de maîtrise des risques intégrant une intervention humaine peuvent se classer en deux groupes :

- des mesures de **pré-dérive** qui ont vocation à prévenir un enchaînement non maîtrisé d'événements. Elles permettent donc de vérifier de façon systématique que les conditions de sécurité sont effectives avant de commencer une activité à risques (ex : vérification de la fermeture de la vanne avant de remplir un réacteur),
- des mesures **de rattrapage de dérives** qui prennent place au cours ou en aval de l'activité ou du procédé susceptible de présenter des risques d'accident majeur et dont la fonction de sécurité sera de détecter une dérive prévue et de revenir dans une plage de fonctionnement en sécurité et/ou d'agir en vue de limiter les effets du phénomène. Elles sont généralement mises en œuvre de manière beaucoup moins fréquente, et

souvent dans une situation d'urgence (ex : intervention suite à alarme de pression haute).

Remarque : Les mesures de rattrapage de dérives peuvent se situer en amont de l'événement redouté central. Le plus souvent, l'événement redouté central n'est pas la dérive en elle-même mais est une des conséquences de son développement : un rattrapage de dérive peut alors se produire à la suite de la mise en œuvre d'une mesure de pré-dérive. La frontière entre mesures de pré-dérive et mesures de rattrapage de dérive sera alors en amont de l'événement redouté central dans « les nœuds papillons » lorsque cette représentation graphique est choisie.

B. Eléments d'appréciation des mesures de maîtrise des risques

De manière générale, les critères mentionnés au point A.1 peuvent être évalués suivant les considérations présentées dans le tableau ci-dessous.

Critère	Type d'aspects à prendre en compte
Efficacité	<p>Une fois que le bon dimensionnement de la mesure de maîtrise des risques est vérifié, les éléments d'appréciation de l'efficacité peuvent porter sur :</p> <ul style="list-style-type: none">- l'adéquation des aptitudes du personnel chargé de l'action de sécurité par rapport à la tâche,- l'adéquation et l'adaptation des outils et des interfaces de travail à l'opérateur ou ergonomie des outils et des interfaces : disponibilité et présentation des informations et de leur documentation (à traiter par l'opérateur ou donnant un retour sur les conséquences de son l'action de l'opérateur), accessibilité et manœuvrabilité des outils, adéquation de l'organisation (clarté des missions, de la définition des rôles et des responsabilités, etc.) ...
Cinétique	<p>La notion de cinétique est pertinente pour le cas des mesures de maîtrise des risques consistant à intervenir suite à une dérive ou suite à un incident ou accident, ou plus largement, dans une situation de dérive c'est-à-dire dans un contexte de dynamique accidentelle.</p> <p>Cette notion est beaucoup moins pertinente pour le cas des mesures de maîtrise des risques consistant à intervenir en préalable d'une activité à risque, hormis des cas particuliers comme notamment la vérification d'une surépaisseur de corrosion d'une canalisation devant être réalisée à une fréquence adaptée à la vitesse de corrosion, et devant inclure le changement de la canalisation ou son by-pass.</p> <p>La cinétique de mise en œuvre d'une mesure de maîtrise des risques correspond au temps total sur l'ensemble des phases nécessaires à la réalisation de l'action de sécurité. En particulier dans les cas de surveillance de paramètres ou de ronde, il est nécessaire d'intégrer la fréquence de cette surveillance ou ronde en prenant en compte dans la cinétique de mise en œuvre de la mesure de maîtrise des risques la période de temps correspondante, c'est-à-dire la notion de cinétique intégrera la durée du contrôle et la durée de la période entre deux contrôles. De même, il est important de nuancer l'estimation de ce temps de mise en œuvre avec l'impact, sur cette cinétique, de la charge de travail des hommes, notamment la réalisation de plusieurs tâches en parallèle.</p>

Maintenabilité et testabilité (ou maintien dans le temps et vérification)	<p>Le maintien de la performance de l'intervention humaine peut s'apprécier à différents niveaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le maintien, par la formation, de la compétence du personnel chargé de l'action de sécurité. Il peut nécessiter des recyclages réguliers, d'autant plus que les actions réalisées sont rarement mises en œuvre, ainsi que des exercices permettant de mettre en pratique les compétences acquises, - le maintien, dans le domaine prévu, des conditions matérielles et organisationnelles nécessaires à la réalisation de la tâche. <p>Ensuite, il est possible de tester et vérifier selon ces deux mêmes niveaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - par un contrôle (de connaissances/d'aptitudes) complémentaire à la formation initiale, que les enseignements de la formation sont bien applicables et appliqués par l'opérateur, - par l'ensemble des contrôles et audits, que les conditions matérielles et organisationnelles dans lesquelles les opérateurs agissent ne se sont pas dégradées ou n'ont pas évolué sans être gérées.
---	--

Note 1: il convient, par ailleurs, d'examiner avec attention les stratégies de maîtrise des risques basées sur un nombre important de mesures de maîtrise des risques dont le même opérateur est chargé. Ces situations imposent une forte sollicitation à l'opérateur tout en amenant à s'interroger sur les modes communs de défaillance (incompréhension par l'opérateur des informations, carence en formation, panique ou effet de surprise réduisant les capacités de l'opérateur sur toutes les actions qu'il a à mener, etc.).

Note 2 : le guide $\Omega 20$ de l'INERIS disponible sur le site www.ineris.fr pourra être un guide utile à l'appréciation de ces mesures de maîtrise des risques.

B.1. Eléments d'appréciation des mesures de pré-dérive

Il conviendra d'apporter une grande attention à l'indépendance de la mesure par rapport à la conduite du processus industriel mis en œuvre (et à ses potentielles dérives) mais aussi par rapport aux autres mesures de réduction du risque à la source.

Note : Il conviendra par ailleurs, lors de la prise en compte d'une telle mesure, de vérifier que son action n'a pas déjà été intégrée dans le calcul de la fréquence d'occurrence de l'événement initiateur. Les données tirées de l'accidentologie tiennent ainsi généralement compte de l'effet des mesures mises en place sur les sites.

Règle proposée : Les données et études disponibles sur l'intervention humaine et ses défaillances doivent conduire à considérer que :

- sauf justification particulière, les mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine, de la part de l'opérateur chargé du process par ailleurs, réduisent la probabilité d'une classe au maximum (ou ont un niveau de confiance maximal de 1 lorsque cette terminologie est choisie),
- sauf justification particulière, les mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine de la part d'un tiers par rapport à l'opérateur chargé du process (par exemple une vérification) réduisent la probabilité de deux classes au maximum (ou ont un niveau de confiance maximal de 2 lorsque cette terminologie est choisie).

Éléments complémentaires : ces mesures sont généralement des opérations ajoutées aux opérations normales d'exploitation du process. De par leur caractère préventif, l'existence d'une valorisation des comportements de sécurité ainsi qu'un contrôle régulier sur la réalisation de ces opérations s'avèrent importants en terme de maintien des performances dans le temps.

B.2. Éléments d'appréciation des mesures de rattrapage de dérive

Il conviendra d'apporter une grande attention à **l'indépendance** de la mesure par rapport au processus industriel mis en œuvre (et à ses potentielles dérives) mais aussi par rapport aux autres mesures de maîtrise des risques.

Règle proposée : Les données et études disponibles sur l'action humaine et ses défaillances, notamment en situation anormale et dans des situations d'urgence pouvant susciter une tension inhabituelle, doivent conduire à considérer que :

- sauf justification particulière, les mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine réduisent la probabilité d'une classe au maximum (ou ont un niveau de confiance maximal de 1 lorsque cette terminologie est choisie).

Éléments complémentaires : il conviendra de vérifier l'efficacité de l'intervention de l'opérateur et son exposition physique éventuelle liée à l'intensité des effets associés à ce dernier. En particulier, est-il prévu, si nécessaire, une protection physique de l'opérateur (EPI) ou un positionnement des moyens d'action ou d'information hors des zones d'effets?

Relativement à l'aspect de cinétique de mise en œuvre de la mesure de maîtrise des risques, il convient de vérifier que toutes les phases nécessaires à la mise en œuvre de la mesure sont prises en compte (temps nécessaire pour détecter la dérive, réaliser le diagnostic, revêtir si nécessaire un équipement de protection individuelle (EPI), ou déployer des moyens d'intervention, etc.).

Le contexte d'intervention de l'opérateur pour maîtriser une situation de dérive incidentelle ou accidentelle présente une difficulté fortement liée à la pression temporelle induite par le scénario.

Dans ce cas, la réussite de l'intervention de l'opérateur sera favorisée lorsque celui-ci disposera d'une marge de manœuvre temporelle suffisante pour analyser les informations, et prendre sa décision quant à l'action de sécurité à mener.

Enfin, les mesures d'intervention peuvent être très rarement, voire jamais, mises en œuvre. Dans ces cas, la réalisation d'entraînements pratiqués dans les conditions les plus similaires/représentatives des situations pouvant se présenter permettent de préparer l'opérateur à une intervention sur le scénario d'accident envisagé.

C. Cas des mesures intégrant un dispositif technique et une intervention humaine

On considère des mesures du type : détection d'une dérive par un capteur, diagnostic par l'opérateur et déclenchement de vannes commandées.

La capacité de la mesure à remplir sa fonction de sécurité dépendra du bon enchaînement et du bon fonctionnement de l'ensemble des éléments techniques et organisationnels composant la mesure, au regard du scénario menant au phénomène dangereux puis éventuellement à l'accident.

Ainsi, la réduction de classe de probabilité ou le niveau de confiance à attribuer à la mesure sera la plus faible des réductions ou le plus faible des niveaux de confiance des différents composants pris individuellement (technique ou humain), après s'être assuré que les interfaces entre les différents composants ne sont pas susceptibles de réduire la performance de la mesure et que le temps de réponse global de l'ensemble des composants assurant la fonction de sécurité est compatible avec la cinétique des événements à maîtriser.

D. Cas spécifique des mesures d'interdiction

Un nombre restreint de mesures d'interdiction stricte (interdiction de fumer, interdiction de franchissement d'une ligne pour des véhicules par exemple) peuvent être mises en oeuvre au sein des installations classées.

Il paraît difficile, a priori, de définir de façon appropriée la fréquence de l'événement initiateur auquel la mesure de maîtrise des risques cherche à s'opposer (exemple: fumer, entrer dans la zone délimitée par la ligne au sol, etc.). On pourra donc forfaitairement considérer que cet événement initiateur a une classe de fréquence A. La mesure de maîtrise des risques d'interdiction absolue étant une mesure intervenant avant la dérive, elle pourra être cotée conformément aux règles décrites précédemment pour les mesures de pré-dérive (diminution d'une ou deux classe(s) de probabilité).

Rappel : pour les approches quantitatives, le passage de fréquence A en fréquence B se produit aux alentours de 10^{-2} , soit un événement tous les 100 ans. Le passage de fréquence B en fréquence C se produit aux alentours de 10^{-3} , soit un événement tous les 1000 ans.

Une exception pourra toutefois être retenue pour les permis d'intervention ou les permis de feu concernant des interventions directes sur des installations à grand potentiel de danger de type sphère d'ammoniac ou sphère de chlore. Ces interventions sont rares et le potentiel de danger de ces installations est généralement connu de tous. Lorsque ces mesures seront mises en oeuvre, et sous respect de la démonstration explicite par l'exploitant dans l'étude de dangers que :

- l'existence et les modalités de respect de ces mesures sont connues des opérateurs,
- des dispositifs de contrôle du respect de ces mesures sont mis en place,
- toutes les mesures techniques ou organisationnelles complémentaires qui peuvent être judicieusement mises en place pour prévenir, complémentairement à l'obligation de permis d'intervention ou de permis de feu, les enchaînements redoutés auxquels l'interdiction cherche à s'opposer ont, soit été mises en place, soit fait l'objet d'une démonstration technico-économique de l'impossibilité de les mettre en place,

il pourra être admis que l'événement initiateur correspondant à la mesure d'interdiction devra figurer dans les études de dangers, mais sans cotation de la probabilité et sans qu'il en soit tenu compte dans la probabilité de l'événement redouté central.

1.1.8 Périmètre de l'étude de dangers pour les tuyauteries et canalisations de transport reliant deux installations classées

A - Tuyauteries

Une tuyauterie située en totalité dans le périmètre de plusieurs installations classées contiguës dont l'une au moins est soumise à autorisation n'est pas une canalisation de transport. Elle est soumise d'une part à la réglementation applicable aux installations classées, d'autre part à celle applicable aux équipements sous pression. Les arrêtés préfectoraux réglementant chacune des installations classées concernées définissent les lieux d'interface permettant d'affecter les différents tronçons de la tuyauterie aux différentes installations classées. Sauf exception dûment justifiée, ces interfaces sont positionnées sur des organes de sectionnement, qui ne sont pas nécessairement situés aux limites géographiques des installations. L'étude de dangers doit alors correspondre au périmètre ainsi défini.

Dans le cas particulier d'une tuyauterie reliant une installation classée soumise à autorisation (le cas échéant avec servitudes) et une installation classée soumise à simple déclaration, nous vous invitons à la prendre en compte par voie d'arrêté préfectoral complémentaire pour l'installation soumise à autorisation, et par voie d'arrêté préfectoral de prescriptions spéciales pour l'installation soumise à déclaration.

Je vous signale par ailleurs que ces tuyauteries étant destinées au transport de fluides (à l'arrivée ou au départ du site), les fluides et gaz qu'elles sont amenées à contenir n'ont pas vocation à générer de classement dans la nomenclature des installations classées, et c'est bien au titre de leur connexité avec l'installation que vous pourrez les réglementer par arrêté préfectoral et attendre leur traitement dans l'étude de dangers.

B - Canalisations de transport

Tout tronçon de canalisation reliant ou traversant une ou plusieurs installations classées soumises à autorisation, extérieur au périmètre de ces installations, relève de la réglementation relative aux canalisations de transport. La frontière d'application des différentes réglementations est celle définie par l'article 4 de l'arrêté multifluide du 4 août 2006.

Les dispositions ci-après s'appliquent à ces canalisations.

- Pour la partie située dans le domaine public ou dans le domaine privé des tiers, qui relève de la réglementation des canalisations de transport, c'est cette dernière qui s'applique. En outre, si l'une au moins des installations classées reliées ou traversées est classée à autorisation avec servitudes, et si vous avez souhaité réglementer une partie de la canalisation (éventuellement hors site) au titre de la connexité par application de l'article R. 512-6 du code de l'environnement, alors cette portion de la canalisation est prise en compte dans l'étude de dangers (et dans le PPRT des installations concernées).

- Pour la partie située à l'intérieur des limites des sites industriels reliés par la canalisation :

- Parties tubulaires comprenant, en partant de l'extérieur vers l'intérieur de chacune des installations classées, le premier organe d'isolement ainsi que, le cas échéant les parties tubulaires de toute installation annexe spécifiquement conçue pour la canalisation, jusqu'à son dernier organe d'isolement : application de la réglementation des canalisations de transport, comme indiqué ci-dessus ;
- Accessoires et installations annexes spécifiquement conçus pour la canalisation de transport (tels que listés à l'article 4 de l'arrêté multiluide du 4 août 2006 : station de pompage ou de compression, station de réchauffage, de filtrage, de mélange, d'odorisation ou de détente, station de mesurage des quantités transportées ou de contrôle de la qualité du produit, vannes en lignes de sectionnement ou de dérivation, installations d'interconnexion) autres que ceux soumis à autorisation ICPE : application de la réglementation des canalisations de transport, comme indiqué ci-dessus, avec la possibilité de simplification prévue ci-dessus si ces installations ont été couvertes par une étude de dangers au titre de la législation des installations classées de moins de 5 ans ;
- autres installations (annexes) : application des deux réglementations et en conséquence intégration à l'étude de dangers

1.1.9 Périmètre de l'étude de dangers en cas de connexité d'équipements

L'élaboration des plans de prévention des risques technologiques (PPRT) a mis l'accent sur l'importance du choix du périmètre de l'installation classée qui induit des conséquences sur le périmètre de l'étude de dangers puis sur la liste des phénomènes dangereux qui y seront étudiés afin de réaliser ce PPRT.

A cet égard, il convient de rappeler les deux références à la notion de connexité pour les installations classées relevant du régime de l'autorisation avec servitudes.

Article R. 512-6 du Code de l'Environnement:

"Les études et documents prévus au présent article portent sur l'ensemble des installations ou équipements exploités ou projetés par le demandeur qui, par leur proximité ou leur connexité avec l'installation soumise à autorisation, sont de nature à en modifier les dangers ou inconvénients."

Article R. 512-32 du Code de l'Environnement:

"Les prescriptions prévues aux articles R. 512-28 à R. 512-31 s'appliquent aux autres installations ou équipements exploités par le demandeur qui, mentionnés ou non à la nomenclature, sont de nature, par leur proximité ou leur connexité avec une installation soumise à autorisation, à modifier les dangers ou inconvénients de cette installation."

Pour mémoire, l'arrêté du 10 mai 2000 dispose par ailleurs: *"Etablissement : l'ensemble des installations classées relevant d'un même exploitant situées sur un même*

site au sens de l'article 12 du décret du 21 septembre 1977 susvisé, y compris leurs équipements et activités connexes, dès lors que l'une au moins des installations est soumise au présent arrêté."

Lorsque des équipements, engins ou installations répondent aux critères ci-dessus, ils ont vocation à être intégrés à l'installation classée, même s'ils ne relèvent pas de la nomenclature des installations classées. Les phénomènes dangereux qui peuvent y prendre naissance ont vocation à être intégrés dans l'étude de dangers et à être retenus pour la démarche PPRT.

A l'inverse, si des équipements ne sont pas retenus pour leur connexité avec l'installation étudiée et sont traités par une autre réglementation (par exemple des canalisations de transport en provenance ou à destination du site industriel), tous les équipements autres qui se situeraient au-delà (par exemple à l'autre extrémité de la canalisation de transport: station de compression, autre unité industrielle, zone de dépotage) ne peuvent alors être considérés comme étant en connexité avec l'installation classée. Les phénomènes dangereux y prenant naissance n'ont pas à être évoqués dans l'étude de dangers (sauf bien entendu s'ils peuvent être à l'origine d'effets dominos) et ne seront pas intégrés au PPRT.

1.1.10 Prise en compte des agressions externes engendrées par les flux de transport de matières dangereuses à proximité d'un site

A – Modalités de prise en compte des flux à proximité des sites

Au-delà des défaillances pouvant survenir sur les équipements ou au cours des procédures internes au site, les études de dangers doivent⁵ étudier les agressions externes dont les installations peuvent être la cible :

- agressions d'origine naturelle : séisme, foudre, crue...
- agressions d'origine « anthropique », souvent qualifiées d'effets dominos externes : ce sont les phénomènes dangereux pouvant prendre naissance hors du site considéré mais pouvant avoir un effet sur le site (explosion dans un site voisin par exemple).

Des questions sont parfois posées sur l'opportunité d'étudier dans l'étude de dangers les conséquences, en tant qu'effet domino externe, d'accidents pouvant ponctuellement se produire sur des axes de transport (routiers, ferroviaires, fluviaux ou maritimes) lorsque des transports de matières dangereuses y sont, de façon régulière ou occasionnelle, réalisés.

L'objet du présent point A est de rappeler que la description de la possibilité de tels effets fait partie de l'objet des études de dangers. Il s'agira en particulier de décrire qualitativement dans le document remis au préfet les éléments d'appréciation de la vulnérabilité de l'installation classée : distance par rapport à l'axe des transports, flux approximatif de véhicules transportant des matières dangereuses, ordre de grandeur de l'intensité de l'agression susceptible d'atteindre l'installation, etc. Par essence, ces informations sont difficiles à obtenir ou à modéliser, de nombreuses données n'étant pas publiquement accessibles ou n'étant pas disponibles (nature et pression des produits

⁵ Au-delà de la réglementation française, la directive Seveso consacre un article entier à ce point, l'article 8

transportés par exemple, répartition des flux entre différents types de produits dangereux, etc.). Quelques informations peuvent toutefois être obtenues auprès des gestionnaires de réseaux⁶ ou des communes. L'objectif est que l'exploitant donne au préfet la meilleure représentation raisonnablement possible des agressions potentielles que la proximité avec les axes de transport peut générer sur son site.

Une étude négligeant complètement ces aspects sera insuffisante.

Pour autant, au contraire des installations fixes voisines, les transports de matières dangereuses sont variables dans le temps et dans leur nature, et les informations précises les concernant sont parfois parcellaires. L'étude de dangers ne peut donc prétendre en donner une représentation aussi fiable que pour les autres aspects qu'elle aborde. Ainsi, les outils réglementaires usuellement mis en œuvre à l'issue de l'étude de dangers au titre de la réglementation des installations classées ne sont pas utilisables, notamment les outils prévus par le paragraphe 2 et le paragraphe 3 de cette première partie de circulaire (matrice d'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et PPRT) ainsi que le porter-à-connaissance.

En conséquence, il appartient à l'exploitant de donner au préfet les éléments qualitatifs d'appréciation de la vulnérabilité de son installation par rapport aux flux de transport de matières dangereuses circulant à proximité de son site, afin d'éclairer le préfet dans ses décisions relatives à l'acceptabilité de la situation, mais ces éléments n'auront pas vocation à être utilisés en tant que tels dans la mise en œuvre des textes réglementaires « installations classées » ou « stockages souterrains de gaz » relatifs à l'appréciation de la réduction du risque à la source ou la maîtrise de l'urbanisation.

Il convient de bien noter à ce stade que ces points de doctrine portent sur les équipements mobiles, par sur les installations et équipements fixes au voisinage des installations classées (autres établissements industriels, canalisations,...) qui ne posent pas les mêmes difficultés.

B – Modalités de prise en compte des flux en provenance ou à destination des sites

Lorsque le flux de matières dangereuses est à destination de l'établissement ou a pour origine l'établissement, comme indiqué dans mes différentes circulaires, les phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur ces équipements mobiles sont à prendre en compte dans l'étude de dangers dès lors que les véhicules ont pénétré dans l'enceinte des installations. J'attire votre attention sur la difficulté du choix de l'emplacement du centre de la zone d'effet des phénomènes dangereux possibles (émission de gaz toxique ou BLEVE par exemple) : en effet, il est entaché d'incertitudes et pourrait théoriquement être situé en tout point depuis l'entrée dans l'établissement jusqu'à la sortie. Cependant, considérant le retour d'expérience sur les études de dangers conformes au nouveau contexte réglementaire, l'évaluation du niveau de maîtrise des risques sera considérée comme correcte en centrant les zones d'effet des phénomènes dangereux sur des engins mobiles aux différents postes de chargement et déchargement ainsi que sur les zones de stationnement de ces engins (wagon ou camion) avant ou après chargement/déchargement hors zone temporaire à fin de

⁶

On pourra citer notamment les concessionnaires d'autoroutes, de tunnels, VNF, RFF...

démarches administratives si le temps de stationnement est faible par rapport à la cinétique des phénomènes dangereux redoutés.

L'ensemble des outils réglementaires sont alors applicables, en particulier les paragraphes 2 et 3 de cette première partie de circulaire.

C – Chargement / déchargement hors des limites du site

Lorsque le chargement / déchargement du véhicule de transport de matières dangereuses se produit dans un lien connexe⁷ à l'installation mais hors des limites du site (par exemple : dépotage en bordure de site), il n'appartient pas à l'étude de dangers, hors les phases de chargement et de déchargement elles-mêmes, de décrire au-delà des exigences indiquées dans le point A de ce sous-paragraphes les causes et effets potentiels d'incidents sur les véhicules de transport (collision, incendie prenant naissance sur le véhicule alors qu'il est hors de l'installation et n'est pas en phase de dépotage...).

En revanche, dès lors que les branchements / connexions pour opérations de dépotage ont été effectués, au titre de la connexité de ces véhicules avec l'installation elle-même, il conviendra que l'étude de dangers ait pour périmètre les installations fixes que le rédacteur de l'étude de dangers exploite ainsi que ces équipements de dépotage et l'ensemble des citernes et conteneurs du véhicule en chargement ou en déchargement. Les phénomènes dangereux indépendants du dépotage et de ses éventuels effets dominos susceptibles de se produire sur le reste du véhicule (autres compartiments dans le cas d'un engin de transport compartimenté par exemple) n'ont pas vocation à être étudiés dans l'étude de dangers.

1.1.11 Règles méthodologiques pour la caractérisation des rejets toxiques accidentels

A - Phénomènes dangereux de fuites de longue durée

Des phénomènes dangereux pouvant présenter des distances d'effets toxiques très importantes ont récemment soulevé des questions, il s'agit des fuites de longue durée sur des équipements de grande capacité (réservoir de stockage de produits toxiques par exemple) ou leurs équipements connexes (tuyauterie, flexible par exemple). Précédemment à la loi du 30 juillet 2003, il était usuellement admis que les fuites alimentées se produisant sur de tels équipements pouvaient être forfaitairement considérées comme prenant fin au bout d'un délai de trente minutes, sans considérer le scénario, très improbable de l'échec de toutes les stratégies de l'exploitant pour mettre fin à la fuite (dispositifs de détection et d'actionnement mécanique, interventions humaines avec protection individuelle...)

Au regard de la nouvelle méthodologie d'élaboration des études de dangers, un tel raisonnement forfaitaire n'est plus adapté. En particulier, tous les scénarios devront être décrits dans les études de dangers, et plus spécifiquement ceux concernant la défaillance des différentes mesures de maîtrise des risques mises en place par l'exploitant, qu'elles soient techniques ou basées sur une intervention humaine, dès lors qu'elle est physiquement possible.

⁷ Cf. article R. 512-6 II du code de l'environnement, et les notes et circulaires du ministère concernant la notion de connexité, qui dépassent le champ de la présente circulaire

Les dispositions du paragraphe 2 de la première partie de cette circulaire sont applicables et il convient de prendre en compte de tels phénomènes dangereux dans les plans d'urgence externes. Vous noterez en revanche un traitement particulier dans le cadre des PPRT (voir sous-paragraphe « 3.2.3 Rejets toxiques de longue durée »).

J'attire toutefois votre attention sur le fait que quelle que soit la durée d'émission étudiée dans une étude de dangers, c'est à la lumière de la durée d'exposition des personnes exposées au nuage que s'établissent les distances d'effets et les zonages réglementaires. Concernant cette durée d'exposition, les éléments techniques que l'INERIS a rassemblés indiquent que pour un nuage alimenté par une émission de longue durée (par exemple trente minutes mais valable aussi pour une durée plus longue), la considération d'une exposition des cibles pendant cette même durée (dans le cas de l'exemple, elle aussi égale à trente minutes) permet de déterminer de façon satisfaisante les zones d'effets du phénomène dangereux.

B - Choix des seuils toxicologiques de référence

Comme indiqué dans l'arrêté 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 classées soumises à autorisation, le ministère publie régulièrement, pour les substances les plus courantes, des valeurs françaises pour les seuils toxicologiques⁸.

En l'absence de telles valeurs pour les substances que vous êtes amenés à considérer dans les études de dangers, la détermination de seuils en utilisant la méthodologie française doit être privilégiée⁹. A défaut, vous inviterez les exploitants à utiliser le guide de choix¹⁰. Ce guide de choix propose deux méthodes d'élaboration de seuils provisoires suivant les connaissances en toxicologie disponibles. Le pétitionnaire peut vous proposer de retravailler les valeurs internationales reconnues (AEGL¹¹, ERPG¹² par exemple) en se basant sur certains passages de la méthodologie française. Si la démonstration ne vous paraît pas convaincante, je vous invite par défaut à utiliser les valeurs internationales reconnues selon le tableau suivant :

	Durée d'exposition (min)						
	10	20	30	60	120	240	480
SELS (SEL 5%)	-	-	-	-	-	-	-
SPEL (SEL 1%)	AEGL-3	-	AEGL-3	ERPG-3 AEGL-3	-	AEGL-3	AEGL-3
SEI	AEGL-2	-	AEGL-2 (IDLH)	ERPG-2 AEGL-2	-	AEGL-2	AEGL-2

⁸ Ces seuils sont disponibles sur le site de l'INERIS et du ministère du développement durable

⁹ Méthodologie de détermination des seuils de toxicité aiguë, INERIS, décembre 2007. Disponible sur le site de l'INERIS

¹⁰ « Guide pratique de choix des valeurs seuils de toxicité aiguës en cas d'absence de valeurs françaises », INERIS, juillet 2009. Disponible à l'adresse suivante sur le site de l'INERIS : www.ineris.fr

¹¹ AEGL : valeurs américaines disponibles sous <http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/chemlist.htm>

¹² ERPG : valeurs américaines disponibles sous <http://www.aiha.org/foundations/GuidelineDevelopment/ERPG/Documents/ERP-erpglevels.pdf>

SELS : seuil des effets létaux significatifs, SPEL : seuil des premiers effets létaux, SEI : seuil des effets irréversibles.

Vous noterez qu'il n'existe pas dans les banques de données disponibles d'équivalent au seuil des effets létaux significatifs (SELS). En l'absence de donnée, celui-ci doit être pris égal au seuil des premiers effets létaux (SPEL).

De même, lorsque la durée d'exposition est inférieure aux plus petites durées d'exposition faisant l'objet d'un renseignement des valeurs toxicologiques, on ne cherchera pas à extrapoler la valeur apparaissant pour la plus petite durée d'exposition mais on utilisera cette valeur telle quelle.

C - Fumées en hauteur - Devenir du panache toxique

Concernant les fumées en hauteur, l'étude de dangers doit décrire le devenir du panache toxique (distance, concentrations...).

Dans le cas où il est avancé que le panache s'élève (par exemple en raison d'une température de fumées élevée), l'étude de dangers peut conclure à une absence d'effet toxique « au sol » mais doit alors décrire les distances d'effets toxiques en hauteur à proximité du site (i.e. dans l'axe du panache), de manière à pouvoir prévoir des restrictions par exemple sur les immeubles de grande hauteur dans le cadre de la maîtrise de l'urbanisation future. L'expression « en hauteur » est à comprendre ici comme l'altitude caractéristique des bâtiments et constructions au voisinage du site.

1.1.12 Rappel sur les démonstrations des phénomènes dangereux pouvant être considérés comme « physiquement impossibles »

Certains phénomènes dangereux peuvent être considérés comme physiquement impossibles au sein d'un établissement. Dès lors, il n'y a plus lieu d'en étudier la survenance (probabilité, intensité, cinétique, gravité) dans l'étude de dangers ni de les intégrer dans les démarches décrites dans les paragraphes 2 et 3 de cette première partie de circulaire.

Quelques exemples peuvent être utilement cités :

- si des tuyauteries ou capacités enterrées sont protégées de toute agression thermique ou mécanique que l'on peut imaginer sur un site, il sera considéré après démonstration dans l'étude de dangers comme physiquement impossible que ces tuyauteries ou capacités soient rompues par une agression thermique ou mécanique,
- si la cinétique d'évolution des événements redoutés est suffisamment lente par rapport à la durée de vie ou de renouvellement de l'installation (par exemple, un effritement de béton sur plusieurs centaines d'années), le phénomène dangereux engendré par de tels événements pourra être écarté après démonstration,
- si les points de faiblesse ou de conception d'un équipement rendent totalement prédictible son mode de ruine, il pourra être considéré après démonstration qu'aucun autre mode de ruine n'est physiquement possible
- si le dimensionnement et la conception d'un équipement sont encadrés par une norme et que le rédacteur de l'étude démontre d'une part la conformité à cette norme et d'autre part l'utilisation de

cet équipement dans des conditions ne pouvant mener à des agressions supérieures à celles décrites dans les épreuves qui sont définies dans la norme, vous pourrez considérer comme physiquement impossible la survenue de tels événements initiateurs. A titre d'exemple, la rupture guillotine de robinets de bouteilles contenant des gaz sous pression peut être citée : les robinets de bouteille respectant les normes NF EN ISO 10 297 (version 2006) ou NF EN ISO 11 117 (version 2008) qui prévoient des épreuves par exemple sur les chutes. Sous réserve de la conformité aux normes ci-dessus et sur démonstration que les bouteilles sont utilisées dans des conditions ne pouvant mener à des agressions (chutes) supérieures à celles décrites dans les normes, la rupture guillotine pourra être considérée comme physiquement impossible.

Dans tous les cas, je vous rappelle que les agressions d'intensité supérieure sont à examiner et à prendre en compte dans l'étude de dangers, ainsi que dans les démarches décrites dans les paragraphes 2 et 3 de cette première partie de circulaire.

1.2 Règles (ou précisions) spécifiques

1.2.1 Événements initiateurs spécifiques

Pour mémoire, pour les installations classées, l'annexe 4 de l'arrêté du 10 mai 2000 établit une liste d'événements externes susceptibles de conduire à des accidents majeurs pouvant ne pas être pris en compte dans l'étude de dangers en l'absence de règles ou instructions spécifiques.

Il s'agit des causes suivantes :

- chute de météorite,
- séismes d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation, applicable aux installations considérées,
- crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur,
- événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur,
- chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome, c'est-à-dire à plus de 2000 mètres de tout point des pistes de décollage et d'atterrissage,
- rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R. 214-112 du code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 de ce même code,
- actes de malveillance.

L'objet du présent sous-paragraphe est de définir une liste **non extensible** d'événements initiateurs qui pourront faire l'objet d'un traitement spécifique dans les études de dangers remises par les exploitants, qu'il s'agisse d'établissements relevant de l'arrêté du 10 mai 2000 modifié comme de ceux soumis à simple autorisation (non SEVESO).

Dans la plupart des cas, les événements initiateurs mentionnés dans cette fiche font l'objet d'une réglementation déterministe par ailleurs (arrêté ministériel pour la plupart). En cohérence avec cette approche déterministe, il sera considéré que le respect strict, intégral et justifié de cette réglementation permet de considérer qu'une démarche de maîtrise des risques importante a été menée et qu'il n'est pas opportun de les conserver pour mener la démarche décrite dans le paragraphe 2 de cette première partie de circulaire (matrice d'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source) ainsi que pour la maîtrise de l'urbanisation. En revanche, il convient de les garder pour les plans d'urgence éventuels des établissements et installations.

Bien que le respect de la réglementation pour ces événements initiateurs constitue une démarche importante de maîtrise des risques, il pourra être proposé par l'exploitant ou demandé le cas échéant par l'administration de conduire une démarche de réduction complémentaire du risque à la source allant au-delà des exigences de la réglementation nationale au cours de l'existence de l'installation.

A. Règles générales et conditions de prise en compte

L'étude de dangers remise par l'exploitant devra justifier de façon précise que la réglementation idoine est respectée.

L'analyse de risques prendra en compte cet événement initiateur ainsi que la ou les mesures de maîtrise des risques, en l'occurrence le respect de la réglementation correspondante, aux côtés d'autres éventuelles mesures de maîtrise des risques. En revanche, la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur ne sera pas évaluée et il ne sera pas tenu compte de cet événement initiateur dans la probabilité du phénomène dangereux, de l'aléa ou de l'accident correspondant.

B. Liste des événements initiateurs concernés

Chacun des événements initiateurs est accompagné des éléments réglementaires ou bonnes pratiques applicables à ce jour. Toute évolution de ces éléments et normes doit être prise en compte par l'exploitant pour démontrer sa conformité aux nouvelles références.

Événement initiateur	Éléments réglementaires ou bonnes pratiques à respecter
Séisme	Arrêté ministériel du 10 mai 1993 (en cours de révision)
Effets directs de la foudre	Arrêté ministériel du 15 janvier 2008 et circulaire du 24 avril 2008
Crue	Dimensionnement des installations pour leur protection contre la crue de référence (telle par exemple que définie à ce jour dans le guide plan de prévention des risques inondations (PPRi) du ministère du développement durable). Une attention particulière sera portée aux effets indirects (renversement de cuves, perte d'alimentation électrique, effet de percussion par des objets dérivants)
Neige et vent (pour les chutes et ruines structures)	Règles NV 65/99 modifiée (DTU P 06 002) et N 84/95 modifiée (DTU P 06 006) NF EN 1991-1-3 : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : actions générales - Charges de neige. (avril 2004) NF EN 1991-1-4 : Eurocode 1 : actions sur les structures - Partie 1-4 : actions générales - Actions du vent (novembre 2005)
Défaut métallurgique structure réservoir sous pression (non applicable aux tuyauteries) et récipients sous pression transportables	Pour les réservoirs sous pression, décret du 13 décembre 1999 modifié, relatif aux équipements sous pression, arrêté du 21 décembre 1999 relatif à la classification et à l'évaluation de la conformité des équipements sous pression et arrêté d'application du 15 mars 2000 modifié relatif à l'exploitation des équipements sous pression Pour les récipients sous pression transportables.

	décret du 3 mai 2001 modifié relatif aux équipements sous pression transportables. Cf. détails ci-dessous.
Evènements conduisant à la détonation d'engrais simples solides à base de nitrate d'ammonium	Arrêté ministériel du 13 avril 2010

Détails relatifs au défaut métallurgique structure

Les phénomènes concernés décrivent la ruine d'une enceinte sous pression (hors tuyauteries) de gaz toxique, inflammable ou comburant, occasionnée par un défaut métallurgique de la structure lorsque la réglementation existante sur ce sujet est respectée.

L'événement initiateur de défaut ne sera donc pas évalué et il n'en sera pas tenu compte dans la probabilité du phénomène dangereux (et donc de l'accident en découlant) sous réserve du respect des observations qui suivent, notamment que l'exploitant, dans le cadre de son système de suivi (par exemple système de gestion de la sécurité (SGS) pour les établissements AS et en application de l'article 4 l'arrêté ministériel du 10 mai 2000 modifié pour les établissements Seveso), a mis en place les moyens pour:

- s'assurer que l'enceinte fonctionne dans la gamme de paramètres pour lequel il a été conçu (température, pression, produit, ...)
- contrôler que les spécificités de l'enceinte permettant la fonction de confinement et les organes de sécurité, sont correctement maintenues dans le temps. Pour cela un plan de suivi doit être établi par l'industriel précisant les moyens à mettre en place pour atteindre cet objectif. Dans le cas où ces moyens iraient au-delà de ceux prévus par la réglementation relative aux équipements sous pression, essentiellement ceux non soumis aux contraintes de la catégorie IV, ils sont prescrits par arrêté préfectoral. Il faut par ailleurs que ce plan de suivi fasse apparaître une durée de vie de l'enceinte, période au-delà de laquelle le maintien en service pour une nouvelle durée déterminée est soumis à un nouvel examen au moins aussi poussé que celui effectué lors de la mise en service. Cette durée est d'autant plus justifiée que le récipient, pour des raisons de processus industriel, ne serait pas soumis à visite intérieure, extérieure ou ré-épreuve régulière. Il pourra également être procédé au remplacement de l'enceinte lorsque l'examen pratiqué et le plan de suivi ne permettent pas de garantir le niveau de sécurité nécessaire.

Les autres causes de rupture d'une telle enceinte devront bien entendu être examinées et prises en compte dans l'étude de dangers (ruine suite à défaillance des supports de l'équipement, par exemple choc contre les pieds d'une sphère, utilisation de l'équipement hors de la gamme de paramètres pour lesquels il est conçu...).

1.2.2 Traitement spécifique des effets de projection

Les effets des phénomènes dangereux pouvant se produire au sein d'une installation classée sont usuellement classés en quatre catégories : effets de surpression, effets thermiques, effets toxiques et effets liés aux projections.

Les textes réglementaires ont toujours traité de façon plus spécifique ces derniers effets. Un accident récent (explosion de citernes routières contenant du GPL avec des projections à longue distance d'éléments de citernes) est l'occasion de rappeler les modalités de prise en compte de ces effets dans la maîtrise du risque technologique.

Lors des phénomènes violents menant à la rupture d'une capacité (explosion d'une citerne de gaz, d'un silo...) ou à la fragmentation des produits stockés (explosion d'un dépôt de munitions par exemple), des fragments peuvent se retrouver projetés (généralement par l'effet de souffle).

Les connaissances scientifiques relatives à ces effets restent cependant extrêmement faibles.

A ce titre, seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers (une telle instruction est valable également pour les installations soumises à seule autorisation). Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique.

Vous pourrez alors inviter les exploitants, dans les études de dangers qu'ils vous remettent, à seulement citer les retours d'expérience connus en matière de projections sur des accidents similaires à ceux décrits dans l'étude de dangers. Néanmoins, si cet effort de recueil d'informations sur des accidents ayant affecté des installations comparables est nécessaire afin d'assurer une réelle transparence de l'exploitant dans l'étude de dangers et de l'Etat dans l'analyse de celle-ci, les informations recueillies n'ont pas pour autant à être prises en compte dans les démarches prévues aux paragraphes 2 et 3 de cette première partie de circulaire.

Je vous demande cependant d'apporter une exception à cette règle, pour le secteur de la pyrotechnie, qui, pour des raisons historiques, dispose de données suffisamment fiables sur les éclats générés par certains produits pyrotechniques civils ou militaires¹³. Pour ce type de produits existent notamment des formules de calcul qui permettent de définir des zones d'effet de projection¹⁴, qui peuvent dans certains cas dépasser les zones générées par d'autres types d'effets. Des modalités de prise en compte de ces effets dans l'instruction des études de dangers sont d'ailleurs indiquées plus précisément dans le sous-paragraphe « 1.2.7 Secteur de la Pyrotechnie » ci-dessous.

1.2.3. Traitement spécifique de certains phénomènes dangereux concernant les citernes transportant des substances toxiques non inflammables ainsi que l'ammoniac

De façon similaire au traitement prévu au sous-paragraphe 1.2.1 ci-dessus, un cas spécifique peut être mis en place pour des événements initiateurs concernant les véhicules-citernes et wagons-citernes, ainsi que les conteneurs-citernes (fixés sur un wagon ou un camion) transportant des substances toxiques non-inflammables, ainsi que

¹³ Il s'agit essentiellement de produits classés en division de risque 1.2 ou 1.6, générateurs d'éclats.

¹⁴ Formules de la circulaire interministérielle du 20 avril 2007.

l'ammoniac. Pour autant, bien entendu, tous les autres événements initiateurs doivent être étudiés conformément à la réglementation en vigueur.

Au niveau réglementaire, il est rappelé que le transport de marchandises dangereuses, notamment toxiques, est régi par le règlement international ADR pour le transport par route et le règlement RID pour le transport par chemins de fer (règlements transposés notamment dans l'arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de matières dangereuses par voie terrestre), qui encadrent précisément la construction, les épreuves, les contrôles périodiques et les conditions d'utilisation des véhicules-citernes, des wagons-citernes et des conteneurs-citernes.

Le défaut métallurgique (fissuration, corrosion,...), l'agression mécanique d'un véhicule-citerne / wagon-citerne ou conteneur-citerne par tout autre engin routier ou ferroviaire, ainsi que le feu (notamment de freins et de pneus pour les véhicules routiers) sont considérés comme des événements initiateurs possibles pouvant conduire à la ruine (perte de confinement) de la citerne. Ces trois familles d'événements initiateurs peuvent être traités de façon similaire au sous-paragraphe 1.2.1 ci-dessus, sous réserve de la démonstration par l'exploitant du respect des critères suivants :

Wagons	Camions
<p>Respect strict et intégral de la réglementation relative au transport de marchandises dangereuses, le cas échéant, par chemin de fer ou par route : l'exploitant doit disposer des éléments justificatifs attestant que l'ensemble (wagon/véhicule + citerne, y compris conteneur-citerne) a bien subi, dans le respect des délais, la totalité des visites, contrôles et épreuves requis par la réglementation (vérification sur pièces ou marquage réglementaire). Lors de leur entrée dans le site industriel, les wagons-citernes, véhicules-citernes et conteneurs-citernes font l'objet d'un contrôle rigoureux, qui comprend notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un contrôle visuel afin de s'assurer de l'absence d'anomalie (fuite, corrosion...), - la vérification de la signalisation et du placardage, - dès que possible, la vérification de l'utilisation de la citerne dans la gamme pour laquelle elle a été conçue (niveau de remplissage y compris au moyen du bon de pesée, substance...). <p>Si le contrôle met en évidence une non-conformité, l'exploitant mettra en sécurité le wagon ou le camion et déclenchera une procédure adaptée.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - A l'intérieur du site, la vitesse de tous les véhicules sur rail est limitée à une vitesse qui ne saurait être supérieure ni à 10 km/h ni à la moitié de la vitesse pour laquelle le wagon a été dimensionné. La vitesse des véhicules routiers circulant sur les voies proches est limitée à 30 km/h et à 10 km/h lors de la traversée de voies ferrées. - Les wagons sont manipulés par du personnel habilité. - Les voies et les aiguillages sont maintenus en bon état et font l'objet d'inspections périodiques. - Les zones d'attente ou de stationnement des wagons sont délimitées, clôturées (ou à l'intérieur du site clôturé) et surveillées. - Le locotracteur ne stationne pas à proximité immédiate des wagons. - Lors d'une opération de dénotage. 	<ul style="list-style-type: none"> - A l'intérieur du site, la vitesse de tous les véhicules est limitée à une vitesse qui ne saurait être supérieure ni à 30 km/h ni à la moitié de la vitesse maximale pour laquelle les véhicules-citernes ou conteneurs-citernes fixées sur un camion ont été dimensionnés. - Les zones d'attente ou de stationnement des véhicules sont délimitées, clôturées (ou à l'intérieur du site clôturé) et surveillées. - Le véhicule reste sous surveillance continue suite à son immobilisation à l'intérieur du site et pendant une durée suffisante pour que l'exploitant puisse s'assurer qu'il n'existe plus de risque d'incendie (notamment feu de freins et de pneus). - Les zones d'attente ou de stationnement disposent de détecteurs de gaz toxiques, dont le nombre et la disposition sont issus d'une

<p>l'aiguillage permettant d'accéder à la zone de dépotage est maintenu verrouillé.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les zones d'attente ou de stationnement disposent de détecteurs de gaz toxiques, dont le nombre et la disposition sont issus d'une étude réalisée par l'exploitant et tenant compte des caractéristiques du gaz toxique ou du panel de gaz toxiques. - Dans le cas de situations d'urgence (début de fuite détectée par les équipements cités ci-dessus, par exemple), l'exploitant doit disposer de moyens adaptés à la substance et aux équipements. - En cas de nécessité, notamment au regard de la cinétique des phénomènes dangereux redoutés, l'exploitant est en mesure de déplacer les wagons dans des délais appropriés. 	<p>étude réalisée par l'exploitant et tenant compte des caractéristiques du gaz toxique ou du panel de gaz toxiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans le cas de situations d'urgence (début de fuite détectée par les équipements cités ci-dessus, par exemple), l'exploitant doit disposer de moyens adaptés à la substance et aux équipements. - En cas de nécessité, notamment au regard de la cinétique des phénomènes dangereux redoutés, l'exploitant est en mesure de déplacer les véhicules dans des délais appropriés.
--	--

Ces éléments sont développés dans des procédures spécifiques régulièrement mises à jour et tenues à la disposition de l'Inspection des Installations Classées. Pour les établissements soumis à autorisation avec servitudes d'utilité publique, ces procédures sont tracées dans le SGS. Les procédures sont à adapter en fonction des sites et de leur utilisation de citernes (citernes chargées sur site et en attente avant expédition, ou citernes reçues de l'extérieur). Les enregistrements justifiant l'application de ces procédures sont également tenus à la disposition de l'inspection des installations classées.

Il est rappelé que les causes de rupture d'un wagon-citerne, d'un véhicule-citerne ou d'un conteneur-citerne fixé sur un wagon ou camion autres que celles citées dans cette circulaire sont à examiner et à prendre en compte dans l'étude de dangers, ainsi que dans les démarches décrites dans les paragraphes 2 et 3 de cette première partie de circulaire.

1.2.4 Traitement spécifique de la ruine métallurgique des tuyauteries d'usine transportant des gaz et liquides toxiques

De façon similaire au sous-paragraphe 1.2.1 et au sous-paragraphe précédent, vous pourrez traiter de la même façon spécifique les événements initiateurs « défaut métallurgique » (dont la corrosion, les fissurations, les défauts de conception ou la fatigue) s'agissant du phénomène de ruine métallurgique de tuyauteries sur site d'un diamètre nominal strictement supérieur à 25 millimètres transportant des gaz et liquides toxiques.

Vous pourrez ainsi accepter des propositions d'exploitants visant, pour ces seuls événements initiateurs, à ne pas considérer, pour les démarches prévues aux paragraphes 2 et 3 de cette première partie de circulaire, la ruine métallurgique majeure de la tuyauterie mais seulement une fuite d'une section égale à 10% de la section totale de la tuyauterie, à laquelle la contribution de ces événements initiateurs pourra être considérée comme étant de probabilité de classe E, sous réserve du respect des critères

énoncés ci-dessous. J'appelle votre attention sur le fait que cette règle ne concerne pas les autres événements initiateurs (effets dominos, chocs, courants vagabonds, ...).

Les critères afférents à la présente règle sont :

- La mise en place d'un service d'inspection reconnu (SIR) par l'exploitant de la tuyauterie, tel que prévu par le décret n° 99-1046 du 13 décembre 1999¹⁵. L'intervention d'un SIR, le cas échéant mutualisé sur un bassin industriel, peut également être acceptée sous réserve du respect des conditions relevant de la présente circulaire.

En complément de l'action de contrôle de l'administration, il sera par ailleurs mené une tierce expertise de la conception du plan d'inspection s'agissant des équipements pour lesquels la démarche proposée par la présente circulaire serait appliquée, tierce expertise qui serait à renouveler en cas de changement notable du plan d'inspection pour un ou plusieurs de ces équipements (allègement important des inspections prévues ou changement de la méthode / du mode de contrôle de l'équipement par exemple).

- La démonstration d'une conception de tuyauterie appropriée, d'actions et de fréquences de surveillance de ces tuyauteries par le SIR cité ci-dessus correspondant aux exigences fixées par la réglementation relative aux équipements sous pression, en augmentant d'un niveau de criticité par sécurité (sauf si le niveau admissible le plus élevé est atteint) l'évaluation qui est faite des équipements concernés lors de l'établissement du plan d'inspection (par exemple en appliquant une démarche du type « RBI - Risk-Based Inspection »).

- La mise en place d'une procédure gérée par le SIR, dans le cadre des outils mis en place par la réglementation sur les équipements sous pression, et tracée dans le système de gestion de la sécurité (SGS) de l'établissement (ou toute autre disposition correspondante pour un site ne disposant pas de SGS), permettant de s'assurer que toutes les tuyauteries concernées ont fait l'objet d'une conception et font l'objet d'un suivi conforme aux exigences évoquées aux deux points précédents.

Des tuyauteries non réglementées se trouvant sur site peuvent faire l'objet du même traitement sous réserve d'une part de fournir des éléments de justification de la pertinence de la conception et d'autre part de la mise en place d'un plan d'inspection par le SIR selon les mêmes critères que ci-dessus.

Lorsque ces éléments seront réunis, vous pourrez de même écarter des démarches des paragraphes 2 et 3 (dites « MMR » et PPRT) la ruine métallurgique des organes de sectionnement de ces tuyauteries (vannes, brides...) et des piquages, y compris de diamètre inférieur à 25 millimètres, s'ils font bien l'objet des mêmes efforts de conception et d'inspection.

Néanmoins, l'exploitant devra fournir dans son étude de dangers une évaluation des distances d'effets consécutifs à la rupture franche de la tuyauterie (ou de tout autre phénomène dangereux majorant sur cette tuyauterie) et des organes de sectionnement / piquages pour l'élaboration des plans d'urgence correspondants lorsque seuls les événements initiateurs visés par cette circulaire sont susceptibles de donner naissance à ces phénomènes dangereux. Lorsque d'autres événements initiateurs pertinents sont

¹⁵

Décret relatif aux équipements sous pression.

identifiés, une analyse complète de ces phénomènes dangereux devra bien évidemment être menée.

1.2.5. Fuites de Gaz Naturel Liquéfié (GNL)

A – Rappels généraux

Au titre de la législation des installations classées, tous les phénomènes dangereux physiquement possibles doivent apparaître dans l'étude de dangers, quelle qu'en soit la probabilité. Pour autant, plusieurs cas de figures permettent d'écarter l'hypothèse de libération de tout le potentiel de danger si une telle libération des potentiels de dangers paraît physiquement non possible :

- par exemple, si des canalisations enterrées sont protégées de toute agression thermique ou mécanique que l'on peut imaginer sur un site, il sera considéré après démonstration dans l'étude de dangers comme physiquement impossible que ces canalisations soient rompues par une agression thermique et ou mécanique. Ce raisonnement peut être prolongé pour tout équipement de façon générale,
- si la cinétique d'évolution des événements redoutés est suffisamment lente par rapport à la durée de vie ou de renouvellement de l'installation (par exemple un effritement du béton sur plusieurs centaines d'années), le phénomène dangereux engendré par de tels événements pourra être écarté après démonstration,
- si les points de faiblesse ou la conception d'un équipement rendent totalement prédictible son mode de ruine, il pourra être considéré après démonstration qu'aucun autre mode de ruine n'est physiquement possible.

Tous les phénomènes dangereux physiquement possibles devront être décrits dans l'étude de dangers et seront transmis aux services en charge de l'élaboration des plans de secours externes, l'Etat devant être en mesure d'élaborer une réponse opérationnelle pour tout accident susceptible de se produire.

Tous les accidents physiquement possibles (comme certaines questions classiques telles : rollover, effondrement du toit d'un réservoir...) devront être placés dans la grille d'évaluation de la démarche de maîtrise des risques (paragraphe 2 de cette première partie de circulaire), à l'exception des accidents n'ayant pour événements initiateurs que des événements pouvant faire l'objet d'un traitement spécifique comme indiqué dans les sous-paragraphe précédents.

B – Fuites massives de longue durée

Les phénomènes majorants identifiés dans les terminaux méthaniers sont en général la résultante de la perte de confinement d'une des parties principales de l'installation (canalisation de remplissage ou de vidange des réservoirs ou des méthaniers), de la défaillance simultanée de toutes les mesures de maîtrise des risques mises en place par l'exploitant pour empêcher l'occurrence de tels événements et du non-arrêt des pompes assurant le transfert du GNL.

Antérieurement à la loi du 30 juillet 2003, il était usuellement admis que de telles fuites pouvaient ne pas être retenues dans l'étude de dangers en raison du caractère très

improbable de l'échec de toutes les stratégies de l'exploitant pour mettre fin à la fuite (dispositifs de détection et d'actionnement mécanique, interventions humaines...).

Au regard de la nouvelle méthodologie d'élaboration des études de dangers voulue par la loi, un tel raisonnement n'est plus adapté. En particulier, tous les scénarios devront être décrits dans les études de dangers y compris ceux concernant la défaillance des différentes mesures de maîtrise des risques mises en place par l'exploitant, qu'elles soient techniques ou basées sur une intervention humaine, dès lors qu'une telle défaillance est physiquement possible.

Les fuites massives liquides de gaz naturel liquéfié (GNL) de longue durée dues à la rupture franche des lignes de déchargement des navires et d'émission des réservoirs ou du sur-remplissage d'un réservoir avec défaillance de l'ensemble des mesures de maîtrise des risques présentent un caractère particulier.

En effet, la conception des terminaux méthaniers et le fait qu'une fuite massive de GNL sera rapidement détectée (au vu notamment des débits en jeu et de la visibilité en conséquence du nuage, du nombre particulier de mesures de maîtrise des risques qui peuvent être mises en œuvre et de l'ergonomie spécifique des actions humaines à mettre en œuvre en cas de fuite massive) invitent à une description particulière des phénomènes dangereux correspondants.

I - Je vous invite ainsi à accepter dans l'étude de dangers que ces phénomènes soient décrits pour une durée de fuite limitée à 30 minutes, si les conditions suivantes sont vérifiées :

- premièrement, la classe de probabilité de chacun des scénarios menant à ce phénomène dangereux doit rester en E au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005 même lorsque la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s'opposant à chacun de ces scénarii est portée à 1,
- deuxièmement, l'exploitant doit justifier que la vidange du navire ou du réservoir de GNL de manière gravitaire est physiquement impossible,
- troisièmement, l'exploitant doit avoir mis en place a minima une mesure technique de maîtrise des risques pour faire cesser la fuite longue (par exemple chaîne de détection – traitement – fermeture de vanne) et agissant directement sur les pompes assurant le transfert du GNL, qu'elles soient sur le navire ou à terre,
- quatrièmement, l'exploitant doit présenter une stratégie (décrite dans le Plan d'Opération Interne) permettant l'arrêt de la fuite ou de l'émission en cas de défaillance des toutes les mesures de maîtrise des risques (y compris celle précédemment citée) ayant pour objectif de juguler la fuite. Il doit démontrer l'efficacité de la stratégie proposée (existence des moyens techniques correctement dimensionnés, personnel suffisamment formé et équipé de façon à pouvoir se rendre sur le lieu de ces actions, garantie de la fin d'émission si l'action à mener est correctement conduite, limitation des écoulements de GNL dans les réseaux de collecte d'eau pluviale) et la possibilité de la mettre en œuvre dans un délai inférieur à trente minutes, quel que soit le moment de survenance de l'incident. L'exploitant doit en particulier s'attacher à démontrer avec soin, si cette stratégie implique une intervention humaine, que les capacités

d'intervention des équipes ne seront pas altérées par l'existence de la fuite ou par la période de survenance (nuit par exemple).

II - Par ailleurs, du fait de la complexité de modéliser un tel phénomène au regard des connaissances scientifiquement disponibles aujourd'hui, il pourra être acceptée une description qualitative des écoulements et ruissellements des produits émis lors de la fuite. L'exploitant devra néanmoins à minima justifier de la taille de la nappe en fonction de la nature du sol, de la topographie des installations sans prise en compte des éventuels déversements dans les réseaux sous réserve de leur prise en compte dans la stratégie d'intervention définie ci-dessus.

C – Cuvettes de rétention

Il convient de rappeler que la mise en place de cuvettes de rétention constitue un standard pour les sites appelés à stocker des produits susceptibles de polluer les sols et les eaux ou susceptibles de s'enflammer.

Néanmoins, suite notamment à un débat mené au sein du groupe de travail études de dangers placé auprès du Conseil Supérieur des Installations Classées, le ministère du développement durable a par un courrier en date du 2 janvier 2008 indiqué les conditions dans lesquelles il pourra être envisagé de ne pas mettre en place de cuvette de rétention autour des réservoirs de GNL. En voici l'extrait :

«Concernant la possibilité de ne pas disposer de cuvette de rétention au pied des stockages pour les réservoirs à intégrité totale, que la technologie choisie soit à membrane ou à cuve autoportante, le GT « Etude de dangers » la fait dépendre de cinq conditions. A celles-ci je vous demande d'ajouter :

- *la capacité pour l'exploitant de détecter une éventuelle fuite de la paroi métallique directement en contact avec le gaz liquéfié et dans cette éventualité de mettre en place une procédure allant du maintien en service en mode dégradé à la vidange de la capacité,*
- *la vérification que toutes les tuyauteries en phase gaz ou liquide débouchent dans le réservoir sur son dôme supérieur,*
- *le maintien de l'intégrité du réservoir soumis aux différentes agressions décrites dans l'étude de dangers.*

L'absence de cuvette de rétention ne doit pas faire oublier la caractéristique du GNL qui en cas d'épandage se maintiendra beaucoup plus longtemps sous forme liquide que d'autres gaz liquéfiés (propane, butane, ...) en raison de sa très faible température. De ce fait, la gestion des épandages accidentels de gaz sous forme liquide est un objectif essentiel de la maîtrise des risques afin notamment de réduire au mieux l'extension au niveau du sol du nuage inflammable. Le moyen mis en place pour l'attendre est décrit dans l'étude de dangers.

Sur ce thème le respect de la norme NF EN 1473 relative à la conception des installations terrestres mettant en jeu du GNL dans sa version d'avril 2007 pour les terminaux nouveaux est une très bonne base de la mise en place des bonnes pratiques dans ce domaine. »

Un tel assouplissement aux conditions usuelles d'exploitation ne saurait pour autant signifier que la rupture du réservoir est physiquement impossible, mais que la

probabilité de cette rupture est rendue suffisamment basse pour que la maîtrise des risques d'accidents associés à ces réservoirs ne nécessite pas l'adjonction d'une cuvette de rétention en plus des autres dispositions mises en œuvre.

1.2.6 Stockages de produits agropharmaceutiques

Pour mémoire, il est rappelé que les produits agropharmaceutiques sont classables, selon les phrases de risques ou mentions de danger qui leur sont applicables, dans plusieurs rubriques dont notamment les rubriques 1111, 1131, 1150, 1172, 1173, 1200 et 1430.

Précédemment à une première circulaire de 1991, j'avais fait réaliser, en concertation avec la profession représentée par l'Union des Industries pour la Protection des Plantes (UIPP) plusieurs essais d'incendies à grande échelle qui avaient montré :

- d'une part la grande variété des substances toxiques émises durant un incendie (acide cyanhydrique, acide chlorhydrique, oxyde de carbone, isocyanate de méthyle, ...)
- d'autre part la nécessité de préserver l'urbanisation dans des zones immédiatement environnantes des sites industriels.

Les connaissances scientifiques ont continué à évoluer. Une synthèse de ces nouvelles connaissances a été réalisée à la demande du ministère et parallèlement la profession a continué ses actions de collecte d'informations sur l'évaluation des risques.

Si la nature des polluants émis lors de l'incendie reste évidemment la même, il apparaît que c'est a priori sur une distance de l'ordre de 100 mètres que les phénomènes les plus délicats à modéliser se produisent, notamment en termes de dispersion des polluants, aussi bien pendant l'incendie que lors de ses phases transitoires (démarrage, feu couvant, extinction). Ainsi, des dangers significatifs pour la vie humaine, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, sont à considérer en deçà de cette distance lors de l'élaboration de l'étude de dangers. Dans ces études de dangers, la classe de probabilité affectée à l'incendie de cellule est en général supérieure ou égale à "D".

Vous pourrez inviter les pétitionnaires et exploitants qui, lors de l'élaboration de leur étude de dangers, n'auraient pas fait apparaître ce rayon, à compléter leur étude en ce sens.

1.2.7 Secteur de la Pyrotechnie

A – Contexte réglementaire

Les établissements pyrotechniques sont soumis, en parallèle à la réglementation des installations classées, au décret du ministère en charge du travail n° 79-846 du 28 septembre 1979 et à ce titre, des études de sécurité du travail sont rédigées. Des circulaires antérieures offraient la possibilité de ne faire qu'un seul dossier afin de répondre à la fois aux exigences (complémentaires) des études de sécurité du travail et des études de dangers.

La réglementation relative aux installations classées a évolué depuis cette époque, notamment en ce qui concerne les études de dangers.

Aussi, si un dossier commun répondant aux attentes des deux réglementations peut encore être envisagé sur des sites « simples¹⁶ » et à condition que ce dossier permette de répondre à l'ensemble des questions relatives aux deux réglementations, il paraît en revanche aujourd'hui difficile de maintenir un document commun pour des sites plus complexes, les objectifs de ces deux documents étant complémentaires mais différents.

En effet, les études de sécurité portent préférentiellement sur les ateliers de fabrication en raison du nombre important de postes de travail et de la probabilité forte d'accident. Les installations conduisant à des zones d'effets débordant du site sont à l'inverse des unités de stockage, qui par définition, sont moins dotées de postes de travail.

Je vous rappelle également que le principe de l'isolement de ces installations est un facteur de sécurité essentiel pour les activités pyrotechniques. Il s'agit donc d'un élément important lors de vos décisions d'autoriser des installations et également dans le contrôle de l'urbanisation future.

B – Outils spécifiques pour les seuils et distances d'effets

Je vous rappelle les principaux points de la circulaire interministérielle du 20 avril 2007.

Les zones d'effets en pyrotechnie sont calculées historiquement à partir de formules de calcul établies notamment à partir d'essais (réels ou sur maquette). Ces zones d'effets, qui correspondent en pratique aux zones délimitées par les seuils d'effets mentionnés à l'article 11 de l'arrêté du 20 avril 2007, sont confortées par un retour d'expérience solide.

Ainsi, des zones déterminées à partir des formules de calcul reprises ci-après (pour chaque type d'effet), qui figuraient dans l'arrêté du 26 septembre 1980 fixant les règles de détermination des distances d'isolement relatives aux installations pyrotechniques, correspondent aux zones exigées dans l'arrêté du 20 avril 2007 et ne sont pas à remettre en cause.

B.1 Etendue des zones d'effet

L'étendue des zones d'effets dépend essentiellement de la configuration du terrain, des moyens de protection mis en place et de la nature du danger liée en particulier à la division de risque des produits explosifs qui leur donnent naissance.

En terrain plat et sans protection, les distances à la charge explosive qui doivent être prises comme limites de zones sont celles qui sont indiquées dans les points B.2 à B.5 ci-dessous (par type de phénomène), à moins que les propriétés explosives particulières de la charge ne justifient une évaluation différente de l'étendue des zones dangereuses.

¹⁶ Tel qu'un site présentant peu d'activité de fabrication et de manipulation et très orienté sur l'entreposage.

Ces distances doivent être augmentées s'il existe des conditions particulières susceptibles d'aggraver le danger, notamment par la prise en compte de la durée de la surpression. Elles peuvent être réduites notamment si la configuration du terrain ou la mise en place de dispositifs de protection efficaces diminuent le danger.

Les distances R (exprimées en mètres), indiquées dans les points suivants, des limites des zones d'effet correspondant à la charge de masse Q (masse nette de matière explosible exprimée en kilogrammes), placée au niveau du sol, sont définies en atmosphère normale, c'est-à-dire dans des conditions normales de température et de pression, au-dessus d'un terrain plat sans protection particulière.

On admet que, en terrain plat et sans protection particulière, la détonation d'une masse Q :

- entraîne, dans un rayon $R = 0,5 Q^{1/3}$,
- peut entraîner, dans un rayon $R = 2,4 Q^{1/3}$, s'il y a un risque de projections,

la détonation presque simultanée de toute masse susceptible de détoner.

Ces distances sont appliquées du bord de la charge donneuse au bord de la charge receveuse

B.2 Effets de surpression

Le tableau suivant permet de déterminer l'étendue des zones d'effet en terrain nu :

DÉSIGNATION de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Distance R (en mètres) au centre de la charge de masse Q (en kg)	$0 < R1 \leq 5 Q^{1/3}$	$< R2 \leq 8 Q^{1/3}$	$< R3 \leq 15 Q^{1/3}$	$< R4 \leq 22 Q^{1/3}$	$< R5 \leq 44 Q^{1/3}$

La masse Q est exprimée en équivalent TNT. Les zones d'effet sont centrées sur la charge sauf si cette dernière est dispersée ou mobile, auxquels cas les distances limites de ces zones sont comptées à partir des surfaces extérieures de la charge ou de l'enveloppe des positions successives de ces surfaces.

Si des produits explosifs présentent à la fois un danger d'explosion en masse et un risque important de projections (de plus de 150 grammes à plus de 15 mètres), les zones d'effet à retenir sont les plus étendues de celles du produit ou de son enveloppe qui ont été déterminées pour ces matières ou objets considérés comme appartenant d'une part à la division 1.1 et d'autre part à la division 1.2.

B.3 Effets de projection

Le tableau suivant permet de déterminer l'étendue des zones d'effet en terrain nu (et en fonction de Q, masse nette des matières explosives, à l'exclusion des enveloppes qui les contiennent) pour des objets destinés à projeter des éclats multiples.

Ces valeurs peuvent être utilisées par défaut dans d'autres configurations, mais d'autres approches au cas par cas peuvent être utilisées. Les zones d'effet sont délimitées à partir des bords de la charge.

a) Si $Q \geq 100$ kg

DÉSIGNATION de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Distance R (en mètres) à la charge de masse Q (en kg)	1° Dans le cas d'objets contenant unitairement moins de 750 grammes de matière active				
	$0 < R1 \leq 15$	$< R2 \leq 90$	$< R3 \leq 200$	$< R4 \leq 60 Q^{1/6}$ ou 300 si $300 \geq 60 Q^{1/6}$	$< R5 \leq 120 Q^{1/6}$ ou 600 si $600 \geq 120 Q^{1/6}$
	2° Dans le cas d'objets contenant unitairement plus de 750 grammes de matière active				
	$0 < R1 \leq 25$	$< R2 \leq 135$	$< R3 \leq 300$	$< R4 \leq 75 Q^{1/6}$ ou 400 si $400 \geq 75 Q^{1/6}$	$< R5 \leq 150 Q^{1/6}$ ou 800 si $800 \geq 150 Q^{1/6}$

b) Si $10 \text{ kg} \leq Q < 100 \text{ kg}$: les distances figurant dans le tableau précédent peuvent être réduites d'un tiers ;

c) Si $Q < 10 \text{ kg}$: les limites des zones d'effet sont à définir par une étude particulière.

Si des matières ou objets présentent à la fois un danger d'explosion en masse et un risque important de projections (de plus de 150 grammes à plus de 15 mètres), les zones d'effet à retenir sont les plus étendues de celles du produit ou de son enveloppe qui ont été déterminées pour ces matières ou objets considérés comme appartenant d'une part, à la division 1.1, d'autre part, à la division 1.2.

B.4 Effets thermiques

DÉSIGNATION de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance R à la charge de masse Q	1° Dans le cas de matières ou objets de la sous-division 1.3 a :			
	$0 < R1 \leq 2,5 Q^{1/3}$	$< R2 \leq 3,5 Q^{1/3}$	$< R3 \leq 5 Q^{1/3}$	$< R4 \leq 6,5 Q^{1/3}$
	2° Dans le cas de matières ou objets de la sous-division 1.3 b :			
	$0 < R1 \leq 1,5 Q^{1/3}$	$< R2 \leq 2 Q^{1/3}$	$< R3 \leq 2,5 Q^{1/3}$	$< R4 \leq 3,25 Q^{1/3}$

Ces valeurs peuvent être utilisées par défaut dans d'autres configurations, mais d'autres approches au cas par cas peuvent être utilisées. Les zones d'effet sont délimitées à partir des bords de la charge.

Effets dus à un produit de division de risque 1.4

DÉSIGNATION de la zone	Z2	Z3	Z4
Distance R à la charge de masse Q	$< R2 \leq 0,5 Q^{1/3}$ ou 5 si $0,5 Q^{1/3} > 5$	$< R3 \leq 10$	$< R4 \leq 25$

Ce cas ne comporte pas de zones Z1 et Z5.

C – Détermination de la gravité

L'exploitant explicitera les modalités de détermination du nombre de personnes exposées à un accident donné dans son étude de dangers. Il pourra s'inspirer notamment des règles proposées dans les premières fiches (par exemple la fiche du 1.1.1) ci-dessus.

Compte-tenu de la cinétique des phénomènes dangereux pyrotechniques, toutes les personnes présentes dans les zones sont considérées comme exposées.

Toutefois, pour les effets de surpression, il peut être admis qu'en zone d'effet indirect par bris de vitres (Z5), les personnes situées en terrain nu (plein air) ou dans un véhicule ne soient pas comptabilisées.

Ne seront également pas comptabilisées les habitations nouvelles si celles-ci sont réglementées par des prescriptions (sur le bâti) inscrites dans un document d'urbanisme (ex : PPR) et permettant d'éviter l'exposition aux bris de vitres.

D – Cas particulier du stationnement exceptionnel d'un véhicule de transport

En situation exceptionnelle et dans le cas où l'établissement n'est pas doté d'une aire prévue à cet effet et répondant aux critères habituellement affectés aux installations fixes, l'article 20 de l'arrêté du 20 avril 2007 crée la possibilité du stationnement temporaire des véhicules de transport chargés en provenance ou à destination de la voie publique qui se font en conformité avec la réglementation transport de matières dangereuses sur un emplacement prévu à cette fin.

Les dispositions de cet article permettent notamment de régler dans un cadre réglementaire adapté les problèmes de camions chargés arrivant sur site mais ne pouvant être déchargés avant le lendemain matin. Il est plus satisfaisant, surtout en matière de sûreté publique que le camion se trouve dans l'enceinte de l'établissement, sur un emplacement réservé à cet effet et dont l'existence a été prise en compte dans l'étude de sécurité et de dangers, plutôt que sur un parking à l'extérieur de celui-ci.

Certaines dispositions techniques doivent toutefois être vérifiées :

- l'exploitant devra démontrer que l'entreposage d'explosifs « en attente » dans le véhicule de transport (camion/wagon) s'avère exceptionnel
- il ne doit y avoir aucune possibilité de transmission d'une explosion aux installations voisines et en cas d'accident survenant dans une installation autre, ces chargements « en attente » ne doivent pas aggraver cet accident.

Pour la démonstration du caractère exceptionnel de l'entreposage, le rédacteur de l'étude devra notamment tenir à la disposition des services d'inspection un bilan annuel

de la fréquence à laquelle ce dispositif aura été utilisé. Au-delà de 10 fois par an, je vous demande d'engager l'exploitant à prendre des mesures d'amélioration de la gestion de ses transports.

Comme l'exige la loi, l'étude de dangers devra notamment décrire le(s) phénomène(s) dangereux susceptibles de survenir sur cette aire de stationnement temporaire, ne serait-ce que pour dimensionner les plans de secours. En revanche et conformément aux dispositions de cet article, les zones d'effet des phénomènes dangereux pouvant prendre naissance sur cette aire de stationnement ne concernent pas les zones Z1 à Z5 telles qu'elles sont appliquées à l'article 17 de l'arrêté du 20 avril 2007 concernant les critères d'implantation. De même, je vous demande de ne pas prendre en compte ces accidents et phénomènes dangereux dans les démarches prévues aux paragraphes 2 et 3 de cette première partie de circulaire.

Bien évidemment, pour les établissements qui disposent d'un plan particulier d'intervention, ces phénomènes dangereux doivent être pris en compte.

E - Documents d'appui

Pour mémoire, vous pouvez vous appuyer, outre sur la présente circulaire, sur le guide à destination des inspecteurs des installations classées que je vous ai fait parvenir le 17 juin 2008.

1.2.8 Dépôts de Liquides Inflammables (DLI)

L'instruction technique du 9 novembre 1989 relative aux dépôts aériens existants de liquides inflammables indiquait des orientations à suivre dans le traitement de ces dossiers. A la lumière des développements législatifs et réglementaires récents quelques évolutions sont apparues utiles. J'appelle votre attention sur le champ d'application du présent sous-paragraphe, à savoir, toutes les installations concernées par mon instruction du 9 novembre 1989, et non les seules installations soumises à autorisation avec servitudes. Cette instruction sera d'ailleurs prochainement abrogée.

Je vous signale par ailleurs qu'un groupe de travail consacré aux dépôts de liquides inflammables a produit en octobre 2008 un guide de nature à aider à la rédaction des études de dangers.

A - Evaluation des effets de certains phénomènes dangereux susceptibles de se produire dans les dépôts de liquides inflammables

A ce jour, plusieurs modèles permettant d'évaluer les effets d'un certain nombre de phénomènes dangereux dans certaines conditions ont fait l'objet de travaux de mise à jour.

Les conclusions afférentes à ces modèles, ainsi que les modèles suivants que je validerai seront mis en ligne au fil de l'eau sur le site Internet de l'INERIS, <http://aida.ineris.fr>.

L'évaluation des effets des phénomènes dangereux est de la responsabilité de l'exploitant, qui doit démontrer et justifier la pertinence des modèles qu'il utilise et des hypothèses prises en compte. Si un exploitant utilise les modèles évoqués ci-dessous, il ne sera pas nécessaire qu'il en justifie la pertinence, sous réserve que toutes les hypothèses soient respectées.

Pour les phénomènes dangereux n'ayant pas fait l'objet d'une révision de modèle à la date de remise de l'étude de dangers ou, pour les installations qui ne remplissent pas les conditions d'application des modèles révisés mais remplissent les conditions d'applications de mon instruction technique du 9 novembre 1989, l'exploitant pourra de la même manière utiliser les formules de calcul apparaissant dans cette instruction sans qu'il soit besoin qu'il en justifie la pertinence.

Quelques modélisations de phénomènes dangereux appellent néanmoins des commentaires.

A.1 Feux de nappe d'un hydrocarbure de catégorie B ou C

J'attire votre attention sur le fait que les deux feux de nappes concernant plusieurs cuvettes ou des zones épandues doivent être examinés dès lors que des effets dominos ou des épandages sont possibles.

A.2 Boil Over

Le boil over est un phénomène identifié depuis longtemps pour les liquides inflammables, et qui est susceptible de se produire lorsque la surface du liquide entre en

feu. La chaleur générée par cette inflammation, si elle atteint une couche d'eau se situant au fond du bac (la plupart des hydrocarbures sont plus légers que l'eau), provoque la vaporisation instantanée de cette couche d'eau qui projette alors à l'extérieur les hydrocarbures en feu. On obtient un phénomène éruptif qui peut être de grande ampleur.

Les travaux scientifiques récents (menés au niveau international majoritairement sur la fin de l'année 2006 et sur l'année 2007) ont permis de conclure que les caractéristiques de réaction des hydrocarbures se subdivisent en fait en trois types de comportements :

- certains produits présentent un comportement classique tel qu'il a été identifié depuis de nombreuses années. Pour ces produits, si les conditions d'application de l'instruction technique du 9 novembre 1989 sont remplies, l'exploitant pourra utiliser les formules de calcul apparaissant dans cette instruction sans qu'il soit besoin qu'il en justifie la pertinence. Il pourra également reprendre les formules développées récemment par l'UFIP pour le calcul des distances d'effets qui correspondent aux distances d'effets disponibles dans le guide « Oméga 13 » de l'INERIS. Les produits concernés sont en particulier des fiouls lourds, des fiouls lourds réchauffés, des bruts et des produits présentant des caractéristiques similaires,
- certains produits légers présentent des caractéristiques de combustion et d'évaporation telles (absence d'onde de chaleur) que, lorsque le front de flamme entre en contact avec une couche d'eau, la quantité d'hydrocarbures susceptible de participer au phénomène éruptif est très faible, ce qui conduit à un phénomène de moindre ampleur. Ce phénomène est appelé boil over en couche mince. Pour ces produits, parmi lesquels se trouvent le gazole, le FOD et le jet A-1, les formules de l'instruction technique de 1989 ne sont pas adaptées. Une note présentant une méthodologie et des outils de calcul des distances d'effets pour le boil over en couche mince est disponible sur le site Internet signalé plus haut,
- certains produits, comme l'essence, ne génèrent pas d'onde de chaleur et présentent des capacités suffisantes pour évacuer la vapeur d'eau sans provoquer de projections notables à l'extérieur. Pour ces produits, vous pourrez accepter une proposition des exploitants conduisant à considérer que le phénomène de boil over est physiquement impossible et à ne pas le décrire dans l'étude de dangers.

Une note technique, disponible sur le site Internet rappelé plus haut, a été élaborée sur ce point, afin de décrire ces phénomènes, préciser les produits concernés parmi les produits les plus couramment stockés dans les dépôts de liquides inflammables français, donner des éléments sur leur cinétique intrinsèque, et proposer un modèle accompagné d'une feuille de calcul permettant d'évaluer l'intensité des effets du phénomène de boil over en couche mince.

J'attire votre attention sur le fait que nous ne disposons pas toujours, pour l'heure, de critères exhaustifs permettant, à partir des caractéristiques des produits, de connaître a priori leur comportement : boil over « classique », boil over « en couche mince » ou aucun des deux. Aussi, lorsqu'un exploitant est amené à mettre en œuvre des produits qui ne sont pas cités dans les notes mentionnées plus haut et qu'il ne sait pas justifier le

comportement du liquide inflammable à partir de ses propriétés physiques, il convient au cas par cas, qu'il réalise des essais spécifiques de comportement.

Le guide $\Omega 13$ de l'INERIS, disponible sur le site www.ineris.fr, peut être une aide sur ce sujet.

A.3 Evaluation des effets de pressurisation de bac pris dans un incendie

Les phénomènes d'explosion interne et de pressurisation de bac, bien que liés à une montée en pression interne, obéissent à des cinétiques et des mécanismes différents. Ils doivent donc être soigneusement distingués :

- l'inflammation de la phase gazeuse d'un bac de liquide inflammable peut conduire à une montée en pression « rapide ». On aboutit alors à une explosion pneumatique interne avec rupture du bac. Ce phénomène a fait l'objet de la note « Modélisation des effets de surpression dus à une explosion de bac atmosphérique », disponible sur le site Internet cité plus haut,
- la pressurisation « lente » est un autre type de 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.

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 tel qu'il apparaît les documents cités plus haut (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. Ces documents sont disponibles sur le site Internet du ministère.

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. Le dimensionnement minimal fait l'objet d'une note disponible sur les sites Internet cités ci-dessus.

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'évents 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.

A.4 Evaluation des effets d'un UVCE

L'accident de Buncefield en décembre 2005 au Royaume-Uni a confirmé, s'il en était besoin, la réalité et la dangerosité de ce phénomène. De façon générale, les premiers retours sur les études de dangers montrent qu'il est globalement insuffisamment décrit alors qu'il s'est déjà produit sur notre territoire, en particulier à Saint-Herblain le 7 octobre 1991.

Concernant l'accident de Buncefield, la lecture des documents mis à disposition par le bureau d'investigation des autorités britanniques permet de rappeler que la formation d'un nuage (par évaporation d'un liquide, notamment les liquides à haute pression de vapeur saturante tels l'essence) et sa migration hors des cuvettes peuvent se produire en quelques dizaines de minutes et qu'il faut envisager d'autres termes sources que la simple évaporation d'une nappe d'hydrocarbures.

La caractérisation d'un phénomène d'explosion de vapeurs d'hydrocarbures ou de feu de nuage requiert la connaissance des éléments suivants :

- a) la caractérisation du terme source c'est-à-dire la quantité d'hydrocarbures qui va s'évaporer et contribuer à la formation du nuage inflammable,
- b) les conditions de formation du nuage inflammable par mélange avec l'oxygène de l'air,
- c) la dispersion atmosphérique, c'est-à-dire les conditions dans lesquels ce nuage va se déplacer ou se diluer,
- d) les modalités d'inflammation du nuage.

Trois grandes typologies de termes sources (point a) ont été identifiées : l'évaporation simple d'une nappe de produit qui s'est répandu dans la cuvette de rétention par exemple, une fuite sur une installation sous pression (par exemple au niveau d'une bride sur une tuyauterie) qui va provoquer l'émission d'un « jet » dont une partie sous forme vapeur, et l'évaporation du produit à la suite d'un débordement en haut du bac puis un ruissellement depuis le haut de ce bac.

Des modèles techniques applicables de façon générique sont disponibles sur les sites Internet pré-cités pour:

- le terme source (point a) dans le cas de la formation d'un nuage à la suite de la simple évaporation naturelle d'une nappe de liquide,
- les étapes ultérieures (points b, c et d) telles que je vous les ai décrites plus haut.

Pour les deux autres types de terme source, il n'est pas possible de proposer des modèles applicables universellement puisque le terme source dépend des caractéristiques de l'équipement sur lequel la vaporisation prend naissance. Néanmoins, des méthodologies pour caractériser au cas par cas ces termes sources sont disponibles.

B – Traitement particulier de l'ouverture de bac avec effet de vague

Un phénomène dangereux à la limite des connaissances scientifiques disponibles à ce jour est celui consécutif à la rupture de l'enceinte d'un bac de stockage de liquides inflammables sur un site. Ces ruptures peuvent prendre deux appellations :

- rupture robe/fond : il s'agit d'une rupture brusque et soudaine au niveau de la jonction entre la robe et le fond, la bordure annulaire et les tôles composant le fond lui-même,
- rupture zip : il s'agit d'une rupture brusque et soudaine de tôles composant la robe du bac. Cette ouverture verticale peut être partielle ou complète le long d'une génératrice de la robe du bac.

En cas de réalisation d'une telle rupture de bac, une vague aux effets dynamiques importants va prendre naissance, avec potentiellement surverse au-dessus de la cuvette de rétention, parcours d'une surface importante générant une pollution importante du milieu, et, on peut l'imaginer, une potentielle nappe enflammée ou une potentielle création de nuage inflammable par évaporation de la nappe / flaque ainsi formée.

Il existe une accidentologie extrêmement rare dans ce domaine, dont les hypothèses de modélisation / compréhension ne sont pas encore satisfaisantes dans tous les cas, ce qui doit conduire aux deux orientations suivantes :

- ce phénomène dangereux étant physiquement possible, il doit être décrit dans les études de dangers, « au mieux des connaissances scientifiques », et les conclusions de cette analyse serviront de fondement à l'élaboration des plans de secours,
- les connaissances scientifiques étant encore trop parcellaires sur la modélisation du phénomène dangereux et les fréquences d'occurrence restant très rares, il pourra être considéré comme non opportun de conserver ce phénomène pour base des décisions en matière de maîtrise de l'urbanisation (porter-à-connaissance et PPR) et d'appréciation de la démarche de maîtrise du risque à la source par l'exploitant (paragraphe 2 de cette première partie de circulaire).

Cette dernière orientation ne doit toutefois être envisagée que sous réserve de la mise en place de garanties raisonnables par l'exploitant sur ses modalités de conception, d'exploitation et de surveillance / maintenance de ses équipements au regard de ces risques.

Ainsi, les pistes suivantes ont vocation à être explorées pour justifier une telle orientation.

B.1. S'agissant de la prévention des ouvertures par rupture zip

Des réflexions sont à mener sur la conception et la vie de l'équipement.

Pour la conception, le respect des normes API650 (neuvième édition ou postérieure) ou du CODRES (version 1991 ou postérieure) est de nature à assurer un premier standard de conception.

A défaut d'une conception conforme à ces standards, il pourra être utilement envisagé de mener un test hydraulique sous 10 ans (sauf bien entendu lorsqu'un tel test a déjà été mené au cours de la vie du bac sans changement postérieur de son usage), sauf impossibilité technique ou économique ou présentation par l'exploitant d'une technique apportant les mêmes garanties sur la conception.

Pour la surveillance et les inspections, dans les limites des capacités techniques et sous réserve d'autres méthodes permettant d'atteindre la même efficacité, lors des arrêts périodiques :

- les phases de maintenance seront réalisées dans le respect des bonnes pratiques, par exemple celles décrites dans la norme API653,
- un contrôle visuel de l'épaisseur et d'éventuelles corrosions sera mené sur l'intégralité de la robe,
- un contrôle par appareillage (type scanner et/ou ultra-sons) de l'épaisseur de la robe sur les parties les plus sensibles, id est au moins pour les viroles les plus basses, sera réalisé,
- un contrôle très rigoureux des soudures sensibles sera mené selon les techniques les plus avancées disponibles (par exemple magnétoscopie et/ou ressuage).

Pour la maintenance, dès qu'une situation à risque sera détectée par la surveillance et les contrôles, les corrections / réparations / remplacements nécessaires seront mis en oeuvre et contrôlés selon des procédures adaptées.

B.2 S'agissant de la prévention des ruptures robe / fond et des ruptures / fuites de tôles de fond

Des réflexions sont également à mener sur la conception et la vie de l'équipement.

Pour la conception, le respect des normes API650 (neuvième édition ou postérieure) ou du CODRES (version 1991 ou postérieure) est de nature à assurer un premier standard de conception, notamment pour les bacs âgés de moins d'une vingtaine d'années.

Un test hydraulique apportera moins de garanties que pour la prévention d'une ouverture zip car d'autres causes qu'une faiblesse mécanique intrinsèque du métal peuvent être recensées pour un tel événement.

Pour la surveillance et les inspections, dans les limites des capacités techniques et sous réserve d'autres méthodes permettant d'atteindre la même efficacité, lors des arrêts périodiques :

- les phases de maintenance seront réalisées dans le respect des bonnes pratiques, par exemple celles décrites dans la norme API653,
- un contrôle visuel de l'épaisseur et d'éventuelles corrosions sera mené sur l'intégralité des tôles du fond et la partie en liaison avec la robe,
- un contrôle par appareillage (par exemple scanner et/ou ultra-sons) de l'épaisseur de la totalité de la surface de ces tôles sera réalisé,
- un contrôle très rigoureux de toutes les soudures sur ces tôles sera mené selon les techniques les plus avancées disponibles (par exemple magnétoscopie, ressuage ou boîte à a vide),
- des contrôles sur les assises du bac (notamment géométriques) seront effectués.

Par ailleurs, entre les arrêts périodiques, des contrôles réguliers géométriques des bacs seront menés, sous réserve d'autres dispositions techniques à l'efficacité équivalente.

Une veille de l'ensemble des techniques de détection à distances des cavités et défauts de liaisons robes-fonds pourra être réalisée par l'exploitant afin de pouvoir mettre en oeuvre ces techniques dès lors qu'elles seront opérationnelles.

Pour la maintenance, dès qu'une situation à risque sera détectée par la surveillance et les contrôles, les corrections / réparations / remplacements nécessaires seront mis en oeuvre et contrôlés selon des procédures adaptées.

B.3 S'agissant de la mitigation / de la réduction des conséquences

Les instructions techniques en vigueur prévoient l'obligation pour l'exploitant de dimensionner les cuvettes de rétention afin qu'elles résistent à la sollicitation du liquide en cas d'épandage.

S'agissant des conséquences d'une ouverture et d'un effet de vague, afin de limiter autant que possible l'ampleur des opérations à mener pour les services de secours dans le cadre d'un PPI, il paraîtra pertinent que les exploitants soient appelés à se prononcer dans une période raisonnable (a priori 5 ans de façon à concorder avec la révision quinquennale de l'étude de dangers) sur les conditions technico-économiques pouvant permettre d'atteindre les résultats suivants :

- résistance mécanique des parois de la cuvette à une vague consécutive à une rupture robe/fond ou une rupture / fuite sur les tôles du fond,
- configuration de la cuvette afin d'éviter une surverse en cas de vague consécutive à une rupture robe/fond ou une rupture / fuite sur les tôles du fond,
- mise en place d'une configuration (naturelle ou suite à travaux de génie civil) de confinement supplémentaire au-delà de la seule cuvette pour limiter la surface d'épandage de liquide ayant fait l'objet d'une surverse au-dehors de la cuvette.

C – Distances d'isolement prévues par l'instruction technique du 9 novembre 1989

L'élaboration de cette instruction technique est intervenue dans un contexte réglementaire qui ne disposait pas d'outil aussi élaboré que les PPRT.

Ainsi les distances d'isolement prévues par la circulaire du 9 novembre 1989 sont issues de modèles très simples uniquement fondés sur l'intensité des effets, alors que les plans de prévention des risques technologiques relèvent d'un dispositif plus complexe intégrant notamment l'intensité, la probabilité et la cinétique des phénomènes dangereux, et permettant sur cette base une gestion fine de l'urbanisation prenant également en compte le contexte local.

Des textes réglementaires et un guide technique définissent par ailleurs la méthodologie d'élaboration de ces plans.

En conséquence, pour les installations relevant du régime d'autorisation avec servitudes, les instructions de novembre 1989 relatives à l'institution d'un périmètre d'isolement ne s'appliquent plus dès lors que l'arrêté d'approbation du plan de prévention des risques technologiques est pris.

De façon similaire, autour de certaines installations existantes soumises à simple autorisation qui auront mis en évidence, en vertu des évolutions citées dans ce sous-paragraphe, des distances d'effets inférieures à celles retenues jusqu'à présent, il pourra être envisagé une adaptation des périmètres d'isolement. En tout état de cause, la pérennité des périmètres d'isolement sur les nouvelles zones d'effets identifiées devra

être assurée, celles-ci seront portées à la connaissance des maires pour être prises en compte dans les documents d'urbanisme.

Je vous rappelle enfin que cette instruction technique sera prochainement abrogée et remplacée par de nouvelles dispositions.

1.2.9 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL)

Les présentes instructions sont également valables pour les dépôts de gaz inflammables liquéfiés relevant du régime de l'autorisation.

Les raffineries et les établissements de pétrochimie présentent des spécificités qui pourront justifier d'adapter les présentes instructions.

A. Evaluation de la gravité d'un BLEVE, d'un UVCE ou d'un feu torche

Compte tenu de la cinétique de réalisation de ces phénomènes, de l'énergie libérée et du retour d'expérience, toute personne comprise dans la flamme, quelle que soit la durée d'exposition, est considérée comme exposée à des effets létaux significatifs au sens [du titre IV de l'arrêté 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 classées soumises à autorisation.

Pour les zones hors flamme, les personnes sont considérées comme exposées sauf dispositions constructives spécifiquement adaptées pour résister aux surpressions et aux flux thermiques estimés.

B. BLEVE et rupture de réservoir

B. 1. Réservoirs fixes (hors sur-remplissage)

B.1.1. Réservoirs fixes soumis à des effets thermiques

Dès lors que des mesures de conception des réservoirs ont été mises en place de manière à résister à l'ensemble des agressions thermiques décrites dans l'étude de dangers, l'accident représentant le BLEVE du réservoir pour cause d'agression thermique ne sera pas repris dans l'étude de dangers et dans les mesures relatives à l'urbanisation. L'exploitant disposera de critères pertinents pour s'assurer du maintien dans le temps de la capacité de la protection thermique à assurer sa fonction de sécurité.

B.1.2. Réservoirs fixes soumis à des effets de pression externe ou des projections

Si les mesures décrites au point B.1.1 permettent d'exclure le BLEVE à proprement parler, elles ne justifieraient pas l'exclusion de l'accident et du phénomène associé issu de la rupture d'un réservoir par effet de projection ou de surpression sans agression thermique préalable.

L'état actuel des connaissances ne permet pas de modéliser les effets de ce phénomène de rupture à froid, ils seront donc évalués à partir des formules du BLEVE,

décrites au sous-paragraphe 1.1.4 (sans considérer les éventuels VCE) en l'attente de connaissances nouvelles reconnues. Cette modélisation sera inutile et l'accident considéré ne sera pas repris dans l'étude de dangers si l'exploitant apporte la démonstration que la technique mise en oeuvre permet de protéger le réservoir des effets de projection et de pression externe (se reporter, pour ce dernier point, au B.3 ci-dessous).

Il faut cependant noter qu'un tel aménagement, s'il est au regard des connaissances du moment la meilleure technique pour protéger les réservoirs, diminue la possibilité de suivi de la tôle tout en augmentant sa sensibilité à certains facteurs tel que la corrosion. Sur ce thème, je porte à votre attention que lorsqu'une protection cathodique est mise en place, sa conception et son maintien en service ainsi que la formation du personnel devant en assurer le suivi, doivent être réalisés selon des normes reconnues. Les éléments pertinents décrits au sous-paragraphe « 1.2.1 Evénements initiateurs spécifiques » ci-dessus sont applicables. Le plan de suivi mentionné dans cette fiche faisant alors apparaître une durée de vie de l'enceinte, période au-delà de laquelle le maintien en service pour une nouvelle durée déterminée est soumis à un nouvel examen au moins aussi poussé que celui effectué lors de la mise en service doit apparaître.

B. 2 Citernes mobiles soumises à des effets thermiques

Aucune mesure de protection des citernes mobiles présentées à l'administration ces dernières années n'a, à ce jour, justifié l'exclusion du BLEVE de ces citernes résultant d'une agression thermique tant dans l'évaluation du niveau de maîtrise des risques que de la maîtrise de l'urbanisation.

Je vous demande de veiller de manière particulière aux propositions de classement en probabilité du BLEVE des citernes mobiles. La probabilité du BLEVE de ces matériels au poste de transfert ne peut être considérée dans la classe de probabilité la plus faible que si l'installation dispose au moins des meilleurs standards de la profession c'est-à-dire, a minima, un système d'arrosage automatique et une mise en sécurité du site tous les deux asservis à la fois à une détection flamme, une détection gaz et une intervention humaine sur arrêt d'urgence.

Par ailleurs, pour les zones de stationnement de véhicules (wagon ou camion) avant ou après chargement/déchargement, hors zone temporaire à fin de démarches administratives, qui sont rarement équipées de moyen de prévention ou de protection, cette même probabilité pourra également apparaître dans la classe de probabilité la plus faible si toutes les conditions suivantes sont réunies :

- les zones sont correctement équipées en détection de gaz et de flammes entraînant en cas de déclenchement la mise en sécurité de l'établissement avec report d'alarme vers l'exploitant,
- les camions peuvent être atteints par un dispositif fixe d'extinction,
- les citernes sont dans un espace clôturé,
- la distance entre les véhicules et les stockages, les postes de chargement et de déchargement et les canalisations est suffisante pour éviter qu'ils subissent une agression thermique directe,
- l'accès est interdit à des véhicules non autorisés au transport de matières dangereuses.

B.3. Rupture d'un réservoir, fixe ou mobile, par sur-remplissage

Sur ce thème, les études de dangers reçues récemment par l'inspection des installations classées montrent que deux événements sont à redouter :

- la surpression lors de la phase de remplissage : cet événement pourra ne pas apparaître dans l'étude de dangers et ne pas être considéré pour la maîtrise de l'urbanisation si la technique employée et les caractéristiques des matériels ne permettent pas d'atteindre la pression de rupture des réservoirs,
- la surpression hydraulique du fait de l'expansion naturelle de la phase liquide : le positionnement de cet accident en classe de probabilité la plus faible pourra être accepté dans la mesure où le taux de remplissage en phase liquide, déterminé par deux méthodes indépendantes ne dépasse pas 85% (pour les citernes mobiles, la pesée systématique après remplissage peut être considérée comme l'une de ces méthodes). Le phénomène de surpression hydraulique du fait de l'expansion naturelle de la phase liquide sera à traiter de façon classique pour les PPRT.

C. Explosion de gaz à l'air libre (UVCE/VCE)

L'évaluation de la gravité des accidents relatifs à des fuites de gaz inflammable se fera systématiquement en tenant compte de l'expansion maximale du nuage de gaz.

Je vous demande de faire étudier par les exploitants tous les scénarii susceptibles de se produire sur une tuyauterie y compris la rupture guillotine. J'attire néanmoins votre attention sur un traitement particulier possible dans le cadre des PPRT (voir sous-paragraphe « 3.2.12 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL) »).

Pour évaluer le niveau de maîtrise des risques relatif à la possibilité de fuite de gaz, vous pourrez considérer comme acceptable la proposition qui consiste à reprendre à minima les accidents suivants dans l'étude de dangers puis dans la grille prévue au paragraphe 2 de cette première partie de circulaire:

- fuite au niveau des réservoirs de stockages,
- fuite au niveau des compresseurs et de la pomperie,
- fuite au niveau des postes de chargement et de déchargement.

Dans le cas d'un établissement très étendu une approche, telle que celle décrite dans le sous-paragraphe «1.1.6 Fiche n°6 : Tuyauteries d'usine: exemple de représentation et de cotation» ci-dessus pourra être nécessaire.

D. Jet enflammé

La modélisation utilisée pour déterminer les effets du jet enflammé doit permettre de prendre en compte la forme la plus réaliste de la flamme. Cette modélisation doit permettre de distinguer les enjeux impactés par la flamme et ceux qui ne sont que soumis au flux thermique, notamment dans le cadre des effets dominos sur les réservoirs fixes et les citernes et réservoirs mobiles.

E. Agrégation

Afin d'évaluer le niveau de maîtrise des risques d'un établissement industriel, vous pourrez considérer comme acceptable la proposition d'un exploitant d'agréger des accidents semblables. La gravité sera alors évaluée sur la base de la courbe enveloppe des différents effets et la probabilité sera considérée comme la somme des probabilités des différents accidents, puis convertie en classe de probabilité.

Par exemple, dans le cas de deux BLEVE générés par deux sphères de propane de fréquence f_1 et f_2 , on pourra conserver l'accident agrégé ayant une zone d'effets correspondant à l'union des deux zones d'effets des BLEVE individuels et une classe de probabilité correspondant à la somme des fréquences f_1 et f_2 . Par ailleurs, lorsqu'une telle option est choisie, c'est sur cette même base d'un phénomène dangereux « enveloppe » que sera réalisée la cartographie des aléas.

Un cas plus particulier est celui des fuites de gaz pour lesquelles la gravité est évaluée conformément au sous-paragraphe « 1.1.5 Fiche n°5 : Phénomènes de dispersion atmosphérique : représentation et cotation en probabilité – gravité » ci-dessus, pour le secteur angulaire le plus pénalisant sur l'équipement le plus pénalisant mais pour la cartographie des aléas (notamment en vue du PPRT) la courbe enveloppe reste bien la bonne représentation des effets.

Le raisonnement peut être appliqué aux zones de parking de citernes mobiles. Néanmoins, dans le cas d'une approche quantitative rigoureuse il pourra être démontré que malgré un nombre de citernes supérieur à 10 la classe de probabilité associée au BLEVE ne change pas si celle-ci est initialement très faible.

Dans le cas des gaz inflammables, l'évènement redouté central « fuite de gaz » peut donner lieu à deux phénomènes dangereux distincts : l'explosion avec inflammation de nuage (UVCE) et le jet enflammé. Je vous rappelle que dans la grille d'évaluation du niveau de maîtrise des risques citée au paragraphe 2 de cette première partie de circulaire, deux accidents doivent apparaître.

1.2.10 Stockages souterrains

On entend ici par « stockages souterrains » l'ensemble des stockages visés à l'article 3-1 du code minier, à savoir les stockages souterrains « de gaz naturel, d'hydrocarbures liquides, liquéfiés ou gazeux ou de produits chimiques à destination industrielle. »

A - S'agissant d'événements initiateurs particuliers

A l'instar des règles définies dans l'annexe IV de l'arrêté du 10 mai 2000 et dans la présente circulaire pour les installations classées, vous pourrez accepter des études de dangers prenant en compte de façon particulière les événements initiateurs tels que prévu au sous-paragraphe 1.2.1 ci-dessus, sous réserve des spécificités qui pourront être édictées ci-dessous.

B - S'agissant des puits et tuyauteries / canalisations de collecte de gaz naturel

Les dispositions spécifiques prévues par ce point B ne sont applicables qu'aux installations de surface des stockages souterrains de gaz naturel. Pour les autres stockages souterrains, les phénomènes dangereux et accidents susceptibles de prendre naissance dans les installations de surface sont à traiter comme pour le reste des installations industrielles, en appliquant notamment les règles du reste de cette circulaire.

En ce qui concerne les tuyauteries, de façon générale, la rupture totale de la tuyauterie sera étudiée, avec rejet vertical lorsque la tuyauterie est enterrée et rejet horizontal lorsque la tuyauterie est aérienne.

Néanmoins, lorsque l'intégralité des conditions suivantes est respectée :

- les agressions mécaniques et thermiques susceptibles d'atteindre ces tuyauteries sont étudiées soigneusement dans les études de dangers et l'exploitant a pris les dispositions nécessaires afin de les rendre toutes physiquement impossibles, soit par suppression des sources susceptibles d'être à l'origine de ces agressions, soit par protection des tuyauteries,
- les tuyauteries sont protégées d'agressions mécaniques par des tiers à hauteur d'une agression conventionnelle d'une pelle de 32 tonnes,
- les installations sont construites dans des nuances d'aciers compatibles avec les températures des fluides transportées ou, dans certains cas, des installations de réchauffage permettent de rendre compatible la température du gaz avec les caractéristiques mécaniques des canalisations. L'exploitant est en mesure d'apporter des éléments pour
 - o justifier, au cas par cas, l'adéquation entre les caractéristiques mécaniques des canalisations et la température du gaz qu'elles véhiculent,
 - o présenter, lorsque des systèmes de réchauffage sont requis, les dispositions relatives à la conception, à l'exploitation, à la maintenance, etc. de ces réchauffeurs pour garantir la compatibilité entre la température des fluides et la nuance d'acier des canalisations,
- l'exploitant vous fournit des éléments techniques sur les dispositions de conception / prévention pour le défaut métallurgique, la corrosion, le coup de bélier, la préférence de la génératrice supérieure pour une brèche, l'absence d'accidentologie sur la rupture de tuyauterie pour ces événements initiateurs afin que les services d'inspection sous votre autorité puissent en vérifier l'applicabilité aux sites dont ils ont la charge, s'agissant notamment des nuances d'acier mis en oeuvre et des standards de conception. Les tuyauteries enterrées doivent en particulier être équipées d'une protection cathodique et faire l'objet de mesures électriques de surface,
- les tuyauteries font l'objet d'un plan d'inspection compatible avec les exigences du guide GESIP applicable aux plans de surveillance et de maintenance des canalisations de transport reconnu par décision BSEI n° 09-104 du 2 juillet 2009 ou avec celles des guides applicables aux équipements sous pression, en l'occurrence le guide UFIP-UIC DT 84 approuvé par la décision BSEI n° 06-194 du 26 juin 2006 ou le guide professionnel d'établissement de plans d'inspection de Gaz de France approuvé par la décision DM-T/P n° 33058 du 9 juillet 2004,

- les tuyauteries sont dimensionnées au séisme conformément à l'Eurocode 8 ou au guide AFPS 15 complément n°20, lorsqu'elles sont enterrées, et aux exigences de l'arrêté ministériel du 10 mai 1993 qui leur sont applicables (ou de tout texte postérieur remplaçant cet arrêté) lorsqu'elles sont aériennes,
- les tuyauteries sont correctement lestées pour éviter toute perte de confinement en cas de crue correspondant à la crue de référence,

la rupture franche ne sera modélisée et conservée que pour l'élaboration du Plan Particulier d'Intervention (PPI) et pas pour la démarche de maîtrise des risques détaillée au paragraphe 2 de cette première partie de circulaire ou pour le PPRT (paragraphe 3 de cette première partie de circulaire).

Par ailleurs, les phénomènes dangereux à étudier et à conserver pour ces démarches dans tous les cas de figure seront :

- les brèches 12 mm, pour les tuyauteries enterrées, avec rejet vertical enflammé,
- les brèches 25 mm et, en cas de piquage, 50 mm (perforation limitée et perforation importante), pour les tuyauteries aériennes, avec rejet enflammé vertical ou horizontal (en pratique, le rejet horizontal présente le plus souvent des distances d'effets supérieures au rejet vertical et sa seule modélisation pourra suffire à définir les distances d'effets) et UVCE par rejet horizontal

chacune de ces trois brèches se voyant a priori attribuer une classe de probabilité D.

Pour l'UVCE, vous vous assurerez que les distances d'effet calculées sont compatibles avec les préconisations de l'INERIS en la matière.

Vous vérifierez que l'exploitant a bien étudié dans son analyse de risques les phases de travaux et de reconditionnement.

C - S'agissant des risques d'effondrement du sol

Les dispositions prévues par ce point C sont applicables à tous les stockages souterrains.

C.1 S'agissant de l'effondrement localisé (ou fontis)

→ Pour les cavités minées, en considération du fait que ce risque est évalué en phase d'exploitation et donc en présence d'un exploitant procédant à une surveillance (c'est-à-dire hors contexte d'abandon), vous pourrez accepter une proposition de l'exploitant visant à ne pas conserver ni pour l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source (paragraphe 2 de cette première partie de circulaire), ni pour le PPRT (paragraphe 3 de cette première partie de circulaire), ni pour le PPI ce risque d'effondrement si le rapport P/H est supérieur à 15, P représentant la profondeur du toit de la cavité minée et H l'ouverture de cette cavité.

Lorsque ce critère n'est pas respecté, les conclusions du retour d'expérience de l'INERIS montrent que compte-tenu de la vitesse typique de remontée d'un fontis en surface et pour les profondeurs des cavités minées actuellement utilisées pour le

stockage en France (65 – 150 m), il peut être envisagé de mettre en oeuvre des mesures de surveillance permettant de détecter de tels mouvements d'effondrement à l'avance voire très à l'avance (parfois plusieurs jours voire plusieurs mois, en tout état de cause au moins 24 heures avant que l'effondrement ne se produise en surface).

Lorsque l'exploitant apporte la démonstration que de telles mesures sont mises en place (parmi lesquelles il conviendra que figurent a minima une écoute microsismique, un suivi piézométrique dans le périmètre du stockage et un contrôle des pressions interstitielles au toit de la cavité) et que ces dispositifs sont efficaces et correctement maintenus vous pourrez a priori considérer le phénomène comme à cinétique lente et considérer au titre du calcul de la gravité que les personnes ne sont pas exposées sous réserve de formaliser la communication de l'exploitant vers le préfet pour permettre de lancer les opérations de mise en protection des personnes. J'attire néanmoins votre attention sur le fait que cette conclusion de cinétique lente n'est pas valide pour les ouvrages d'accès (puits, descenderies) qui devront donc faire l'objet d'un traitement intégral dans l'étude de dangers, la démarche de maîtrise des risques et le PPRT.

→ Pour les cavités lessivées, vous pourrez ne pas considérer ce phénomène dangereux pour le PPI, l'appréciation de la démarche de réduction des risques à la source (paragraphe 2 de cette première partie de circulaire) et le PPRT (paragraphe 3 de cette première partie de circulaire) pour les cavités de profondeur supérieure à 700 mètres et pour les cavités pour lesquelles l'épaisseur la planche de sel (en mètres) au toit de la cavité est supérieure à chacune des grandeurs suivantes :

- E1= $0,5 \times D_{eq} \times [\exp(0,000625 \times P - 0,333) - 1]$
- E2= $B / 3$
- E3 = 25 mètres

où P représente la profondeur du toit de la cavité, D_{eq} le diamètre équivalent d'une sphère de même volume que la cavité et B la largeur maximale de la cavité en tout point de son profil, ces quantités étant exprimées en mètres.

→ Pour le stockage en aquifère ou en gisement déplété, tout risque d'effondrement est écarté.

C-2. S'agissant de l'effondrement généralisé

→ Pour les cavités minées, ce phénomène pourra être écarté du PPI, de l'appréciation de la démarche de réduction des risques à la source (paragraphe 2 de cette première partie de circulaire) et du PPRT (paragraphe 3 de cette première partie de circulaire) lorsque le rapport D/P est inférieur à 0,5 (D représentant la plus petite extension horizontale du stockage et P la profondeur de la cavité minée) ou lorsque le taux de défrèvement est inférieur à 50%. Je vous invite à considérer au titre des présentes instructions que ce taux de défrèvement est calculé par le ratio entre la surface totale des projections au sol des cavités et la surface du polygone reliant ces projections au sol dans lequel ces projections sont inscrites.

→ Pour les cavités lessivées, vous pourrez appliquer les mêmes exclusions si le nombre de cavités est inférieur à trois ou si le taux de défrèvement calculé selon la définition précédente est inférieur à un taux critique égal à :

$$T = 1 / [2 \times \exp (0,00125 \times P - 0,5) - 1] \text{ où } P \text{ est exprimée en mètres}$$

→ Pour les stockages en aquifère et en gisement déplété, tout risque d'effondrement généralisé est écarté.

D - S'agissant des risques de remontées de gaz

Les dispositions prévues par ce point D sont applicables à tous les stockages souterrains.

Vous pourrez accepter de ne conserver ni pour l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source (paragraphe 2 de cette première partie de circulaire), ni pour le PPRT (paragraphe 3 de cette première partie de circulaire), ni pour le PPI, ce risque si les mesures de maîtrise des risques suivantes ont été mises en place.

→ Pour les cavités minées :

- écoute microsismique
- contrôle du confinement du produit dans la cavité (détection de gaz dans la nappe)
- contrôle de l'absence de produit dans les horizons de surface
- contrôle des niveaux piézométriques dans le périmètre du stockage
- contrôle des pressions interstitielles au toit de la cavité
- traitement de l'eau d'alimentation des rideaux d'eau pour prévenir le colmatage de ce rideau d'eau
- contrôle et régulation du débit d'exhaure
- contrôle et régulation du débit d'alimentation du rideau d'eau
- établissement d'un périmètre de protection et mise en place d'une procédure de permis de forage à proximité du stockage, en surface
- surveillance visuelle (rondes) en surface
- redondance de la capacité de pompage d'eau
- contrôle et régulation humaine de la pression de stockage à une valeur inférieure à la pression de fuite
- contrôle et régulation humaine du volume injecté
- mise à l'évent automatique de la cavité sur dépassement de la pression maximale de service

→ Pour les cavités lessivées :

- réflexion, lors du dimensionnement du stockage, et maintien dans le temps d'une hauteur de cheminée suffisante pour éviter ou limiter le risque de réduction de la hauteur de l'annulaire cimenté du puits en cas de rupture du toit de la cavité*
- conception et maintien dans le temps d'une cimentation adéquate et de bonne qualité
- conception et maintien dans le temps d'installations de surface ne permettant jamais d'atteindre la pression de fracturation de la cavité
- réflexion, lors du dimensionnement du stockage, et maintien dans le temps d'une garde de sel au sabot suffisante pour éviter ou limiter le risque de perte d'étanchéité du fait du vieillissement de la cimentation du puits*
- épaisseur de planche de sel répondant aux critères d'effondrement localisés cités ci-dessus
- surveillance des éboulements internes et de la forme de la cavité par échométrie

- réalisation, préalablement à la mise en exploitation, d'un contrôle de l'étanchéité de la cavité
- établissement d'un périmètre de protection et mise en place d'une procédure de permis de forage à proximité du stockage, en surface
- surveillance visuelle (rondes) en surface
- contrôle et régulation de la pression de stockage à une valeur inférieure à la pression de fracturation de la cavité
- définition et contrôle d'une pression minimale (P_{min}) destinée à éviter le risque de rupture de la cavité et à limiter la convergence par fluage
- contrôle et régulation du volume stocké
- mesure régulière (a minima tous les trois ans) de la profondeur du fond de la cavité (« top fond ») pour détecter des éboulements internes
- surveillance de la présence de gaz dans l'annulaire de contrôle pour les stockages de gaz et vérification périodique de l'absence de corrosion et de la bonne étanchéité du puits pour les autres stockages
- vérification de la concentration en sel avant réinjection pour les stockages en balancement de saumure

* S'agissant de la hauteur de cheminée ou de la garde de sel au sabot, vous pourrez vous contenter de vérifier l'existence d'une réflexion de l'exploitant sur ce point. Des travaux méthodologiques ultérieurs permettront de préciser plus techniquement ces critères. Ils n'aboutiront néanmoins que pour la révision quinquennale de ces études de dangers.

→ Pour les stockages en aquifère ou en gisement déplété :

- conception et maintien dans le temps d'une cimentation adéquate et de bonne qualité
- conception et maintien dans le temps d'installations de surface ne permettant jamais d'atteindre la pression de fracturation de la couverture
- conception et maintien dans le temps d'installations de surface ne permettant jamais d'atteindre la pression capillaire de déplacement de la couverture
- conception et maintien dans le temps d'installations de surface ne permettant jamais d'atteindre la pression de gisement (pour les stockages en gisement déplété)
- détection de gaz et/ou contrôle de la qualité de l'eau ainsi que suivi en pression dans les aquifères supérieurs ou stratégie de détection pertinente de migration de gaz dans les terrains de recouvrement lorsqu'il n'y a pas d'aquifère supérieur
- détection de gaz et/ou contrôle de la qualité de l'eau dans le niveau réservoir hors du périmètre de stockage (puits de contrôle périphérique)
- établissement d'un périmètre de protection et mise en place d'une procédure de permis de forage à proximité du stockage, en surface
- surveillance visuelle (rondes) en surface
- contrôle et régulation du volume stocké (régulation à l'injection et puits de contrôle de l'interface eau-gaz)
- contrôle et régulation de la pression du stockage, au niveau de tous les puits, à une valeur inférieure à la pression de fracturation de la couverture
- contrôle et régulation de la pression du stockage, au niveau de tous les puits, à une valeur inférieure à la pression capillaire de déplacement de la couverture

- contrôle et régulation de la pression du stockage, au niveau de tous les puits, à une valeur inférieure à la pression de gisement (pour les stockages en gisement déplété)
- surveillance de la présence de gaz dans l'annulaire de contrôle.

2. Appréciation de la démarche de réduction du risque à la source

2.1 Règles générales

Le présent paragraphe vise à fixer des critères facilitant votre appréciation de la démarche de maîtrise du risque accidentel par les exploitants d'établissements visés par l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. Ces critères permettent en particulier d'apprécier la justification par l'exploitant des installations que « le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. » (article R. 512-9 du code de l'environnement)

Il définit les orientations relatives aux actions appropriées, proportionnées aux risques, qu'il convient d'engager en fonction de l'appréciation portée sur la démarche de maîtrise des risques accidentels :

- au moment de l'examen du dossier de demande d'autorisation,
- lors des réexamens de l'étude de dangers prévus par l'article R. 512-9 du code de l'environnement,
- lors de l'examen d'une étude de dangers prescrite par arrêté ministériel ou préfectoral.

La justification apportée par l'exploitant ne préjuge pas le maintien effectif de cette maîtrise par l'exploitant tout au long de la vie des installations.

L'appréciation des mesures de maîtrise des risques en regard des intérêts à protéger, visés à [l'article L. 511-1 du code de l'environnement](#), découle en particulier de l'examen :

- des éléments mis en évidence par l'analyse de risques qui figurent dans l'étude de dangers et en particulier des mesures de maîtrise des risques déterminées sous la responsabilité du demandeur,
- des éléments, portés à votre connaissance, concernant l'état des installations (dont la vétusté, l'historique de sollicitations et incidents connus) si elles sont existantes,
- de la qualité de l'organisation ayant un impact direct ou indirect sur la sécurité de l'exploitation, y compris les relations avec des tiers (sous-traitants, autres industriels sur le même site),
- de la capacité technique, organisationnelle et financière de l'exploitant à maintenir un niveau de maîtrise des risques correspondant aux éléments contenus dans l'étude de dangers,
- le cas échéant, de règles spécifiques applicables à certaines catégories d'installations classées définies par arrêté du ministre en charge des installations classées.

Les sous-paragraphes suivants précisent certains éléments visant à faciliter votre appréciation des points précédents.

2.1.1 Pré-requis et limites de la méthode d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques accidentels définie dans le présent paragraphe

Cette appréciation se situe lors de l'instruction de l'étude de dangers par l'inspection des installations classées. Elle débouche sur une proposition permettant au préfet de statuer sur les mesures mises en œuvre par l'exploitant pour maîtriser les risques accidentels.

Cette appréciation peut être différente du jugement que l'exploitant porte sur son niveau de risque en termes d'acceptabilité selon ses standards. Elle ne préjuge pas le nécessaire maintien dans le temps de la maîtrise du risque par l'exploitant.

La mise en œuvre des présentes instructions n'est envisageable que si l'étude de dangers découle d'une analyse de risques conduite dans les règles de l'art et si l'évaluation des probabilités d'accident se fonde notamment sur les connaissances scientifiques, le retour d'expérience disponible et tient compte des mesures de maîtrise du risque.

Il convient de vérifier que, pour chaque phénomène dangereux identifié dans l'étude de dangers, cette dernière définit l'accident majeur correspondant, compte tenu des conditions d'exposition des personnes, et le positionne sur la « grille de présentation des accidents potentiels en termes de couple probabilité - gravité des conséquences sur les personnes » figurant [en annexe V de l'arrêté du 10 mai 2000](#) modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. Cette règle est néanmoins différente pour les installations de stockage souterrain de gaz pour lesquelles la grille -et les règles adaptées des sous-paragraphes 2.1.3 et 2.1.4 ci-dessous- font l'objet d'une application spécifique décrite supra.

Cette appréciation ne saurait suffire à juger de l'acceptabilité du dossier de demande d'autorisation. En effet, l'exploitant doit également maîtriser les pollutions, nuisances, ainsi que les éventuelles conséquences des accidents potentiels sur les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement autres que les personnes physiques.

2.1.2 Généralités

Pour tous les phénomènes dangereux potentiels pouvant conduire à un accident majeur, indépendamment de leur probabilité, il convient de vérifier que l'exploitant met en place une démarche de contrôles appropriés, proportionnés aux risques, pour s'assurer, tout au long de la vie des installations, que le risque réel ne s'écarte pas de l'évaluation figurant dans l'étude de dangers, conformément au dernier alinéa de [l'article 4 de l'arrêté du 10 mai 2000](#) modifié.

2.1.3 Critères d'appréciation de la justification par l'exploitant de la maîtrise du risque accidentel correspondant à des dommages potentiels aux personnes à l'extérieur de l'établissement

A - Le sous-paragraphe 2.1.4 constitue une grille d'appréciation, par le préfet, de la démarche de maîtrise des risques d'accidents majeurs par l'exploitant de

l'établissement. Elle se subdivise en 25 cases, correspondant à des couples «probabilité» / «gravité des conséquences» identiques à ceux du modèle figurant à [l'annexe V de l'arrêté du 10 mai 2000](#) modifié que l'exploitant de l'établissement doit utiliser comme modèle pour positionner chacun des accidents potentiels dans son étude de dangers. Elle s'utilise donc par superposition avec le tableau figurant dans l'étude de dangers.

Cette grille délimite trois zones de risque accidentel :

- une zone de risque élevé, figurée par le mot « NON »,
- une zone de risque intermédiaire, figurée par le sigle « MMR » (mesures de maîtrise des risques), dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation,
- une zone de risque moindre, qui ne comporte ni « NON » ni « MMR ».

La gradation des cases « NON » ou « MMR » en « rangs », correspond à un risque croissant, depuis le rang 1 jusqu'au rang 4 pour les cases « NON » et depuis le rang 1 jusqu'au rang 2 pour les cases « MMR ». Cette gradation correspond à la priorité que l'on peut accorder à la réduction des risques, en s'attachant d'abord à réduire les risques les plus importants (rangs les plus élevés).

B - En fonction de la combinaison de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences potentielles des accidents correspondant aux phénomènes dangereux identifiés dans l'étude de dangers, des actions différentes doivent être envisagées, graduées selon le risque. Trois situations se présentent :

Situation n° 1 : un ou plusieurs accidents ont un couple (probabilité - gravité) correspondant à une case comportant le mot « NON » dans le tableau du sous-paragraphe 2.1.4

Il en découle les conclusions suivantes :

→ pour une nouvelle autorisation, le risque est présumé trop important pour pouvoir autoriser l'installation en l'état, il convient de demander à l'exploitant de modifier son projet de façon à réduire le risque à un niveau plus faible, l'objectif restant de sortir des cases comportant ce mot « NON »,

→ pour une installation existante, dûment autorisée, il convient de demander à l'exploitant des propositions de mise en place, dans un délai défini par arrêté préfectoral, de mesures de réduction complémentaires du risque à la source qui permettent de sortir de la zone comportant le mot « NON » du sous-paragraphe 2.1.4, assorties de mesures conservatoires prises à titre transitoire. Si malgré les mesures complémentaires précitées, il reste au moins un accident dans une case comportant le mot « NON », le risque peut justifier, à l'appréciation du préfet, une fermeture de l'installation par décret en Conseil d'Etat, sauf si des mesures supplémentaires, prises dans un cadre réglementaire spécifique tel qu'un plan de prévention des risques technologiques, permettent de ramener, dans un délai défini, l'ensemble des accidents hors de la zone comportant le mot « NON » [du](#) sous-paragraphe 2.1.4.

Situation n° 2 : un ou plusieurs accidents ont un couple (probabilité - gravité) correspondant à une case « MMR » dans le tableau du sous-paragraphe 2.1.4, et aucun accident n'est situé dans une case « NON »

Il convient de vérifier que l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus, soit en termes de sécurité globale de l'installation, soit en termes de sécurité pour les intérêts visés à [l'article L. 511-1 du code de l'environnement](#) [en référence à l'article R. 512-9 du code de l'environnement].

NB : En outre, si le nombre total cumulé d'accidents situés dans l'ensemble des cases «MMR rang 2» pour l'ensemble de l'établissement est supérieur à 5, il faut considérer le risque global comme équivalent à un accident situé dans une case « NON rang 1 » (situation n° 1) sauf si pour les accidents excédant ce nombre de 5, le niveau de probabilité de chaque accident est conservé dans sa même classe de probabilité lorsque, pour chacun des scénarios menant à cet accident, la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s'opposant à ce scénario est portée à 1. Ce critère est équivalent à considérer le niveau de confiance ramené à zéro pour la dite mesure de maîtrise des risques (parfois aussi appelée « barrière »).

En pratique, ce critère n'est possible que pour les accidents de classe de probabilité E.

Pour les ateliers et installations existant déjà le 29 septembre 2005 dans les établissements, on ne comptabilisera à ce titre que les accidents classés « MMR rang 2 » du fait du nombre de personnes exposées à des effets létaux, à l'exclusion des accidents classés « MMR rang 2 » en raison d'effets irréversibles.

Situation n° 3 : aucun accident n'est situé dans une case comportant le mot « NON » ou le sigle « MMR ».

Le risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

C - En outre, pour les établissements AS faisant l'objet d'une demande d'autorisation pour une extension ou une modification qui conduirait à augmenter globalement les risques en dehors des limites de l'établissement, cet accroissement des risques doit, dans la mesure du possible ne pas exposer à des effets potentiellement létaux des personnes, situées à l'extérieur de l'établissement, qui ne l'étaient pas auparavant. A défaut, l'exploitant doit disposer des mesures techniques de maîtrise des risques permettant de conserver le niveau de probabilité de chaque accident dans sa même classe de probabilité lorsque, pour chacun des scénarios menant à cet accident, la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s'opposant à ce scénario est portée à 1 (ce qui est équivalent à ramener le niveau de confiance à zéro).

D – Les règles énoncées ci-dessus ne sont pas valables pour les installations relevant du régime de la pyrotechnie (le volume des activités relevant [des rubriques 1310 à 1313](#) de la nomenclature des installations classées justifie à lui seul le classement sous le régime d'autorisation avec servitudes) qui font l'objet de règles spécifiques que vous pourrez trouver au sous-paragraphe « 2.2.6 Secteur de la pyrotechnie » ci-dessous. Pour mémoire, elles ne sont pas non plus valables pour les installations de stockage de gaz souterrain.

2.1.4 Grille d'analyse de la justification par l'exploitant des mesures de maîtrise du risque en termes de couple probabilité – gravité des conséquences sur les personnes physiques correspondant à des intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement

GRAVITÉ des conséquences	PROBABILITÉ (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
	Désastreux	NON partiel (établissements nouveaux : note 2) / MMR rang 2 (établissements existants : note 3)	NON Rang 1	NON Rang 2	NON Rang 3
Catastrophique	MMR Rang 1	MMR Rang 2 (note 3)	NON Rang 1	NON Rang 2	NON Rang 3
Important	MMR Rang 1	MMR Rang 1	MMR Rang 2 (note 3)	NON Rang 1	NON Rang 2
Sérieux			MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON Rang 1
Modéré					MMR Rang 1

Note 1 : probabilité et gravité des conséquences sont évaluées conformément à l'arrêté ministériel 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 classées soumises à autorisation.

Note 2 : l'exploitant doit disposer des mesures techniques de maîtrise des risques de façon à ce que le niveau de probabilité de l'accident soit maintenu dans cette même classe de probabilité lorsque, pour chacun des scénarios y menant, la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s'opposant à ce scénario est portée à 1.

Note 3 : s'il s'agit d'une demande d'autorisation « AS » pour extension ou modification d'un établissement existant, il faut également vérifier le critère cité au C du sous-paragraphe 2.1.3. ci-dessus.

2.2 Règles spécifiques

2.2.1 Événements initiateurs spécifiques

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.1 Événements initiateurs spécifiques » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour l'utilisation de cette grille, de certains événements initiateurs spécifiques.

2.2.2 Effets de projection

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.2 Traitement spécifique des effets de projection » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour l'utilisation de cette grille et des grilles prévues au sous-paragraphe « 2.2.6 Secteur de la pyrotechnie », de ces effets de projection.

2.2.3 Traitement spécifique de certains accidents concernant les citernes transportant des substances toxiques non inflammables ainsi que l'ammoniac

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.3. Traitement spécifique de certains phénomènes dangereux concernant les citernes transportant des substances toxiques non inflammables » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour l'utilisation de cette grille, de certains événements initiateurs de ces accidents.

2.2.4 Traitement spécifique de la ruine métallurgique des tuyauteries d'usine transportant des gaz et liquides toxiques

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.4 Traitement spécifique de la ruine métallurgique des tuyauteries d'usine transportant des gaz et liquides toxiques » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, pour l'utilisation de cette grille, de certains événements initiateurs de ces accidents.

2.2.5 Traitement spécifique des fuites massives de GNL de longue durée

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.5. Fuites de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour l'utilisation de cette grille, des fuites massives de GNL de longue durée.

2.2.6 Secteur de la pyrotechnie

Est à considérer dans le cadre de ce sous-paragraphe comme nouvel établissement toute création entièrement nouvelle d'un établissement pyrotechnique ainsi que toute création ou modification notable d'installation donnant lieu à une nouvelle demande d'autorisation au sein d'un établissement pyrotechnique existant.

A – Règles spécifiques pour l'étude de dangers

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.7 Secteur de la Pyrotechnie » de cette première partie de circulaire prévoit des règles spécifiques pour l'évaluation des phénomènes dangereux / accidents et donc pour l'utilisation des grilles ci-dessous, notamment s'agissant du stationnement à titre exceptionnel d'un véhicule de transport.

B - Cas de l'autorisation d'un nouvel établissement soumis à autorisation

Je vous demande de subordonner l'implantation d'une installation pyrotechnique soumise à autorisation au respect des critères ci-après :

- respect de l'article 17 de l'arrêté du 20 avril 2007
- respect du nombre maximal de personnes exposées pour chacune des cases de la grille suivante, pour chaque accident qui y sera caractérisé par sa probabilité et par le nombre de personnes exposées dans chaque zone d'effet.

→ S'agissant de l'article 17 de l'arrêté du 20 avril 2007, par « lieux de grands rassemblements ponctuels de personnes », il doit être entendu stades, lieux de cultes, marchés etc. et par « lieux de séjour de personnes vulnérables » les équipements du type écoles, hôpitaux. Les agglomérations peuvent être considérées comme denses à partir de 100 personnes à l'hectare.

Par ailleurs, j'insiste sur l'interdiction des grands rassemblements ponctuels de personnes en plein air dans les zones pyrotechniques.

Je souhaite également préciser le premier tiret des conditions de l'article 17. En cas de modification nécessitant le dépôt d'une nouvelle demande d'autorisation, l'article 17 est entièrement applicable et les zones Z1 et Z2 doivent être situées à l'intérieur du site. En revanche, en cas de modification d'une installation ayant pour objectif une meilleure maîtrise du risque d'accident majeur dans l'installation et qui se caractérise par la réduction des zones d'effet à l'extérieur du site, le dépôt d'une nouvelle autorisation n'est pas nécessaire. Un arrêté préfectoral pris dans les formes prévues à l'article R. 512-33 du code de l'environnement suffit. Ainsi, les zones Z1 et Z2 ne doivent pas nécessairement être situées dans l'enceinte de l'établissement au titre de l'article 17 de l'arrêté du 20 avril 2007. L'arrêté préfectoral pourra en revanche également encadrer si nécessaire la période de travaux pendant laquelle l'installation sera en fonctionnement transitoire.

→ S'agissant de la grille dont les critères doivent être respectés, elle est la suivante :

Zones d'effet	Probabilité d'accident pyrotechnique					
	P0 / E	P1 / D	P2 / C	P3 / B	P4 / A	P5
Z1 et Z2	0 personne	0 personne	0 personne	0 personne	0 personne	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z3	< 100 personnes	< 20 personnes	< 10 personnes	≤ 1 personne	0 personne	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z4	< 1 000 personnes	< 100 personnes	< 100 personnes	< 10 personnes	≤ 1 personne	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z5	Pas de restriction	≤ 2 000 personnes	≤ 500 personnes	≤ 200 personnes	≤ 100 personnes	Pas de zone d'effet hors de l'établissement

C - Cas d'un établissement existant soumis à autorisation

La poursuite de l'exploitation de l'installation est subordonnée au respect du nombre maximal de personnes exposées pour chacune des cases de la grille suivante, pour chaque accident qui y sera caractérisé par sa probabilité et par le nombre de personnes exposées dans chaque zone d'effet.

Zones d'effet	Probabilité d'accident pyrotechnique					
	P0 / E	P1 / D	P2 / C	P3 / B	P4 / A	P5
Z1 et Z2	<10 personnes	<3 personnes	≤1 personne	0	0	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z3	< 100 personnes	< 20 personnes	< 10 personnes	≤ 1 personne	0	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z4	< 1 000 personnes	< 100 personnes	< 100 personnes	< 10 personnes	≤ 1 personne	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z5	Pas de restriction	≤ 2 000 personnes	≤ 500 personnes	≤ 200 personnes	≤ 100 personnes	Pas de zone d'effet hors de l'établissement

D - Cas d'un établissement soumis à autorisation avec servitudes

D.1 Première exigence

Pour l'implantation d'un établissement AS nouveau ou la poursuite d'exploitation d'un établissement AS existant, les dispositions des points B et C ci-dessus sont également applicables.

D.2 Deuxième exigence

De plus, je vous rappelle qu'au titre de [l'arrêté ministériel du 10 mai 2000](#) modifié, les établissements pyrotechniques AS doivent fournir à l'inspection des installations classées la grille de présentation des accidents potentiels en terme de couple probabilité - gravité des conséquences sur les personnes visée à l'annexe V de cet arrêté.

Pour mémoire, cette grille délimite trois zones de risque accidentel :

- une zone de risque élevé, figurée par le mot « NON »,
- une zone de risque intermédiaire, figurée par le sigle « MMR » (mesures de maîtrise des risques), dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte-tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation,
- une zone de risque moindre, qui ne comporte ni « NON » ni « MMR ».

Vous trouverez ci-après les critères d'appréciation de la démarche de maîtrise du risque à la source à considérer dans les installations pyrotechniques qui sont soumises à autorisation avec servitudes et dont le volume des activités relevant [des rubriques 1310](#) à [1313](#) de la nomenclature des installations classées justifie à lui seul le classement sous le régime d'autorisation avec servitudes.

Pour les autres installations soumises à autorisation avec servitudes, ce sont les critères génériques du sous-paragraphe 2.1 ci-dessus que je vous demande d'appliquer.

Ainsi, je vous demande de veiller au respect des critères de la grille d'appréciation des risques générés par l'ensemble de l'établissement ci-après :

GRAVITÉ des conséquences	PROBABILITÉ (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux	NON	NON	NON	NON	NON
Catastrophique	MMR (Nota 2)	NON (Nota 1)	NON	NON	NON
Important	MMR (Nota 2)	MMR (Nota 2)	MMR (Nota 2)	NON	NON
Sérieux			MMR (Nota 2)	MMR (Nota 2)	NON
Modéré					MMR (Nota 3)

Nota 1 : cas MMR si le nombre de personnes exposées en Z1 / Z2 est compris dans l'intervalle]1,3[ou si le nombre de personnes exposées en Z3 est compris dans l'intervalle [10,20[

Nota 2 : cas NON en cas de présence de personnes exposées à l'intérieur de la Z1/Z2 pour les installations nouvelles

Nota 3 : cas NON en cas d'accident de classe de probabilité P5

En fonction de la combinaison de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences potentielles des accidents correspondant aux phénomènes dangereux identifiés dans l'étude de dangers, des actions différentes doivent être envisagées, graduées selon le risque. Trois situations se présentent :

Situation 1 : Un ou plusieurs accidents ont un couple (probabilité - gravité) correspondant à une case comportant le mot " NON " dans la grille ci-dessus

Il en découle les conclusions suivantes :

- pour une nouvelle autorisation, le risque est présumé trop important pour pouvoir autoriser l'installation en l'état, il convient de demander à l'exploitant de modifier son projet de façon à réduire le risque à un niveau plus faible; l'objectif restant de sortir des cases comportant ce mot « NON »,
- pour une installation existante, dûment autorisée, il convient de demander à l'exploitant des propositions de mise en place, dans un délai défini par arrêté préfectoral, de mesures de réduction complémentaires du risque à la source qui permettent de sortir de la zone comportant le mot « NON » de la grille ci-dessus, assorties de mesures conservatoires prises à titre transitoires. Si malgré les mesures complémentaires précitées, il reste au moins un accident dans une case comportant le mot « NON », le risque peut justifier, à l'appréciation du préfet, une fermeture de l'installation par décret en Conseil d'Etat, sauf si des mesures supplémentaires, prises dans un cadre réglementaire spécifique tel qu'un plan de prévention des risques

technologiques, permettent de ramener, dans un délai défini, l'ensemble des accidents hors de la zone comportant le mot « NON » de la grille ci-dessus.

Situation 2 : Un ou plusieurs accidents ont un couple (probabilité, gravité) correspondant à une case « MMR » dans le tableau ci-dessus, et aucun accident n'est situé dans une case « NON »

Il convient de vérifier que l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en oeuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus, soit en termes de sécurité globale de l'installation, soit en termes de sécurité pour les intérêts visés à [l'article L. 511-1 du code de l'environnement](#).

Situation 3 : Aucun accident n'est situé dans une case comportant le mot « NON » ou le sigle « MMR »

Le risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

D.3 Troisième exigence

En outre, pour les établissements AS faisant l'objet d'une demande d'autorisation qui conduirait à augmenter globalement les risques en dehors des limites de l'établissement, cet accroissement des risques doit, dans la mesure du possible, vérifier le critère suivant : « le projet n'expose pas à des effets potentiellement létaux des personnes, situées à l'extérieur de l'établissement, qui ne l'étaient pas auparavant. A défaut, l'exploitant doit mettre en oeuvre des mesures techniques complémentaires permettant de conserver le niveau de probabilité de chaque accident dans sa même classe de probabilité lorsque, pour chacun des scénarios menant à cet accident, la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s'opposant à ce scénario est portée à 1».

E - Maintien dans le temps des dispositions des points B, C et D

Après la délivrance de l'autorisation, je vous demande de vous assurer que l'ensemble des dispositions des points précédents sont maintenues dans le temps, notamment via la prise en compte des risques dans les documents d'urbanisme opposables aux tiers (porter à connaissance, projet d'intérêt général, etc.) et au contrôle de la légalité de la délivrance des permis de construire.

2.2.7 Dépôts de Liquides Inflammables

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.8 Dépôts de Liquides Inflammables (DLI) » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, pour l'étude de dangers et donc pour l'utilisation de cette grille, de certains accidents.

2.2.8 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL)

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.9 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL) » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, pour l'étude de dangers et donc pour l'utilisation de cette grille, de certains accidents.

2.2.9 Stockages souterrains de gaz

A - Je vous demande de bien vouloir faire porter aux exploitants les différents accidents identifiés dans les études de dangers (à l'exception de ceux mentionnés au sous-paragraphe « 1.2.10 Stockages souterrains » ci-dessus qui n'y trouvent pas leur place) dans la grille d'appréciation ci-dessous.

GRAVITE des conséquences	PROBABILITÉ (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux	NON partiel (sites nouveaux) / MMR rang 2 (sites existants)	NON	NON	NON	NON
Catastrophique	MMR rang 1	MMR rang 2	NON	NON	NON
Important	MMR rang 1	MMR rang 1	MMR rang 2	NON	NON
Sérieux			MMR rang 1	MMR rang 2	NON
Modéré					MMR rang 1

Pour laquelle la probabilité et gravité des conséquences sont évaluées conformément à 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 classées soumises à autorisation.

Cette grille délimite trois zones de risque accidentel :

- o une zone de risque élevé, figurée par le mot « NON »,
- o une zone de risque intermédiaire, figurée par le sigle « MMR » (mesures de maîtrise des risques), dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation,

- o une zone de risque moindre, qui ne comporte ni « NON » ni « MMR ».

La gradation des cases « MMR » en « rangs », correspond à un risque croissant, depuis le rang 1 jusqu'au rang 2. Cette gradation correspond à la priorité que l'on peut accorder à la réduction des risques, en s'attachant d'abord à réduire les risques les plus importants (rangs les plus élevés).

B - En fonction de la combinaison de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences potentielles des accidents correspondant aux phénomènes dangereux identifiés dans l'étude de dangers, des actions différentes doivent être envisagées, graduées selon le risque. Trois situations se présentent :

Situation n° 1 : un ou plusieurs accidents ont un couple (probabilité - gravité) correspondant à une case comportant le mot « NON »

Il en découle les conclusions suivantes :

- Pour une nouvelle autorisation, le risque est présumé trop important pour pouvoir autoriser l'installation en l'état, il convient de demander à l'exploitant de modifier son projet de façon à réduire le risque à un niveau plus faible ; l'objectif restant de sortir des cases comportant ce mot « NON »,

- Pour une installation existante, dûment autorisée, il convient de demander à l'exploitant des propositions de mise en place, dans un délai défini par arrêté préfectoral, de mesures de réduction complémentaires du risque à la source qui permettent de sortir de la zone comportant le mot « NON », assorties de mesures conservatoires prises à titre transitoire. Si malgré les mesures complémentaires précitées, il reste au moins un accident dans une case comportant le mot « NON », le risque peut justifier, à l'appréciation du préfet, une fermeture des équipements concernés sauf si le plan de prévention des risques technologiques, permet de ramener, dans un délai défini, l'ensemble des accidents hors de la zone comportant le mot «NON».

Situation n° 2 : un ou plusieurs accidents ont un couple (probabilité - gravité) correspondant à une case « MMR » et aucun accident n'est situé dans une case « NON »

Il convient de vérifier que l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus

En outre, si le nombre total d'accidents situés dans des cases « MMR rang 2 » est supérieur à 5, il faut considérer le risque global comme équivalent à un accident situé dans une case « NON » (situation n° 1).

Pour les établissements existants, on ne comptabilisera à ce titre que les accidents classés « MMR rang 2 » du fait du nombre de personnes exposées à des effets létaux, à l'exclusion des accidents classés « MMR rang 2 » en raison d'effets irréversibles.

Situation n° 3 : aucun accident n'est situé dans une case comportant le mot « NON » ou le sigle « MMR »

Le risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident.

C - En outre, pour les sites existants faisant l'objet d'une demande d'extension ou de modification qui conduirait à augmenter globalement les risques, cet accroissement des risques doit, dans la mesure du possible, vérifier le critère suivant : « le projet n'expose pas à des effets potentiellement létaux des personnes, situées à l'extérieur de l'établissement, qui ne l'étaient pas auparavant ».

3. Plan de prévention des risques technologiques

3.1 Règles générales

La loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages a créé l'article L. 515-15 du code de l'environnement qui prévoit la mise en place de Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) autour des établissements AS.

Ce paragraphe vise à rappeler quelques règles méthodologiques pour l'élaboration de ces PPRT, extraites du guide mis à disposition des services instructeurs (j'attire néanmoins votre attention sur les décisions spécifiques à prendre dans les différentes zones d'aléas autour des stockages souterrains de gaz qui ne sont pas explicitées dans ce guide mais qui sont explicitées au sous-paragraphe « 3.2.13 Stockages souterrains de gaz » ci-dessous).

3.1.1 Définition du périmètre d'étude

Pour définir le périmètre d'étude, il convient de sélectionner les phénomènes dangereux pertinents pour le PPRT.

Seuls les phénomènes dangereux dont la probabilité est rendue suffisamment faible peuvent être exclus du champ PPRT, en application de la règle suivante. Les phénomènes dangereux dont la classe de probabilité est E, au sens de l'arrêté 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 classées soumises à autorisation, sont exclus du PPRT à la condition que :

- cette classe de probabilité repose sur une mesure de maîtrise des risques passive vis à vis de chaque scénario identifié ;
- ou que cette classe de probabilité repose sur au moins deux mesures techniques de maîtrise des risques pour chaque scénario identifié et que la classe de probabilité de chacun des scénarios menant à ce phénomène dangereux reste en E même lorsque la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s'opposant à ce scénario est portée à 1.

Dans le cas où ces deux conditions s'avèreraient inadaptées, le préfet peut proposer d'autres critères d'exclusion de phénomènes dangereux du champ du PPRT après avis de la Direction Générale de la Prévention des Risques.

Le périmètre d'étude du PPRT est défini par la courbe enveloppe des effets des phénomènes dangereux retenus en application de la règle définie ci-dessus.

Cas particuliers :

Lorsque le PPRT concerne plusieurs établissements, tous les phénomènes dangereux de l'ensemble des établissements concernés doivent être considérés.

Les effets dominos induits sur les établissements AS par d'autres installations, infrastructures et plus généralement par tout facteur externe sont à prendre en compte en tant qu'événement initiateur de phénomènes dangereux. En revanche les effets directs des phénomènes dangereux ayant lieu sur ces autres installations ne sont pas pris en compte pour établir le périmètre d'étude, sauf si ces effets sont induits en domino par un phénomène dangereux issu des établissements AS.

3.1.2 Elaboration des données nécessaires à la cartographie des aléas

L'étude des aléas se fait pour chacun des trois effets : toxique, thermique et de surpression.

On distingue l'étude des phénomènes dangereux à cinétique rapide des phénomènes dangereux à cinétique lente.

A - Caractérisation des aléas des phénomènes dangereux à cinétique rapide

Les phénomènes dangereux sélectionnés pour le PPRT, et dont la cinétique est rapide, sont agrégés par type d'effets (thermiques, toxiques, surpression et le cas échéant projection) en intensité et en probabilité afin de caractériser les aléas correspondants.

La démarche à suivre est la suivante :

→ Chaque phénomène dangereux à cinétique rapide est caractérisé par sa probabilité d'occurrence et les intensités maximales de ses effets en un point donné.

En pratique, l'arrêté 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 classées soumises à autorisation définit une échelle de probabilité à 5 niveaux et des niveaux d'intensité des effets sur l'homme (3 pour les effets toxiques et thermiques, 4 pour les effets de surpression).

→ En chaque point du périmètre d'étude, et par type d'effet (toxique, thermique ou de surpression), une démarche en 5 étapes permet de caractériser le niveau d'aléa :

- Identifier le niveau d'intensité maximal impactant le point considéré,
- Lister les phénomènes dangereux atteignant le niveau d'intensité maximal en ce point,
- Réaliser le cumul des probabilités des phénomènes dangereux ainsi sélectionnés en combinant les lettres qualifiant la probabilité de chacun des phénomènes dangereux qui impactent la zone selon les règles énoncées ci-dessous :
 - $A > B > C > D > E$;
 - un phénomène dangereux dont le niveau de probabilité est D est équivalent à 10 phénomènes dangereux de niveau de probabilité E ;
 - le cumul des probabilités d'occurrence de 4 phénomènes dangereux côtés E s'écrit 4E;

- le cumul des probabilités d'occurrence d'un phénomène dangereux côté E et d'un phénomène dangereux coté C s'écrit C+E. »

- Positionner le cumul des probabilités obtenu dans l'une des trois catégories suivantes :

Les trois catégories du cumul des probabilités d'occurrence		
cumul > D	$D \geq \text{cumul} \geq 5E$	$5E > \text{cumul}$

- Donner le niveau d'aléa résultant de la combinaison « niveau maximal d'intensité - cumul des probabilités » en l'application du tableau ci-dessous :

Niveau maximal d'intensité de l'effet toxique, thermique ou de surpression sur les personnes en un point donné	Très Grave			Grave			Significatif			Indirect
	Cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux en un point donné	>D	5E à D	<5E	>D	5E à D	<5E	>D	5E à D	<5E
Niveau d'aléa	TF+	TF	F+	F	M+	M	Fai			

Signification des abréviations - TF+ : très fort « plus », TF : très fort, F+ : fort « plus », F : fort, M+ : moyen « plus », M : moyen, Fai : Faible.

Les effets de projection font l'objet d'un traitement particulier (cf. sous paragraphe « 3.2.5 Effets de projection » ci-dessous).

B - Prise en compte des phénomènes dangereux à cinétique lente

Les phénomènes dangereux à cinétique lente sélectionnés pour le PPRT sont à traiter séparément par effet.

L'analyse ne se fait pas en termes d'aléas mais à l'aide des enveloppes des effets irréversibles de l'ensemble des phénomènes dangereux à cinétique lente sélectionnés pour le PPRT.

3.1.3 Cartographie des aléas

Une cartographie doit être produite pour chacun des effets (toxique, thermique et de surpression) .

Par convention, et en application du 3.1.2 de ce paragraphe, il est choisi d'appeler « cartes des aléas du PPRT » les cartographies représentant les phénomènes dangereux à cinétique rapide caractérisés par des niveaux d'aléas et les phénomènes dangereux à cinétique lente caractérisés par la courbe enveloppe des effets significatifs.

3.2 Règles spécifiques

Les présentes orientations sont également applicables au titre de la mise en œuvre de ma circulaire du 4 mai 2007 vous indiquant les règles à prendre en compte pour le porter-à-connaissance.

Néanmoins, vous veillerez à ce que, dans le cadre des PPRT déjà prescrits (ou pour lesquels les services instructeurs vous ont déjà proposé le rapport de prescription) ne répondant pas aux critères ci-dessous, les évaluations des distances d'effets ne soient pas revues avec ces modèles.

3.2.1. Evénements initiateurs spécifiques

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.1 Evénements initiateurs spécifiques » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre des études de dangers et en conséquence pour les PPRT, de certains événements initiateurs spécifiques.

3.2.2 Chutes d'aéronefs

Comme indiqué au sous-paragraphe « 1.2.1 Evénements initiateurs spécifiques » l'arrêté du 10 mai 2000 modifié exclut la prise en compte en tant qu'événement initiateur de la chute d'aéronef sur le site lorsque le site se trouve à plus de 2000 mètres de tout point de la piste de décollage ou d'atterrissage.

A contrario, il convient donc de prendre en compte l'événement initiateur « chute d'aéronef » dans l'étude de dangers pour les installations d'un établissement SEVESO se trouvant à moins de 2000 mètres d'un aéroport ou aérodrome, et ce quel que soit le type d'aéronefs survolant la zone considérée et la fréquence des mouvements aériens en présence.

Néanmoins, les études menées par mes services m'ont permis de vous inviter à considérer comme opportun de ne pas prendre en compte l'événement initiateur « chute d'aéronef de plus de 5,7 tonnes » lors de l'élaboration du PPRT lorsque le nombre de mouvements aériens de ces aéronefs est inférieur à 1250 mouvements par an.

3.2.3 Rejets toxiques de longue durée

Comme indiqué au sous-paragraphe «1.1.11 Règles méthodologiques pour la caractérisation des rejets toxiques accidentels», des phénomènes dangereux pouvant présenter des distances d'effets toxiques très importantes pourront être décrits dans les études de dangers.

Néanmoins, s'agissant des longues fuites alimentées, c'est-à-dire au titre de la présente instruction les fuites d'une durée supérieure à trente minutes, je vous invite à accepter leur exclusion dans l'élaboration du PPRT, même si les règles usuelles d'exclusion décrites ci-dessus ne sont pas validées (présence d'une mesure de maîtrise des risques passive ou existence de deux mesures de maîtrise des risques techniques et conditions sur la probabilité des phénomènes dangereux) sous les conditions suivantes :

- Premièrement, l'exploitant (ou le pétitionnaire) doit avoir démontré que la probabilité du phénomène dangereux est très faible, à savoir une classe de probabilité E au titre de la législation sur les installations classées.
- Deuxièmement, l'exploitant doit avoir mis en place a minima une mesure technique de maîtrise des risques pour faire cesser la fuite longue (par exemple chaîne de détection – traitement – fermeture de vanne) en agissant directement sur l'installation source de la fuite ou de l'émission.
- Troisièmement, l'exploitant doit présenter une stratégie (décrite dans le Plan d'Opération Interne et/ou le Système de Gestion de la Sécurité lorsqu'ils existent) permettant l'arrêt de la fuite ou de l'émission en cas de défaillance de la mesure précédemment citée. Il doit démontrer l'efficacité de la stratégie proposée (existence des moyens techniques correctement dimensionnés, personnel suffisamment formé et équipé de façon à pouvoir se rendre sur le lieu de ces actions, garantie de la fin d'émission si l'action à mener est correctement conduite) et la possibilité de la mettre en œuvre dans un délai inférieur à trente minutes, quel que soit le moment de survenance de l'incident. L'exploitant doit en particulier s'attacher à démontrer avec soin, si cette stratégie implique une intervention humaine, que les capacités d'intervention des équipes ne seront pas altérées par l'existence de la fuite ou par la période de survenance (nuit par exemple).
- Quatrièmement, que la classe de probabilité de chacun des scénarios menant à ce phénomène dangereux reste en E même lorsque la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s'opposant à ce scénario est portée à 1.

3.2.4 Traitement spécifique des fuites de GNL

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.5. Fuites de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre des études de dangers et en conséquence pour les PPRT, des fuites massives de GNL de longue durée mais invite à considérer de façon normale les fuites d'une durée inférieure ou égale à 30 minutes.

Par ailleurs, je vous propose d'accepter des propositions d'exploitants visant à ne pas retenir (sous réserve de l'absence d'effet domino externe et d'une probabilité E) dans les mesures de maîtrise de l'urbanisation le phénomène d'UVCE lié à l'expansion du nuage ou de jet enflammé issu de la rupture guillotine des tuyauteries de GNL d'un diamètre strictement supérieur à DN 150 dans le cas où les six conditions ci-dessous sont réunies pour toutes les tuyauteries quels que soient leur diamètre et leur pression de service :

- le trajet des tuyauteries et des conduites souterraines et aériennes, quels que soient la pression maximale de service et le diamètre, est repris sur un plan à jour disponible dans l'établissement afin de faciliter l'entretien, le contrôle et la réparation en toute sécurité. Ce plan fait mention des pressions de service, des diamètres et du fluide en transit ainsi que de tous les équipements de sécurité et accessoires,
- les tuyauteries non utilisées sont retirées ou à défaut, neutralisées par un solide physique inerte,
- un contrôle périodique est mis en place. Il a pour objet de vérifier que l'état des tuyauteries leur permet d'être maintenues en service avec un niveau de sécurité compatible avec les conditions d'exploitation prévisibles. Les tuyauteries font l'objet d'inspections dont la nature et la

- périodicité sont précisées dans un programme de contrôle établi par l'exploitant et qui concerne l'ensemble des tuyauteries quels que soient la pression maximale de service et le diamètre,
- l'établissement fait l'objet d'une étude spécifique justifiant le choix de l'emplacement et des caractéristiques des détecteurs de gaz et des détecteurs de flamme,
 - les tuyauteries et leurs supports sont conçus pour résister à un séisme de référence tel que défini par la réglementation en vigueur,
 - les tuyauteries d'un diamètre strictement supérieur à DN 150 et leurs supports sont physiquement protégés contre un choc avec un véhicule habituellement présent dans l'établissement et se déplaçant à la vitesse autorisée.

Le phénomène alors à considérer sera une fuite d'une taille équivalente à 33% du diamètre.

3.2.5 Effets de projection

Le sous-paragraphe « 1.2.2 Traitement spécifique des effets de projection » de cette première partie de circulaire prévoit des modalités spécifiques de prise en compte de ces effets dans les études de dangers, restreignant en particulier la description avec précision de ces effets pour les installations pyrotechniques.

Conformément aux orientations décrites ci-dessus, la délimitation du périmètre d'exposition au risque se basera donc essentiellement sur les effets thermiques, les effets de surpression et les effets toxiques. Les effets de projections ne seront usuellement pas pris en compte dans la détermination de l'aléa.

En revanche, il sera nécessaire de prendre en compte, dans le cas particulier de la pyrotechnie, les effets de projections dans le cadre des PPRT. Ainsi, je vous invite à les traiter conformément au guide méthodologique PPRT dont une version est disponible sur le site Internet du ministère.

Pour votre information, il ne sera ainsi pas réalisé, pour la représentation cartographique de ces phénomènes, de carte d'aléa par cumul de probabilité, mais seulement des courbes enveloppes. Par ailleurs, ces effets de projection n'occasionneront pas de mesure foncière (expropriation, délaissement). Seul l'urbanisme futur fera l'objet de réglementations.

3.2.6 Traitement spécifique de certains phénomènes dangereux concernant les citernes transportant des substances toxiques non inflammables ainsi que l'ammoniac

Pour mémoire, le paragraphe « 1.2.3. Traitement spécifique de certains phénomènes dangereux concernant les citernes transportant des substances toxiques non inflammables » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour les PPRT, de certains événements initiateurs de ces phénomènes dangereux.

3.2.7 Traitement spécifique de la ruine métallurgique des tuyauteries d'usine transportant des gaz et liquides toxiques

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.4 Traitement spécifique de la ruine métallurgique des tuyauteries d'usine transportant des gaz et liquides toxiques » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour les PPRT, de certains événements initiateurs de ces phénomènes dangereux.

3.2.8 Traitement spécifique des tuyauteries transportant du gaz sidérurgique

J'ai été saisi en novembre 2007 du cas spécifique de tuyauteries contenant des gaz toxiques (gaz sidérurgiques) et ne relevant pas du Décret n° 99-1046 du 13 décembre 1999 relatif aux équipements sous pression au titre du I de son article 2.

Le préfet m'a fait part d'éléments techniques fournis par l'exploitant montrant que pour ces tuyauteries :

- seul un choc d'une énergie équivalente à la chute d'un objet d'une masse de 43 tonnes, d'une hauteur de 2 mètres, pourrait entraîner la rupture totale d'une tuyauterie d'un diamètre d'au moins 1 500 mm,
- la pression en service à l'intérieur de la tuyauterie est très faible (<100mbar),
- tous les points de passage de véhicules sous ces tuyauteries sont équipés de gabarits,
- leur conception est établie selon des critères garantissant leur solidité en service et notamment en cas de séisme d'une intensité au moins égale au séisme de référence fixé par la réglementation mais aussi en cas de vents extrêmes,
- la destruction d'une palée entre deux palées restant en place ne leur occasionne pas de dommages,
- en cas de possibilité d'atteinte par du métal en fusion, une protection est mise en place.

Sur la base de ces éléments et en application de la possibilité de saisine de la DGPR par les préfets prévue au sous-paragraphe 3.1.1 ci-dessus, le préfet avait souhaité l'accord du ministère pour exclure du PPRT la rupture totale des tuyauteries de plus de 1 500 mm pour le cas considéré et de ne considérer pour la maîtrise de l'urbanisation que le phénomène dangereux lié à une brèche égale au diamètre de la plus grosse conduite d'une taille immédiatement inférieure à 1500 mm sur le site, en l'occurrence 1 070 mm.

Une telle approche est recevable sous réserve du respect des mesures décrites dans les alinéas ci-dessus et des conditions suivantes :

- l'exploitant doit démontrer dans son étude de dangers qu'un choc d'une intensité supérieure à celui décrit dans ce courrier est physiquement

impossible, hors les événements initiateurs particuliers prévus par l'arrêté ministériel du 10 mai 2000,

- l'étude de dangers permet de connaître les agressions auxquelles peuvent être soumises les tuyauteries et pouvant conduire à des effets dominos notamment lorsque des conduites de gaz naturel cheminent à proximité,
- l'exploitant a mis en place un système de détection de fuite afin d'anticiper une évolution métallurgique défavorable ou susceptible d'amener une fuite massive
- un contrôle périodique est mis en place. Il a pour objet de vérifier que l'état des tuyauteries leur permet d'être maintenues en service avec un niveau de sécurité compatible avec les conditions d'exploitation prévisibles.

3.2.9 Traitement spécifique des incendies dans les stockages de produits agropharmaceutiques

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.6 Stockages de produits agropharmaceutiques » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour les PPRT, de certains événements initiateurs de ces phénomènes dangereux.

En particulier, je vous demande de continuer à exercer, comme les circulaires antérieures y incitaient, une maîtrise de l'urbanisation future stricte dans un rayon de 100 mètres autour des stockages (y compris ceux soumis à seule autorisation) : cette zone de contrôle se concrétisera dans le porter-à-connaissance lorsque vous serez appelés à procéder à son élaboration.

En ce qui concerne les établissements soumis au régime de l'autorisation avec servitudes (établissements Seveso seuil haut), dans le cadre du PPRT, la classe de probabilité affectée à l'incendie de cellule est en général supérieure ou égale à « D », la combinaison avec ces effets irréversibles des incendies vous conduira à retenir un aléa de niveau M, a minima, pour les effets toxiques pour l'élaboration du PPRT. Lors de la phase de stratégie du PPRT, si la cartographie des aléas ne présentait pas un niveau d'aléa plus élevé, lié à d'autres phénomènes dangereux, et en application du principe de la non-aggravation du risque existant, je vous demande de proposer aux personnes et organismes associés le maintien d'une interdiction des constructions futures dans ce rayon des 100 mètres.

3.2.10 Secteur de la pyrotechnie

A – Règles liées aux spécificités des études de dangers

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.7 Secteur de la Pyrotechnie » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour les PPRT, de certains phénomènes dangereux, notamment pour les véhicules de transport stationnés à titre exceptionnel sur le site.

B – Règles à maintenir après une autorisation

Par ailleurs, je vous rappelle le sous-paragraphe « 2.2.6 Secteur de la pyrotechnie » précédent qui vous demande au point E de vous assurer que l'ensemble des dispositions des points B, C et D de ce même sous-paragraphe sont maintenues dans le temps, notamment via la prise en compte des risques dans les documents d'urbanisme opposables aux tiers (porter à connaissance, projet d'intérêt général etc.) et au contrôle de la légalité de la délivrance des permis de construire.

C – Exclusion spécifique

J'avais été saisi en 2008, en application de la possibilité de saisine de la DGPR par les préfets prévue au sous-paragraphe 3.1.1 ci-dessus, sur la possibilité d'écarter de la maîtrise de l'urbanisation le phénomène dangereux « explosion d'un conteneur maritime chargé d'artifices de divertissement de division de risque 1.3 ou 1.4 » sous réserve de mesures de maîtrise des risques présentes sur le site.

L'accidentologie récente (Enschede aux Pays-Bas et Kolding au Danemark) ainsi que les avancées des connaissances ont fait apparaître que, dans certaines conditions, des produits classés 1.3 ou 1.4 pour le transport, pouvaient détoner.

En fonction de la réactivité des produits et du niveau de confinement, ce phénomène dangereux doit donc être pris en compte dans l'étude de dangers, ainsi que dans la démarche décrite dans le paragraphe 2 de cette première partie de circulaire et dans le PPRT pour les stockages (dans des bâtiments et en conteneurs aménagés).

Concernant la situation du conteneur de livraison arrivant sur le site pour y être déchargé immédiatement et en moins de trois heures, il paraît ainsi possible d'écarter du PPRT le phénomène de détonation du conteneur sous réserve de la démonstration par l'exploitant que ce phénomène a bien une classe de probabilité de E et que les mesures de maîtrise des risques suivantes soient mises en oeuvre :

- vérification par l'exploitant de la conformité du véhicule de transport à la réglementation relative au transport de marchandises dangereuses (ADR),
- vérification par l'exploitant de la conformité du chargement, avant le déchargement, afin de s'assurer que les produits livrés sont conformes à la commande,
- limitation du délai d'entreposage : déchargement en moins de 3 heures,
- présence humaine permanente à proximité du véhicule suite à son immobilisation et pendant une durée suffisante pour que l'exploitant puisse s'assurer qu'il n'existe plus de risque incendie (notamment de freins et de pneus),
- mise en place de mesures visant à limiter le risque d'incendie : entretien de l'aire de déchargement et de ses abords, interdiction d'utilisation de feux nus dans l'enceinte pyrotechnique, arrêt des manipulations en cas d'orage,
- mise en place de moyens adaptés aux situation d'urgence, notamment la présence de moyens d'extinction à proximité,

- respect des distances d'isolement pyrotechniques permettant d'empêcher la propagation d'un incendie d'un dépôt vers le conteneur et plus généralement de prévenir l'ensemble des effets dominos,
- en cas de nécessité, notamment au regard de la cinétique des phénomènes dangereux redoutés, l'exploitant est en mesure de déplacer le véhicule dans des délais appropriés.

Cette exclusion ne peut toutefois être menée que sous la réserve également que l'exploitant apporte la justification que le comportement du produit est tel qu'en l'absence de confinement, la détonation est impossible.

Le système mis en place pour assurer la conformité des artifices au modèle agréé doit être fiable et efficace.

Par ailleurs, en cohérence avec les règles spécifiques au secteur pyrotechnique énoncées au paragraphe 1 de cette première partie de circulaire, le nombre de conteneurs à décharger ne doit pas dépasser 10 par an.

L'exploitant doit enfin mettre en place dans le cadre de son SGS et en application de l'article 4 de l'arrêté ministériel du 10 mai 2000 modifié les moyens lui permettant de s'assurer du respect des critères énoncés précédemment. Ces éléments sont développés dans des procédures spécifiques régulièrement mises à jour et tenues à la disposition de l'inspection des installations classées. Les enregistrements justifiant l'application de ces procédures sont également tenus à la disposition de l'inspection des installations classées.

3.2.11 Dépôts de Liquides Inflammables

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.8 Dépôts de Liquides Inflammables (DLI) » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour les PPRT, de certains phénomènes dangereux.

3.2.12 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL)

Pour mémoire, le sous-paragraphe « 1.2.9 Dépôts de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL) » de cette première partie de circulaire prévoit un traitement particulier, dans le cadre de l'étude de dangers et en conséquence pour les PPRT, de certains phénomènes dangereux.

Par ailleurs, il est possible de ne pas retenir (sous réserve de l'absence d'effet domino externe et d'une probabilité E) dans les mesures de maîtrise de l'urbanisation le phénomène d'UVCE lié à l'expansion du nuage ou de jet enflammé issu de la rupture guillotiné des tuyauteries de propane ou de butane d'un diamètre strictement supérieur à DN 150 dans le cas où les six conditions ci-dessous sont réunies pour toutes les tuyauteries quels que soient leur diamètre et leur pression de service :

- le trajet des tuyauteries et des conduites souterraines et aériennes, quels que soient la pression maximale de service et le diamètre, est repris sur un plan à jour disponible dans l'établissement afin de faciliter l'entretien, le contrôle et la réparation en toute sécurité. Ce plan fait mention des pressions de service, des diamètres et du fluide en transit ainsi que de tous les équipements de sécurité et accessoires,

- les tuyauteries non utilisées sont retirées ou à défaut, neutralisées par un solide physique inerte,
- un contrôle périodique est mis en place. Il a pour objet de vérifier que l'état des tuyauteries leur permet d'être maintenues en service avec un niveau de sécurité compatible avec les conditions d'exploitation prévisibles. Les tuyauteries font l'objet d'inspections dont la nature et la périodicité sont précisées dans un programme de contrôle établi par l'exploitant et qui concerne l'ensemble des tuyauteries quels que soient la pression maximale de service et le diamètre,
- l'établissement fait l'objet d'une étude spécifique justifiant le choix de l'emplacement et des caractéristiques des détecteurs de gaz et des détecteurs de flamme,
- les tuyauteries et leurs supports sont conçus pour résister à un séisme de référence tel que défini par la réglementation en vigueur,
- les tuyauteries d'un diamètre strictement supérieur à DN 150 et leurs supports sont physiquement protégés contre un choc avec un véhicule habituellement présent dans l'établissement et se déplaçant à la vitesse autorisée.

Le phénomène alors à considérer pour les tuyauteries d'un diamètre strictement supérieur à DN 150 sera une fuite d'une taille équivalente à 33% du diamètre.

La prise en compte de la rupture guillotine pour les autres diamètres reste la règle.

3.2.13 Stockages souterrains de gaz

S'agissant des décisions à prendre dans les différentes zones d'aléas, pour les phénomènes dangereux ayant pour origine les installations en surface des stockages (à l'exception de ceux mentionnés au sous-paragraphe « 1.2.10 Stockages souterrains » ci-dessus qui ne seront pas repris dans le PPRT), vous utiliserez le guide mentionné au sous-paragraphe 3.1 ci-dessus.

Pour les phénomènes dangereux ayant pour origine le réservoir ou les installations souterraines et qui n'ont pu être écartés en application des règles et instructions du sous-paragraphe « 1.2.10 Stockages souterrains », vous opterez pour les décisions suivantes :

- s'agissant de l'urbanisation future, vous l'interdirez rigoureusement à l'exception éventuelle, pour les aléas d'effondrement à cinétique lente, des extensions de sites industriels existants lorsque les conditions afférentes du sous-paragraphe « 1.2.10 Stockages souterrains » des présentes instructions sont respectées,
- s'agissant des mesures foncières, vous procéderez aux expropriations systématiques des biens situés dans les zones d'aléas, sauf pour les aléas d'effondrement à cinétique lente lorsque les conditions afférentes du sous-paragraphe « 1.2.10 Stockages souterrains » des présentes instructions sont respectées.

PARTIE 2: Guide d'élaboration des études de dangers pour les établissements soumis au régime de l'autorisation avec servitudes

Cette partie reprend, au fil du texte, les obligations réglementaires générales relatives aux études de dangers des installations soumises à autorisation avec servitudes d'utilité publique, dans le code de l'environnement et l'arrêté ministériel du 10 mai 2000 modifié, mais ne tient pas compte des éventuelles réglementations sectorielles applicables.

A - Objet d'une étude de dangers

Les extraits, ci-dessous, de certaines exigences légales et réglementaires donnent l'esprit dans lequel les études de dangers doivent être réalisées.

Article L. 512-1 du code de l'environnement (CE) :

« [L'étude de dangers] précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés au L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation.

En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents selon une méthodologie qu'elle explicite.

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. »

Pour les installations soumises à autorisation avec servitudes, cette analyse de risques est indispensable (cf. AM 10 mai 2000 modifié)

Elle a donc pour objet de rendre compte de l'examen effectué par l'exploitant pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques d'une installation ou d'un groupe d'installations situé dans un environnement industriel, naturel et humain défini, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre dans l'installation, à la gestion de l'établissement ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Article R. 512-9 du CE:

« Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte-tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. »

AM 10/05/2000 modifié :

« Elle expose les objectifs de sécurité poursuivis par l'exploitant, la démarche et les moyens pour y parvenir. Elle décrit les mesures d'ordre technique et les mesures d'organisation et de gestion pertinentes propres à réduire la probabilité et les effets des phénomènes et à agir sur leur cinétique.

Elle justifie les éventuels écarts par rapport aux référentiels professionnels de bonnes pratiques reconnus, lorsque ces derniers existent ou à défaut, par rapport aux installations récentes de nature comparable.

Elle justifie que l'exploitant met en œuvre toutes les mesures de maîtrise du risque internes à l'établissement, dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus soit en termes de sécurité globale de l'installation, soit en termes de

sécurité pour les intérêts visés à l'article L.511-1 ou de coût de mesures évitées pour la collectivité. »

Article R. 512-9 du CE :

« Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte-tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1 »

Le choix de la méthode d'analyse utilisée est libre, mais celle-ci doit être adaptée à la nature et la complexité des installations et de leurs risques. Le soin apporté à leur analyse et à la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention doit être d'autant plus important que les conséquences des accidents possibles sont graves pour les personnes exposées ou l'environnement.

Articulation avec l'analyse de risques

Fondée sur les principes d'amélioration continue du niveau de sécurité des installations, instruite par l'inspection des installations classées, l'étude de dangers est basée sur l'analyse des risques. Ses versions successives proposent ou prennent en compte les évolutions des installations et de leur mode d'exploitation, ainsi que les évolutions de l'environnement et des connaissances techniques et scientifiques, le cas échéant, notamment à l'occasion des réexamens imposés par la réglementation.

AM 10/05/2000 modifié :

« L'analyse de risques, au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, constitue une démarche d'identification et de réduction des risques réalisée sous la responsabilité de l'exploitant. Elle décrit les scénarios qui conduisent aux phénomènes dangereux et accidents potentiels. Aucun scénario ne doit être ignoré ou exclu sans justification préalable explicite.

Cette démarche d'analyse de risques vise principalement à qualifier ou quantifier le niveau de maîtrise des risques, en évaluant les mesures de sécurité mises en place par l'exploitant, ainsi que l'importance des dispositifs et dispositions d'exploitation, techniques, humains ou organisationnels, qui concourent à cette maîtrise.

Elle porte sur l'ensemble des modes de fonctionnement envisageables pour les installations, y compris les phases transitoires, les interventions ou modifications prévisibles susceptibles d'affecter la sécurité, les marches dégradées prévisibles, de manière d'autant plus approfondie que les risques ou les dangers sont importants. Elle conduit l'exploitant des installations à identifier et hiérarchiser les points critiques en termes de sécurité, en référence aux bonnes pratiques ainsi qu'au retour d'expérience de toute nature.

L'étude de dangers contient les principaux éléments de l'analyse de risques, sans la reproduire. »

L'analyse de risques peut être réalisée conjointement dans un objectif de sécurité des installations vis-à-vis du risque d'accident majeur (au sens de l'arrêté du 10 mai 2000 modifié) et du risque pour les travailleurs, les résultats étant ensuite repris respectivement dans l'étude de dangers et dans les documents requis par le code du travail.

AM 10/05/2000 modifié :

« les études de dangers sont établies en cohérence avec d'une part, la politique de prévention des accidents majeurs mentionnée à l'article 4 et d'autre part, le système de gestion de la sécurité prévu à l'article 7 ».

Article R. 512-9 du CE :

« Dans le cas des installations [AS], l'étude de dangers est réexaminée et, si nécessaire, mise à jour au moins tous les cinq ans, sans préjudice de l'application des dispositions de l'article R. 512-31. L'étude de dangers mise à jour est transmise au préfet ».

AM 10/05/2000 modifié :

« L'étude de dangers mentionne le nom des rédacteurs et/ou des organismes compétents ayant participé à son élaboration.

Pour les nouvelles demandes d'autorisation, l'étude de dangers est réalisée dans un document unique à l'établissement éventuellement complété par des documents se rapportant aux différentes installations concernées. »

Le fait que certains processus réglementaires dépendent de l'étude de dangers rend nécessaire que son contenu permette de :

- Autoriser et réglementer la ou les installations dont elle est l'objet après examen du caractère suffisant ou non du niveau de maîtrise des risques (en référence à la matrice MMR du paragraphe 2 de la première partie de cette circulaire),
- Procéder à l'information préventive sur les risques des tiers et des exploitants des installations classées voisines (pour la prise en compte d'éventuels effets dominos), ainsi qu'à la consultation du CHSCT,
- Favoriser l'émergence d'une culture partagée du risque au voisinage des établissements dans le cadre de la mise en place de Comités Locaux d'Information et de Concertation (CLIC) et des commissions de suivi de site (CSS),
- Servir de base à l'élaboration des servitudes d'utilité publiques, des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) et à la définition de règles d'urbanisation,
- Estimer les dommages matériels potentiels aux tiers,
- Elaborer les plans d'urgence: les plans d'opérations interne (POI), les plans particuliers d'intervention (PPI) :

Article R. 512-9 du code de l'environnement:

« [L'étude de dangers] précise notamment, compte tenu des moyens de secours publics portés à sa connaissance, la nature et l'organisation des moyens de secours privés dont le demandeur [l'exploitant] dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations [AS], le demandeur doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention. »

B - Contenu d'une étude de dangers

Sans rappeler ici ni le détail des obligations réglementaires, ni les méthodes ou guides d'élaboration disponibles, toute étude de dangers doit s'appuyer sur une description suffisante des installations, de leur voisinage et de leur zone d'implantation. Elle doit présenter les mesures techniques et organisationnelles de maîtrise des risques et expliciter un certain nombre de points clés fondés sur une démarche d'analyse des risques :

- description et caractérisation de l'environnement (et plans associés),
- description des installations et de leur fonctionnement,

- présentation du système de gestion de la sécurité (SGS) et lien avec l'EDD,
- identification et caractérisation des potentiels de danger,
- réduction des potentiels de dangers,
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs),
- évaluation des risques,
- caractérisation et classement des différents phénomènes et des accidents potentiels en termes d'intensité des effets des phénomènes, de gravité des conséquences des accidents, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte des performances des mesures de prévention et de protection,
- évolutions et mesures d'amélioration proposées par l'exploitant,
- représentation cartographique,
- résumé non technique de l'étude de dangers.

Tous les points énumérés ci-dessus doivent être traités dans une étude de dangers, ceci n'en constitue pas pour autant un « plan type ».

Les principaux points sont développés ci-dessous.

1- Description et caractérisation de l'environnement

Le périmètre couvert par l'étude de dangers doit être précisé (établissement complet ou unité(s)).

L'environnement du site doit être décrit, tant en tant que source potentielle d'agression (aléas naturels, installations voisines, voies de circulation...) que comme «cible» des effets engendrés par le site (occupation des sols, milieu naturel, installations voisines...). Ces descriptions doivent être accompagnées de cartes à une échelle adaptée.

La description des populations doit être menée de façon à permettre de déterminer la gravité des accidents (voir « 1.1.1 Fiche 1 : Eléments pour la détermination de la gravité dans les études de dangers »).

Les aléas naturels de référence réglementaires (séisme, inondation...) doivent bien évidemment être décrits (en intensité, en fréquence et cinétique le cas échéant) pour être pris en compte comme source d'agression dans l'analyse de risques (voir sous-paragraphe « 1.2.1 Evénements initiateurs spécifiques »).

2- Description des installations et de leur fonctionnement

Cette description doit être accompagnée de tous documents cartographiques utiles à une échelle adaptée : cartes de localisation du site, des installations, plans de masse des installations (unités, stockages, postes et canalisations de transfert, aire d'attente des moyens mobiles de transport...), schéma des réseaux (incendie, eaux usées, utilités...) voire plans relatifs à certaines dispositions (murs coupe-feu, réseaux de capteurs, rideaux d'eau..).

Les équipements sensibles internes au site seront mentionnés et positionnés sur les cartes (autres unités à risques avec effets dominos, salle de contrôle, équipements de lutte contre l'incendie tels que caserne, pomperie...).

3- Identification et caractérisation des potentiels de danger

Les potentiels de danger des installations seront identifiés et caractérisés comme décrit au point C ci-dessous, sans omettre ceux liés aux modes d'approvisionnement et d'acheminement des matières susceptibles d'être la cause d'accident (wagons, camions, tuyauteries....), une source ou une cible d'effets domino. La localisation de ces potentiels sur une carte du site est recommandée (lieux de stockage et de mise en œuvre de matières dangereuses, ...).

Tous les équipements susceptibles en cas de défaillance de conduire à des effets de nature à porter atteinte aux intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement seront décrits.

4- Réduction des potentiels de danger

L'étude de dangers contient un examen **technico-économique** visant à :

1. supprimer ou substituer aux procédés et aux produits dangereux, à l'origine de ces dangers potentiels, des procédés ou produits présentant des dangers moindres (propriétés des produits, conditions de procédés moins dangereuses, simplification du système...) ;

2. réduire le potentiel présent sur le site sans augmenter les risques par ailleurs (notamment modification des modes de stockages, d'approvisionnement du site ou des ateliers sans augmentation de la fréquence d'un risque lié au transport de matières dangereuses (TMD) ...). Une justification de la quantité de matière susceptible d'être présente sur site par rapport aux besoins du process peut s'avérer nécessaire, sera conduite et les principales conclusions seront fournies, en particulier en référence aux référentiels de bonnes pratiques (du secteur d'activité) s'ils existent.

L'exploitant motivera les choix techniques et économiques conduisant à envisager ou à poursuivre la mise en œuvre de substances dangereuses et de procédés présentant des dangers, notamment par comparaison aux meilleures techniques disponibles.

5- Enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs)

Les événements pertinents relatifs à la sécurité de fonctionnement survenus sur le site et sur d'autres sites mettant en œuvre des installations, des substances et des procédés comparables seront recensés. L'étude de dangers précisera les mesures d'amélioration possibles (techniques et organisationnelles) que l'analyse de ces incidents, accidents ou accidents évités de justesse a conduit à mettre en œuvre ou à envisager, ainsi que les enseignements tirés du retour d'expérience positif sur les éléments/dispositifs qui ont « fait leurs preuves ».

Des éléments de statistique sur l'occurrence des phénomènes dangereux par type d'installation comparable pour les installations nombreuses peuvent être utiles pour les comparer à l'évaluation analytique de la probabilité sur le site. Ces éléments comporteront utilement la description des phénomènes.

Une attention particulière sera apportée à la justification de la représentativité de ces éléments.

6- Evaluation des risques

La méthodologie retenue dans l'étude de dangers pour analyser les accidents potentiels doit être explicitée dans celle-ci.

Lorsque le site est couvert par plusieurs études de dangers, l'exploitant doit s'assurer et s'engager sur l'exhaustivité du recensement des dangers présentés par les installations et leur analyse ainsi que sur la cohérence des ses études de dangers. En mentionnant la liste des études qui couvrent le site, il fait mention des effets dominos internes renvoyant le cas échéant et en tant que de besoin sur les diverses études.

L'analyse de risques, nécessaire pour les établissements classés Seveso, a fortiori AS, sera conduite sous la responsabilité de l'exploitant, par un groupe de travail multidisciplinaire regroupant par exemple du personnel procédés, de la production, de la maintenance, du service sécurité ou assimilé, selon une méthode globale, adaptée aux installations et à leur contexte, proportionnée aux enjeux, itérative. Elle doit permettre d'identifier toutes les causes¹⁷ susceptibles d'être, directement ou par effet domino, à l'origine d'un accident majeur tel que défini par l'arrêté ministériel du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs et les scénarios correspondants (combinaisons pouvant y mener).

L'étude de dangers doit justifier que les conjonctions d'événements simples ont bien été prises en compte dans l'identification des causes d'accidents majeurs. La méthode de cotation (classification) des risques retenue, la grille de criticité choisie le cas échéant et utilisée pour la réalisation de l'analyse des risques ainsi que les règles de changement de classe (décote) de la probabilité d'occurrence ou/et de la gravité des conséquences d'évènements redoutés en fonction des mesures de maîtrise des risques mises en place seront décrites et justifiées.

Les phénomènes de très grande ampleur, même de probabilité très faible (qui seront utilisés pour l'élaboration des plans de secours externes, PPI) doivent être pris en compte. Il est rappelé que pour ces phénomènes, il n'est pas tenu compte des mesures de maîtrise des risques. En revanche, il est tenu compte des limites physiques réalistes référencées par le retour d'expérience et dans les méthodes de calcul en usage (fraction de la quantité de nitrate d'ammonium impliquée dans une explosion ou de GPL impliquée dans un BLEVE ou de liquide inflammable dans un Boil-Over par exemple).

¹⁷ AM 10/05/2000 : Certains événements externes pouvant provoquer des accidents majeurs peuvent ne pas être pris en compte dans l'étude de dangers et notamment, en l'absence de règles ou instructions spécifiques, les événements suivants :

- Chute de météorite
- Séismes d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation, applicable aux installations classées considérées (les séismes d'amplitude inférieure restent des causes possibles, à examiner dans l'analyse de risques, et les installations doivent être dimensionnées en conséquence)
- Crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur
- Événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur
- Chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome
- Rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R. 214-112 du code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 de ce même code
- Actes de malveillance

6.1- Analyse préliminaire

En se basant sur les potentiels de dangers identifiés à l'étape 3 et en confrontant aux données issues de l'accidentologie, l'exploitant réalise une première cotation des phénomènes identifiés (en probabilité, intensité des effets, cinétique de développement et le cas échéant gravité des conséquences des accidents correspondants).

Ce classement donne lieu à une identification de phénomènes nécessitant une analyse plus détaillée de tous les scénarios pouvant y conduire. Ceux s'accompagnant d'effets de grande ampleur, quelle que soit leur probabilité, font l'objet d'une analyse de réduction complémentaire des risques à la source, fondée sur l'état de l'art, et ce, même s'ils n'ont pas été recensés dans l'accidentologie.

6.2- Etude détaillée de réduction des risques

A partir des scénarios menant aux phénomènes et accidents nécessitant une analyse plus détaillée tels qu'identifiés dans l'étape précédente, une démarche itérative de réduction des risques à la source¹⁸ sera menée jusqu'à atteindre un niveau de risque résiduel qui sera comparé aux critères cités au paragraphe « 2. Appréciation de la démarche de réduction du risque à la source » de la première partie de cette circulaire.

Si cette démarche faisait apparaître de nouveaux scénarios qui n'auraient pas été identifiés dans la phase préalable, ceux-ci seraient alors réintroduits dans le processus d'analyse des risques.

NB : Le fait de tenir compte des mesures de maîtrise des risques ne signifie pas que leur fonctionnement est systématique. Il convient de tenir compte également de leur possibilité de défaillance, avec la probabilité associée, et du phénomène (moins bien maîtrisé) qui peut en découler (et de l'accident correspondant)¹⁹.

Les éléments de maîtrise des risques doivent être recensés et décrits dans l'étude de dangers, à savoir :

- les mesures de prévention adoptées à la conception et lors des modifications pour en réduire la probabilité d'occurrence ; les écarts justifiés par rapports aux bonnes pratiques (standards, règles professionnelles,...),
- les mesures de limitation des effets, de protection et d'intervention dont l'exploitant s'est assuré la maîtrise pour en limiter la gravité des conséquences sur les populations et sur l'environnement ou pour en ralentir la cinétique,
- les dispositions de surveillance et de conduite appliquées pour l'exploitation afin d'anticiper les événements,

¹⁸ Mesures de prévention/limitation/protection/intervention susceptibles d'être mises en œuvre par l'exploitant à l'intérieur de son établissement pour réduire la probabilité ou les effets d'un phénomène.

¹⁹ Par exemple, défaillance de l'ensemble détection+traitement de l'information+ fermeture automatique d'une vanne, menant à une dispersion de produit plus importante que si cette mesure avait fonctionné. Dans ce cas, deux phénomènes sont à examiner : la dispersion maîtrisée, avec la probabilité associée à la fuite, et la dispersion non maîtrisée, avec une probabilité plus faible, tenant compte de la probabilité de défaillance du système de détection-fermeture.

- l'organisation et l'application du SGS et la simplicité des procédures et du fonctionnement.

Les performances des mesures de maîtrise des risques seront examinées avec un soin particulier, sans omettre l'analyse des modes communs de défaillance pour l'ensemble des phases d'exploitation des installations. Une justification proportionnée (en référence à l'article 4 de l'arrêté 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 classées soumises à autorisation) est fournie. Pour chaque phénomène (et chaque scénario susceptible d'y mener), l'équilibre entre les moyens de prévention, de limitation des effets et d'intervention retenus sera vérifié.

Cette démarche vise à supprimer les causes des événements redoutés ou en réduire la probabilité d'occurrence ou en réduire les effets par le choix de moyens prenant en considération les pratiques et techniques disponibles ainsi que leur économie.

Ces deux étapes, préliminaire et détaillée, sont très liées et ne sont pas nécessairement réalisées en deux temps. Elles font usuellement appel à des méthodes d'analyses différentes. Cette étude détaillée de réduction des risques aboutit à une seconde cotation des phénomènes identifiés comme critiques avec les mesures de maîtrise des risques retenues.

7- Caractérisation et classement des différents phénomènes et accidents, tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection

Cette caractérisation des phénomènes et accidents doit être conduite en référence à l'arrêté 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 classées soumises à autorisation.

La réduction des risques jusqu'à « *atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation (art. R. 512-9 du code de l'environnement)* » doit rester l'objectif à atteindre.

En tenant compte des mesures de maîtrise des risques dont les performances sont compatibles avec les scénarios conduisant aux phénomènes, mais aussi des cas de défaillance possibles et de la cinétique des événements envisagés sur l'ensemble des phénomènes dangereux résultant de l'analyse détaillée et représentatifs de la typologie des phénomènes possibles, l'étude de dangers :

- évalue les effets (types d'effets, distances) et conséquences (populations et autres intérêts visés au L. 511-1 du code de l'environnement affectés) et les probabilités d'occurrence des différents phénomènes et accidents correspondants, ainsi que leur cinétique,
- présente un classement des accidents correspondants (positionnement dans la grille Gravité-Probabilité définie dans l'arrêté du 10 mai 2000 modifié)²⁰.

²⁰ Dans l'étude de dangers, l'exploitant explicite le cas échéant la relation entre la grille figurant en annexe V de l'arrêté du 10 mai 2000 modifié ou dans la présente circulaire (pyrotechnie et stockages souterrains de gaz) et celles, éventuellement différentes, utilisées dans son analyse de risques.

Tous les phénomènes susceptibles d'engendrer des effets à l'extérieur de l'établissement doivent être cotés et les accidents correspondants placés dans la grille.

AM 10/05/2000 modifié :

« L'étude de dangers doit contenir, dans un paragraphe spécifique, le positionnement des accidents potentiels susceptibles d'affecter les personnes à l'extérieur de l'établissement selon la grille (2) de l'arrêté ministériel ».

L'ensemble des phénomènes et leurs caractéristiques (probabilité, intensité et cinétique) seront présentés dans une liste, sous la forme d'un tableau respectant le formalisme décrit au point D. Ce tableau servira à l'établissement de la carte d'aléa, par l'inspection, en vue du PPRT. Il sera utile, pour les phénomènes susceptibles d'être écartés du PPRT, de mentionner les mesures de maîtrise des risques permettant d'appliquer les critères du paragraphe « 3. Plan de prévention des risques technologiques – Règles générales » de la première partie de cette circulaire.

8- Représentation cartographique

L'étude doit fournir une cartographie des zones d'effets avec un jeu de cartes par type d'effet (thermique, toxique, surpression, et éventuellement projections). Chaque jeu comporte une carte par niveau de probabilité, représentant les zones délimitées par les seuils d'effets sur l'homme déterminés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 pour les installations couvertes par l'étude de dangers (*maximum 5*3 (voire 4, avec les projections) cartes de 3 à 4 courbes*).

Pour les établissements couverts par plusieurs étude de dangers, il est recommandé de produire également une carte globale pour l'établissement (et non uniquement par unité).

Afin de percevoir les possibles combinaisons d'effets, il est conseillé d'utiliser la même échelle pour les différents types d'effets. Dans la mesure du possible, il est conseillé d'éviter d'utiliser les mêmes couleurs que pour les cartes d'aléa.

On placera sur cette représentation les points à l'origine desquels sont tracées les distances d'effets.

9- Résumé non technique de l'étude de dangers

(Code de l'environnement) « L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs. »

Ce résumé fait apparaître, outre une description sommaire de l'activité de l'établissement, la situation actuelle résultant de l'analyse des risques et son évolution éventuelle (dans le cas d'installations existantes), sous une forme didactique. Le résumé comporte également une présentation du plan d'améliorations avec les délais.

Ce résumé est joint au dossier de demande d'autorisation ou à l'étude de dangers dans le cas d'une révision quinquennale.

Il comporte une cartographie relative aux effets des phénomènes dangereux telle que décrite au paragraphe 8.

Il présente également un classement des accidents dont les conséquences sur les personnes dépassent les limites de l'établissement en fonction de l'estimation de leur probabilité d'occurrence, de la gravité de leurs conséquences, tenant compte de leur cinétique de développement, selon la grille annexée à l'arrêté du 10 mai 2000 modifié. Il distingue les accidents dont la probabilité est extrêmement faible ou dont la cinétique est suffisamment lente pour permettre la mise en œuvre de mesures de secours suffisantes pour la mise en sécurité des personnes.

Ces éléments seront fournis aux autorités respectivement en charge de l'élaboration des documents d'urbanisme, des plans de secours et de l'information du public. Ce résumé a vocation à être communiqué à des personnes non spécialistes, à être présenté au CLIC et à permettre une concertation en amont de l'élaboration du PPRT.

C - Identification et caractérisation des potentiels de danger

Lorsque cela sera pertinent dans le contexte de l'étude de dangers, l'exploitant fournira pour leur identification et leur caractérisation :

- les quantités et caractéristiques pertinentes des produits, des sous-produits et des déchets susceptibles d'être présents, notamment les seuils et la situation par rapport à la nomenclature des installations classées (pour les révisions d'études de dangers, comparaison par rapport aux rubriques autorisées de l'établissement), les principales données (point éclair, tension de vapeur, seuils SELS, SEL et SEI, etc...) concernant ces produits, les sous-produits et les déchets, leur localisation et leurs modalités de fabrication/stockage/ utilisation,
- les fiches de données de sécurité des substances, produits, préparations... susceptibles d'être présents ou des tableaux de synthèse,
- une analyse de ces fiches sous forme de tableaux synthétiques faisant apparaître les phrases de risques R et S découlant des articles R. 4411-1 à R. 4411-6 du Code du Travail ou, lorsqu'elles seront applicables, les mentions de dangers H du système SGH prévues par le règlement européen du 16 décembre 2008,
- les caractéristiques pertinentes et l'ordre de grandeur des quantités d'éventuels produits de décomposition ou de combustion ainsi que des substances et matières susceptibles d'être générées par une dérive réactionnelle ainsi qu'une caractérisation des dangers correspondants,
- un tableau faisant apparaître les incompatibilités entre les produits d'une part (y compris utilités), et entre les produits et les matériaux d'autre part,
- une description des dangers liés à la mise en œuvre de réactions chimiques et aux procédés opérés (exothermicité...) ainsi que les réactions secondaires susceptibles d'en découler,
- pour les équipements dont la dangerosité n'est pas liée aux produits mais principalement aux conditions de fonctionnement tels qu'équipements à haute pression ou haute température, les caractéristiques de ces équipements (température, pression de service et de calcul, vitesse de rotation pour les machines tournantes...).

Pour faciliter la perception des potentiels de dangers, susceptibles de provoquer des effets directs ou indirects sur les intérêts à protéger, l'exploitant les représentera sur un plan d'ensemble du site de l'usine et de son environnement sous une forme

D- Présentation des phénomènes dangereux ayant des effets externes à l'établissement en vue de la cartographie de l'aléa

Afin que l'inspection des installations classées puisse procéder à la cartographie de l'aléa, il est demandé aux exploitants de présenter la liste des phénomènes dangereux dont les effets sortent de l'établissement (que ceux-ci atteignent des intérêts vulnérables ou non) susceptibles de survenir dans l'établissement sous la forme d'un tableau suivant les règles décrites ci-dessous, sans changer l'ordre des colonnes (exemple page suivante) :

Colonne A : n° du phénomène dangereux (arbitraire)

Colonne B : « commentaire », description sommaire du phénomène (fuite isolée en 5 minutes sur cana 2'', fuite au dépotage, feux de cuvette, BLEVE, Boil Over...) et de son lieu d'occurrence (bac x, réacteur y)

Colonne C : cotation de la probabilité du phénomène (selon l'échelle de A à E de l'arrêté du 29/09/2005)

Colonne D : type d'effet (thermique, toxique, surpression), un phénomène ayant deux types d'effets (ex BLEVE : Effets thermiques et de surpression) apparaîtra donc deux fois dans le tableau : une ligne par type d'effet

Colonne E : distance correspondant au seuil des effets létaux significatifs par rapport au lieu d'occurrence du phénomène (= « danger très grave pour la vie humaine » tel que décrit à l'article L. 515-16 du CE)

Colonne F : distance correspondant au seuil des effets létaux par rapport au lieu d'occurrence du phénomène (= « danger grave pour la vie humaine » tel que décrit à l'article L. 515-16 du CE)

Colonne G : distance correspondant au seuil des effets irréversibles par rapport au lieu d'occurrence du phénomène (= « danger significatif pour la vie humaine » tel que décrit à l'article L. 515-16 du CE)

Colonne H : distance (en mètres) au seuil de 20 mbar pour les phénomènes engendrant des effets de pression. Si le phénomène ne provoque pas de surpression, indiquer une distance nulle

Colonne I : caractérisation de la cinétique, de manière binaire (rapide ou lente), sachant que s'il n'est pas possible de mettre à l'abri les personnes, la cinétique est considérée comme rapide.

Exemple de tableau de présentation des phénomènes (ici pour un site fictif, comportant deux établissements AS : SOO et PAK) :

N° du PhD	Commentaire	Proba Indice	Type d'effet	Effet Très Grave	Effet Grave	Effet Significatif	Bris de Vitres	Cinetique
1	SOO-Incendie du Bac 1	E	thermique	40	55	80	0	Rapide
2	SOO-BOIL-OVER du Bac 1	E	thermique	200	350	430	0	Lente
3	SOO-Eclatement du Bac 1	E	surpression	25	60	180	360	Rapide
4	SOO-Incendie du Bac 2	E	thermique	40	55	80	0	Rapide
5	SOO-BOIL-OVER du Bac 2	E	thermique	200	350	430	0	Lente
6	SOO-Eclatement du Bac 2	E	surpression	25	60	180	360	Rapide
7	SOO-Incendie du Bac 3	D	thermique	40	55	80	0	Rapide
8	SOO-BOIL-OVER du Bac 3	E	thermique	200	350	430	0	Lente
9	SOO-Eclatement du Bac 3	E	surpression	25	60	180	360	Rapide
10	SOO-Incendie du Bac 4	D	thermique	40	55	80	0	Rapide
11	SOO-BOIL-OVER du Bac 4	E	thermique	200	350	430	0	Lente
12	SOO-Eclatement du Bac 4	D	surpression	25	60	180	360	Rapide
13	SOO-Incendie de la sous cuvette A	E	thermique	45	70	90	0	Rapide
14	SOO-Incendie de la sous cuvette B	E	thermique	45	70	90	0	Rapide
15	SOO-UVCE de la cuvette I et de la pomperie	E	surpression	45	75	95	190	Rapide
16	SOO-UVCE de la cuvette I et de la pomperie		thermique					
17	SOO-Incendie de la cuvette I et de la pomperie	E	thermique	55	100	180	0	Rapide
18	PAK-Explosion de l'atelier de CO	E	surpression	25	55	110	220	Rapide
19	PAK-Fuite ligne A atelier de CO	E	toxique	100	200	300	0	Rapide
20	PAK-Fuite ligne B atelier de CO	E	toxique	200	250	400	0	Rapide
21	PAK-Explosion de l'atelier NH3	D	surpression	25	55	110	220	Rapide
22	PAK-Fuite ligne A atelier NH3	D	toxique	100	200	300	0	Rapide
23	PAK-Fuite ligne B atelier NH3	D	toxique	200	250	400	0	Rapide
24	PAK-Fuite piquage bas Sphere CL2	E	toxique	100	200	250	0	Rapide
25	PAK-Rupture Canalisation I	E	toxique	100	200	300	0	Rapide
26	PAK-Rupture Canalisation II	E	toxique	150	250	350	0	Rapide
27	PAK-Explosion d'un cylindre de NH3	D	surpression	60	90	165	330	Rapide
28	PAK-Explosion d'un cylindre de NH3	D	toxique	50	80	100	0	Rapide
29	PAK-Rupture de la canalisation de conditionnement	E	toxique	100	200	350	0	Rapide

PARTIE 3 : Glossaire des risques technologiques

Avertissement : Ce glossaire est un document indicatif visant à éclairer la lecture des textes publiés récemment et à harmoniser le vocabulaire utilisé par les services d'inspection des installations classées.

Préambule : Les termes ou expressions explicités ci-après font référence, lorsqu'elles existent, à des définitions extraites de normes ou de textes réglementaires.

1. Notions de danger, risque et corollaires

Danger

Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore,...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz,...), à une disposition (élévation d'une charge),..., à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » [sont ainsi rattachées à la notion de « danger » les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux etc... inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible (pneumatique ou potentielle) qui caractérisent le danger].

Potentiel de danger

(ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger »):

Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) « danger(s) » ; dans le domaine des risques technologiques, un « potentiel de danger » correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.

Exemples : un réservoir de liquide inflammable est porteur du danger lié à l'inflammabilité du produit contenu, à une charge disposée en hauteur correspond le danger lié à son énergie potentielle, à une charge en mouvement celui de l'énergie cinétique associée, etc.

Aléa :

Probabilité qu'un phénomène accidentel produise en un point donné des effets d'une intensité donnée, au cours d'une période déterminée. L'aléa est donc l'expression, pour un type d'accident donné, du couple (Probabilité d'occurrence * Intensité des effets). Il est spatialisé et peut être cartographié.

NB : Notion utilisée principalement pour les PPRT.

Attention aux confusions avec : « Risque », « Danger ».

Risque :

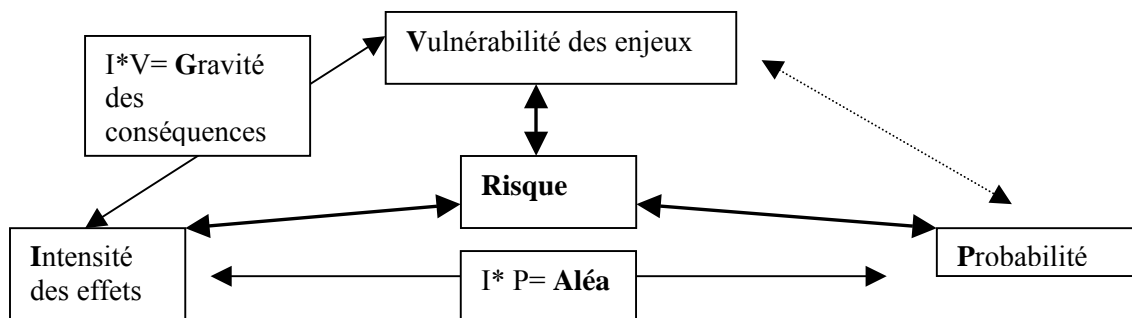
« Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73), « Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51)

1/ Possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux. Dans le contexte propre au risque technologique, le risque est, pour un accident donné, la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté/final considéré (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences sur des éléments vulnérables

2 / Espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier. Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité [ISO/CEI Guide 51]

Le risque peut être décomposé selon les différentes combinaisons de ses trois composantes que sont l'intensité, la vulnérabilité et la probabilité (la cinétique n'étant pas indépendante de ces trois paramètres) :

- Intensité * Vulnérabilité = Gravité des dommages ou conséquences
- Intensité* Probabilité = Aléa
- Risque = Intensité*Probabilité*Vulnérabilité = Aléa*Vulnérabilité = Conséquences*Probabilité



Dans les analyses de risques et les études de dangers, le risque est généralement qualifié en Gravité (des Conséquences)*Probabilité, par exemple dans une grille P*G, alors que pour les PPRT, il l'est selon les deux composantes Aléa*Vulnérabilité (par type d'effet : thermique, toxique, surpression et projection).

Risque toléré :

La « tolérabilité » du risque résulte d'une mise en balance des avantages et des inconvénients (dont les risques) liés à une situation, situation qui sera soumise à révision régulière afin d'identifier, au fil du temps et chaque fois que cela sera possible, les moyens permettant d'aboutir à une réduction du risque.

La norme EN 61508 – 5 en son annexe A (§A2) indique « la détermination du risque tolérable pour un événement dangereux a pour but d'établir ce qui est jugé raisonnable eu égard à la fréquence (ou probabilité) de l'événement dangereux et à ses conséquences spécifiques. Les systèmes relatifs à la sécurité sont conçus pour réduire la

fréquence (ou probabilité) de l'événement dangereux et/ou les conséquences de l'événement dangereux ».

NB : Notion ne figurant pas explicitement dans les textes relatifs aux installations classées, mais utilisée dans d'autres domaines ou à l'étranger.

Acceptation du risque :

« Décision d'accepter un risque ». L'acceptation du risque dépend des critères de risques retenus par la personne qui prend la décision²¹ (ISO/CEI 73). Le regard porté par cette personne tient compte du « ressenti » et du « jugement » qui lui sont associés.

NB : Notion ne figurant pas dans les textes relatifs aux installations classées, mais utilisée dans d'autres domaines ou à l'étranger.

Réduction du risque :

Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :
 - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des quantités mises en oeuvre, atténuation des conditions de procédés (T°, P...), simplification du système...
→ réduction des dangers
 - la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation (ex : rideau d'eau pour abattre un nuage toxique, limitant son extension à des concentrations dangereuses)

La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source », ou réduction de l'aléa.

- Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, dont PPRT, ou par les plans d'urgence externes).

Sécurité-Sûreté :

Dans le cadre des installations classées, on parle de sécurité des installations vis-à-vis des accidents et de sûreté vis-à-vis des attaques externes volontaires (type malveillance ou attentat) des intrusions malveillantes et de la malveillance interne. Par

²¹ L'acceptation (ou l'acceptabilité) d'un risque dépend donc du point de vue de la personne qui accepte, du contexte et de l'époque. Elle peut être notamment basée sur une comparaison à d'autres risques (inondation, accident de voiture...).

parallèle avec le secteur nucléaire, on utilise parfois l'expression « sûreté de fonctionnement » dans les installations classées, qui se rapporte en fait à la maîtrise des risques d'accident, donc à la sécurité des installations.

Attention, en anglais, les termes utilisés sont de faux amis, inversés, puisque «safety» signifie sécurité et «security» signifie sûreté.

2. Evènements et accidents

Événement redouté central :

Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

Événement initiateur :

Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe. Dans la représentation en « nœud papillon » (ou arbre des causes), cet événement est situé à l'extrémité gauche.

Phénomène dangereux (ou phénomène redouté):

Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29/09/2005, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages » (ISO/CEI 51)

Note : un phénomène est une libération de tout ou partie d'un potentiel de danger, la concrétisation d'un aléa.

Ex. de phénomènes : « incendie d'un réservoir de 100 tonnes de fioul provoquant une zone de rayonnement thermique de 3 kW/m² à 70 mètres pendant 2 heures », feu de nappe, feu torche, BLEVE, Boil Over, explosion, (U)VCE, dispersion d'un nuage de gaz toxique...

Ne pas confondre avec « accident » : Un phénomène produit des effets alors qu'un accident entraîne des conséquences/dommages.

Accident :

Événement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence de cibles vulnérables exposées aux effets de ce phénomène.

Ex. d'accident : « N blessés et 1 atelier détruit suite à l'incendie d'un réservoir de 100 tonnes de fioul».

Confusion fréquente avec le « phénomène dangereux » correspondant : un accident entraîne des conséquences (ou dommages) alors qu'un phénomène dangereux produit des effets.

Scénario d'accident (majeur) :

Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

Effets dominos :

Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène.

[effet domino = « accident » initié par un « accident »].

Ex : explosion d'une bouteille de gaz suite à un incendie d'entrepôt de papier

Cinétique :

Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Cf articles 5 à 8 de l'arrêté du 29/09/2005.

Effets d'un phénomène dangereux :

Ce terme décrit les caractéristiques des phénomènes physiques, chimiques,... associés à un phénomène dangereux concerné : flux thermique, concentration toxique, surpression, etc.

Intensité des effets d'un phénomène dangereux:

Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou cibles] tels que « homme », «structures». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non de cibles exposées. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

Gravité :

On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition de cibles de vulnérabilités données à ces effets.

La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des cibles potentiellement exposées.

Exemple d'intensité (ou gravité potentielle) : le flux thermique atteint la valeur du seuil d'effet thermique léthal à 50 mètres de la source du flux.

Exemple de gravité : 3 morts et 16 blessés grièvement brûlés par le flux thermique.

Éléments vulnérables (ou enjeux):

Éléments tels que les personnes, les biens ou les différentes composantes de l'environnement susceptibles, du fait de l'exposition au danger, de subir, en certaines circonstances, des dommages. Le terme de « cible » est parfois utilisé à la place d'élément vulnérable. Cette définition est à rapprocher de la notion «d'intérêts à protéger» de la législation sur les installations classées (art. L. 511-1 du Code de l'Environnement).

Vulnérabilité:

1/ « vulnérabilité d'une cible à un effet x » (ou « sensibilité ») : facteur de proportionnalité entre les effets auxquels est exposé un élément vulnérable (ou cible) et les dommages qu'il subit.

2/ « vulnérabilité d'une zone » : appréciation de la présence ou non de cibles ; vulnérabilité moyenne des cibles présentes dans la zone.

La vulnérabilité d'une zone ou d'un point donné est l'appréciation de la sensibilité des éléments vulnérables [ou cibles] présents dans la zone à un type d'effet donné.

Par exemple, on distinguera des zones d'habitat, des zones de terres agricoles, les premières étant plus vulnérables que les secondes face à un aléa d'explosion en raison de la présence de constructions et de personnes.

(NB : zone d'habitat et zone de terres agricoles sont deux types d'enjeux. On peut différencier la vulnérabilité d'une maison en parpaings de celle d'un bâtiment largement vitré)

Probabilité d'occurrence :

Au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Attention aux confusions possibles :

1/ assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des cibles. L'assimilation sous-entend que les cibles sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri.

2/ probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x , en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique)

3. Fonctions de sécurité

NB : dans ce chapitre, le vocabulaire utilisé en risques technologiques ne peut pas être comparé à celui des risques naturels, car il n'est pas possible d'agir à la source du danger en risques naturels alors que c'est souvent possible en matière de risques technologiques.

Prévention :

Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Protection :

Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant.

NB : des mesures de protection peuvent être mises en œuvre « à titre préventif », avant l'accident, comme par exemple un confinement. La maîtrise de l'urbanisation, visant à limiter le nombre de personnes exposées aux effets d'un phénomène dangereux, et les plans d'urgence visant à mettre à l'abri les personnes sont des mesures de protection.

Fonction de sécurité :

Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Mesure de maîtrise des risques (ou barrière de sécurité) :

Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

- les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux
- les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux
- les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.

Mesures « complémentaires » - « supplémentaires »:

Dans les textes réglementaires, on distingue les mesures de sécurité complémentaires, mises en place par l'exploitant à sa charge dans le cadre de l'application normale de la réglementation, des mesures supplémentaires éventuellement mises en place dans le cadre des PPRT, faisant l'objet d'un financement tripartite tel que mentionné à l'article L. 515-19 du code de l'environnement.

Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation :

Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques) :

Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.

Ex : Un rideau d'eau alimenté par un réseau, avec vanne pneumatique/motorisée asservie à une détection ammoniac, dont la fonction de sécurité est d'abattre 80% de la fuite d'ammoniac a un temps de réponse égal à la durée séparant le départ de la fuite du moment où le rideau fonctionne en régime permanent (en supposant qu'il est correctement dimensionné pour abattre 80% de la fuite réelle). Sur cet exemple, la cinétique de mise en œuvre correspond à l'ensemble de la durée entre l'apparition de la fuite, sa détection, le traitement du signal de détection ajouté au temps de réponse.

Niveau de confiance:

Le niveau de confiance est l'architecture (redondance éventuelle) et la classe de probabilité, inspirés des normes NF EN 61-508 et CEI 61-511, pour qu'une mesure de maîtrise des risques, dans son environnement d'utilisation, assure la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie. Cette classe de probabilité est déterminée pour une efficacité et un temps de réponse donnés. Ce niveau peut être déterminé suivant les normes NF EN 61-508 et CEI 61-511 pour les systèmes instrumentés de sécurité. Cf. rapport INERIS Ω-10.

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques :

Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.

Redondance :

Existence, dans une entité, de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise (CEI 6271-1974).

**PARTIE 4 : Récapitulatif des exclusions spécifiques pour
certaines installations ou certains événements**

Attention, il est rappelé que les exclusions spécifiques sont toujours assorties de conditions et de prescriptions dont il convient de démontrer le respect avant de procéder aux exclusions récapitulées ci-dessous.

Type d'événements / d'installations	Paragraphe de la première partie de cette circulaire	Domaine d'exclusion		
		Appréciation de la démarche de maîtrise des risques à la source (MMR)	Maîtrise de l'urbanisation (PPRT)	Plan d'Urgence (PPI)
<u>Evénements initiateurs particuliers</u> (AM du 10 mai 2000 pour installations classées, présente circulaire pour les stockages souterrains de gaz)				
Chute de météorite	AM 10/05/2000 ou § 1.2.10 circulaire	X	X	X
Séismes d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation, applicables aux installations considérées	AM 10/05/2000 ou § 1.2.10 circulaire	X	X	X
Crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur	AM 10/05/2000 ou § 1.2.10 circulaire	X	X	X
Evénements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur	AM 10/05/2000 ou § 1.2.10 circulaire	X	X	X
Chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome, c'est-à-dire à plus de 2 000 mètres de tout point des pistes de décollage et d'atterrissage	AM 10/05/2000 ou § 1.2.10 circulaire	X	X	X
Rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R. 214-112 du code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 de ce même code	AM 10/05/2000 ou § 1.2.10 circulaire	X	X	X
Actes de malveillance	AM 10/05/2000 ou § 1.2.10 circulaire	X	X	X

Type d'événements / d'installations	Paragraphe de la première partie de cette circulaire	Domaine d'exclusion		
		Appréciation de la démarche de maîtrise des risques à la source (MMR)	Maîtrise de l'urbanisation (PPRT)	Plan d'Urgence (PPI)
<u>Evénements initiateurs particuliers</u> (au titre de la présente circulaire)				
Agressions externes engendrées par les flux de transport de matières dangereuses (engins mobiles) à proximité du site	1.1.10	X	X	X
Non-respect de permis d'intervention ou les permis de feu concernant des interventions directes sur des installations à grand potentiel de danger	1.1.7	X	X	
Séisme	1.2.1, 2.2.1, 3.2.1	X	X	
Effets directs de la foudre	1.2.1, 2.2.1, 3.2.1	X	X	
Crue	1.2.1, 2.2.1, 3.2.1	X	X	
Neige et vent (pour les chutes et ruines structures)	1.2.1, 2.2.1, 3.2.1	X	X	
Défaut métallurgique structure réservoir sous pression (non applicable aux tuyauteries) et récipients sous pression transportables	1.2.1, 2.2.1, 3.2.1	X	X	
Evènements conduisant à la détonation d'engrais simples solides à base de nitrate d'ammonium	1.2.1, 2.2.1, 3.2.1	X	X	
Chute d'aéronef de plus de 5,7 tonnes lorsque le nombre de mouvements est inférieur à 1250 / an	3.2.2		X	

Type d'événements / d'installations	Paragraphe de la première partie de cette circulaire	Domaine d'exclusion		
		Appréciation de la démarche de maîtrise des risques à la source (MMR)	Maîtrise de l'urbanisation (PPRT)	Plan d'Urgence (PPI)
<u>Phénomènes dangereux / effets particuliers</u>				
Fuites toxiques de longue durée (>30 minutes)	3.2.3		X	
Fuite massive de GNL de longue durée (>30 minutes)	1.2.5, 2.2.5, 3.2.4	X	X	X
Rupture guillotine tuyauterie transportant du GNL de DN supérieur à 150 mm	3.2.4		X	
Effets de projection hors installations pyrotechniques	1.2.2, 2.2.2, 3.2.5	X	X	X
Ruines citernes transportant certains produits toxiques (pour une partie des événements initiateurs)	1.2.3, 2.2.3, 3.2.6	X	X	
Ruines métallurgiques des tuyauteries d'usine d'un diamètre supérieur à 25 mm transportant des gaz et liquides toxiques (pour une partie des événements initiateurs)	1.2.4, 2.2.4, 3.2.7	X	X	
Rupture totale de tuyauteries de plus de 1500 mm de diamètre transportant du gaz sidérurgique	3.2.8		X	
Phénomènes sur un véhicule de transport d'explosifs stationné à titre exceptionnel sur site	1.2.7, 2.2.6, 3.2.10	X	X	
Explosion d'un conteneur maritime chargé d'artifices de divertissement de division de risque 1.3 ou 1.4 lorsque moins de 10 conteneurs arrivent sur site chaque année	3.2.10		X	
Pressurisation d'un bac de liquide inflammable lorsque les événements sont correctement dimensionnés	1.2.8, 2.2.7, 3.2.11	X	X	X
Rupture soudaine de bac de liquides inflammables (par vieillissement) et effet de vague	1.2.8, 2.2.7, 3.2.11	X	X	
BLEVE d'un réservoir de GPL sous talus par effet domino externe	1.2.9, 2.2.8, 3.2.12	X	X	X
Rupture guillotine d'une tuyauterie transportant du GPL de DN supérieur à 150 mm	3.2.12		X	
Rupture franche tuyauterie sur un stockage souterrain de gaz naturel	1.2.10, 2.2.9, 3.2.13	X	X	
Effondrement localisé d'un stockage souterrain de gaz	1.2.10, 2.2.9, 3.2.13	X	X	X
Effondrement généralisé d'un stockage souterrain de gaz	1.2.10, 2.2.9, 3.2.13	X	X	X