

CAHIER DES CHARGES AFG	ÉTUDE DE DANGERS D'UN OUVRAGE DE DISTRIBUTION DE GAZ NATUREL (OU ASSIMILÉ) A HAUTES CARACTÉRISTIQUES DE PMS > 16 BAR ET POUR LES DN > 200 DE PMS > 10 BAR	RSDG 17 Septembre 2020
---------------------------	--	---------------------------

Table des matières

Table des matières.....	1
1 PRÉAMBULE.....	6
2 GLOSSAIRE.....	7
2.1 Définitions.....	7
2.2 Abréviations utilisées.....	10
2.3 Principales unités utilisées.....	10
3 GÉNÉRALITÉS.....	12
3.1 Les canalisations de distribution de gaz naturel « à hautes caractéristiques».....	12
3.2 Cadre réglementaire	12
3.2.1 Régime juridique d'un ouvrage de distribution.....	12
3.2.2 Réglementation technique	13
3.3 Propriétés de l'ouvrage.....	13
4 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE.....	14
4.1 Caractéristiques du gaz acheminé.....	14
4.1.1 Caractéristiques du gaz naturel ou assimilé.....	14
4.1.2 Non corrosivité du gaz naturel	14
4.1.3 Pouvoir calorifique	15
4.1.4 Odorisation.....	15
4.2 Équipement d'un ouvrage de distribution MPC appartenant au périmètre d'étude....	16
4.2.1 La canalisation.....	16
4.2.2 Conditions de pose.....	18
4.2.3 Ouvrages associés	21
4.2.4 Protection contre la corrosion.....	23

4.2.5	Signalisation et repérage du tracé	23	
4.2.6	Points singuliers	24	
4.3	Conditions d'exploitation de l'ouvrage	24	
4.3.1	Organisation de l'exploitation	24	
4.3.2	Maintenance et Surveillance	24	
4.3.3	Intervention de sécurité	25	
4.3.4	Formation du personnel	29	
4.4	Actions d'information des tiers.....	30	
4.4.1	Information des mairies et organismes publics.....	30	
4.4.2	Travaux au voisinage de l'ouvrage	30	
5	PRÉSENTATION DU RETOUR D'EXPÉRIENCE	31	
5.1	Présentation des bases de données Distributeurs	31	
5.2	Analyse des incidents constatés sur le réseau de distribution	33	
5.2.1	Canalisations.....	33	
5.2.2	Installations annexes	35	
6	SOURCES DE DANGERS : IDENTIFICATION, MESURES COMPENSATOIRES ASSOCIÉES		35
6.1	Dangers relatifs au fluide : phénomène d'abrasion.....	36	
6.1.1	La description du danger	36	
6.1.2	Le retour d'expérience	36	
6.1.3	Les mesures.....	36	
6.2	Dangers liés à la qualité de l'ouvrage	37	
6.2.1	Fragilité	37	
6.2.2	Résistance à la pression	37	
6.2.3	Fatigue des matériaux.....	38	
6.2.4	Défaut de matériaux.....	39	
6.2.5	Défauts de construction.....	40	
6.3	Dangers liés à l'environnement naturel.....	41	
6.3.1	La nature du proche sous-sol.....	41	
6.3.2	La végétation	42	
6.3.3	La corrosion externe.....	43	
6.3.4	Les mouvements de terrain	44	
6.3.5	Les séismes.....	45	
6.3.6	L'hydrographie / érosion du lit des rivières.....	45	
6.3.7	Inondation	46	
6.3.8	Vents violents, tempêtes.....	47	

6.3.9	La foudre	47
6.3.10	Autres phénomènes climatiques.....	48
6.4	Dangers liés aux activités extérieures à l'ouvrage	49
6.4.1	Les travaux de tiers à proximité.....	49
6.4.2	Les actes de malveillance	51
6.4.3	Les voies de circulation (routières, ferrées).....	51
6.4.4	Les autres réseaux enterrés	52
6.4.5	Les lignes électriques haute tension.....	53
6.4.6	Les activités industrielles	56
6.4.7	L'incendie à proximité.....	56
6.4.8	La chute d'avion	57
6.4.9	Les éoliennes	57
6.4.10	L'épandage de produits chimiques.....	58
6.5	Dangers liés à l'exploitation.....	58
6.5.1	Suppressions.....	58
6.5.2	Défaut d'étanchéité des appareils.....	59
6.5.3	Inflammation intérieure	60
6.5.4	La migration du gaz dans le sol.....	60
6.5.5	Défaillance de procédure et d'organisation - Erreur humaine	62
7	MÉTHODE D'ANALYSE DES RISQUES	64
7.1	Brèches de référence et choix des phénomènes dangereux.....	64
7.1.1	Tracé courant.....	64
7.1.2	Installations annexes	65
7.2	Fréquences d'occurrence des évènements et probabilité d'inflammation	66
7.2.1	Tracé courant.....	66
7.2.2	Installations annexes	67
7.3	Quantification des effets redoutés.....	68
7.3.1	Calcul du débit de gaz émis à l'atmosphère	69
7.3.2	Étude de la dispersion du jet de gaz naturel	69
7.3.3	Étude de la surpression en cas d'inflammation	70
7.3.4	Étude du rayonnement thermique.....	70
7.3.5	Calcul des distances d'effets	70
7.4	Méthodologie d'analyse de risque pour le tracé courant.....	71
7.4.1	Définition des segments et des phénomènes dangereux de référence associés.....	71
7.4.2	Détermination de la probabilité d'atteinte d'un point.....	72
7.4.3	Calcul de la gravité.....	74

7.4.4	Positionnement dans la matrice de risque.....	74
7.4.5	Définition de mesures compensatoires supplémentaires à mettre en œuvre.....	76
7.5	Méthodologie adoptée pour les points singuliers.....	79
7.5.1	Détermination des points singuliers.....	79
7.5.2	Cas des traversées aériennes.....	79
7.5.3	Cas particulier des traversées de rivière en souille.....	81
7.5.4	Cas des traversées enterrées en ouvrage d'art.....	81
7.6	Méthodologie d'analyse de risque pour les installations annexes.....	81
7.6.1	Détermination des phénomènes dangereux de référence.....	81
7.6.2	Détermination de la probabilité d'atteinte.....	82
7.6.3	Positionnement dans une matrice de risque.....	82
7.6.4	Mesures compensatoires supplémentaires à mettre en œuvre.....	83
7.7	Analyse des effets dominos.....	83
7.7.1	Généralités.....	83
7.7.2	Évaluation des effets dominos sur le tracé courant.....	84
7.7.3	Examen des effets dominos sur les installations annexes.....	84
7.8	Distances retenues pour les Servitudes d'Utilité Publique.....	84
7.9	Distances à retenir pour le Plan de Sécurité et d'Intervention (PSI).....	85
ANNEXES.....		87
A	ANNEXE 1 : Présentation des modèles utilisés et de leur validation.....	88
A.1	Débit à la brèche.....	88
A.2	Étude de la dispersion du gaz naturel.....	91
A.3	Suppression à l'inflammation.....	94
A.4	Rayonnement.....	97
B	Annexe 2 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de suppression et d'effets thermiques.....	100
B.1	Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de suppression.....	100
B.2	Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques.....	101
C	Annexe 3 : Tableau des distances d'effet.....	102
C.1	pour la rupture complète d'une canalisation de distribution de gaz naturel, suivie de l'inflammation immédiate du rejet.....	102
C.2	pour le phénomène dangereux de moyenne brèche de perforation d'une canalisation de distribution de gaz naturel, suivie de l'inflammation immédiate du rejet.....	104

C.3	pour le phénomène dangereux Petite Brèche (12 mm) de perforation d'une canalisation de distribution de gaz naturel enterrée, suivie de l'inflammation immédiate du rejet	105
C.4	pour la rupture de piquage horizontal DN25 sur une installation annexe, suivie de l'inflammation immédiate du rejet	105
C.5	pour la petite brèche inférieure à 5 mm avec rejet horizontal sur une installation annexe suivie de l'inflammation immédiate du rejet.....	105
C.6	pour la petite brèche inférieure à 12 mm avec rejet horizontal sur une canalisation aérienne suivie de l'inflammation immédiate du rejet	106
C.7	Distances des seuils d'effet de flux thermiques pour le scénario de rupture complète d'une canalisation de distribution de gaz naturel, suivie de l'inflammation immédiate du rejet	106
C.8	Distances des seuils d'effet de flux thermiques pour le scénario de petite brèche inférieure à 12 mm avec rejet horizontal sur une canalisation aérienne.....	107
C.9	Distances des seuils d'effet de flux thermiques pour la rupture de piquage horizontal DN25 sur une installation annexe, suivie de l'inflammation immédiate du rejet.	107
D	Annexe 4 : Règles métier pour la description de l'environnement.....	108
D.1	Estimation des personnes présentes dans les bâtis.....	108
D.2	Activités industrielles.....	111
D.3	Terrains aménagés potentiellement fréquentés ou très fréquentés	112
D.4	Voies de communication	112
D.5	Règle générique de recensement pour un ensemble de bâtis dans une emprise.....	113
D.6	Règles spécifiques	113
D.7	Cas particuliers :.....	114
E	Annexe 5 : Dispersion du jet de gaz naturel dans l'atmosphère, distance de la limite inférieure d'explosivité (LIE).....	115
E.1	Distances LIE pour le phénomène dangereux de la rupture (en mètres) :.....	115
E.2	Distances LIE pour le phénomène dangereux de moyenne brèche (en mètres) :.....	115
E.3	Distances LIE pour le phénomène dangereux de petite brèche (en mètres) :.....	116

1 PRÉAMBULE

Ce document est un cahier des charges pour la réalisation d'« Étude de Dangers d'un ouvrage de distribution de gaz de PMS >16 bar et pour les DN > 200 de PMS > 10 bar. ». Il constitue la partie générique de cette étude et précise, notamment, pour les ouvrages concernés :

- Les généralités sur la distribution du gaz naturel ;
- La description de l'ouvrage et de son environnement ;
- L'analyse et l'évaluation des risques pour l'ouvrage, intégrant :
 - La présentation du retour d'expérience,
 - La quantification en probabilités d'occurrence des phénomènes dangereux,
 - L'évaluation en termes de gravité des phénomènes dangereux,
 - Le positionnement dans les matrices de risque,
 - Les mesures compensatoires envisagées pour la réduction du risque.

Compte-tenu des niveaux de PMS et DN, seuls les distributeurs de gaz naturel sont concernés par le présent document.

Ce document a pour base les articles L554-5, R554-46 et R555-10-1 du code de l'environnement qui imposent la réalisation d'une étude de dangers pour les canalisations

- dont la Pression Maximale de Service (PMS) est strictement supérieure à 16 bar
- dont la PMS est strictement supérieure à 10 bar avec un Diamètre Nominal (DN) strictement supérieur 200.

Le présent document est le cahier des charges visé à l'article 25-1 1° de l'arrêté du 13 juillet 2000 (créé par l'article 30 de l'arrêté du 23 février 2018), qui prévoit que cette étude de dangers est établie et mise à jour conformément à un cahier des charges particulier.

2 GLOSSAIRE

2.1 Définitions

Acte de malveillance	Acte volontaire, criminel et délibéré pouvant porter atteinte à l'intégrité des ouvrages de distribution de gaz naturel.
Bande d'étude	Bande de terrain située de part et d'autre de la canalisation correspondant à celle susceptible d'être affectée par le phénomène dangereux plausible majorant. Elle correspond à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine, délimitée par les seuils des effets irréversibles : 3 kW/m ² ou 600 [(kW/m ²) ^{4/3}].s pour les effets thermiques, 50 mbar pour les effets de surpression. La bande d'étude correspond à la bande des effets irréversibles.
Brèche de référence	Brèche type représentative, compte tenu du retour d'expérience, d'un des modes principaux de perte de confinement.
Cintrage	Opération visant à donner à un tube le rayon de courbure désiré.
Coefficient de calcul	Rapport de la contrainte circonférentielle, due à la pression interne maximale du fluide à laquelle peut être soumis un tube ou un accessoire de canalisation, à la limite d'élasticité minimale spécifiée à 0,5 % (R _t 0,5) à la température maximale de service. Le coefficient de calcul peut également être appelé coefficient de conception. Le coefficient de sécurité est l'inverse numérique du coefficient de calcul.
Conduite de mise à l'évent	Circuit constitué généralement de tuyauteries et d'un robinet permettant par l'ouverture de ce dernier d'évacuer à l'atmosphère le gaz naturel contenu dans une capacité ou dans un tronçon de canalisation.
Contrôles non destructifs	Contrôles permettant de s'assurer de l'absence de défauts sur une pièce métallique sans provoquer sa destruction.
Installations annexes	<p>Pour les distributeurs, les installations annexes sont les postes de détente réseau dont les canalisations amont et/ou aval ont des caractéristiques supérieures aux seuils mentionnés au 2° du II de l'article R. 554-41 du code de l'environnement (PMS > 16 bar ou PMS > 10 bar et DN > 200) et les postes d'injection de biométhane dont les caractéristiques dépassent ces mêmes seuils.</p> <p>Les postes de livraison sont hors du périmètre de cette spécification, et peuvent être traités le cas échéant par le distributeur.</p>

Majorant	Le phénomène dangereux dit « de référence » majorant est celui engendrant les distances d'effet les plus étendues. Il est utilisé pour déterminer, en fonction des zones d'effets associées, le périmètre des servitudes d'utilité publiques (telles que définies selon l'article R555-30-b) du code de l'environnement)
Mercaptans	Composés soufrés pouvant être ajoutés au gaz naturel, à très petite dose, afin d'assurer son odorisation.
Mesures compensatoires	Mesure permettant de réduire la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux, ou sa gravité ou son intensité en cas de survenance. Elle peut être de type : <ul style="list-style-type: none"> - information : information des riverains, information des entreprises susceptibles d'intervenir à proximité, ..., - exploitation : surveillance renforcée, réduction de la pression maximale de service, ..., - aménagement : balisage renforcé, pose de dalle de protection, ..., - construction : surépaisseur de métal indépendamment de celle justifiée par la catégorie d'emplacement, hauteur de couverture.
Méthane	Hydrocarbure léger de formule chimique CH ₄ , non toxique et principal constituant du gaz naturel.
Oxysulfure de carbone	Composé soufré de formule chimique COS pouvant être contenu en très faible quantité dans le gaz naturel transporté par les opérateurs de transport.
Polarisation négative	S'applique au métal de la canalisation soumis à un potentiel électrique négatif par rapport au milieu ambiant.
Polymères	Résines ayant de bonnes caractéristiques d'isolation électrique.
Potentiel électrochimique	Valeur du potentiel électrique du métal de la canalisation mesuré par rapport à une électrode de référence (mesuré en mV).
Pression Maximale en Service (PMS)	Pression relative maximale autorisée du gaz dans une canalisation dans des conditions normales d'exploitation.
Protection cathodique	Système protégeant les canalisations contre la corrosion en faisant circuler dans ces dernières un très faible courant électrique.
Phénomène dangereux	Enchaînement d'événements choisis parmi différents phénomènes physiques susceptibles de se produire compte tenu de la nature de la brèche dans la canalisation, du fluide et de ses conditions d'acheminement, et de l'environnement avoisinant.
Phénomènes dangereux de référence	Phénomènes dangereux d'incidents établis à partir du choix d'une brèche de référence et d'un enchaînement de conséquences possibles.

Phénomène dangereux plausible	Phénomène dangereux de référence dont l'occurrence est suffisamment significative en un point donné de la canalisation pour justifier une étude spécifique.
Points singuliers	Un point singulier est soit une traversée aérienne ou le long d'un ouvrage d'art, soit une traversée de rivière en souille.
Seuil de corrosion	Valeur de potentiel électrochimique en dessous duquel de laquelle le métal de la canalisation est protégé contre les risques de corrosion.
Souille	Excavation en fond de cours d'eau.
Tétrahydrothiophène	Composé soufré injecté dans le gaz naturel par les opérateurs de transports, afin d'assurer son odorisation.
Urbanisation	En matière de densité d'urbanisation, la typologie de niveau de densité a été étudiée, à la maille des communes desservies, sur la base des paramètres retenus dans l'arrêté du 4 août 2006, à savoir : <ul style="list-style-type: none"> • Milieu rural : densité inférieure à 8 habitants à l'hectare (soit 800 habitants au km²) • Milieu périurbain : densité comprise entre 8 et 80 habitants à l'hectare (soit entre 800 et 8000 habitants au km²) • Milieu urbain : densité supérieure à 80 habitants à l'hectare (soit 8000 habitants au km²).
Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone délimitée par les seuils des effets irréversibles : 600 [(kW/m ²) ^{4/3}].s pour les effets thermiques, 50 mbar pour les effets de surpression, et ce selon la définition des zones de dangers fixée par 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 incidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.
Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone délimitée par les seuils des premiers effets létaux : 1000 [(kW/m ²) ^{4/3}].s pour les effets thermiques, 140 mbar pour les effets de surpression (arrêté ministériel du 29 septembre 2005).
Zone des dangers très graves pour la vie humaine	Zone délimitée par les seuils des effets létaux significatifs : 1800 [(kW/m ²) ^{4/3}].s pour les effets thermiques, 200 mbar pour les effets de surpression (arrêté ministériel du 29 septembre 2005).
Zone des effets domino	Zone délimitée par les seuils suivants : 8kW/m ² pour les effets thermiques, 200 mbar pour les effets de surpression (cf. arrêté du 29 septembre 2005).

2.2 Abréviations utilisées

CRIGEN	Centre de Recherche et Innovation Gaz et Energies Nouvelles d'ENGIE
DICT	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
DN	Diamètre Nominal : Désignation numérique de dimension pour les composants d'un réseau de tuyauteries. Elle comprend les lettres DN suivies par un nombre entier sans dimension qui est indirectement relié aux dimensions réelles, en millimètres, de l'alésage ou du diamètre extérieur des raccords d'extrémité (ISO 6708 :1995)
ERP	Etablissements Recevant du Public : Etablissements définis et classés en catégories par les articles R.123-2 et R.123-19 du code de la construction et de l'habitation.
IGH	Immeubles de Grande Hauteur : Corps de bâtiments définis et classés en catégories par les articles R.122-2 et R.122-5 du code de la construction et de l'habitation.
GESIP	Groupe d'Etude de Sécurité des Industries Pétrolières et Chimiques
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (loi du 19 juillet 1976)
INB	Installation Nucléaire de Base : installation nucléaire qui, de par sa nature, ou en raison de la quantité ou de l'activité de toutes les substances radioactives qu'elle contient, est soumise à une réglementation spécifique (décret n°63-1228 du 11 décembre 1963 modifié).
LIE	Limite Inférieure d'Explosivité
MPC	Moyenne Pression de type C, s'applique au réseau de distribution de pression strictement supérieure à 4 bar
PCS	Pouvoir Calorifique Supérieur
PMS	Pression Maximale en Service
RICE	Research and Innovation Center for Energy. Centre de recherche de GRTgaz.
THT	Tétrahydrothiophène.

2.3 Principales unités utilisées

$m^3(n)/s$	Débit de gaz exprimé en mètre cube par seconde, les volumes de gaz étant mesurés dans les conditions normales (0°C et pression atmosphérique).
------------	--

mbar	Millibar, unité de pression ; 1 bar = 1000 mbar = 10^5 Pascal ; pression atmosphérique = 1013 mbar
kW/m ²	Unité utilisée pour quantifier le flux thermique (puissance) exprimée en kilo Watt reçue par une surface d'un mètre carré.
[(kW/m ²) ^{4/3}].s	Unité utilisée pour quantifier une dose d'énergie thermique

3 GÉNÉRALITÉS

3.1 Les canalisations de distribution de gaz naturel « à hautes caractéristiques »

Le réseau de distribution appartenant au périmètre d'étude représente moins de 2000 kilomètres de canalisations en acier. Les diamètres nominaux principaux du réseau considéré s'échelonnent de DN 32 à DN 500. La capacité de transit d'une canalisation est d'autant plus importante que la pression du gaz dans celle-ci est élevée ; c'est pourquoi la pression du gaz dans le réseau de distribution primaire (dit réseau MPC) de gaz naturel est comprise, suivant les canalisations, entre 4 bar et 25 bar. Seuls sont considérés dans ce document les réseaux dont la PMS est strictement supérieure à 16 bar et, pour les gros diamètres (DN>200), les réseaux dont la PMS est strictement supérieure à 10 bar.

Ces canalisations sont enterrées, principalement en domaine public.

Les postes de détente réseau permettent d'abaisser la pression du gaz pour qu'il puisse transiter dans les réseaux de distribution secondaires jusqu'au compteur de chaque utilisateur.

3.2 Cadre réglementaire

3.2.1 Régime juridique d'un ouvrage de distribution

Le régime juridique général pour la construction et l'exploitation d'ouvrages de distribution de gaz est le régime de la concession, conformément à la loi du 8 avril 1946 sur la nationalisation de l'électricité et du gaz qui qualifie de concessions les contrats par lesquels les communes confient aux distributeurs (GRDF, distributeurs non nationalisés) la distribution publique de gaz combustible sur leur territoire. Les concessions sont transférées à ces différents établissements publics, qui observent les dispositions des cahiers des charges en vigueur. La loi du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie a confirmé le régime de la concession pour la distribution publique du gaz.

Le service public du gaz est actuellement régi par des contrats de concession communale, qui relèvent de différents types ou de contrats spécifiques historiques.

Au plan de la réglementation technique et de sécurité, les ouvrages de distribution de gaz combustible sont régis par l'arrêté du 13 juillet 2000 et les Chapitres IV des Titres V des Livres V des Parties Législative et Réglementaire du code de l'environnement.

En application des articles L554-5, R554-46 du code de l'environnement, le Distributeur réalise une étude de danger pour les canalisations dont les caractéristiques dépassent certains seuils (PMS>16 bar et PMS>10 bar pour les DN>200).

L'étude de dangers ainsi que le programme de renforcement de la sécurité sont déterminés conformément à la réglementation applicable à la distribution de gaz combustible par canalisations (arrêté du 13 juillet 2000 modifié et RSDG).

Cette étude de dangers analyse les risques que peut présenter l'ouvrage et ceux qu'il encourt du fait de son environnement.

Pour toute canalisation nouvelle de PMS > 16 bar et pour les DN > 200 de PMS > 10 bar, l'étude de dangers comprend notamment les éléments suivants :

- la description du projet de canalisation et de son environnement ;
- l'analyse des risques appliquée à la canalisation, en fonction du tracé retenu et des points singuliers identifiés, la présentation des incidents susceptibles d'intervenir, que leur cause soit d'origine interne ou externe, et la description de leurs conséquences potentielles ;
- les engagements en matière de réduction des risques à la source ;
- un exposé des largeurs des zones des effets irréversibles, des zones des premiers effets létaux, et des zones des effets létaux significatifs, liées aux différents phénomènes accidentels possibles ;

3.2.2 Réglementation technique

Le texte réglementaire de référence pour la conception, la construction et l'exploitation des canalisations de distribution de gaz naturel est l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié, qui s'appuie sur un ensemble de cahiers des charges dont, notamment le document référencé « RSDG 1 », « Règles techniques et essais », dont l'annexe 1 est spécifiquement dédiée aux « canalisations en acier pour les ouvrages de distribution de gaz combustible à pression maximale de service supérieure à 4 bar et dont le produit P x D est supérieur ou égal à 1500 ».

L'arrêté du 13 juillet 2000 modifié et les cahiers des charges associés précisent les dispositions à respecter concernant notamment :

- la construction des ouvrages et les dispositions complémentaires de sécurité (dont la protection contre la corrosion),
- la réalisation des épreuves de résistance et d'étanchéité, ainsi que le dossier technique de la canalisation,
- l'exploitation des ouvrages.

3.3 Propriétés de l'ouvrage

Les droits à exploiter le réseau de distribution sont traduits dans les conventions de concession pour des durées précisées dans chaque contrat. Les contrats confèrent au Distributeur la capacité d'exercer le service public de la distribution de gaz.

4 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

4.1 Caractéristiques du gaz acheminé

La conception et l'exploitation d'un ouvrage de distribution de type MPC sont directement influencées par la nature du produit acheminé. C'est pourquoi il est nécessaire de préciser les caractéristiques du gaz naturel avant d'aborder les règles de conception, de construction et d'exploitation d'un ouvrage de distribution.

4.1.1 Caractéristiques du gaz naturel ou assimilé

Le gaz est inflammable lorsque sa concentration volumique dans l'air est comprise entre 5 % et 15 %.

Les caractéristiques du gaz naturel sont réglementées par les pouvoirs publics ou spécifiées par le Distributeur de façon à garantir :

- un gaz non corrosif,
- une plage de pouvoir calorifique,
- un niveau d'odeur suffisant pour un repérage rapide d'une fuite éventuelle.

Ces caractéristiques sont spécifiées à l'entrée du réseau de distribution, et sont sous la responsabilité du transporteur en amont du réseau de distribution, conformément au i) de l'article R555-10-1 du code de l'environnement.

Le réseau de distribution achemine également du biométhane qui est injecté conformément aux conditions fixées aux articles R. 121-11 du code de l'énergie, aux articles R. 433-14 à R. 433-19 du code de l'énergie et aux dispositions du titre V du livre V du code de l'environnement, ainsi qu'aux prescriptions techniques des gestionnaires de réseau de distribution et des cahiers des charges, pris en application de ces prescriptions.

4.1.2 Non corrosivité du gaz naturel

Les composés soufrés pouvant être présents dans le gaz naturel sont les suivants :

- sulfure d'hydrogène,
- oxysulfure de carbone,
- mercaptan et tétrahydrothiophène.

Certains de ces composés soufrés peuvent être corrosifs dans certaines conditions, c'est pourquoi les arrêtés du 28 janvier 1981 du Ministère de l'Industrie imposent des teneurs strictes :

- teneur moyenne de sulfure d'hydrogène sur 8 jours inférieure à $7 \text{ mg}/(\text{n})\text{m}^3$,
- teneur instantanée en sulfure d'hydrogène inférieure à $15 \text{ mg}/(\text{n})\text{m}^3$ avec une durée de dépassement du seuil de $12 \text{ mg}/(\text{n})\text{m}^3$ inférieure à 8 heures,
- teneur instantanée en soufre total inférieure à $150 \text{ mgS}/(\text{n})\text{m}^3$.

En outre, ces arrêtés imposent de limiter la teneur en eau dans le gaz de telle façon que le point de rosée eau soit inférieur à -5°C à la Pression Maximale de Service. De ce fait, il n'y a pas d'eau à l'état liquide dans les ouvrages dans des conditions normales de fonctionnement.

L'apparition de manière exceptionnelle et limitée dans le temps de teneur en eau supérieure à ces limites ne sera cependant pas de nature à générer des phénomènes de corrosion.

Ces teneurs en eau et en sulfure d'hydrogène sont mesurées et surveillées en permanence par les transporteurs aux points du réseau pour lesquels ces limites risqueraient d'être dépassées, à savoir les points d'importation du gaz et les sorties des stockages souterrains en période de soutirage et les transporteurs et les distributeurs aux points d'injection du biométhane. Des installations de déshydratation et de désulfuration permettent en ces points de traiter le gaz qui ne répondrait pas aux spécifications réglementaires énoncées ci-dessus.

Ces diverses dispositions garantissent la non corrosivité du gaz naturel à son entrée dans le réseau de distribution.

4.1.3 Pouvoir calorifique

Les limites de variation autorisées pour le Pouvoir Calorifique Supérieur (P.C.S) sont précisées dans les cahiers des charges de concessions conformément aux arrêtés du 16/09/1977 et du 28/03/1980 : gaz H de 10,7 à 12,8 kWh/m³(n), et gaz B de 9,5 à 10,5 kWh/m³(n) dans les conditions de combustion 0°C et 1013,25 bar.

Le P.C.S. du gaz transitant dans le réseau est contrôlé à chaque point d'approvisionnement du transport (production nationale, frontières, stockages souterrains, terminaux méthaniers) ainsi qu'aux points où des gaz de provenances différentes peuvent être mélangés.

4.1.4 Odorisation

Le gaz naturel peut être, selon son origine, tout à fait inodore. Or, pour des raisons de détection rapide par l'odorat en cas de fuite éventuelle, il est nécessaire de l'odoriser de façon caractéristique grâce à des composés soufrés comme le tétrahydrothiophène (THT). Cette disposition est conforme au Cahier des Charges « Odeur du gaz distribué (RSDG 10) », pris en application de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié. Il est à noter que ces composés soufrés sont injectés dans le gaz naturel à des teneurs très inférieures aux seuils de corrosion. Ils ne participent donc en aucun cas à une éventuelle corrosion interne.

L'odorisation s'effectue en continu à tous les points d'approvisionnement du réseau (productions nationales, frontières, stockages souterrains, terminaux méthaniers, sites d'injection de Biométhane). En conséquence, le gaz est odorisé sur l'ensemble du réseau de distribution. Le niveau d'odorisation est mesuré et surveillé plusieurs fois par jour. Le processus d'odorisation du gaz naturel livré au Distributeur par les transporteurs est certifié ISO 9001.

Quelle que soit sa provenance, le gaz naturel transitant dans la canalisation est :

- composé très majoritairement de méthane,
- non toxique,
- plus léger que l'air,
- non corrosif,
- odorisé afin de pouvoir être détecté rapidement en cas de fuite.

4.2 Équipement d'un ouvrage de distribution MPC appartenant au périmètre d'étude

Un ouvrage de distribution de gaz naturel de type MPC dans le périmètre d'étude est composé de deux types d'éléments :

- la canalisation,
- les ouvrages associés.

4.2.1 La canalisation

Une canalisation de distribution de gaz de type MPC appartenant au périmètre étudié est constituée de tubes en acier, soudés et revêtus d'un enrobage extérieur qui constitue une protection passive contre la corrosion. Afin que la canalisation puisse remplir ses fonctions de manière durable, le Distributeur demande à ses fournisseurs de respecter des procédures très précises.

Le parc est constitué de tubes soudés bout à bout et revêtus d'un enrobage extérieur en polymère ou en brai pour les canalisations moins récentes

4.2.1.1 Matériaux utilisés

Les tubes utilisés pour la construction de la canalisation doivent pouvoir résister aux pressions auxquelles ils sont susceptibles d'être soumis dans le cadre de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié.

En conséquence, les exigences à respecter pour les constructions postérieures à l'année 2013 sont celles de la norme européenne NF EN ISO 3183 « Industries du pétrole et du gaz naturel – Tubes en acier pour les systèmes de transport par conduites » (remplace la norme homologuée NF EN 10208-2 de septembre 2009, utilisée pour les canalisations construites avant 2014).

Ces spécifications concernent principalement :

- l'élaboration de l'acier, la composition chimique de l'acier, les caractéristiques mécaniques sur tubes, ainsi que les valeurs minimales d'énergie de rupture en flexion par choc,
- la fabrication des tubes (le type, soudé ou sans soudure, l'état de formage et de traitement thermique réalisé), les contrôles initiaux, en cours de fabrication et à la réception.

Les approvisionnements sont effectués en référence aux spécifications TS-C4Gas PIPOV9 et TS-C4Gas PIP3V4 de juin 2014 « Specification for steel pipes for pipelines » qui complète la norme NF EN ISO 3183

(ou, en substitution, aux spécifications GDF-DPT-B521-TUB-0 « Spécifications techniques pour la fourniture de tubes pour le réseau de transport de gaz naturel »).

4.2.1.2 Revêtement interne

Dans les domaines dimensionnels des ouvrages objets de la présente étude, les canalisations ne sont pas revêtues intérieurement.

4.2.1.3 Revêtement externe

La présence d'un revêtement sur les parois extérieures de la canalisation permet d'éviter la corrosion de l'acier par le milieu environnant et d'assurer une protection mécanique du tube. Le revêtement est donc un des moyens (avec la protection cathodique qui lui est complémentaire) d'assurer la pérennité de l'ouvrage.

En fonction de l'année de pose de la canalisation, le revêtement externe peut être en hydrocarboné ou à base de polymères. Les revêtements en polymère sont en polyéthylène ou polypropylène, 3 couches, qui ont pour objectif d'isoler de façon durable le tube du milieu ambiant quand il sera posé dans le sol.

Dès que la fabrication des tubes est achevée, ceux-ci sont acheminés vers une usine d'application de revêtement. De la même manière que pour les tubes, les revêtements respectent la spécification technique TS-C4Gas-COAT0 v2.0 « spécification relative aux revêtements externes 3 couches à base de polyéthylène ou polypropylène extrudé pour tubes en acier – Exigences communes » basée sur la norme NF EN ISO 21809-1.

Cette spécification définit principalement :

- le processus de qualification des lignes de production et des systèmes de revêtement appliqués,
- les caractéristiques techniques exigées sur les revêtements appliqués,
- les conditions de mise en œuvre et les contrôles qualité à réaliser en suivi de production,
- les types de défauts à réparer ainsi que les produits de réparation associés,
- le marquage des tubes,
- les conditions de manutention, transport et de stockage des tubes revêtus,
- la documentation à fournir en fin de fabrication.

Les exigences du Distributeur concernent principalement les caractéristiques suivantes :

- préparation de surface,
- épaisseur, aspect, absence de porosité électrique, imperméabilité (électrique et aux espèces ioniques),
- adhérence sur l'acier,
- résistance aux chocs, à l'abrasion, à la pénétration sous charge par poinçonnement, à l'allongement, aptitude au cintrage, stabilité chimique et thermique, résistance au décollement sous polarisation négative,
- tenue à la température de service.

Comme pour les tubes, tout fabricant de revêtement qui souhaite travailler pour le Distributeur doit soumettre son unité de production à la qualification de C4Gas. Cette procédure de qualification C4Gas permet au Distributeur de s'assurer que le fournisseur dispose des capacités techniques lui permettant de fournir un produit de qualité élevée et constante.

4.2.1.4 Dimensions

Les calibres utilisés pour les canalisations réseaux et branchements aciers, objets de la présente étude, sont en général les DN 50, 100, 150, 200, 250, et 300 dont les épaisseurs sont données dans le tableau ci-après.

Canalisations	Épaisseurs (mm)
DN ≤ 50	2,9
DN 80	3,2
DN 100	3,6
DN 150	4,2
DN 200	4,5
DN 250	5
DN ≥ 300	5,6

Nota : L'article 6 de l'arrêté du 5 mars 2014 définit des coefficients de sécurité en fonction de la densité d'occupation du sol, utilisés pour le dimensionnement à la pression des tronçons de canalisation. Il est à noter qu'avant l'entrée en application de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié, le distributeur a retenu le coefficient de sécurité minimal C comme étant applicable à ses ouvrages « à hautes caractéristiques », au titre de l'arrêté du 11 mai 1970. Ce coefficient de sécurité C, compatible avec les zones urbaines, est le plus exigeant. Depuis l'entrée en vigueur de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié, les dispositions applicables aux canalisations de PMS supérieure à 16 bar (produit pression x diamètre supérieur ou égal à 1500) sont équivalentes à celles d'un coefficient C.

4.2.2 Conditions de pose

La pose d'une canalisation de distribution de gaz se réalise par opérations successives. Chaque opération est exécutée par une équipe spécifique et les diverses équipes se succèdent d'un bout à l'autre de l'ouvrage en fonction des contraintes techniques rencontrées et des autorisations accordées par les gestionnaires de voiries. Les travaux exécutés sont principalement :

4.2.2.1 Fourniture des matériels, tubes, raccords et accessoires

De même que les outillages spécifiques nécessaires à leur bonne mise en œuvre, tous les matériels font l'objet d'une validation par le distributeur.

4.2.2.2 Transport des matériels du lieu de stockage jusqu'au lieu d'utilisation

La manutention et le stockage des matériels, notamment des tubes acier qui ont des masses importantes, nécessitent des moyens et des précautions adaptés qui sont spécifiés dans des éléments de doctrine interne. Les revêtements des tubes font l'objet de dispositions particulières visant à éviter toute détérioration, y compris sur chantier.

4.2.2.3 Fouilles et travaux de génie civil

Le tracé est aussi rectiligne que possible, et prend en compte l'environnement, la nature du sol et les influences externes prévisibles. Les matériaux du sol sont retirés avec soin. Le cas échéant les matériaux destinés à être réemployés, si cela est rendu possible, sont laissés dans un état tel qu'ils pourront être récupérés lors de la réfection du revêtement. Le fond de fouille est garni d'un matériau meuble, et des précautions sont prises pour assurer un assainissement suffisant des fouilles avant la descente de la tuyauterie. Pour les ouvrages considérés dans le cadre du présent document, la hauteur de couverture minimale à la pose lors de la construction est de 0,80 m pour les ouvrages antérieurs au 5 mars 2018 et de 1 m pour les ouvrages réalisés à compter du 5 mars 2018 (article 25-1 de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié par l'article 30 de l'arrêté du 23 février 2018), sauf en cas de difficultés techniques, notamment dans le cas de terrassement dans le rocher ou d'encombrement important du sous-sol. Si la nature du sous-sol ne permet pas, ponctuellement, de respecter les profondeurs minimales lors des travaux de construction, des protections particulières sont mises en place (en général sous forme de tôles d'acier de 20 mm d'épaisseur ou de plaques PE de 15 mm d'épaisseur). Au droit des soudures à effectuer en position au fond des fouilles sont établies des niches pour permettre l'exécution correcte et la vérification facile des soudures.

4.2.2.4 Assemblage des tubes et des pièces de forme

La mise en œuvre des composants de la canalisation est exécutée en application des normes et spécifications de référence. Les changements de direction peuvent être obtenus, suivant les dimensions respectives du rayon de cintrage et du diamètre du tube :

- soit par cintrage du tube à froid sur le terrain ;
- soit par utilisation de coudes fabriqués en usine ;
- soit par pose en flexion.

Les assemblages par brides sont réservés aux assemblages hors sol. Concernant les opérations de soudage, toute soudure sur ouvrage acier est exécutée en application d'un descriptif de mode opératoire de soudage (DMOS) associé à un mode opératoire de soudage qualifié (QMOS) par du personnel qualifié par un organisme accrédité à cet effet. Les soudures sont exécutées en bout à bout, le soudage ne peut se faire qu'avec le procédé « arc électrode enrobée » ou avec le procédé TIG (procédé avec électrode réfractaire en tungstène sous atmosphère inerte).

Les soudures sont contrôlées conformément aux dispositions de l'arrêté du 5 mars 2014 modifié.

Le revêtement des surfaces des soudures réalisées sur le chantier est exécuté en conformité avec les règles de l'art : surface des tubes et des raccords soigneusement brossée, revêtement adjacent dépoli et débarrassé des salissures éventuelles, conduite parfaitement sèche, bandes anticorrosion validées par le

distributeur et adaptées au type de matériel à protéger. La qualité du revêtement est vérifiée sur l'ensemble de l'ouvrage par un essai d'isolement. Le réglage de 5 kV à 15 kV est fonction du type de revêtement.

4.2.2.5 Descente en fouilles et protections

La descente d'un tronçon à son emplacement définitif ne peut être effectuée que si le fond de la tranchée est convenablement préparé et propre, les parois de la tranchée sont sans aspérités, le revêtement est en bon état et a été vérifié. Une protection est mise en place en fond de tranchée (sable et protection anti-roche éventuelle). La canalisation en place est recouverte, à l'issue de l'essai de résistance de chaque tronçon, d'un premier remblai de faible granulométrie pour ne pas endommager la canalisation de 0,30 m d'épaisseur au-dessus de la conduite, compacté, sur lequel, au moment du remblaiement définitif, est posé un grillage avertisseur jaune systématiquement (depuis septembre 1994). Ce dispositif avertisseur n'est pas présent dans le cas d'ouvrage « tubés » ou posés par des techniques de travaux sans tranchée.

En outre, divers points (croisement d'ouvrages, proximité d'un réseau de chauffage, d'un égout industriel, d'un câble électrique, d'un arbre) font l'objet, selon les normes en vigueur, de protections de type fourreaux (PVC annelé ou rigide, acier, fonte, béton armé ou autre composite dur et résistant). Les canalisations en acier font également l'objet d'une protection contre la corrosion (voir ci-après).

4.2.2.6 Contrôles avant mise en service

Les réseaux sont soumis, après descente en fouille :

- à un essai de résistance mécanique (à l'eau, à une pression au moins égale en tous points de l'ouvrage à 1,5 fois la pression maximale de service durant 2 h) ;
- à un essai général d'étanchéité avant la mise en service de l'ouvrage. Cet essai est généralement réalisé soit à l'eau (à une pression au moins égale à la pression maximale de service et au plus égale à la pression d'épreuve de résistance, pendant un temps fonction du volume du tronçon à essayer 1 heure ou 24 heures), soit en gaz (à une pression relative de 6 bar, pendant 8 jours).

4.2.2.7 Pistonnage et séchage des conduites

Après les essais hydrauliques, les canalisations sont vidangées et pistonnées : sauf dans le cas des extensions de très faible longueur, le pistonnage des nouvelles conduites est systématique et effectué sur toutes les antennes, avec des pistons cylindriques basse densité (30 à 45 kg/m³). Cette opération vise à garantir l'élimination et/ou l'étalement de l'eau liquide, présente sous forme de flaque dans les canalisations, elle est répétée jusqu'à ce que l'essorage du piston ne donne plus d'eau.

Les canalisations sont ensuite asséchées en règle générale par un balayage à l'air sec. Un contrôle final permet de vérifier qu'il ne subsiste pas d'humidité résiduelle.

4.2.2.8 Remblai

A l'issue des travaux, au-delà du premier remblai et du grillage avertisseur jaune (voir ci-dessus), les couches supérieures sont réalisées conformément aux dispositions en vigueur sur le compactage des remblais de tranchées de largeur supérieure ou égale à 30 cm (qui définissent notamment l'épaisseur

maximale des couches, la vitesse et le nombre de passes à respecter en fonction du matériau utilisé (terre extraite ou matériau d'apport), de son degré d'humidification et du matériel de compactage disponible). Après remblayage il y a lieu de procéder aux mesures d'isolement de la conduite qui contribuent à la réception de l'ouvrage. Les réfections des surfaces sous leur forme définitive sont effectuées en accord avec les responsables de voirie.

4.2.3 Ouvrages associés

Les ouvrages associés à la canalisation de distribution de gaz naturel sont principalement :

- les organes de coupure et les points de purge. Ces ouvrages décrits au paragraphe 4.2.3.1 sont assimilés à la canalisation enterrée et non à des installations annexes ;
- les postes de détente de réseau ;
- les postes d'injection de biométhane.

4.2.3.1 Les organes de coupure et points de purge

Les moyens de sectionnement utilisables, leur position et leurs modes opératoires sont, aux termes de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié (article 14) et du cahier des charges associé RSDG 6 « Organes de coupure et sectionnement des réseaux » du 30 juin 2003, déterminés par l'opérateur de réseau sous sa propre responsabilité, sous réserve de pouvoir limiter ou supprimer très rapidement le débit de gaz. Pour faciliter la mise hors de danger, des dispositifs de décompression (robinets de décompression, piquages de décompression, ...) sont installés de manière à pouvoir vidanger rapidement un tronçon après son isolement.

Sur les ouvrages considérés, les organes de coupure et dispositifs de décompression sont placés autant que possible à proximité immédiate l'un de l'autre, en respectant les conditions :

- accessibilité et possibilité de décompression sans risque pour l'environnement ;
- intervalle maximal, entre deux organes de coupure, de l'ordre de 3 à 7 km.

Selon les conditions locales d'exploitation, les robinets sont placés dans des regards enterrés.

Le REX des distributeurs sur la période 2000-2016 n'identifie aucun incident avec une fuite significative sur les organes de coupure enterrés des ouvrages à hautes caractéristiques. Les micro-fuites détectées lors des opérations de surveillance et de maintenance ne sont pas prises en comptes dans le retour d'expérience car elles ne génèrent pas de situations à risque pouvant engendrer des phénomènes dangereux avec des effets létaux sur les personnes.

Les organes de coupures sont placés dans des regards enterrés. Ils bénéficient de la protection contre les dommages que leur procure le regard (élément visuel, et protection mécanique). En outre, le distributeur planifie la visite régulière de ces organes de coupure pour s'assurer de leur bon fonctionnement. Des vérifications de l'état du robinet et de l'absence de défaut d'étanchéité sont réalisées lors de cette maintenance. Les facteurs de risques pouvant générer des phénomènes dangereux et les effets d'une inflammation éventuelle étant similaires au cas du tracé courant enterré, ces organes de coupure ne font pas l'objet d'une analyse de risque spécifique et sont assimilés à la canalisation enterrée.

Les points de purges sont constitués d'éléments de canalisation enterrés jusqu'à un regard mettant à disposition la possibilité de raccorder un appareil de purge. Il s'agit donc d'une canalisation enterrée, traitée comme telle pour la réalisation de l'étude de danger.

4.2.3.2 Les postes de détente de distribution publique

En régime normal d'exploitation des canalisations de distribution considérées dans le présent document, la pression du gaz naturel dans la canalisation à hautes caractéristiques se situe entre 10 bar et 25 bar. Il est nécessaire d'abaisser la pression du gaz avant de le livrer au réseau secondaire de distribution sous une pression maximale de service de 4 bar (MPB). Les postes de détente réseau de distribution publique remplissent cette mission. Ils comportent l'ensemble des dispositifs permettant d'assurer la sécurité du réseau aval.

4.2.3.3 Les postes d'injection de Biométhane

Les postes d'injection sont des installations annexes, exploitées par le distributeur, qui permettent d'injecter le gaz produit par un producteur de biométhane dans le réseau de distribution.

La terminaison amont de l'ouvrage de distribution étudié dans l'étude de danger est, poste inclus, à la dernière bride du poste d'injection, lorsque celui-ci est démontable ou, dans le cas contraire, après le dernier organe d'isolement du poste d'injection.

4.2.3.4 Matériel utilisé pour les ouvrages associés

L'ensemble des ouvrages associés (organes de coupure, dispositifs de décompression, postes de détente de réseau, poste d'injection de biométhane) sont constitués principalement d'appareils : robinets, régulateurs de pression ou de débit, dispositif de sécurité (vannes de sécurité) et de tuyauterie composée de tubes et de pièces de forme chaudronnées.

La conception et la construction de ces ouvrages respectent les prescriptions réglementaires en vigueur au moment de leur construction.

Pour chaque type d'ouvrage, le Distributeur a élaboré des spécifications techniques définissant les exigences applicables. Ces exigences concernent principalement :

- les matériaux utilisés pour la fabrication des appareils et pour la boulonnerie utilisée ;
- les procédés de soudage utilisés et la qualification du personnel soudeur ;
- les caractéristiques du raccordement retenu ;
- le dimensionnement des appareils ;
- le fonctionnement des appareils ;
- l'aspect du matériel ;
- les contrôles et essais en cours de fabrication et sur le produit fini, le marquage et le conditionnement, les documents remis par le fournisseur.

De plus, comme pour la fourniture des tubes, le Distributeur a mis en place une procédure de qualification des fournisseurs afin de s'assurer que ces spécifications techniques sont appliquées et que le fournisseur a la capacité de garantir un niveau de qualité élevé et constant. Un fournisseur devra donc faire agréer son unité de production et accepter de se soumettre à des audits de son système de production.

4.2.4 Protection contre la corrosion

La lutte contre la corrosion consiste à prévenir les circonstances favorables au développement d'une réaction de corrosion. Les dispositions prises par le Distributeur sont une déclinaison des prescriptions de la norme européenne NF EN 12954 concernant la protection cathodique des structures métalliques enterrées ou immergées et normes associées (EN 13509 sur les techniques de mesures applicables en protection cathodique et NF EN 50162 sur la protection contre la corrosion due aux courants vagabonds en provenance des systèmes à courant continu). Conformément aux exigences du cahier des charges RSDG 13.1 annexé à l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié, la mise en œuvre de ces dispositions est régulièrement inspectée par un organisme accrédité. Les écarts constatés par rapport aux référentiels sont formalisés lors des inspections, par des non conformités. Les dispositions sont les suivantes :

- une protection « passive » de la canalisation par application sur celle-ci d'un revêtement externe qui isole le métal du milieu ambiant. Les revêtements utilisés ont subi avec succès la procédure de qualification de C4Gas ;
- une protection « active » qui permet de prévenir les réactions de corrosion provoquées par le milieu environnant sur les parties enterrées de l'ouvrage par la mise en œuvre de la « protection cathodique » qui consiste à abaisser artificiellement le potentiel électrochimique du métal à une valeur inférieure au seuil de corrosion (-850 mV) de telle sorte qu'aucune réaction d'oxydation ne puisse se développer ;
- des câbles soudés à la canalisation appelés "prises de potentiel" sont implantés à intervalles réguliers le long du tracé et permettent à l'exploitant de mesurer le potentiel de l'ouvrage. Ces mesures permettent durant toute la vie de l'ouvrage de s'assurer de l'efficacité du dispositif de protection cathodique ;
- dans le cas particulier d'une installation aérienne, la lutte contre la corrosion est assurée par une peinture agréée pour les parties en contact avec l'air. Les canalisations reposent sur des supports isolants destinés à éviter tout contact entre la conduite et la partie métallique du support. Ces supports isolants sont conçus pour avoir une tenue en tension d'au moins 5 kV et être démontables.

4.2.5 Signalisation et repérage du tracé

Dans le cadre des actions de prévention des dommages aux ouvrages, les réseaux MPC exploités par le Distributeur sont repérés en surface par des bornes et/ou des plaques de signalisation, prioritairement dans les environnements les plus sensibles (zones de population agglomérée, tronçons d'ouvrages à une profondeur inférieure aux règles précitées).

4.2.6 Points singuliers

Sous réserve de l'analyse technico-économique, les franchissements d'obstacles sont réalisés généralement de manière souterraine, sous fourreau enterré ou au moyen d'une technique sans tranchée (forage dirigé, fonçage,...). Il peut être également envisagé d'emprunter un ouvrage d'art, soit par pose du tube dans un caniveau, soit en traversée aérienne.

Concernant plus particulièrement les franchissements de rivières, il peut également être envisagé une pose en souille, c'est-à-dire au fond du lit de la rivière.

Les traversées de rivières en souille et les passages le long d'ouvrages d'art et/ou en aérien sont des points singuliers.

4.3 Conditions d'exploitation de l'ouvrage

4.3.1 Organisation de l'exploitation

L'exploitation des canalisations de distribution est réalisée sous la responsabilité d'une entité opérationnelle du Distributeur.

Pour assurer cette mission, et conformément aux termes de l'article 17 de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié et au cahier des charges associé (RSDG 9), le Distributeur s'appuie sur :

- une structure d'Exploitation qui assure également le traitement des DICT (Déclarations d'Intention de Commencement de Travaux) et des DT (Déclaration de Projet de Travaux), puis le suivi des chantiers de tiers à proximité des ouvrages ;
- des équipes d'Intervention de Sécurité : mobilisables sans délai à tout moment pour assurer dans les délais les plus brefs la sécurité des personnes et des biens ;
- un système de réception d'appels par l'existence d'un numéro dédié rappelé périodiquement aux utilisateurs (à travers annuaires, affichages, imprimés, ...), et dont le Distributeur conserve les enregistrements pendant une durée minimale de 2 mois. Le traitement des appels est effectué par une personne physique, capable, notamment par sa formation, de déclencher à tout moment les moyens nécessaires pour assurer la sécurité et réaliser la mise hors danger.

4.3.2 Maintenance et Surveillance

Le Distributeur a en charge la maintenance et la surveillance des installations (réseau, organes de coupure, points singuliers, postes, installations de protection cathodique) sur le territoire correspondant.

Un programme annuel de maintenance et de surveillance, basé sur des gammes et des fréquences définies par le Distributeur, prévoit pour chaque installation les opérations qui doivent être réalisées, sur la base d'une évaluation des risques identifiés, d'une classification des ouvrages en fonction de ces risques et d'une périodicité affectée à chaque classe. Les programmes sont revus en fonction du retour d'expérience et des diagnostics posés, dans le cadre d'une boucle d'amélioration reposant sur une méthode d'optimisation de

la maintenance, basée sur la fiabilité des ouvrages conformément aux dispositions du cahier des charges RSDG 14 associé à l'arrêté du 13 Juillet 2000 modifié.

4.3.2.1 La canalisation

La surveillance des canalisations enterrées consiste en une recherche systématique de fuite terrestre, effectuée de préférence par le VSR (véhicule de surveillance de réseau) ou à pied. Conformément aux exigences réglementaires applicables (arrêté du 13 juillet 2000 modifié, et cahier des charges associé RSDG 14), cette surveillance est effectuée dans le cadre d'un programme de surveillance et de maintenance des ouvrages, élaboré de manière à couvrir l'ensemble du réseau avec une périodicité ne dépassant pas 4 ans. Les réseaux neufs doivent faire l'objet d'une surveillance de recherche systématique de fuite dans l'année suivant leur pose.

Les points singuliers font l'objet d'un programme de suivi spécifique, conformément aux dispositions du RSDG 14. Les procédures de maintenance associées sont décrites dans le plan de surveillance et de maintenance de l'opérateur.

4.3.2.2 Les ouvrages associés

Les organes de coupure

Le distributeur planifie la visite des organes de coupure en tenant compte notamment de l'environnement et du matériel en place conformément au cahier des charges RSDG 14. Il s'assure que les organes de coupure permettront d'interrompre l'alimentation des parties de réseau affectées par un incident, soit au cours d'opérations courantes d'exploitation, soit au cours d'une mise hors danger, en respectant les consignes établies, ce qui comprend :

- un dispositif permettant de localiser et d'identifier l'organe de coupure ;
- l'accessibilité de l'organe de coupure et sa manœuvrabilité.

Les postes de détente de réseau

Les modalités retenues par l'opérateur de distribution répondent aux prescriptions du RSDG 14 Il s'agit de vérifier :

- l'état d'encrassement des filtres ;
- les réglages et le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité ;
- le bon fonctionnement de la soupape de sécurité si elle existe ;
- le repérage, l'accessibilité et la manœuvrabilité de l'organe de coupure d'entrée ;
- l'installation électrique.

En fonction de la sensibilité définie, la visite de maintenance des postes de détente réseau de distribution publique est programmée de telle sorte que la périodicité de visite ne dépasse pas 4 ans.

4.3.3 Intervention de sécurité

L'organisation générale mise en œuvre par le Distributeur vise à répondre aux obligations réglementaires de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié, plus précisément son article 17, et le cahier des charges associé RSDG

9 qui précise les dispositions relatives aux « interventions de sécurité en cas d'incident ou d'accident mettant en cause la sécurité », dont les axes majeurs sont :

- Mettre à disposition du public un numéro d'appel spécialement dédié, accessible 24 heures sur 24, à partir duquel l'appelant doit être mis en communication avec une personne physique apte à prendre en charge son appel ;
- A partir d'un diagnostic préalable sur la base des informations communiquées, déclencher le niveau de secours approprié ;
- En particulier en cas de fuite sur un élément du réseau, intervenir directement sur place dans les délais les plus brefs pour prendre les premières mesures destinées à assurer la sécurité des personnes et des biens ;
- Assurer, dans le cadre de conventions préétablies, la coordination avec les Services Départementaux d'Incendie et de Secours incluant l'information du personnel de ces services sur le risque gaz.

Les missions, rôles et responsabilités des acteurs de l'exploitation font l'objet de spécifications internes décrites et commentées auprès des personnels concernés, qui reçoivent en outre la formation adaptée. Le contenu du rôle du Chef d'Exploitation et du salarié d'intervention de sécurité est notamment décrit, et est régulièrement actualisé pour tenir compte du retour d'expérience, de même que le rôle et la mission du salarié de dépannage. L'outillage nécessaire au salarié d'intervention de sécurité est précisé.

La synergie avec les opérateurs de transport gaz est importante, en particulier pour identifier et confirmer la présence d'une canalisation de transport dans la zone d'intervention.

Les différentes phases de l'intervention se décomposent de la manière suivante :

4.3.3.1 L'Accueil – Dépannage

La sûreté industrielle des ouvrages de distribution dépend notamment de l'efficacité des moyens d'intervention mis en œuvre, suite au signalement d'un dysfonctionnement sur les installations gaz.

L'inscription sur les postes, les immeubles collectifs et les bornes du numéro téléphonique d'alerte ainsi que sa mise à disposition dans les mairies, les annuaires et sur les factures des clients doit permettre à toute personne détectant un incident d'alerter rapidement le service Urgence Sécurité Gaz. En outre un numéro de téléphone spécifique est mis à la disposition des entreprises de Travaux Publics pour signaler les incidents sur les ouvrages de distribution de gaz exploités par le Distributeur.

De fait, l'alerte transite souvent par les Pompiers et la Gendarmerie qui disposent d'un numéro particulier qui en assure un traitement prioritaire.

Les missions du service « Urgence Sécurité Gaz » sont les suivantes :

- réceptionner en toute circonstance (24h/24) tout appel reçu au N° "sécurité dépannage gaz" ;
- réaliser le diagnostic précis de la situation, en donnant les consignes de sécurité adaptées dans l'attente de l'arrivée d'un intervenant ;
- déclencher, lorsqu'il y a lieu – dans les meilleurs délais – la procédure appropriée permettant l'intervention.

Le salarié récepteur a suivi un cursus de formation adapté au traitement des types de situations pouvant être rencontrées. Cette formation lui permet de fournir en toute sécurité des conseils au client, notamment pour l'aider à s'auto-protéger.

Le diagnostic effectué par le salarié récepteur de l'« Urgence Sécurité Gaz » permet, selon le cas, de :

- déclencher une intervention de sécurité ;
- déclencher une PGR (Procédure Gaz Renforcée) ;
- déclencher une intervention de dépannage ;
- réaliser sous certaines conditions un auto-dépannage à distance du client ;
- réorienter, le cas échéant, l'appel vers une autre entité en charge du traitement (Clientèle, Centre de réception des appels de l'opérateur distribution électricité, Services d'Incendie et de Secours, Opérateur Transport, ...).

4.3.3.2 L'Intervention de Sécurité (IS)

Un appel "pour intervention de sécurité" nécessite une intervention immédiate au titre de la sécurité des personnes et des biens, un déplacement et, si besoin, l'envoi de renforts par le Chef d'Exploitation.

Un salarié ne peut être chargé que d'une intervention de sécurité à la fois ; au-delà des disponibilités des salariés d'intervention sur un territoire donné, le Chef d'Exploitation décide de la stratégie d'intervention et des moyens à utiliser. Dans ce contexte, le choix d'une stratégie d'intervention pour interrompre le débit de gaz d'une fuite obéit à un principe général où la sécurité des personnes et des biens prévaut sur la continuité d'alimentation.

Le déclenchement de l'intervention de sécurité se fait par le centre de réception des appels du Distributeur.

Les missions du salarié d'Intervention de Sécurité sont les suivantes :

- se rendre immédiatement sur place dès réception de l'appel ;
- recueillir les informations nécessaires pour compléter le diagnostic et reconnaître la zone intéressée ;
- prendre les premières mesures de sécurité en liaison avec les autorités éventuellement présentes sur les lieux de l'incident. Il s'agira la plupart du temps d'établir un périmètre de sécurité permettant d'éloigner les personnes des zones présumées dangereuses et d'empêcher toute personne étrangère à l'intervention d'y pénétrer ;
- signaler sa présence dès l'arrivée et se mettre à la disposition des Services Départementaux d'Incendie et de Secours lorsque ceux-ci sont sur place ;
- effectuer la mise hors de danger dans les cas courants, soit par réparation provisoire ou définitive (si cela est compatible avec l'organisation de l'entité opérationnelle et si les compétences du salarié le permettent), soit par isolement de l'installation défectueuse ;
- rester sur place pour faire respecter le périmètre de sécurité et gérer l'attente de l'arrivée des moyens de renfort (en particulier en termes de communication pour éviter des gestes incontrôlés de l'entourage) dans les cas où une intervention technique complémentaire est nécessaire pour neutraliser la source du danger et dans les cas prévus dans les dispositions locales ;

- éliminer les risques potentiels qui subsisteraient et vérifier par tous les moyens à sa disposition que le risque est bien maîtrisé.

Dans le cas d'une PGR, c'est le Chef des Opérations de Secours du Service Départemental d'Incendie et de Secours qui est responsable de l'intervention et qui définit le périmètre de sécurité.

4.3.3.3 Cas des événements exceptionnels

L'élaboration d'un plan d'intervention pour faire face aux événements gaz exceptionnels, ainsi que la pratique régulière d'exercices font partie des exigences réglementaires qui découlent de l'article 17 "Dispositions générales pour la sécurité de l'exploitation" de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié, et de son cahier des charges d'application RSDG 9 " Intervention de Sécurité ".

Celui-ci stipule au § 6 "Cas des événements exceptionnels" :

Les événements exceptionnels dont le traitement dépasse les moyens habituellement dévolus à l'exploitation seront supputés et feront l'objet d'un plan d'intervention préétabli et régulièrement actualisé, mettant en jeu des solutions adaptées aux risques identifiés et faisant l'objet d'exercices périodiques pour le maintien en compétence des intervenants possibles.

De plus, le cahier des charges RSDG 9 prévoit que l'opérateur de réseau mette en place un système de suivi et de contrôle de la bonne application des dispositions préétablies. Les dispositions générales adoptées par le Distributeur pour anticiper et gérer les événements importants ou graves comportent notamment la mise en place d'un dispositif de gestion de crise qui inclut en particulier un plan de secours gaz.

Le plan de secours gaz permet aux acteurs d'exploitation concernés de prendre rapidement les mesures qui limiteront les répercussions, tant pour les personnes que pour les biens, d'un événement important concernant la distribution du gaz.

4.3.3.4 Organisation mise en place

Dans le cas des événements exceptionnels impactant le réseau de distribution, l'Exploitant peut :

- mettre en œuvre le dispositif de crise ;
- gérer les flux d'appels des tiers de la zone concernée ;
- etc.

Le déclenchement du plan de secours gaz s'accompagne de la mise en place d'une organisation spécifique qui se substitue, jusqu'à la levée du dispositif, à l'organisation normale de l'unité.

Une cellule de crise est chargée de piloter et de coordonner la mise en œuvre générale du dispositif de crise. Elle est chargée en particulier de la gestion de l'information et de la communication.

4.3.3.5 Processus

La gestion d'un événement grave gaz, qui amène à déclencher le dispositif de crise, peut s'analyser comme un processus dont l'opérateur de réseau recherche la maîtrise tout au long de son déroulement.

Les principales phases chronologiques mises en œuvre dans la gestion d'un événement grave gaz sont généralement les suivantes :

- réception, traitement des appels, intervention de sécurité et mise hors de danger ;
- diagnostic de la situation ;
- déclenchement du dispositif de secours gaz ;
- mise en place de l'organisation de secours gaz ;
- choix et mise en œuvre d'une stratégie d'intervention ;
- pilotage de la stratégie d'intervention retenue ;
- remise en gaz des réseaux et remise en service des clients ;
- levée du dispositif de crise.

De plus il est nécessaire de compléter la préparation des phases opérationnelles du processus par les actions suivantes :

- analyse des évènements et capitalisation du Retour d'Expérience ;
- contrôle périodique de l'efficacité du dispositif de gestion de crise.

Le rôle de chacun des intervenants, notamment du Chef d'Exploitation, fait l'objet de spécifications écrites et maintenues.

Le suivi, la mise à jour, le classement et l'archivage du plan de secours gaz sont organisés sous la responsabilité de l'Exploitant ainsi que le portage auprès des acteurs concernés.

4.3.4 Formation du personnel

L'arrêté du 13 juillet 2000 modifié portant règlement de sécurité de la distribution de gaz combustible par canalisations considère la compétence du personnel de l'opérateur de réseau comme un facteur essentiel pour la sécurité des personnes et des biens. Dans ce contexte, la formation est l'outil privilégié au service du maintien et du développement des compétences gazières.

Placée sous la responsabilité de la ligne managériale, la mise en œuvre des politiques de formation repose sur un dispositif complet et intégré visant à permettre, annuellement :

- d'identifier les compétences nécessaires à la bonne réalisation des activités ;
- de mettre en évidence les écarts entre ces compétences et les compétences réelles des salariés concernés ;
- de définir un plan de formation permettant la réduction des écarts jugés prioritaires ;
- de piloter sa mise en œuvre par l'intermédiaire d'un outil d'évaluation individuelle de compétence.

La professionnalisation englobe toutes les actions concourant au maintien et au développement du professionnalisme, de l'action de formation classique centralisée jusqu'à l'immersion ou le compagnonnage, en passant par la réunion d'information, les techniques de résolution de problème, la mise en situation, les exercices d'entraînement permettant de reconstituer les conditions du réel de l'exploitant pour l'acquisition encadrée des bons réflexes.

En matière de formation incident/incendie, les unités opérationnelles du Distributeur organisent périodiquement des exercices de simulation permettant le contrôle de l'efficacité du dispositif de secours gaz. Chaque exercice doit s'inscrire dans un processus d'amélioration continue avec :

- établissement d'un retour d'expérience formalisé ;
- élaboration, mise en œuvre et suivi d'un plan d'actions d'amélioration .

La finalité de ces exercices est de préparer tous les acteurs potentiels à la gestion d'événements graves gaz par une appropriation collective du dispositif de crise et l'acquisition et/ou le maintien de comportements adéquats. Des formations-actions adaptées peuvent contribuer à remplir ces objectifs.

Ces exercices sont réalisés, dans la mesure du possible, en association avec les opérateurs transport et les Services Départementaux d'Incendie et de Secours, ainsi qu'avec des distributeurs limitrophes, afin de tester la coordination et le respect des conventions existantes (voir aussi 4.4.1 ci-après).

4.4 Actions d'information des tiers

4.4.1 Information des mairies et organismes publics

Pour chacune des communes concernées par les canalisations de distribution de gaz naturel, sont déposées dans le Guichet Unique rattaché à l'INERIS, en conformité avec les articles R. 554-4 à 9 du code de l'environnement:

- les coordonnées des exploitants du Distributeur pouvant recevoir et traiter les DT et les DICT, ainsi que l'organisme à contacter en cas d'urgence ;
- les zones d'implantation des ouvrages gaz.

Par ailleurs, le Distributeur établit au niveau départemental des conventions avec les Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS), à vocation opérationnelle, destinées à définir les missions respectives des sapeurs-pompiers et des salariés du Distributeur en cas d'incident mettant en cause le gaz distribué par les ouvrages en vue de faciliter la mise en œuvre des mesures de sécurité.

Ces conventions décrivent les responsabilités incombant aux différents acteurs, en fonction des divers types de situations rencontrées et du mode d'alerte, ainsi que les organes de sécurité pouvant être manœuvrés par les forces des SDIS en cas de besoin. Elles prévoient l'organisation de sessions de formation au profit des Centres d'Incendie et de Secours, et les divers échanges d'information nécessaires, notamment pour ce qui concerne les organisations et moyens disponibles de part et d'autre.

4.4.2 Travaux au voisinage de l'ouvrage

La réglementation (articles L. 554-1 et s. et R. 554-1 et s. du code de l'environnement) fait obligation, à toute personne qui se propose d'effectuer des travaux à proximité de la canalisation, de déclarer à l'exploitant de réseau la nature de ces travaux (y compris pour les travaux de génie rural comme le drainage et le sous-solage).

Dès la phase de projet, l'ensemble des mesures fixées par cette réglementation (consultation obligatoire du guichet unique, déclaration préalable de travaux, déclarations d'intention de commencement de travaux, récépissés,...) vise à favoriser l'échange d'informations entre les différents acteurs dans des délais raisonnables préalablement à la réalisation des travaux.

Toute personne, par la consultation du guichet unique, peut connaître l'existence de canalisations de distribution sur le territoire de la commune où elle envisage des travaux. Ce service permet également de connaître les coordonnées des exploitants du Distributeur responsables de cette partie du réseau.

La consultation obligatoire du guichet unique, préalablement aux travaux et mis à disposition gratuitement au déclarant, par internet, et des données figurant dans ce guichet (www.reseaux-et-canalisation.gouv.fr) permet la bonne diffusion de ces procédures auprès des collectivités locales, des entreprises locales et des particuliers et assure la bonne efficacité de ces procédures DT/DICT. Dans cet esprit, le Distributeur a mis en place au cours des dernières années, plusieurs actions de formation et de sensibilisation, destinées à accompagner les entreprises et les collectivités locales dans leur appropriation des règles indispensables à la bonne conduite des travaux à proximité des ouvrages de distribution de gaz.

En outre, afin de tenir compte de l'environnement du chantier et des techniques de chantier utilisées par rapport aux risques potentiels encourus, divers types de travaux et de réseaux gaz sont considérés comme relevant d'une procédure de vigilance renforcée lors d'intervention dans leur voisinage (réunion préalable avec l'entreprise, repérage de l'ouvrage, etc.). Une réunion préalable d'information et de localisation des ouvrages est obligatoire (article 7 de l'arrêté du 15 février 2012 modifié) dès lors que les ouvrages gaz sont cartographiés en classe de précision B ou C, et pour les projets de travaux déclarés suivants :

- chantiers à proximité de réseaux MPC ;
- chantiers comportant des travaux sans tranchée ;
- chantiers situés en zone urbaine dense difficile d'accès.

5 PRÉSENTATION DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

L'analyse du retour d'expérience permet d'identifier les principales sources de dangers et les fréquences des incidents. L'analyse repose sur les données des distributeurs lorsqu'elles sont suffisamment représentatives.

5.1 Présentation des bases de données Distributeurs

■ CANALISATIONS :

A des fins d'analyse des incidents, les distributeurs (GRDF et les Entreprises Locales de Distribution (ELD) membres du SPEGNN (Syndicat Professionnel des Entreprises Gazières Non Nationalisées)) disposent

d'une base de données recensant notamment les incidents survenus depuis 2000 sur les canalisations du réseau de distribution de gaz naturel qu'ils exploitent.

En effet, ils ont réalisé l'évaluation du Retour d'Expérience (REX) des incidents.

Afin de pouvoir disposer d'une base de données suffisamment solide, le périmètre de l'analyse du REX distribution couvre l'ensemble des canalisations dites à « hautes caractéristiques » objet de la présente spécification Etude de Danger (PMS > 16 bar, ou PMS > 10 bar et DN > 200). Certains ouvrages initialement « hautes caractéristiques » ont vu leur PMS évoluer sur décision du Distributeur, sortant ainsi du périmètre considéré. Toutefois, les dispositions constructives et d'exploitation de ces ouvrages étant identiques sur la période du REX considéré, il est pertinent de conserver dans le REX les incidents associés.

La totalité du réseau considéré, exploité par l'ensemble de ces distributeurs (GRDF + ELD) représente une exposition totale, sur la période 2000-2016, de 50 642 km.an.

■ INSTALLATIONS ANNEXES :

Pour le distributeur, les installations annexes sont les postes de détente réseau dont les canalisations amont et/ou aval ont des caractéristiques supérieures aux seuils définissant les ouvrages hautes caractéristiques (PMS > 16 bar ou PMS > 10 bar et DN > 200), et les postes d'injection de biométhane dépassant ces mêmes seuils.

Le retour d'expérience des installations annexes est construit en couvrant le périmètre des postes de détente réseau des distributeurs qui entrent dans le périmètre des ouvrages dits à « hautes caractéristiques ». Comme pour les canalisations, certains ouvrages initialement « hautes caractéristiques » ont vu leur PMS évoluer sur décision du Distributeur, sortant ainsi du périmètre considéré. Toutefois, les dispositions constructives et d'exploitation de ces ouvrages étant identiques sur la période du REX considéré, il est pertinent de conserver dans le REX les incidents associés.

Avec l'apparition de nouveaux outils en 2012, les bases des données postérieures à cette date permettent un retour d'expérience plus complet sur les incidents, en tenant compte des fuites significatives constatées sur les installations y compris lors des opérations de maintenance ou de surveillance. Ainsi, le retour d'expérience présenté est construit sur la période 2012-2017.

Les installations annexes sont inspectées lors d'un programme de maintenance périodique. Les micro-fuites détectées sur les installations lors des opérations de surveillance et de maintenance ne sont pas considérées dans le retour d'expérience car elles n'engendrent pas de situation à risque.

La totalité des installations considérées, exploitées par l'ensemble de ces distributeurs (GRDF + ELD) représente une exposition totale, sur la période 2012-2017, de 7068 postes.an

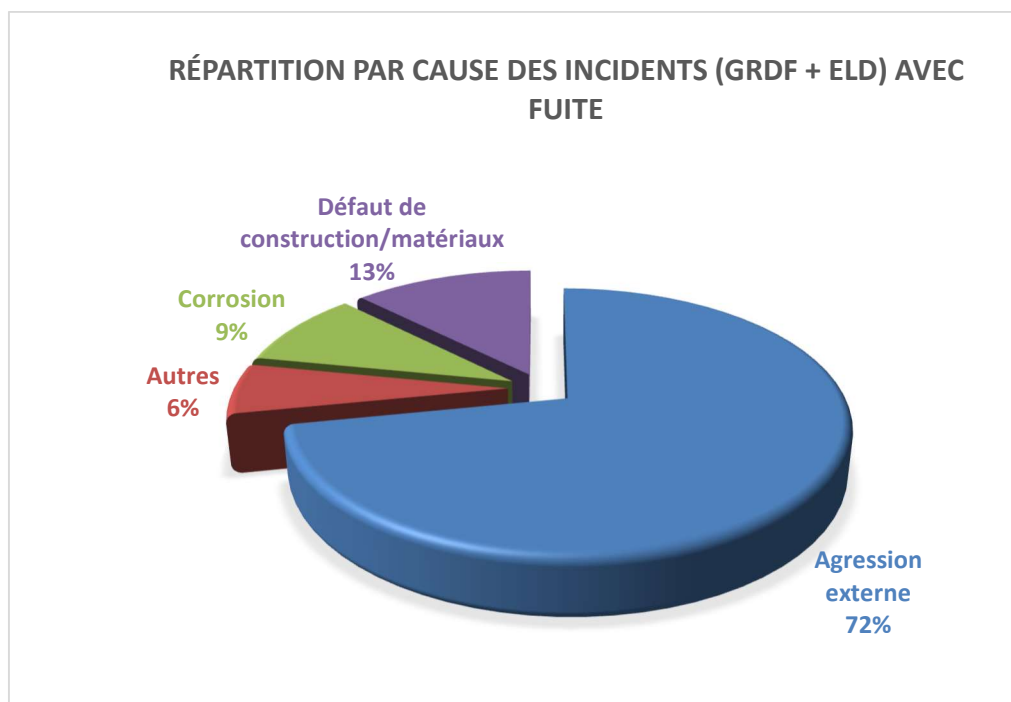
Nota : les organes de coupure et les points de purge décrits au paragraphe 4.2.3.1 sont assimilés à la canalisation enterrée et ne sont pas traités comme des installations annexes.

Nota : Les postes de livraison sont hors du périmètre de la présente spécification. Ils sont traités le cas échéant par le distributeur, qui pourra utiliser la même analyse de risque que celle présentée dans cette spécification pour les postes de détente.

5.2 Analyse des incidents constatés sur le réseau de distribution

5.2.1 Canalisations

Le retour d'expérience des incidents majeurs constatés entre 2000 et 2016 sur des canalisations de distribution de gaz en France fait apparaître un total de 32 évènements répartis selon la cause de l'incident de la manière suivante :

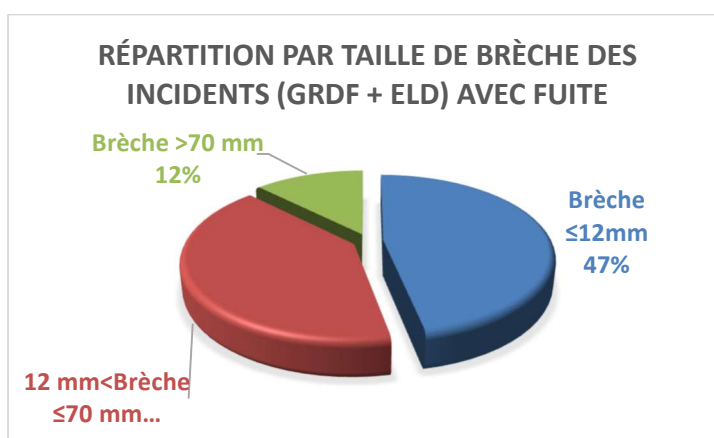


Les surfaces des brèches associées à ces incidents sont variables. Considérant 3 plages de taille de brèches, la répartition observée est la suivante :

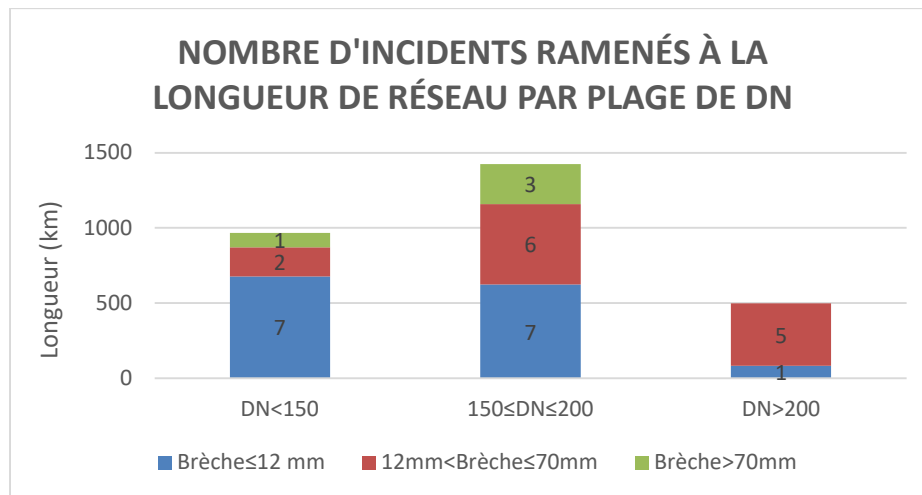
- Petite brèche : Brèche dont la surface est inférieure à celle équivalente à un trou circulaire de 12 mm de diamètre ;
- Moyenne brèche : Brèche dont la surface est inférieure à celle équivalente à un trou circulaire de 70 mm de diamètre, mais supérieure à celle d'une petite brèche ;
- Rupture : au-delà de la moyenne brèche.

Phénomène dangereux	Causes	Nb d'incidents (REX 2000 / 2016)	%/Total
Rupture	Agressions externes	4	100%
Moyenne brèche	Agressions externes	13	100%
Petite Brèche	Défaut de Construction/matériaux	4	27%
	Corrosion	3	20%
	Autres	2	13%
	Agressions externes	6	40%
	Total Petite Brèche	15	100%
Toutes tailles de brèche	Agressions externes	23	72%
	Défaut de Construction/matériaux	4	13%
	Corrosion	3	9%
	Autres	2	6%
	Total général	32	100%

Tableau également présenté en chapitre 7 avec la présentation des brèches de référence et facteurs de risque associés



Les incidents observés se répartissent de la manière suivante selon la taille de brèche et par plage de diamètre nominal (DN) :



La fréquence d'occurrence des incidents est déterminée en divisant le nombre d'incidents survenus sur la période de REX (2000/2016), par le cumul des longueurs de canalisations exposées aux risques sur ces années. Le résultat obtenu est exprimé en nombre d'incident par kilomètre et par an.

Les valeurs des fréquences d'occurrence retenues par le Distributeur pour le linéaire sont présentées dans la partie 7.2.1 de ce document. Elles seront utilisées pour réaliser une analyse quantitative, dont la méthodologie est présentée dans la partie 7.

5.2.2 Installations annexes

Le retour d'expérience des incidents constatés sur les postes de détente réseau entre 2012 et 2017 compte 11 événements.

Parmi ces 11 incidents, aucun n'est dû à un choc mécanique. L'ensemble des incidents est lié à des défauts de matériels ou d'étanchéité des appareils ou des assemblages, provoquant alors une petite brèche inférieure à 5mm.

L'ensemble des sources de dangers ainsi que la méthodologie pour traiter les installations annexes sont présentés respectivement dans la partie 6 et dans la partie 7.6 de ce document.

6 SOURCES DE DANGERS : IDENTIFICATION, MESURES COMPENSATOIRES ASSOCIÉES

Les sources de dangers correspondant aux incidents survenant pendant la vie de l'ouvrage et pouvant conduire à une fuite de gaz à l'atmosphère, ont été scindées en différentes classes, en distinguant les dangers liés :

- au fluide ;
- à la qualité de l'ouvrage ;
- à l'interaction fluide / ouvrage ;
- à l'environnement naturel ;

- aux activités extérieures à l'ouvrage ;
- à l'exploitation.

Pour chacun de ces dangers, présentés ou subis par l'ouvrage, l'analyse consiste à :

- décrire les dangers en évaluant l'importance du risque ;
- présenter les incidents recensés à partir des informations disponibles ;
- exposer les mesures prises en phase de conception, de construction, de mise en service et d'exploitation afin de réduire la probabilité d'occurrence et/ou la gravité des conséquences potentielles du danger analysé.

6.1 Dangers relatifs au fluide : phénomène d'abrasion

6.1.1 La description du danger

Le gaz naturel est un gaz véhiculant très peu de corps étrangers. Cependant, à la suite des épreuves hydrauliques, une oxydation superficielle des parois se produit et des poussières d'oxydes de fer peuvent se détacher des parois des tubes sous l'action du frottement du gaz. Il est à noter que ce phénomène d'oxydation est stoppé dès que la canalisation est en service.

Le danger dû à la présence de poussières dans le gaz est lié à l'abrasion de certains organes du réseau de transport et de distribution tels que les robinets où la vitesse d'écoulement est particulièrement rapide. Cette abrasion peut ainsi entraîner une mauvaise étanchéité des robinets, ce qui ne permettrait plus d'isoler deux tronçons.

6.1.2 Le retour d'expérience

Aucune fuite à l'atmosphère due à ce phénomène n'a été constatée dans le retour d'expérience des distributeurs.

6.1.3 Les mesures

Le gaz naturel est filtré régulièrement dans les diverses installations du réseau de transport (stations de compression, stockages souterrains, points de livraison). De cette façon, les organes sensibles sont protégés contre l'abrasion.

Les mesures appropriées (filtrage, nettoyage des canalisations...) étant prises par l'opérateur de transport, le risque est considéré comme maîtrisé sur les réseaux distribution.

6.2 Dangers liés à la qualité de l'ouvrage

6.2.1 Fragilité

6.2.1.1 La description du danger

La fragilité d'un matériau se définit comme l'impossibilité de se déformer de façon appréciable sans provoquer sa rupture. Un matériau au comportement fragile est donc un matériau cassant. Un matériau est soit fragile de par sa nature de fabrication ou sa mise en œuvre soit rendu fragile par des conditions particulières d'emploi. Un ouvrage réalisé avec un matériau ayant un comportement fragile présente un risque de rupture soudaine.

6.2.1.2 Le retour d'expérience

Aucune fuite due à la fragilité n'a été enregistré dans le retour d'expérience des distributeurs.

6.2.1.3 Les mesures

Les mesures préventives contre le phénomène de fragilisation concernent les phases d'élaboration et de mise en œuvre de l'acier. Les spécifications techniques concernant les aciers utilisés pour la construction des canalisations (tubes et appareillages des installations annexes) et leur mise en œuvre prévoient ainsi :

- la limitation du taux de carbone et d'impuretés (soufre, phosphore, azote) car ces éléments sont fragilisants,
- l'emploi d'éléments d'addition (niobium, titane, vanadium), qui améliorent la résistance du matériau,
- des contrôles non destructifs permettant de détecter les défauts géométriques de surface qui pourraient favoriser le comportement fragile du matériau,
- l'opération de soudage des tubes est réalisée selon un mode opératoire préalablement qualifié par l'opérateur de réseau, pour lequel la vitesse de refroidissement du métal est contrôlée (un refroidissement trop rapide favorise la fragilisation),
- concernant l'aval d'un poste de détente, les matériaux doivent résister au phénomène de froid généré par la détente du gaz,
- les produits d'apport pour la réalisation de la soudure sont choisis de manière à ne pas introduire d'élément fragilisant. En particulier, la teneur en hydrogène des produits d'apport est contrôlée afin de ne pas favoriser la fragilisation à froid par l'hydrogène.

6.2.2 Résistance à la pression

6.2.2.1 La description du danger

De façon à pouvoir transporter des quantités importantes de gaz dans un volume réduit, le gaz est comprimé à des pressions qui sont qualifiées de moyennes dans le domaine industriel. La pression maximale en service est variable suivant les ouvrages. Pour les canalisations de distribution hautes

caractéristiques, objets de la présente étude, elle est strictement supérieure à 10 bar pour les gros diamètres ($DN > 200$) et strictement supérieure à 16 bar pour tous les DN, et inférieure ou égale à 25 bar.

Si la canalisation ou un ouvrage associé n'est pas capable de résister à la pression à laquelle il est soumis, une rupture avec perte de confinement du gaz peut survenir.

6.2.2.2 Le retour d'expérience

Aucune fuite due à une mauvaise résistance à la pression n'a été constatée sur le réseau de distribution à hautes caractéristiques.

6.2.2.3 Les mesures

Mesures prises à la conception

La pression interne engendre des contraintes dont le niveau est inférieur aux contraintes admissibles de l'ouvrage. Pour s'en assurer, les ouvrages sont conçus pour résister à des pressions supérieures à la Pression Maximale de Service.

Conformément aux spécifications techniques de sécurité définies dans l'annexe 1 du cahier des charges RSDG 1 associé à l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié, les dimensions des éléments tubulaires des ouvrages de distribution de gaz sont telles que la contrainte transversale supportée par le métal ne dépasse jamais une valeur maximale de $0,4 \times R_t 0,2$ (avec $R_t 0,2$: la limite d'élasticité minimale spécifiée à 0,2%).

Nota : un coefficient de sécurité minimal A, B et C est défini dans l'arrêté du 5 mars 2014 pour les ouvrages de transport de gaz. Ce coefficient impose d'augmenter l'épaisseur d'acier des tubes lorsque le nombre de personnes potentiellement impactées en cas d'incident augmente. Il est respectivement de 1,37, 1,67 ou 2,5.

Comparaison faite entre cette valeur et la définition du coefficient de sécurité, cela équivaut à un coefficient de sécurité pour les ouvrages de distribution de gaz naturel toujours supérieur à la définition du coefficient de sécurité minimal C du transporteur.

Mesures constructives

L'ensemble de l'ouvrage, éventuellement découpé en tronçons supporte, avant sa mise en service, une épreuve hydraulique dont la pression est supérieure à la Pression Maximale de Service.

Pour les canalisations de distribution MPC hautes caractéristiques, le Distributeur effectue des essais avant la mise en exploitation de l'ouvrage, en application des dispositions du cahier des charges RSDG 1 « Règles techniques et essais des canalisations de distribution de gaz » associé à l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié.

6.2.3 Fatigue des matériaux

6.2.3.1 La description du danger

Un ouvrage soumis à des efforts variables liés à des fluctuations de pressions au cours du temps peut subir un phénomène de fatigue dont l'acuité dépend de la nature du matériau, des conditions de mise en œuvre et des conditions d'utilisation. Le phénomène de fatigue peut entraîner un endommagement progressif de l'ouvrage suivi à terme d'une rupture.

6.2.3.2 Le retour d'expérience

Aucune fuite due à la fatigue des matériaux n'a été enregistré dans le retour d'expérience des distributeurs sur des canalisations de distribution MPC à hautes caractéristiques.

6.2.3.3 Les mesures

Mesures constructives

Des mesures préventives pour améliorer la tenue à l'endommagement progressif de l'ouvrage sont prises à plusieurs niveaux :

- lors de la fabrication des tubes et appareils (éléments d'alliage, contrôles non destructifs, ...),
- lors de l'homologation des usines de fabrication de tubes, il est procédé à des essais de fatigue par pression alternée, suivis d'essais d'éclatement. Ces essais permettent d'assurer la bonne tenue du tube aux sollicitations,
- lors de l'homologation des usines de revêtement, les essais de qualification garantissent la résistance au vieillissement humide du système appliqué,
- lors des opérations de soudage sur chantier (choix du métal d'apport pour les soudures, critères stricts d'acceptation des défauts, ...).

Mesures prises en exploitation

Les niveaux et fréquences de sollicitations ne nécessitent pas d'adopter des dispositions particulières en exploitation.

Les mesures de surveillance sont considérées par les distributeurs comme de nature à identifier le risque éventuel et à le traiter dans le cadre de la maintenance préventive, dans le respect du cahier des charges RSDG 14 associé à l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié.

6.2.4 Défaut de matériaux

6.2.4.1 La description du danger

Les tubes et autres appareillages qui constituent l'ouvrage sont fabriqués en usine. Comme toute production industrielle, ils peuvent présenter des défauts et notamment le non-respect des spécifications techniques (composition, caractéristiques mécaniques, caractéristiques dimensionnelles,...).

Le non-respect des spécifications techniques risque d'affaiblir l'ouvrage notamment en diminuant sa résistance à la pression. A terme, cela peut conduire à un éclatement de la canalisation.

6.2.4.2 Le retour d'expérience

Sur les ouvrages enterrés, le REX des distributeurs sur la période 2000-2016 n'identifie pas d'incident de défaut de matériaux sur le réseau.

A noter, deux incidents liés à des défauts de matériaux concernent des points singuliers, il s'agit de défauts sur le système de support de canalisations aériennes sur des ouvrages d'art (voir le chapitre dédié aux points singuliers)

6.2.4.3 Les mesures

Qualification des matériels

Les distributeurs disposent d'une procédure de qualification des matériels utilisés pour la construction de ses ouvrages. Cette procédure concerne l'ensemble du matériel qui est soumis à la pression (tubes et leur protection, robinets, vannes de sécurité, régulateurs, soupapes, raccords isolants, etc.).

Elle a pour but de s'assurer que le fournisseur, qui respecte les normes européennes, en particulier pour les installations annexes la norme NF EN 12186 « Postes de détente-régulation de pression de gaz pour le transport et la distribution », a les capacités nécessaires pour fournir un produit répondant aux spécifications techniques imposées.

Cette procédure comprend :

- la constitution d'un dossier technique de référence (description détaillée du matériel proposé),
- une visite technique sur les lieux de fabrication afin d'évaluer l'outil de production,
- des essais en laboratoire sur des produits fabriqués par les fournisseurs,
- une évaluation des dispositions prises par le fournisseur en matière d'assurance de la qualité.

Au vu de l'ensemble de ces éléments, les distributeurs prononcent ou non la qualification du matériel (autorisation d'emploi).

Essais et contrôles

La qualification d'un matériel ne dispense pas son fournisseur d'effectuer les essais et contrôles réguliers sur sa production. Différents essais sont réalisés, en cours de fabrication et sur des produits finis afin de s'assurer que les produits répondent aux spécifications techniques.

- Les supports de canalisations aériennes

Pour prévenir ce risque, les traversées aériennes en acier objet de cette étude de danger font l'objet, dans le cadre d'un programme de maintenance, d'une révision tous les deux ans afin de vérifier, conformément aux prescriptions du RSDG 14, l'état du système de supportage (cf. paragraphe 7.5.2)

6.2.5 Défauts de construction

6.2.5.1 La description du danger

Tout comme la fabrication des tubes, leur soudage bout à bout sur chantier est une opération industrielle qui peut présenter des imperfections dans sa conception et sa réalisation. Une soudure incorrecte peut être le siège de contraintes mécaniques excessives dans l'acier risquant de créer une fissure qui peut entraîner la rupture de la canalisation. Le même phénomène de concentration de contraintes mécaniques dans l'acier peut s'observer en cas de défaut de supportage d'ouvrage.

6.2.5.2 Le retour d'expérience

Deux perforations limitées (de l'ordre de 1mm) ont été constatées dans le REX des distributeurs sur la période 2000-2016 suite à un défaut de construction.

6.2.5.3 Les mesures

L'ensemble des opérations de soudage des canalisations de distribution de gaz naturel est régi par les dispositions prévues par l'arrêté du 5 mars 2014 modifié.

6.3 Dangers liés à l'environnement naturel

Cette analyse vise à recenser l'ensemble des risques susceptibles d'être engendrés par le comportement en situation normale ou anormale de l'environnement naturel proche des ouvrages de distribution MPC. Pour chacun des dangers, les mesures de conception, d'équipement et d'exploitation visant à réduire la probabilité d'occurrence et les conséquences de ce danger sont exposées.

6.3.1 La nature du proche sous-sol

6.3.1.1 La description du danger

La nature du proche sous-sol est un élément important pour la conservation des ouvrages enterrés principalement constitués de tubes en acier revêtus.

Il existe deux sortes de configurations qui sont susceptibles de réduire la durée de vie de la canalisation :

- les terrains rocheux,
- les terrains marécageux et humides.

En terrains rocheux, le danger est l'endommagement des tubes par enfoncement, en présence de fond de fouille mal égalisé, ou bien la détérioration du revêtement par arrachage ou poinçonnement.

L'enfoncement peut conduire, par phénomène de fatigue, à la réduction de la durée de vie de la canalisation. La détérioration du revêtement diminue l'efficacité de la protection passive et peut, dans certaines circonstances, aboutir à une corrosion externe du tube si, en outre, la protection cathodique n'est pas suffisante au niveau du défaut.

En terrains marécageux ou humides, le premier danger induit est dû au phénomène de remontée de la canalisation par la poussée d'Archimède. Cette remontée réduit la hauteur de couverture de la canalisation et augmente donc les risques d'atteinte par des engins susceptibles de travailler au-dessus. Ce phénomène augmente également le niveau de contraintes auquel est soumise la canalisation. Le deuxième danger est celui de la corrosion de la canalisation du fait de la forte humidité du terrain.

6.3.1.2 Le retour d'expérience

Le REX des distributeurs n'a identifié aucun incident de ce type.

6.3.1.3 Les mesures

Mesures constructives

En cas de présence de terrains rocheux, des protections de la canalisation sont mises en œuvre systématiquement (sable, protection mécanique par un revêtement géotextile isolant et imputrescible)

sous le contrôle du Distributeur. Celles-ci protègent à la fois le tube et le revêtement des atteintes des rochers. Les gros blocs sont retirés et un concassage peut être effectué. Lorsque le concassage n'est pas effectué, le remblai est réalisé avec des matériaux d'apport et non pas avec les matériaux dégagés lors de la réalisation de la tranchée.

En terrain humide ou marécageux, le poids et la structure du remblai suffisent généralement à compenser la poussée d'Archimède.

Le revêtement extérieur associé au dispositif de protection cathodique mis en place permet d'éviter les réactions de corrosion de la canalisation, même dans les terrains très humides.

Mesures prises en exploitation

Les éventuels défauts de revêtement sont compensés par la protection cathodique.

6.3.2 La végétation

6.3.2.1 La description du danger

Le principal danger provient des racines profondes qui peuvent détériorer le revêtement des tubes entraînant une corrosion externe du tube avec un risque de fuite. Ce danger n'est pas significatif pour les canalisations récentes qui sont revêtues de polyéthylène.

D'autre part, une densité importante à proximité des ouvrages peut entraîner une gêne en cas d'intervention urgente des salariés d'exploitation.

6.3.2.2 Le retour d'expérience

Sur les ouvrages enterrés, le REX des distributeurs sur la période 2000-2016 n'identifie pas d'incident lié à la végétation.

6.3.2.3 Les mesures

Les mesures préventives ne concernent que les plantations d'arbres, les autres plantations étant autorisées au-dessus de la canalisation.

Mesures prises à la conception

Pour les tronçons de canalisation empruntant des terrains privés, une convention sera négociée avec les propriétaires des terrains afin de maintenir une bande de terrain, la "bande de servitude", exempte de plantation d'arbres de hautes tiges (c'est à dire dont la hauteur dépasse 2,70 m). Cette convention comprend également une servitude de passage permettant l'accès des salariés du Distributeur pour les opérations de surveillance régulières et les interventions exceptionnelles.

En domaine public, conformément à la norme NF P 98-332, la distance entre le réseau et les arbres est d'au moins 2 m, sans protection, ou comprise entre 1,5 m et 2 m, avec protections.

Mesures prises à l'équipement

Pour l'établissement de la canalisation en milieu rural, une bande de travail est nécessaire afin de permettre le passage des engins de chantiers et des matériaux. La largeur de cette bande est réduite en zones boisées où un déboisement linéaire est donc réalisé.

Mesures prises en exploitation

Les exploitants veillent périodiquement à ce que la bande de servitude en terrain privé soit libre de plantations d'arbres.

6.3.3 La corrosion externe

6.3.3.1 La description du danger

Le phénomène de corrosion résulte de l'attaque du métal sous l'action du milieu environnant (air, solutions aqueuses, sols).

La corrosion peut prendre deux formes :

- l'attaque généralisée et uniforme se traduisant par la présence de produits de corrosion à la surface du métal (rouille) et par une perte de métal uniformément répartie,
- l'attaque localisée qui peut néanmoins entraîner des dommages au matériau.

La corrosion a pour conséquence de diminuer progressivement l'épaisseur de la canalisation et donc de favoriser une fuite ultérieure de gaz.

6.3.3.2 Le retour d'expérience

Parmi les évènements enregistrés sur la période 2000-2016 par les distributeurs, 3 évènements avec fuite sont rattachés à une problématique de corrosion.

6.3.3.3 Les mesures

Mesures prises à la conception

La lutte contre la corrosion consiste à prévenir les circonstances favorables au développement d'une réaction de corrosion. Les mesures suivantes sont prises par le Distributeur :

- protection « passive » de la canalisation par application sur celle-ci d'un revêtement externe qui isole le métal du milieu ambiant. Les revêtements utilisés ont subi avec succès la procédure de qualification mise au point par C4Gas pour le compte du Distributeur,
- protection « active » de la canalisation enterrée par la mise en œuvre de la protection cathodique qui consiste à abaisser artificiellement le potentiel électrochimique du métal à une valeur inférieure au seuil de corrosion (-850 mV) de telle sorte qu'aucune réaction d'oxydation ne puisse se développer,
- dans le cas particulier d'une installation aérienne, la lutte contre la corrosion est assurée par un traitement spécifique de la surface extérieure des tubes acier, suivie d'une peinture agréée pour les parties en contact avec l'air. Les canalisations reposent sur des supports isolants destinés à éviter tout contact entre la conduite et la partie métallique du support. Ces supports isolants sont conçus pour avoir une tenue en tension d'au moins 5 kV et être démontables.

Mesures constructives

Les équipes de chantier veillent à ce que la qualité du revêtement soit bien conservée au cours des différentes phases de construction de la canalisation (transport, stockage et pose). Des contrôles effectués à ces différents stades permettent de s'assurer de l'intégrité du revêtement.

La protection cathodique est mise en place sur la canalisation à l'issue d'une étude qui définit à la fois les dispositifs permettant d'assurer le niveau de protection et de limiter les influences électriques. Le type, le nombre et l'emplacement des équipements de protection cathodique sont définis conformément à la norme NF EN 12954. Les influences électriques sont les courants vagabonds continus (issus des voies de chemin de fer électrifiées en courant continu, de métro, de RER, de tramway) et les courants alternatifs provenant du voisinage des lignes électriques (aériennes ou souterraines).

Les installations annexes, quant à elles, sont aériennes. Elles sont protégées contre la corrosion par une protection passive (peinture). Des contrôles pour évaluer la dégradation des systèmes de protection sont effectués lors de la maintenance.

Mesures prises en exploitation

Les évaluations générales et complètes et détaillées de la protection cathodique permettent de s'assurer que le système de protection fonctionne et maintient le potentiel de la canalisation à un niveau protecteur vis à vis de la corrosion externe. Une évaluation générale est effectuée tous les ans et une évaluation complète et détaillée de l'efficacité est réalisée tous les 3 ans. Une télésurveillance sur les soutirages et les drainages peut être mise en place afin de s'assurer du fonctionnement en temps réel. À terme, une évolution vers la télémessure de prise de potentiel pourrait être envisageable comme le décrit la norme NF EN 12954:2001.

Dans le cas des installations annexes, les gammes de maintenance mises en œuvre prévoient, lors du contrôle de l'état général du poste, un contrôle de l'état de corrosion qui pourra occasionner un changement des équipements en gaz ou des tuyauteries.

6.3.4 Les mouvements de terrain

6.3.4.1 La description du danger

Un glissement ou un affaissement du terrain touchant une canalisation peut déplacer ou emporter celle-ci. Une canalisation constituée de tubes en acier soudés bout à bout est à la fois résistante et flexible, ce qui autorise un certain déplacement. Cependant, si le glissement ou l'affaissement est important, la canalisation peut être rompue entraînant une fuite de gaz à l'atmosphère.

6.3.4.2 Le retour d'expérience

Les canalisations de distribution sont, sauf exception, construites dans le domaine public, et inscrites dans un ensemble de voiries maîtrisant le risque de mouvement de terrain. Aucun événement rattaché à une problématique de mouvement de terrain n'a été enregistré dans le retour d'expérience des distributeurs.

6.3.4.3 Les mesures

Mesures retenues à la conception

Lorsque le tracé de la canalisation a été défini, une reconnaissance qualitative et quantitative des terrains est effectuée et les problèmes liés au sous-sol sont alors évalués.

Mesures constructives

Lorsqu'une zone présentant des risques potentiels de glissement de terrain doit être traversée, trois sortes de mesures peuvent être prises :

- ancrage de l'ouvrage dans le sous-sol stable,
- pose de la canalisation en sur-profondeur avec évacuation de l'eau drainée si les loupes de glissement sont superficielles,
- installation de dispositifs de surveillance tels que des jauges de déformation, à proximité ou sur la canalisation pour suivre régulièrement l'évolution des contraintes dans la structure.

Mesures prises en exploitation

La surveillance, effectuée périodiquement, permet de détecter les mouvements anormaux de terrain.

Là où des dispositifs particuliers ont été installés (témoins de glissement, jauges de déformation,...), ceux-ci font l'objet de relevés systématiques.

6.3.5 Les séismes

6.3.5.1 La description du danger

Un séisme est susceptible de provoquer des mouvements du sol. Suivant leur amplitude, ces mouvements pourraient, comme pour les glissements de terrains, provoquer des effets sur les canalisations allant de la déformation à la rupture.

6.3.5.2 Le retour d'expérience

Le territoire de la métropole française ayant peu de zones à forte sismicité, aucun incident dû à un séisme n'a été observé dans le REX des distributeurs.

6.3.5.3 Les mesures

Le niveau de risque sismique est fonction de la zone géographique où l'ouvrage est implanté. Le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010, portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, répertorie pour chaque département le niveau du risque sismique.

Conformément au cahier technique AFPS CT N°15-2013, aucune étude particulière n'est envisagée pour une canalisation de distribution de gaz.

6.3.6 L'hydrographie / érosion du lit des rivières

6.3.6.1 La description du danger

Le principal danger consiste en un affouillement de la souille et des berges lors de crues importantes. Cet affouillement tend à dégager la canalisation et l'expose ainsi aux dangers d'agression extérieure (éboulements, ancrages de bateaux,...) et de corrosion.

6.3.6.2 Le retour d'expérience

Il n'y a pas eu d'incident de ce type enregistré par les distributeurs sur les canalisations hautes caractéristiques sur la période 2000-2016.

6.3.6.3 Les mesures

Mesures prises à la construction

Les franchissements des cours d'eau sont en général réalisés selon deux grandes techniques, celle dite de souille (la plus utilisée) ou celle dite de passage en sous-œuvre.

Les travaux en souille consistent à opérer une tranchée au fond de la rivière et à y déposer les canalisations soudées à une profondeur minimum d'1m50 sous le lit de la rivière. Les canalisations sont revêtues d'un double enrobage en polyéthylène, puis recouvertes d'un feutre géotextile et enrobées dans un mélange composé de béton et de fibre de verre d'une épaisseur minimale de 5 cm qui leste l'ensemble.

Les techniques de sous-œuvre (forage dirigé, micro-tunnelier...) utilisées pour les traversées de rivière importante ou protégée permettent de passer sous le lit de la rivière sans arrêter le trafic fluvial. La pose de la canalisation est réalisée depuis la berge.

Mesures prises en exploitation

Les traversées de cours d'eau font l'objet, lorsqu'elles ont été réalisées en souille, par des techniques autres que le forage dirigé, de surveillance particulière en application des dispositions du cahier des charges RSDG 14.

Les mesures particulières pour les traversées de rivière en souille sont détaillées dans le chapitre 7.5.3 dédié aux points singuliers.

6.3.7 Inondation

6.3.7.1 La description du danger

La canalisation enterrée à une profondeur conforme au paragraphe 4.2.2.3, reste peu soumise à ce danger.

En revanche, les installations annexes aériennes peuvent être exposées au danger d'agression par les matériaux charriés. Ces chocs mécaniques peuvent entraîner des contraintes au niveau des brides voire casser des petites tuyauteries annexes et provoquer une fuite limitée de gaz à l'atmosphère.

6.3.7.2 Le retour d'expérience

Il n'y a pas eu d'incident de ce type enregistré par les distributeurs sur les canalisations hautes caractéristiques sur la période 2000-2016.

6.3.7.3 Les mesures

Les emplacements des ouvrages associés sont choisis judicieusement en dehors de zones inondables connues.

En cas d'inondation à régime hydraulique dynamique, les ouvrages associés aériens sont protégés des chocs mécaniques (type agression par des matériaux charriés) par une armoire ou un coffret, réduisant les probabilités de fuite de gaz dans l'atmosphère.

Les mesures particulières pour les traversées aériennes et les traversées de rivière en souille sont détaillées dans les chapitres 7.5.2 et 7.5.3 dédiés aux points singuliers.

Pour tous les ouvrages qui sont susceptibles d'être positionnés en zone inondable, un « plan de gestion du risque inondation » est élaboré par l'Unité responsable de l'exploitation. Ce plan constitue une analyse des risques liés à la survenue d'une crue, avec les mesures préventives à mettre en place dès l'alerte, ainsi qu'à la décrue ; il décrit les étapes de mobilisation et la stratégie retenue pour la préservation des réseaux gaz (dans le cadre d'un dispositif de gestion de crise) avec, à chaque étape, la répartition des responsabilités et le détail des moyens logistiques à déployer.

6.3.8 Vents violents, tempêtes

6.3.8.1 La description du danger

La canalisation enterrée à une profondeur conforme au paragraphe 4.2.2.3 reste peu soumise aux phénomènes de vents violents et tempêtes.

Ces phénomènes peuvent provoquer des chutes d'objets (arbres, pylônes...) entraînant des chocs mécaniques sur les installations aériennes qui peuvent entraîner des contraintes excessives au niveau des brides voire casser des petites tuyauteries annexes et provoquer une fuite limitée de gaz à l'atmosphère.

6.3.8.2 Le retour d'expérience

Aucune fuite à l'atmosphère due à ce phénomène n'a été constatée dans le REX des distributeurs sur les canalisations hautes caractéristiques sur la période 2000-2016.

6.3.8.3 Les mesures

L'entretien et la surveillance régulière des abords des installations annexes réalisés lors de la maintenance permettent de limiter ce danger.

6.3.9 La foudre

6.3.9.1 La description du danger

La foudre est un phénomène d'amorçage électrique qui peut se produire à partir de masses conductrices. Le danger d'un amorçage est d'aboutir à un percement de la canalisation, limité à un trou de faibles dimensions.

6.3.9.2 Le retour d'expérience

Aucun incident dû à la foudre n'est identifié dans le REX des canalisations hautes caractéristiques des Distributeurs. Une étude a été menée par le « Centre de Recherche et Innovation Gaz et Energies Nouvelles » (CRIGEN) du Groupe ENGIE sur le facteur de risque « foudre ».

Il en ressort que, d'un point de vue qualitatif, le risque foudre sur le réseau MPC du Distributeur est inférieur au risque foudre sur le réseau de transport. Le réseau MPC est en effet peu susceptible de servir de point d'amorçage en comparaison à une canalisation de transport évoluant dans un milieu rural qui peut constituer un point d'amorçage potentiel au regard de la faible présence d'objets proéminents à proximité.

6.3.9.3 Les mesures

La canalisation, qui est enterrée, est peu susceptible de servir de point d'amorçage. Les ouvrages hors sol sont reliés à la terre par une prise de terre, ce qui réduit la possibilité d'amorçage.

Selon les normes NF EN 62305, une épaisseur minimale de 4 mm permet d'éviter tous les percements causés par la foudre sur les canalisations acier. Ces épaisseurs sont obtenues pour des diamètres nominaux de canalisation supérieurs ou égaux à 150 mm ce qui représente environ 75% de canalisations hautes caractéristiques installées sur le territoire français. Pour les canalisations de diamètre plus faible, les événements sont considérés comme pris en compte dans le cadre des perforations liées à la corrosion.

Les installations annexes, en armoire, ne sont pas soumises à cette source de dangers.

6.3.10 Autres phénomènes climatiques

6.3.10.1 La description du danger

Les canalisations enterrées à une profondeur conforme au paragraphe 4.2.2.3 sont peu soumises aux dangers liés aux conditions météorologiques. Cependant, les installations aériennes sont plus exposées à ces derniers.

Les températures d'hiver refroidissent l'acier en créant des contraintes de traction. Le danger encouru est donc de révéler des points faibles de la structure qui peuvent amorcer une rupture.

6.3.10.2 Le retour d'expérience

Le REX des Distributeurs n'identifie aucun incident lié à des phénomènes climatiques.

6.3.10.3 Les mesures

Dans le cas des canalisations enterrées, la profondeur d'enfouissement permet de réduire très sensiblement le risque de gel à cette profondeur.

La faible épaisseur des tubes au regard du diamètre, le traitement de normalisation lors de la fabrication des tubes, le faible niveau des pressions internes utilisées en distribution procurent une marge de sécurité qui permet d'absorber les contraintes supplémentaires occasionnées par le froid.

En outre, les spécifications concernant les aciers utilisés garantissent une résilience satisfaisante à basse température. Ces aciers ne sont donc pas sujets à une rupture fragile.

6.4 Dangers liés aux activités extérieures à l'ouvrage

6.4.1 Les travaux de tiers à proximité

6.4.1.1 La description du danger

Le réseau de distribution de gaz naturel étant implanté essentiellement dans le domaine public mais parfois également dans le domaine privé, il est directement exposé à toutes les activités humaines modifiant le sous-sol : terrassements de toute nature, forages, enfoncements de pieux ou assimilés, travaux de génie agricole tels que drainages et sous-solages.

Ces activités présentent les dangers suivants pour l'intégrité des ouvrages enterrés :

- détérioration de l'enrobage qui a pour conséquence de diminuer, voire d'annuler ponctuellement l'effet de la protection cathodique de l'acier,
- atteinte de l'acier par rayures ou enfoncements qui ne portent pas initialement atteinte à l'intégrité de l'ouvrage mais qui peuvent se développer par phénomène de fatigue jusqu'à provoquer une fuite de gaz,
- percement limité de la canalisation entraînant une fuite de gaz susceptible de mettre directement en danger l'auteur de ce percement et son environnement par simple effet mécanique de pression du gaz échappé puis éventuellement par rayonnement thermique si l'inflammation se produit,
- rupture complète conduisant à une fuite de débit maximal susceptible de provoquer un rayonnement thermique plus important.

Le risque des ouvrages associés (postes de réseau, organes de coupure,...) est très limité de par leur implantation et reste inférieur à celui de la canalisation.

6.4.1.2 Le retour d'expérience

Pour l'ensemble des distributeurs, 23 événements avec fuite suite à des travaux de tiers ont été recensés dans la période 2000/2016, soit près de 72 % de l'ensemble des incidents répertoriés pour les réseaux considérés.

6.4.1.3 Les mesures

Les statistiques des distributeurs montrent que les travaux à proximité des ouvrages sont responsables de la majorité des incidents recensés sur le réseau de distribution de gaz. En conséquence, un ensemble de mesures préventives a été mis en œuvre par les distributeurs.

Mesures prises à la conception

La conception de la canalisation est conforme au Règlement de Sécurité en vigueur qui définit en particulier les coefficients de sécurité à respecter pour déterminer l'épaisseur des tubes.

Mesures prises à l'équipement

La profondeur d'enfouissement minimale lors de la construction des ouvrages est de 0,80 m pour les ouvrages antérieurs au 5 mars 2018 et de 1 m pour les ouvrages réalisés à compter du 5 mars 2018 (article 25-1 de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié par l'article 30 de l'arrêté du 23 février 2018), sauf en cas de difficultés techniques, notamment dans le cas de terrassement dans le rocher ou d'encombrement important du sous-sol

Sur tout le tracé, un grillage avertisseur de couleur jaune est posé à environ 0,30 m au-dessus de la canalisation systématiquement (depuis septembre 1994) pour permettre sa localisation immédiate lors de travaux de creusement. Ce dispositif avertisseur n'est pas mis en place lors de la réalisation d'ouvrages « tubés » ou posés par des techniques de travaux sans tranchée.

De plus, lorsque la profondeur précitée ne peut pas être respectée, l'annexe 1 au cahier des charges RSDG 1 applicable aux canalisations de distribution hautes caractéristiques prévoit que des mesures de protections complémentaires soient mises en place lors de la conception pour mieux protéger les canalisations lors des agressions externes.

Mesures d'exploitation, mise en œuvre des dispositions de la réglementation anti-endommagement

Les mesures précédentes n'étant pas suffisantes pour prévenir tous les incidents, la réglementation travaux prévoit des mesures complémentaires pour en diminuer les probabilités d'occurrence.

Celles-ci concernent notamment :

- Une réunion préalable d'information et de localisation des ouvrages obligatoire (cf § 4.4.2) dès lors que les ouvrages gaz sont cartographiés en classe de précision B ou C, et pour les projets de travaux déclarés suivants :
 - chantiers à proximité de réseaux MPC,
 - chantiers comportant des travaux sans tranchée,
 - chantiers situés en zone urbaine dense difficile d'accès ;
- **la formation obligatoire** à partir de 2018 des intervenants sur chantier pour les travaux à proximité d'ouvrages, enterrés, aériens ou subaquatiques. Cette réglementation (articles L. 554-1 à L. 554-4 et R. 554-1 à R. 554-39 du code de l'environnement) prévoit :
 - une obligation de disposer, pour certains personnels des entreprises et des maîtres d'ouvrage, d'une autorisation d'intervention à proximité (AIPR),
 - une certification des entreprises pour les Investigations Complémentaires (activités de détection et de géoréférencement des ouvrages) ;
- **l'amélioration de la cartographie des exploitants** : afin d'accroître la sécurité il est rendu obligatoire dans les zones au sens de l'INSEE de plus de 2000 habitants, pour tout maître d'ouvrage, lors des travaux comportant une grande emprise, de réaliser des Investigations Complémentaires sur les réseaux sensibles pour confirmer la cartographie remise lors des consultations DT-DICT pour les ouvrages qui ne sont pas en classe de précision A, de transmettre ces relevés aux exploitants concernés afin que ces derniers améliorent leur cartographie ;

la réglementation impose par ailleurs un standard de qualité pour les ouvrages neufs (classe A de précision) ;

- **Le respect du guide technique de travaux** : les techniques de travaux utilisées à proximité des ouvrages doivent respecter un certain nombre de précautions décrites dans le "Guide technique des travaux" approuvé par arrêté ministériel. Ce guide contient des recommandations et des prescriptions à l'usage des maîtres d'ouvrage et des entreprises de travaux ;
- **l'arrêt de chantier** : la réglementation prévoit une procédure d'arrêt de chantier à la demande de l'entreprise de travaux dès lors qu'il y a un risque et que l'état du sous-sol diffère fortement des plans et investigations qui ont été transmis préalablement aux travaux.

En outre, des observatoires ont été mis en œuvre dans le cadre de cette réglementation, réunissant les parties prenantes (travaux public, exploitants de réseau, DREAL,...) pour favoriser la mise en œuvre des dispositions de cette réglementation.

6.4.2 Les actes de malveillance

6.4.2.1 La description du danger

Les ouvrages enterrés (canalisations, postes de détente enterrés) sont généralement protégés des actes de malveillance, par la couverture de terre qui les recouvre.

Cependant, les installations annexes du distributeur sont susceptibles de subir des actes de malveillance pouvant porter atteinte à leur intégrité.

Les conséquences dépendent de la nature de l'acte de malveillance et de l'ouvrage.

6.4.2.2 Le retour d'expérience

Aucun incident de ce type n'est identifié dans le retour d'expérience.

6.4.2.3 Les mesures

Les ouvrages aériens sont constitués majoritairement des postes de détente réseau.

Pour les postes de détente réseau stratégiques, une politique de télésurveillance est mise en œuvre. Elle consiste à surveiller à distance leur fonctionnement, notamment l'état des vannes de sécurité (VS) et des pressions.

Suite à une téléalarme, un circuit d'alerte est immédiatement mis en place afin que le Chef d'Exploitation de la zone d'exploitation de l'ouvrage décide des actions à mettre en œuvre.

6.4.3 Les voies de circulation (routières, ferrées)

6.4.3.1 La description du danger

Un des dangers provoqués par ces traversées est d'écraser la canalisation et donc de réduire sa capacité de transit. A terme, un enfoncement de cette nature pourrait, par phénomène de fatigue, provoquer une fuite.

Les paramètres essentiels pour provoquer cette situation sont :

- la pression exercée au sol par le roulage des véhicules ou engins,
- la hauteur de recouvrement de la canalisation,
- la dureté des sols.

Le deuxième danger est celui d'un accident de la circulation d'un véhicule percutant une installation aérienne. La structure en acier de la canalisation est susceptible de bien résister aux chocs. Cependant, selon la violence du choc, un arrachage des accessoires annexes ou une sollicitation excessive au niveau de certaines brides pourraient se produire et provoquer ainsi une fuite de gaz.

6.4.3.2 Le retour d'expérience

Le REX des Distributeurs n'identifie aucun incident lié à la circulation.

6.4.3.3 Les mesures

Mesures prises à la conception

La conformité de la canalisation à la réglementation applicable (respect du coefficient de sécurité) permet de s'affranchir en grande partie du danger d'écrasement de la canalisation.

Mesures prises à l'équipement

La profondeur d'enfouissement retenue permet de diminuer notablement l'effort dû aux surcharges roulantes. En outre, pour les traversées du domaine ferroviaire et pour les traversées des routes importantes (autoroutes, routes à grande circulation) la canalisation est protégée de ces phénomènes par le passage de la canalisation en gaine ou en fourreau selon les spécifications du gestionnaire de l'ouvrage concerné.

Les mesures particulières pour les traversées aériennes sont détaillées dans le chapitre 7.5.2 dédiés aux points singuliers. En cas de risque de choc sur l'ouvrage, une protection physique de l'ouvrage peut être préconisée et mise en place.

Les mesures particulières pour les installations annexes sont détaillées au chapitre 7.7. Pour les ouvrages hors sol en armoire métallique, le distributeur s'efforce de trouver des emplacements non exposés aux conséquences d'un accident de la circulation. A défaut, pour ceux des ouvrages associés qui se seraient trouvés exposés aux conséquences d'un accident de la circulation, des dispositifs de protection de l'ouvrage tels que des glissières de sécurité métalliques ou en béton peuvent être mis en place.

Mesures prises en exploitation

Le roulage ou le stationnement des charges étant souvent associés à un ensemble de travaux, ceux-ci sont déclarés et font donc l'objet d'un examen spécifique en vue de diminuer ou d'éviter ces surcharges.

6.4.4 Les autres réseaux enterrés

6.4.4.1 La description du danger

Une canalisation de distribution de gaz peut être amenée à croiser ou à longer d'autres canalisations transportant des produits liquides ou gazeux (eau, pétrole, éthylène, oxygène, hydrogène, ...).

Les dangers occasionnés par la proximité de ces ouvrages sont les suivants :

- danger d'influence électrique des masses métalliques en présence qui peut perturber la protection cathodique de l'un ou de l'autre ouvrage ; cette perturbation peut entraîner une corrosion extérieure locale ;
- danger de fuite ou de rupture de l'ouvrage voisin qui pourrait détériorer la canalisation par projection, abrasion ou le cas échéant par convection ou rayonnement thermique.

6.4.4.2 Le retour d'expérience

Deux fuites de petite taille dues à la rupture d'une canalisation d'eau voisine ont été constatées dans le retour d'expérience des distributeurs (2000-2016) (facteur de risque « autres » dans le REX présenté). Le percement de la canalisation de gaz est dû au phénomène d'érosion provoqué par la fuite d'eau sous pression à proximité.

6.4.4.3 Les mesures

Mesures constructives

Des distances minimales entre les réseaux sont à respecter, précisées dans le RSDG 4. Le RSDG précise également les protections mécaniques et thermiques à étudier le cas échéant.

Mesures prises en exploitation

Pour surveiller l'efficacité de la protection cathodique, les valeurs des potentiels sont relevées régulièrement et font l'objet de rapports. Les éventuelles anomalies sont signalées aux équipes spécialisées de l'opérateur de réseau de gaz. Une étude est alors menée afin de déterminer la cause du problème et d'y trouver une solution. (cf paragraphe 6.3.3 relatif à la corrosion)

6.4.5 Les lignes électriques haute tension

6.4.5.1 La description du danger

La proximité des installations électriques de haute tension et des ouvrages de distribution de gaz est parfois inévitable pour des raisons de densité d'encombrement du sol et du sous-sol.

Cette proximité peut provoquer, en cas de dysfonctionnement des installations électriques, les phénomènes suivants :

- Le phénomène de couplage conductif est uniquement lors de court-circuit sur la ligne électrique au voisinage de pieds de pylônes. L'écoulement du courant de défaut à la terre des pylônes va entraîner une montée en potentiel du sol pouvant entraîner le claquage du revêtement et occasionner un risque pour les biens et les personnes ;
- Le couplage inductif en régime normal d'exploitation et en cas de court-circuit dans une zone de parallélisme entre lignes électriques et une canalisation va entraîner une montée de la tension induite de la conduite et ainsi augmenter le risque pour l'opérateur ;
- Le couplage inductif en régime normal d'exploitation peut générer s'il n'est pas maîtrisé des corrosions.

Le danger principal au niveau d'une installation aérienne est l'inflammation d'un rejet de gaz volontaire ou non.

6.4.5.2 Le retour d'expérience

Aucun incident de ce type n'est identifié dans le REX des Distributeurs.

6.4.5.3 Les mesures

Conception des ouvrages

Les ouvrages de distribution de gaz réalisés en acier conformément au Règlement de Sécurité sont par nature conducteurs de charges électriques.

Pour éviter les conséquences d'une induction ou d'une conduction électrique, des raccords isolants peuvent être installés lorsque l'ouvrage passe d'une configuration enterrée à une configuration aérienne et les parties aériennes sont raccordées à la terre. Ces mesures permettent d'éviter la montée en potentiel des parties aériennes de l'ouvrage et donc d'éviter l'électrocution des personnes susceptibles d'intervenir sur ces parties de l'ouvrage. Les raccords isolants assurent une protection jusqu'à 5 000 V.

Mesures prises à l'équipement

Lors de proximité ou parallélisme entre une conduite de gaz et une ou plusieurs conduites (supposées sous protection cathodique), il peut y avoir des influences électriques de courant continu. Ces influences électriques peuvent provenir de voies ferrées électriques en courant continu ou d'un système de protection cathodique tiers.

Ces influences sont décelables lors des mesures périodiques faites sur les réseaux ou lors d'une étude de protection cathodique pour un ouvrage neuf. Les solutions dans ce cas d'influence électrique sont simples à mettre en œuvre sur leur principe et donnent satisfaction :

- pose d'un drainage de courant (si la perturbation provient d'une voie ferrée électrifiée en courant continu) ;
- renforcement local de la protection cathodique en créant un nouveau soutirage ;
- interposition locale d'écrans électriques pour constituer un éloignement fictif entre ouvrage influençant et ouvrage influencé ;
- renforcement local du revêtement de l'ouvrage influencé, voire celui de l'ouvrage influençant.

Dans tous les cas, la détection de ce phénomène d'influences électriques comme la résolution de ce problème est basée sur le respect du critère de protection cathodique : potentiel hors chute ohmique plus électro-négatif que -850 mV dans le cas général (cf. NF EN 12954 Tableau 1). C'est d'ailleurs le respect de ce critère qui est vérifié lors des campagnes périodiques en protection cathodique (évaluation complète et détaillée) qui font partie du programme de maintenance mis en œuvre en application du RSDG 13.1.

Par ailleurs, en matière de proximité avec une ligne aérienne ou un câble HTA ou HTB, le régime de défaut électrique peut générer des montées en tension accidentelles importantes sur les conduites du Distributeur, par induction (parallélisme) ou par conduction (proximité de pieds de pylône). Des dispositions doivent donc être prises, dans le cadre d'une étude spécifique de protection cathodique, afin notamment de vérifier que la tension accidentelle n'excède pas 5 kV sur la conduite gaz (cf. commentaires

de l'art. 75 de l'arrêté interministériel du 17 mai 2001 « Energie électrique – conditions techniques de distribution » concernant les dispositions à prendre pour le voisinage des canalisations de transport de fluide.

En première approche lors d'influences ou de pose d'un ouvrage dans des distances voisines le tableau suivant est pris en référence. En cas de doute un rapprochement avec RTE est nécessaire afin de calculer les contraintes en régime permanent et en cas de défaut et ainsi définir les solutions techniques palliatives.

Tension nominale en kV	Distance en m	
	Présence d'un câble de garde	Pas de câble de garde
63	10	20
90	10	28
220	30	120
400	40	-

En outre, il peut être nécessaire de renforcer ponctuellement la résistance diélectrique d'un revêtement, dans le voisinage des pieds de pylône de transport électrique par exemple. Pour cela, un doublement de l'épaisseur de revêtement peut être préconisé et effectué soit directement en usine sur les tubes soit avec une bande polyéthylène (taux de recouvrement 66 %). L'ensemble est protégé par du sable ou des toiles de feutre pour assurer une protection anti-roche. La solution consiste aussi à poser des mises à la terre sur la conduite.

Ces mesures limitent notablement les probabilités d'occurrence des dangers exposés ci-dessus. Cependant, elles n'empêchent pas le croisement des lignes haute-tension et donc le danger éventuel de chute d'un câble de haute tension au droit d'une canalisation.

Les emplacements des ouvrages associés sont choisis judicieusement de façon à éviter la présence de lignes à haute tension dans la zone d'inflammabilité en cas de mise à l'évent conformément à la directive ATEX.

Mesures prises en exploitation

Les mesures prises en exploitation consistent à :

- surveiller l'implantation de nouvelles lignes électriques en veillant au respect des distances entre les réseaux du transporteur d'électricité et du Distributeur ;
- contrôler régulièrement le bon état des raccords isolants.

Pour ce qui est des postes de détente, en application de la réglementation relative aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail, ils font l'objet d'un classement en zones à risque d'explosion. Selon les configurations des postes de détente, les zones à risque d'explosion sont les suivantes :

- zone 1 à l'intérieur des postes en cabine armoire ou en génie civil ;
- zone 2 au voisinage des événements de régulateur et de clapet de sécurité définie par cylindre de rayon de 1 mètre et d'une hauteur de 1 mètre de part et d'autre de l'orifice de libération du gaz.

Dans les zones à risque d'explosion, les équipements/procédures de travail répondent aux exigences de la réglementation ATEX pour éviter tout risque d'inflammation. De plus les zones à risque d'explosion des postes de détente sont éloignées des lignes électriques aériennes à conducteurs nus.

6.4.6 Les activités industrielles

6.4.6.1 La description du danger

Les diverses activités industrielles envisagées ici concernent principalement les usines de fabrication, de transformation ou de conditionnement qui pourraient se trouver à proximité de l'ouvrage projeté, ainsi que les transports par route ou par rail de matières dangereuses.

Les dangers encourus sont ceux susceptibles d'être provoqués par ces activités, c'est-à-dire essentiellement : l'explosion, l'inflammation et l'envoi de projectiles.

6.4.6.2 Le retour d'expérience

Aucune fuite sur les canalisations due aux activités industrielles environnantes n'a été enregistrée dans le REX des Distributeurs.

6.4.6.3 Les mesures

L'ensemble de la canalisation étant enterré, cette couverture de terre assure la protection de l'ouvrage contre les effets d'un incident, qu'ils soient la suppression, la projection d'éléments ou le rayonnement thermique.

Aucune mesure particulière n'est donc prise vis-à-vis de ce type de dangers pour les parties enterrées. En revanche pour les parties aériennes il est recommandé d'éloigner les ouvrages des emplacements susceptibles d'être concernés par ces activités industrielles.

Des mesures spécifiques concernant cette source de danger particulière peuvent être étudiées en concertation avec l'industriel concerné.

6.4.7 L'incendie à proximité

6.4.7.1 La description du danger

Les canalisations peuvent être soumises au rayonnement thermique dû à un incendie à proximité.

Le danger encouru est l'élévation de la température de l'acier de l'ouvrage sous l'effet du rayonnement thermique provoqué par l'incendie, de telle sorte que l'acier puisse perdre ses caractéristiques mécaniques et ne puisse plus résister à la pression du gaz.

6.4.7.2 Le retour d'expérience

Il n'y a pas eu d'incident de ce type enregistré dans le REX des Distributeurs.

6.4.7.3 Les mesures

Concernant les parties enterrées de l'ouvrage, la couverture de terre qui recouvre la canalisation la protège très efficacement contre les effets du rayonnement.

Pour les installations aériennes, des mesures spécifiques (calorifugeage, écran thermique...) peuvent être proposées afin que les canalisations puissent supporter des flux thermiques importants.

6.4.8 La chute d'avion

6.4.8.1 La description du danger

La chute d'avion est un événement susceptible de se produire en tout point du territoire et donc par définition également sur les emplacements des ouvrages aériens et sur l'emplacement de la canalisation enterrée. Toutefois, ce risque est essentiellement concentré autour des aéroports dans l'axe des pistes de décollage ou d'atterrissage, avec une probabilité de 10^{-7} dans un périmètre de 2 km autour des pistes de décollage ou d'atterrissage (REX aviation).

Si cette éventualité se produit, il est probable que les installations de distribution de gaz (aériennes ou enterrées) seraient détruites ou endommagées :

- destruction de poste suivie de fuite et inflammation ;
- possible percement de la canalisation enterrée suivi de fuite et inflammation.

Au regard de la faible probabilité d'atteinte de l'ouvrage, et considérant que seuls les effets et victimes supplémentaires du suraccident seraient à prendre en considération, l'évaluation du risque est considérée en case blanche.

6.4.8.2 Le retour d'expérience

Aucun incident de ce type n'a été constaté dans le REX des Distributeurs.

6.4.8.3 Les mesures

Aucune mesure spécifique, hormis un éloignement des aérodromes n'est réalisée.

Pour les ouvrages aériens, lors de la recherche des emplacements, l'opérateur de réseau s'efforce d'utiliser des terrains situés en dehors des trouées d'envol ou d'atterrissage des aérodromes dans les régions traversées.

En cas exceptionnel d'incident de ce type, la gestion de cet événement serait assurée par le processus d'intervention de sécurité et par la Procédure Gaz Renforcée (PGR).

6.4.9 Les éoliennes

6.4.9.1 La description du danger

Les principaux risques associés à la proximité d'une éolienne sont liés à la présence d'éléments mécaniques de masse importante en mouvement, et à la proximité de tensions électriques élevées (≥ 20 kV).

Les risques considérés sont les suivants : risque de chute, risque vibratoire, risque « ATEX », risque électrique.

6.4.9.2 Le retour d'expérience

Aucun incident de ce type n'a été constaté jusqu'ici dans le REX des Distributeurs.

6.4.9.3 Les mesures

Les éoliennes sont à éloigner des ouvrages MPC hautes caractéristiques. Le cas échéant, une étude de dangers est réalisée par l'aménageur dans le cas d'un projet d'éolienne à proximité d'un ouvrage.

6.4.10 L'épandage de produits chimiques

6.4.10.1 La description du danger

Les activités humaines produisent régulièrement des épandages accidentels ou volontaires de produits chimiques les plus divers. Les canalisations de distribution de gaz peuvent donc être soumises à cette agression d'ordre chimique. Le danger envisagé est la destruction du revêtement des tubes par action chimique. La disparition de ce revêtement crée des conditions favorisant la corrosion qui peut aboutir à une fuite.

6.4.10.2 Le retour d'expérience

Aucun incident de ce type n'a été constaté dans le REX des distributeurs.

6.4.10.3 Les mesures

Les principales dispositions conservatoires sont prises au moment de la qualification des revêtements susceptibles d'être employés sur le réseau.

Pour être agréés par l'opérateur de réseau, ces revêtements subissent des essais en conformité avec les normes en vigueur.

Par ailleurs, les réseaux de distribution sont essentiellement implantés en domaine public sur lequel ce risque est moins présent.

Enfin, en cas de défaut de revêtement, la mise en œuvre de la protection cathodique et les mesures d'évaluation qui sont faites permettent également de limiter le risque de corrosion.

6.5 Dangers liés à l'exploitation

6.5.1 Surpressions

6.5.1.1 La description du danger

Le danger encouru en cas de dépassement de la PMS de l'ouvrage est un dysfonctionnement des dispositifs de sécurité ou vanne de sécurité pouvant entraîner une rupture de la canalisation.

6.5.1.2 Le retour d'expérience

Quelques dépassements de PMS dus à un dysfonctionnement des organes de sécurité amont, ont été enregistrés dans le passé. Ces dépassements ont cependant toujours été limités dans la durée (quelques heures au maximum) comme dans l'espace (quelques km de canalisation en distribution, quelques dizaines de km en transport) et n'ont entraîné aucune brèche de canalisation due à un phénomène de surpression.

6.5.1.3 Les mesures

Mesures constructives

Au point de séparation de deux ouvrages de PMS différentes, un dispositif de régulation de pression permet de limiter la pression dans l'ouvrage ayant la PMS la plus faible. Des dispositifs de sécurité sont mis en place (vannes de sécurité...). L'ensemble de ces dispositifs empêche que la pression ne dépasse 110 % de la PMS.

Mesures prises en exploitation

En plus des mesures constructives retenues pour les points de séparation de deux ouvrages de PMS différentes, le système de conduite de la canalisation du transporteur, et les consignes d'information réciproque entre transporteur et distributeur, permettent d'alerter ce dernier dès détection par le gestionnaire du réseau de transport d'une surpression accidentelle à l'amont de l'ouvrage de distribution.

Dans le cadre de sa politique de télésurveillance des postes de détente réseau, notamment de l'état des pressions, le distributeur peut détecter une surpression accidentelle à l'aval de ses installations annexes équipées. Suite à une téléalarme, un circuit d'alerte est immédiatement mis en place afin que le Chef d'Exploitation de la zone d'exploitation de l'ouvrage décide des actions à mettre en œuvre.

6.5.2 Défaut d'étanchéité des appareils

6.5.2.1 La description du danger

Les appareils concernés sont essentiellement ceux des ouvrages associés à la canalisation (organes de coupure, etc.) ainsi que ceux des installations annexes.

Les défauts d'étanchéité des appareils regroupent essentiellement ceux liés à des opérations de maintenance (type changements de joints, démontage et remontage des appareils...) et ceux liés à des dysfonctionnements d'appareils.

Le danger encouru est la fuite de gaz incontrôlée à l'atmosphère avec inflammation.

6.5.2.2 Le retour d'expérience

Le retour d'expérience des incidents constatés sur les postes de détente réseau entre 2012 et 2017 compte 11 événements liés à des défauts de matériels ou d'étanchéité des appareils ou des assemblages, provoquant alors une petite brèche inférieure à 5 mm.

Les installations annexes sont inspectées lors d'un programme de maintenance périodique. Les microfuites détectées sur les installations lors des opérations de surveillance et de maintenance ne sont pas considérées dans le retour d'expérience car elles n'engendrent pas de situation à risque.

6.5.2.3 Les mesures

Les principales mesures prises sont :

- l'exigence d'un haut niveau de qualité pour tous les équipements constituant nos installations, basée sur le respect des normes européennes et/ou une politique d'autorisation d'emploi ;
- une politique de maintenance appropriée basée sur le retour d'expérience, une démarche d'amélioration continue ;
- la conception générale des réseaux de distribution, avec des organes de coupure spécifiques aux postes de détente réseau en amont de ceux-ci.

6.5.3 Inflammation intérieure

6.5.3.1 La description du danger

Le fluide transporté (gaz naturel à l'état gazeux) est un gaz inflammable lorsque les conditions suivantes sont simultanément présentes :

- proportion en volume du gaz naturel dans l'air comprise entre 5 % et 15 % ;
- élévation locale de température provoquée par un élément extérieur (étincelle, point chaud,...) ou bien, sans le concours d'un élément extérieur, dès que la température du mélange dépasse 550 °C (température d'auto inflammation du mélange air-méthane).

Si une entrée d'air se produisait, un mélange air-gaz serait susceptible d'atteindre des conditions propices à une inflammation en milieu confiné.

6.5.3.2 Le retour d'expérience

Ce phénomène n'a jamais été observé dans le REX des Distributeurs.

6.5.3.3 Les mesures

Les mesures préventives sont du domaine de l'exploitation : en fonctionnement normal, l'air ne peut pénétrer à l'intérieur de la canalisation car la pression de gaz est très nettement supérieure à la pression de l'air. Cependant, certaines manœuvres exigent l'abaissement de la pression de gaz (pour effectuer des réparations par exemple) ; dans ce cas, les techniques employées sont adaptées pour éviter la création d'un mélange air-gaz à l'intérieur de la canalisation.

6.5.4 La migration du gaz dans le sol

Le danger étudié est celui qui résulterait de l'inflammation du mélange gazeux qui se serait accumulé dans un bâti suite à une fuite sur l'ouvrage gaz avec une migration du gaz dans le sol.

Le retour d'expérience montre que les moyennes brèches et les ruptures sont toutes causées par un unique facteur de risque « agression tiers ». Dans le cas des petites brèches, les agressions tiers sont à l'origine de 40% des incidents. Or, dans ces cas d'agressions tiers, le siège de la fuite a été découvert et mis à l'air libre

par l'engin de chantier ayant occasionné le dommage. La probabilité d'une migration du gaz dans le sol est donc très faible. En outre, la transmission de l'alerte dès la survenance du dommage permet d'intervenir dans les meilleurs délais et de procéder à la mise hors de dangers avant une éventuelle migration et une éventuelle accumulation.

Le risque de migration du gaz dans le sol n'est ainsi envisagé que dans le cas de petites brèches résultant d'autres facteurs de risques (corrosion, défauts de matériaux,...).

De nombreux travaux de recherche ont été conduits sur la thématique de la migration de gaz dans le sol par les équipes du RICE, anciennement CRIGEN, afin de mieux connaître la phénoménologie liée aux fuites souterraines et développer des outils de prédictions des conséquences de tels événements. Ces travaux ont également été menés dans le cadre de projets avec le GERG, partagés avec l'INERIS. Ces campagnes ont couvert différentes configurations : sol homogène ou hétérogène, présence d'obstacles, chemins préférentiels. Les essais ont montré que la pression d'injection n'avait pas d'influence sur la taille du nuage inflammable mais que le débit d'injection était le facteur influant sur l'extension du gaz. Un état stationnaire existe mais dépend des débits d'injection et des paramètres du sol. En présence d'une couche imperméable entre le sol et l'air, le gaz est piégé dans le sol et migre sur une plus grande distance. Enfin, quand le sol environnant à la fuite est suffisamment compacté (ce qui est normalement le cas pour une voirie), les ouvrages à proximité semblent avoir peu d'impact sur la migration et ne semble pas générer de chemin préférentiel.

Il ressort qu'une distance de 50 m pourrait être considérée comme distance de sécurité pour ce type de scénario. En effet, selon les outils de modélisation actuellement connus, pour une fuite ayant lieu dans un sol typique urbain, sous un trottoir avec une voirie en asphalte, la distance de sécurité serait de 50 m en considérant une fuite de 12 mm et une pression de 25 bar. Les distances maximales de migration calculées pour des fuites de 5 mm, représentatives des petites brèches sur le réseau de distribution hors facteurs de risque « agressions tiers », pour des pressions de 16 bar et 25 bar, sont respectivement de 37 m et 41 m. Ces distances ont été calculées par RICE en utilisant le logiciel TAGS (Transient Advection of Gases in Soil).

Le retour d'expérience montre que les fuites sur une canalisation enterrée résultant d'une corrosion ou d'un défaut de construction ou de matériau n'excèdent généralement pas les 5 mm de diamètre. La distance retenue de 50 m est ainsi majorante.

En cas de migration et d'accumulation, l'odeur de gaz permet le déclenchement de l'alerte et l'intervention dans les meilleurs délais. Ainsi, la probabilité d'explosion doit tenir compte :

- De la probabilité que la migration de gaz dans le sol crée une accumulation supérieure à la LIE, avant alerte et intervention des équipes d'intervention sécurité du distributeur ;
- De la probabilité d'inflammation du mélange air/gaz naturel.

Le REX des distributeurs présenté au chapitre 5 identifie 9 petites brèches pour des facteurs autres que l'agression externe. Il n'a pas été constaté d'explosion. A dire d'experts, nous proposons de considérer une probabilité d'explosion de 1%.

Au regard de ces éléments, la probabilité d'atteinte en un point serait donc la suivante :

$$P_{\text{atteinte en un point}} = \text{Fréquence (petite brèche)} \times \% \text{facteurs (autre que agression tiers)} \times \text{Longueur effet} \times P_{\text{explosion}}$$

$$= 2,96 \times 10^{-4} \times 0,6 \times (2 \times 50 \times 10^{-3}) \times 0,01 = 1,78 \times 10^{-7}$$

Ainsi nous serions en case blanche (Probabilité $< 5 \cdot 10^{-7}$).

Les mesures d'odorisation du gaz, et de maintenance et surveillance des ouvrages enterrés (protection cathodique, recherche systématique de fuite), permettent de maintenir ce risque à ce bas niveau.

6.5.5 Défaillance de procédure et d'organisation - Erreur humaine

6.5.5.1 La description du danger

Certaines opérations effectuées en exploitation nécessitent des procédures et une organisation particulières :

Interventions pour travaux de raccordement

Le raccordement de nouveaux ouvrages ou de déviations au réseau existant nécessite la réalisation des opérations suivantes :

- isolement du tronçon de canalisation concerné par fermeture des robinets de sectionnement amont et aval, décompression du tronçon ainsi isolé ;
- découpe et dépose de la portion de canalisation ou d'ouvrage dont les travaux nécessitent l'élimination ;
- mise en place et soudage du nouvel ouvrage ou de la déviation.

A ces différentes opérations correspondent différents dangers :

- lors de la phase de vidange du tronçon de canalisation, le danger principal est l'inflammation du panache de gaz à l'atmosphère avec ses conséquences thermiques pour l'environnement ;
- lors de la phase de mise en place et/ou de soudage, les dangers sont essentiellement l'évacuation non contrôlée d'une quantité de gaz dans l'atmosphère avec danger d'inflammation et les défauts de construction liés à la qualité de réalisation des soudures.

Intervention en charge

Pour des raisons de continuité d'alimentation, il peut être mis en œuvre des techniques particulières visant à effectuer un branchement sur la canalisation ou à remplacer un tronçon défectueux sans interrompre le transit et sans annuler la pression interne du gaz.

Dans ces deux cas, la technique utilisée consiste à effectuer un ou plusieurs perçages en charge qui découpent l'enveloppe du tube en pression pour permettre la réalisation d'une déviation (branchement ou bipasse) du flux de gaz.

Les principaux dangers sont ceux liés :

- à l'affaiblissement du tube par l'enlèvement d'une rondelle qui pourrait aboutir à la rupture du tube ;
- au travail sous pression qui peut laisser échapper du gaz à l'atmosphère par manque d'étanchéité de l'appareillage utilisé.

6.5.5.2 Le retour d'expérience

Aucune fuite due à l'erreur humaine n'a été constatée dans le REX des distributeurs sur les canalisations hautes caractéristiques sur la période 2000-2016.

6.5.5.3 Les mesures

Interventions pour travaux de raccordement

Afin de limiter au maximum les dangers présentés ci-dessus les principales mesures sont :

- l'implantation des événements dans des zones éloignées de toute source d'énergie susceptible de provoquer l'inflammation du panache libéré. Le Distributeur peut également choisir de maîtriser le risque en enflammant volontairement le panache de gaz grâce à des torchères, dont l'implantation est choisie avec la mise en œuvre d'un périmètre de sécurité adapté ;
- la réalisation de la totalité des opérations de préparation et de surveillance du réseau par des personnels formés et dont la compétence est reconnue, suivant les termes d'une consigne écrite précisant toutes les dispositions spécifiques prises en matière de sécurité ;
- la décompression du tronçon de canalisation à la plus basse pression possible compte tenu de la situation du réseau environnant ;
- la réalisation et le contrôle des soudures de raccordement par des salariés habilités suivant des modes opératoires validés par les experts spécialisés en matière de soudage.

Intervention en charge

Mesures prises à la conception

Les diverses techniques proposées pour effectuer un piquage en charge sur réseau MPC reposent sur l'utilisation d'une pièce de renforcement destinée à compenser la suppression de métal provenant de l'ouverture pratiquée dans l'ouverture principale. Elles sont de deux types :

- élément tubulaire et selle de renfort assemblés sur chantier ;
- ensemble préfabriqué en usine ayant reçu une autorisation d'emploi et utilisable jusqu'à une pression de 25 bar (éventuellement complété sur chantier par une réduction).

Le choix entre ces deux techniques s'effectue en fonction des calibres de la canalisation principale et de la dérivation, selon les règles prescrites.

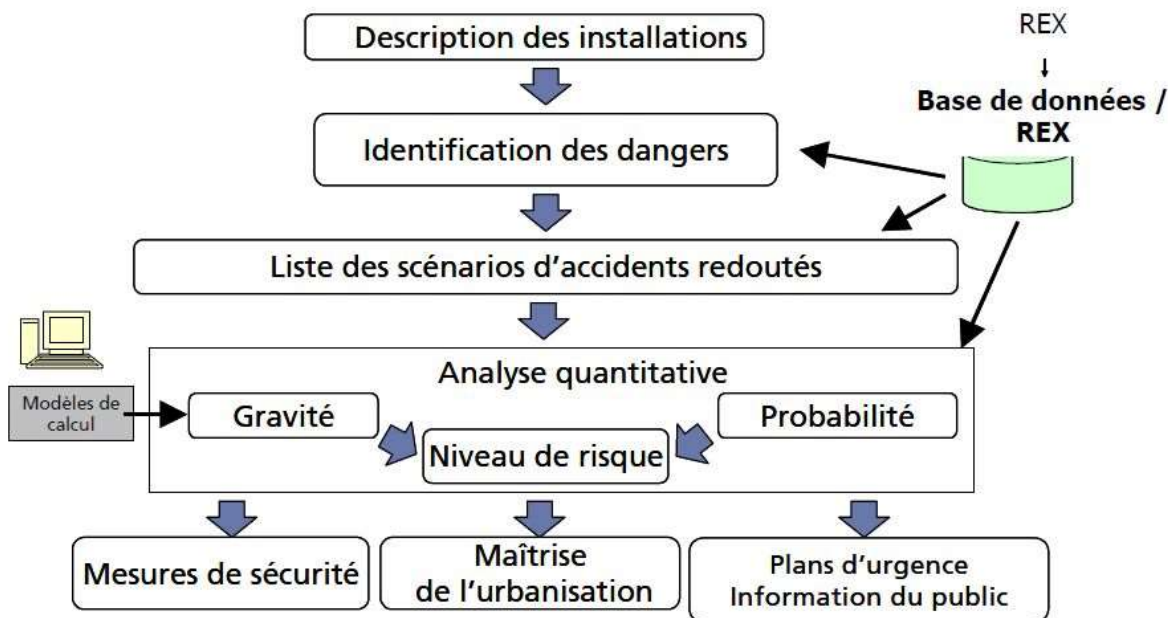
Mesures prises en cours d'intervention

Les opérateurs font partie d'équipes spécialisées du Distributeur ou de prestataires dont l'expérience garantit la bonne utilisation du matériel qui est en outre conçu pour éviter toute fuite à l'atmosphère.

En outre, des consignes de sécurité particulières sont établies et diffusées à l'ensemble des intervenants.

7 MÉTHODE D'ANALYSE DES RISQUES

Les principales étapes de la démarche pour l'analyse des risques pour l'ouvrage, et son application au tracé retenu, afin d'identifier les mesures compensatoires éventuellement nécessaires sont résumées dans le logigramme suivant :



7.1 Brèches de référence et choix des phénomènes dangereux

La détermination des phénomènes dangereux de référence consiste à déterminer :

- les brèches de référence plausibles. Ces brèches correspondent à une taille de perforation de référence ;
- les phénomènes dangereux plausibles de référence.

7.1.1 Tracé courant

Les trois phénomènes dangereux représentatifs liés aux causes possibles d'incident à étudier dans le cadre d'une étude de dangers en tracé courant sont :

- La rupture complète : correspondant principalement à une agression par un engin puissant avec ouverture de la canalisation. Les brèches d'une surface supérieure à celle d'un trou circulaire de 70mm de diamètre sont associées à ce phénomène dans le cadre du REX pour déterminer les fréquences d'incident ;
- La brèche moyenne : correspondant principalement à une agression par une dent d'engin de travaux publics avec une perforation de la canalisation. Dans le cadre du REX ont été considérées l'ensemble des brèches d'une surface équivalente à un trou circulaire de diamètre entre 12 mm et 70 mm ;

- La petite brèche : soit un trou de diamètre compris entre 0 et 12 mm. Les causes de ces incidents sont principalement les agressions lors de travaux tiers, la corrosion, les défauts de matériaux, et les défauts de construction.

Pour la modélisation des phénomènes dangereux de référence, les brèches de référence retenues sont les bornes supérieures de ces plages (Ce choix est majorant). Le tableau de synthèse ci-dessous récapitule les scénarios de référence utilisés pour les études de dangers :

Phénomènes dangereux de référence	Brèche de référence retenue pour la modélisation	Facteur(s) de risque
Rupture	Diamètre de la canalisation	Travaux de tiers
Moyenne brèche	Trou circulaire de 70 mm de diamètre	Travaux de tiers
Petite brèche	Trou circulaire de 12 mm de diamètre	Travaux de tiers, corrosion, défaut de construction, défaut de matériaux, autres

Au regard du REX présenté en chapitre 5, les facteurs de risques sont considérés proportionnellement au nombre d'incidents dont ils sont la cause :

Phénomène dangereux	Causes	Nb d'incidents (REX 2000 / 2016)	%/Total
Rupture	Agressions externes	4	100%
Moyenne brèche	Agressions externes	13	100%
Petite Brèche	Défaut de Construction/matériaux	4	27%
	Corrosion	3	20%
	Autres	2	13%
	Agressions externes	6	40%
	Total Petite Brèche		15
Toutes tailles de brèche	Agressions externes	23	72%
	Défaut de Construction/matériaux	4	13%
	Corrosion	3	9%
	Autres	2	6%
	Total général		32

7.1.2 Installations annexes

Le retour d'expérience et l'analyse de risque conduisent à ne pas envisager comme plausible la rupture des canalisations aériennes des installations annexes. Ces installations annexes étant visibles, l'agression lors de travaux tiers n'est pas retenue. Les deux phénomènes dangereux de référence retenus sont les suivants :

- La rupture d'un piquage suite à un choc mécanique sur l'installation (notamment accident de la circulation). Par défaut, la configuration étudiée est celle du scénario majorant, c'est-à-dire un piquage de DN25 avec un rejet horizontal. (en l'absence de piquage DN25 sur l'installation, il est possible de limiter le phénomène dangereux de référence au diamètre maximum des piquages installés).

Si il est identifié que l'installation annexe n'est pas exposée à un risque de choc, ce phénomène dangereux peut être écarté de l'étude de danger ;

- La petite brèche de 5mm suite à une corrosion, un défaut d'étanchéité ou un défaut de matériaux.

Les incidents se répartissent par phénomènes dangereux de la façon suivante :

Phénomènes dangereux de référence	Brèche de référence retenue pour la modélisation	Facteur de risque
Rupture de piquage <u>avec rejet horizontal</u>	Piquage DN25 (ou DN maximal présent sur l'installation)	Choc mécanique sur l'installation
Petite brèche/perforation	Brèche de <u>5 mm</u> de diamètre	Défauts de matériau, défaut d'étanchéité, corrosion

Phénomène dangereux	Causes	Nb d'incidents (REX 2012/2017)	%/Total
<i>Rupture de piquage avec rejet horizontal</i>	Choc mécanique sur l'installation	0	0%
<i>Petite brèche 5 mm</i>	Défauts de matériau, défaut d'étanchéité, corrosion	11	100%

7.2 Fréquences d'occurrence des évènements et probabilité d'inflammation

7.2.1 Tracé courant

Le tableau ci-dessous présente la répartition des fréquences d'occurrence des incidents par type de phénomènes dangereux, sur la période de REX disponible des distributeurs (2000/2016). Sur cette période, les distributeurs présentent une expérience de 50642 km.an. Les valeurs de fréquence de fuite de référence à prendre en compte sont données dans le tableau ci-dessous.

	Exposition (en km.an)	Nb Fuites REX 2000-2016	Fréquences de fuite de référence REX GRDF+ELD (en /(km.an))
Petite brèche	50642	15	$2,96 \cdot 10^{-4}$
Moyenne brèche	50642	13	$2,57 \cdot 10^{-4}$
Rupture	50642	4	$7,9 \cdot 10^{-5}$

Au regard du faible nombre de ruptures constatées dans le REX, et à titre conservatoire, les 3 phénomènes dangereux seront étudiés avec des fréquences identiques quel que soit le diamètre de la canalisation. L'absence de brèches supérieures à 70 mm, associée au scénario de rupture, sur des canalisations de diamètre supérieur à DN 200 n'est en effet pas considéré comme significatif au regard de l'échantillon.

Concernant la probabilité d'inflammation, le REX recense 2 incidents avec inflammation sur 32 incidents au total, soit un taux d'inflammation moyen de 6,25%.

Toutefois, ces 2 incidents avec inflammation ont été causés par agression externe (allumage par l'engin) sur des brèches de taille moyenne. Le REX recense 9 incidents non causés par des agressions externes. Ces incidents concernent des petites brèches dues à des défauts de construction, de matériau, de corrosion, dont aucun ne s'est enflammé.

Ces constats mettent ainsi en évidence une probabilité d'inflammation plus forte sur les incidents causés par une agression externe, la probabilité d'inflammation constatée étant 9% sur ce type d'incident toutes tailles de brèche confondues. La probabilité retenue pour les études de dangers est de 10% pour les scénarios de moyennes brèche et de rupture, dont la seule cause constatée est l'agression externe. Les causes d'incident de type petite brèche sont plus variées, les agressions externes ne représentant que 40%. A titre conservatoire, la fréquence d'inflammation retenue pour le scénario de petite brèche est de 4%.

Brèche de référence retenue	Probabilité d'inflammation
Rupture + moyenne brèche	10%
Petite brèche	4%

Toutefois, en présence de caténaires de voies ferrées la probabilité d'inflammation retenue sera de 100% si les caténaires se situent dans la zone d'inflammabilité du gaz naturel (LIE/LSE). Le REX ne recense pas d'incidents de ce type.

7.2.2 Installations annexes

Le tableau ci-dessous présente la répartition des fréquences d'occurrence des incidents par type de phénomènes dangereux, sur la période de REX disponible des distributeurs :

Phénomène dangereux	Exposition (nb de poste.an ⁻¹)	Nb d'incident	Fréquence de fuite (poste ⁻¹ .an ⁻¹)
Petite brèche 5 mm	7068	11	1,56.10 ⁻³
Rupture de piquage (DN ≤ 25)	7068	0*	1,41.10 ⁻⁴

*Nota : Pour la rupture de piquage horizontal de DN < 25mm, le distributeur adopte une posture majorante. En effet, le REX ne contenant pas d'incident lié au risque de choc mécanique alors que celui ne peut pas être complètement écarté ; le distributeur considère, pour le calcul de la fréquence pour ce phénomène dangereux, l'existence d'un incident de ce type.

Concernant la probabilité d'inflammation, le retour d'expérience des Distributeurs ne recense aucun incident avec inflammation sur les installations annexes.

L'unique cause identifiée pouvant engendrer le phénomène de rupture de piquage étant un choc, de type accident de la circulation, la probabilité d'inflammation retenue pour ce scénario est de 10% par analogie avec le tracé courant et les probabilités constatées sur les incidents avec agression externe (allumage par l'engin).

Les incidents de types petites brèches recensés dans le REX concernent des défauts d'étanchéité ou des défauts de matériels. Dans ce cas, la fuite est localisée à l'intérieur de l'enveloppe du poste de détente. Le gaz s'échappe de cette enveloppe par les différentes aérations, donc de manière verticale (sans phénomène de jet sous pression horizontal). La distance du mélange gazeux inflammable avec teneur en gaz supérieur à la LIE peut être évaluée à 1 mètre maximum du poste par analogie à la dispersion du gaz lors d'une petite brèche verticale. La probabilité de présence d'un point chaud dans ce périmètre pouvant engendrer l'inflammation est ainsi très réduite. Le retour d'expérience ne recense aucun cas. A titre conservatoire, la fréquence retenue est de 1%.

Brèche de référence retenue	Probabilité d'inflammation
Rupture de piquage (DN≤25)	10%
Petite brèche de 5 mm	1%

7.3 Quantification des effets redoutés

Le groupe ENGIE a réalisé avec d'autres sociétés gazières la modélisation des phénomènes physiques constatés en cas d'incident, ainsi que la validation par des essais de ces modèles. Ils permettent d'évaluer le débit de gaz émis à l'atmosphère et en cas d'inflammation du gaz, la surpression liée à l'inflammation et le rayonnement thermique dégagé par la combustion du gaz.

L'annexe 3 présente de façon plus détaillée les modèles utilisés et leur validation.

7.3.1 Calcul du débit de gaz émis à l'atmosphère

L'ensemble des lois et des hypothèses prises permet de calculer le débit de gaz s'échappant en cas de fuite en fonction notamment de la pression initiale, de la taille de la brèche, du diamètre et de la longueur de la canalisation concernée.

Pour les calculs du débit de gaz, la pression au moment de l'incident est supposée égale à la Pression Maximale de Service (PMS) de l'ouvrage, ce qui est majorant puisque la pression réelle dans la canalisation est généralement inférieure à la PMS. De plus, la fuite sera supposée située à mi-distance des deux extrémités de la canalisation concernée.

Dans le cas d'une rupture complète de la canalisation, le débit à la brèche décroît en quelques minutes puis atteint une valeur stable tant que l'exploitant de l'ouvrage n'est pas intervenu pour isoler le tronçon endommagé.

Dans le cas où la taille de la perforation par rapport au diamètre de la canalisation est suffisamment faible, l'évolution du débit à la brèche est stable dans le temps tant que l'exploitant de l'ouvrage n'est pas intervenu pour isoler le tronçon endommagé.

7.3.2 Étude de la dispersion du jet de gaz naturel

Le gaz naturel est inflammable lorsque sa concentration volumique dans l'air est comprise entre 5 % et 15 %. L'étude de la dispersion du jet de gaz naturel dans l'atmosphère a pour objectif de définir les contours de la partie inflammable du panache de gaz en fonction de différents paramètres qui peuvent l'influencer (vitesse du vent, inclinaison du jet), et pouvoir ainsi déterminer la zone d'inflammabilité du gaz naturel. Cette zone est en particulier utilisée pour déterminer la probabilité d'inflammation, en fonction de la présence de caténaires de voies ferrées dans cette zone.

Il a été défini d'étudier les panaches de dispersion dans les conditions suivantes :

- rejet vertical qui correspond vraisemblablement au rejet produit suite à une rupture ou à une perforation de la canalisation enterrée ; les bords du cratère formé orientant alors le jet à peu près verticalement ;
- vitesse de vent : 5 m/s, qui correspond à un vent faible et permet de déterminer la hauteur maximale du panache de gaz.

L'étude de la dispersion d'un jet de gaz naturel en milieu libre met en évidence les conclusions suivantes :

- une très faible proportion des quantités rejetées est inflammable ;
- un jet inflammable de gaz naturel ne dérive pas ;
- le vent réduit le volume inflammable ;
- le volume inflammable décroît en fonction du temps ;
- une inflammation différée a des effets plus faibles.

7.3.3 Étude de la surpression en cas d'inflammation

En cas d'inflammation du panache de gaz naturel, une onde de surpression est engendrée au moment de cette inflammation. L'objectif de cette modélisation est d'être capable de déterminer les niveaux de surpression atteints afin d'évaluer les dégâts susceptibles d'être occasionnés sur le milieu environnant. La modélisation utilisée pour déterminer le niveau de surpression et sa validation sont présentées en annexe 3.

Le calcul de surpression est réalisé en tenant compte du fait que l'inflammation se produit dans les tous premiers instants qui suivent le début de la fuite. C'est ainsi l'effet maximal qui est évalué.

Le tableau de l'annexe 4 présente les dégâts susceptibles d'être occasionnés en fonction du niveau de surpression atteint.

7.3.4 Étude du rayonnement thermique

L'étude du rayonnement thermique émis par un jet enflammé a pour but de déterminer le flux de chaleur reçu par une personne ou une structure à une distance donnée du foyer et d'en évaluer les conséquences.

En cas d'inflammation du panache de gaz, les personnes et les biens sont soumis au rayonnement thermique émis par la flamme. La grandeur requise pour caractériser le rayonnement thermique reçu à une distance donnée de la flamme est le flux thermique, exprimé en kW/m². Les dommages occasionnés sont directement liés au niveau de flux thermique.

La grandeur permettant de caractériser les effets du rayonnement thermique sur les personnes est l'exposition au rayonnement thermique, qui intègre le rayonnement thermique reçu durant toute la durée pendant laquelle il est subi et ce par unité de surface.

L'exposition au rayonnement thermique s'exprime sous la forme d'une intégrale sur la durée :

$$\text{Exposition} = \int_{\text{temps}} I(t)^n \cdot dt$$

où :

Temps = durée de l'exposition au rayonnement thermique

I(t) = flux thermique reçu (flux variable dans le temps), en kW/m²

n = 4/3

Cette notion permet de mieux évaluer les effets sur les personnes, notamment lorsque le flux est variable.

Des études statistiques conduites par Eisenberg sur des cas de brûlures accidentelles ont permis d'évaluer les conséquences physiologiques de l'exposition au rayonnement thermique. Ces travaux ont été repris et complétés par Lees.

Les valeurs de référence utilisées par le Distributeur sont présentées dans l'annexe 4.

7.3.5 Calcul des distances d'effets

Pour chaque phénomène dangereux de référence plausible retenu, les effets redoutés ont été quantifiés à l'aide des modèles de simulation présentés aux paragraphes précédents.

Les zones d'effets des scénarii de référence sont calculées par rapport à l'ouvrage à partir des seuils des

- effets irréversibles (IRE) : délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » ;

- premiers effets létaux (PEL) : délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ;
- effets létaux significatifs (ELS) : délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »

tels que définis 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.

Critères des effets redoutés	Pour chaque phénomène dangereux de référence
<i>Surpression</i>	
200 mbar	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone de dangers très graves pour la vie humaine »
140 mbar	Seuil des effets létaux délimitant la « zone de dangers graves pour la vie humaine »
50 mbar	Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone de dangers significatifs pour la vie humaine ». Limite de blessures significatives (+)
<i>Rayonnement thermique Emittance variable</i>	
1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».
1 000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	Seuil des premiers effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine ».
600(kW/m ²) ^{4/3} .s (+)	Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » (+)

(+)Largeur de la bande d'étude

Les distances d'effets sont déterminées dans les cas standards à partir de données préétablies. Pour toute configuration s'éloignant de ces cas standards, un calcul spécifique sera réalisé.

L'annexe 5 présente les distances retenues pour ces zones d'effets en fonction du phénomène dangereux étudié.

7.4 Méthodologie d'analyse de risque pour le tracé courant

7.4.1 Définition des segments et des phénomènes dangereux de référence associés

Afin de prendre en compte les spécificités de l'ouvrage et de l'environnement, l'ouvrage est découpé en segments d'un mètre permettant d'affiner la précision de l'analyse là où les enjeux sont importants. Pour chacun de ces segments, l'analyse des trois phénomènes dangereux (rupture, moyenne brèche et petite brèche) est réalisée. Ils sont ensuite regroupés pour former un tronçon homogène.

Un tronçon est dit homogène si :

- L'ensemble de ses caractéristiques techniques (DN, PMS, année de pose, profondeur, mesures compensatoires existantes) ne varient pas sur ce segment ;

- Et si, pour chaque phénomène dangereux, la gravité et la probabilité d'atteinte associée est la même en tout point du tronçon.

Pour un tronçon donné, le risque sera évalué sur le point le plus défavorable par positionnement dans une matrice de risque.

7.4.2 Détermination de la probabilité d'atteinte d'un point

Il s'agit de déterminer la probabilité d'atteinte d'une cible (en an⁻¹) pour un phénomène dangereux de fuite donnée (rupture totale, moyenne brèche, petite brèche) et pour les différentes plages de létalité (effets létaux significatifs et premiers effets létaux).

Pour les trois phénomènes dangereux, le calcul repose sur l'utilisation de la formule suivante :

$$P_{\text{atteinte point}} = F_{\text{fuite}/(\text{km.an})} \times Prob_{\text{inflammation}} \times L_{\text{effet considéré}} \times \sum \{ E_{MCI} \times C_i \times P_{(\text{facteur de risque})i} \} \times P_{\text{présence}}$$

Avec

- $F_{\text{fuite}/(\text{km.an})}$ = Fréquence de fuite du phénomène dangereux considéré. Ces fréquences sont détaillées dans le paragraphe 7.2 de ce présent document ;
- $Prob_{\text{inflammation}}$ = Probabilité d'inflammation d'un phénomène dangereux. Dès lors qu'un élément pouvant provoquer l'inflammation est présent dans la zone LIE (limite inférieure d'explosivité) du panache de gaz, celui-ci sera pris à 100%. Les distances des zones LIE pour chaque phénomène dangereux sont présentes en annexe 7 ;
- $L_{\text{effet considéré}}$: longueur de tronçon homogène de la canalisation concernée sur lequel une fuite peut atteindre le point de l'environnement avec un effet au moins égal à l'effet considéré.

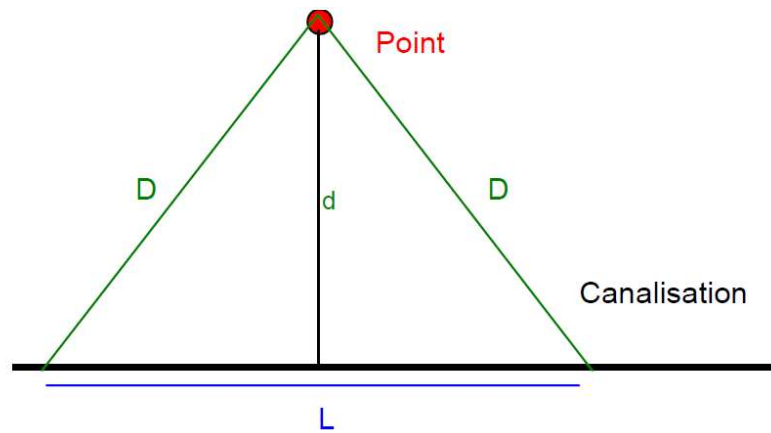
Ces effets sont au nombre de deux : ELS (Effets Létaux Significatifs) et PEL (Premiers Effets Létaux).

Le tableau des distances d'effet présenté en Annexe 5 correspond, en fonction du diamètre nominal (DN) et de la pression maximale en service de la canalisation (PMS), aux distances en mètres relatives aux seuils de :

- 1800 [(kW/m²)^{4/3}].s, correspondant aux Effets Létaux Significatifs (ELS),
- 1000 [(kW/m²)^{4/3}].s, correspondant aux Premiers Effets Létaux (PEL),
- 600 [(kW/m²)^{4/3}].s, correspondant aux Effets Irréversibles (IRE).

$L_{\text{effet considéré}}$, dont l'unité est le km, est exprimé par la formule $2(D^2-d^2)^{1/2}$ (avec D = distance de l'effet considéré et d = distance entre la canalisation et le point de l'environnement considéré). A titre conservatoire, les points cibles visés sont considérés comme étant positionnés sur la canalisation (d=0), ce qui amène à fixer :

$$L_{\text{effet considéré}} = 2 D$$



- C_i : Facteur correctif égal à 1 sauf pour le facteur de risque de « travaux tiers » qui tient compte de la configuration particulière de la canalisation et de son environnement.

En effet, pour le facteur de risque « travaux tiers », le facteur correctif est défini par :

$$C_i = C_{prof} \times C_{env}$$

Avec :

- C_{prof} = Coefficient de profondeur, dépendant de la profondeur d'enfouissement de la canalisation.

Profondeur d'enfouissement (m)	C_{prof}
Prof < 0,4	30
0,4 ≤ Prof < 0,6	10
0,6 ≤ Prof < 0,8	2
0,8 ≤ Prof < 1	1
1 ≤ Prof < 1,2	0,67
1,2 ≤ Prof < 1,4	0,33
1,4 ≤ Prof < 1,6	0,20
1,6 ≤ Prof < 1,8	0,13
1,8 ≤ Prof < 2	0,08
2 ≤ Prof ≤ 3	0,06
Prof > 3	0,01

- C_{env} = Coefficient d'environnement, qui correspond à l'environnement dans lequel la canalisation est posée.

Le distributeur pourra considérer, en base, que toutes ces canalisations sont en zone urbaine et appliquera $C_{env} = 3$. Cependant, il gardera la possibilité de réduire ce coefficient à 1 en justifiant l'emplacement rural de la canalisation.

- $P_{présence}$: nombre représentatif de l'occupation en pourcentage. A défaut, il est pris en compte égal à 100 %.

Toutefois, dans le cas où il est connu qu'un bâti n'est pas occupé 100% du temps, il est possible d'affecter à ce bâti un taux d'occupation inférieur à 1.

Dans ce cas, le calcul de $P_{présence}$ devient :

$$P_{présence} = \frac{\sum Occupation_i \times Taux\ d'occupation_i}{\sum Occupation_i}$$

- $P_{(facteur\ de\ risque)_i}$ = Représentation d'un facteur de risque pour un phénomène dangereux donné. Les valeurs sont décrites dans le paragraphe 7.1 du présent document.
- E_{MCI} = Efficacité d'une mesure compensatoire valorisée ou préconisée pour un facteur de risque donné. Les mesures compensatoires sont détaillées dans le paragraphe 7.4.5

7.4.3 Calcul de la gravité.

Le nombre de personnes exposées au risque (N_{exp}), en un point du segment donné, est le nombre maximum de personnes situées dans le cercle des effets considérés (effets létaux significatifs et premiers effets létaux). Ce cercle est glissant le long de la canalisation. Les règles de comptage des personnes sont indiquées dans l'annexe 6 du présent document et se basent sur la circulaire du 10 mai 2010.

7.4.4 Positionnement dans la matrice de risque.

Selon la zone d'effets considérée et pour chaque phénomène dangereux de fuite, la probabilité d'atteinte de la cible est calculée puis positionnée dans les matrices de risque ci-dessous, en fonction du nombre de personnes exposées à ce phénomène dangereux.

Matrice de risque ELS :

Nexp(ELS)	P_{point} (ELS) $\leq 5.10^{-7}$	$5.10^{-7} < P_{point}$ (ELS) $\leq 10^{-6}$	$10^{-6} < P_{point}$ (ELS) $\leq 5.10^{-6}$	$5.10^{-6} < P_{point}$ (ELS) $\leq 10^{-5}$	$10^{-5} < P_{point}$ (ELS) $\leq 10^{-4}$	$10^{-4} < P_{point}$ (ELS) $\leq 10^{-3}$	$10^{-3} < P_{point}$ (ELS)
N > 300	*	*					
100 < N ≤ 300	*	*	*				
30 < N ≤ 100							
10 < N ≤ 30							
1 < N ≤ 10							
N ≤ 1							

Matrice de risque PEL :

Nexp(PEL)	P_{point} (PEL) $\leq 5.10^{-7}$	$5.10^{-7} < P_{point}$ (PEL) $\leq 10^{-6}$	$10^{-6} < P_{point}$ (PEL) $\leq 5.10^{-6}$	$5.10^{-6} < P_{point}$ (PEL) $\leq 10^{-5}$	$10^{-5} < P_{point}$ (PEL) $\leq 10^{-4}$	$10^{-4} < P_{point}$ (PEL) $\leq 10^{-3}$	$10^{-3} < P_{point}$ (PEL)
N > 3000	*	*					
1000 < N ≤ 3000	*	*	*				
300 < N ≤ 1000	*	*	*	*			
100 < N ≤ 300							
10 < N ≤ 100							
N ≤ 10							

En fonction de l'emplacement dans la matrice de risque, le distributeur applique la méthodologie du tableau ci-dessous.

Couleur de la case	Etude de dangers de canalisations neuves ou modifiées	Etude de dangers de canalisations existantes
Noire	Mesures compensatoires nécessaires systématiquement pour sortir de ce type de case	
Grise avec *	Nécessité de mise en place de mesures compensatoires pour passer dans case blanche *	Si conforme à l'article 5, acceptable sans mesure compensatoire. Si non, acceptable si a minima une mesure compensatoire de type exploitation ou information est mise en place ou existe déjà
Grise	Nécessité de mise en place de mesures compensatoires pour passer dans case blanche	Acceptable sans mesure compensatoire
Blanche avec *	Si conforme à l'article 5, acceptable sans mesure compensatoire. Si non, nécessité de mise en place d'une mesure compensatoire de type protection physique.	Si conforme à l'article 5, acceptable sans mesure compensatoire. Si non, acceptable si a minima une mesure compensatoire de type exploitation ou information est mise en place ou existe déjà

Couleur de la case	Etude de dangers de canalisations neuves ou modifiées	Etude de dangers de canalisations existantes
Blanche	Acceptable sans mesure compensatoire	

Un ouvrage est dit "conforme à l'article 5" s'il n'existe dans la bande des premiers effets létaux ni établissement recevant du public (ERP) de plus de 300 personnes, ni immeuble de grande hauteur (IGH), ni installation nucléaire de base (INB), et en outre s'il n'existe pas dans la bande des effets létaux significatifs d'ERP de plus de 100 personnes.

Il est à noter, pour le phénomène dangereux de rupture, que la présence d'ERP recevant des personnes à mobilité réduite (écoles maternelles, crèches, maisons de retraite, ...) est prise en compte en :

- Identifiant le bâtiment concerné (hôpital, crèche, ...) dans l'étude ;
- Etablissant une bande d'effets supplémentaire définie comme la zone des effets irréversibles (IRE) calculée avec hypothèse de fuite, associée à la rupture des canalisations de gaz naturel de DN inférieur ou égal à 150 (au-delà de ce diamètre, les écarts entre les distances calculées avec et sans mobilité des personnes sont suffisamment faibles pour ne plus justifier une analyse spécifique).

7.4.5 Définition de mesures compensatoires supplémentaires à mettre en œuvre

Les mesures présentées ci-dessous peuvent aussi être valorisées lors du calcul des probabilités d'atteintes si elles sont déjà présentes sur les tronçons étudiés.

7.4.5.1 Mesures compensatoires : facteur de risque « travaux tiers »

■ LES DISPOSITIONS ASSOCIÉES A LA MISE EN ŒUVRE DE LA RÉGLEMENTATION ANTI-ENDOMMAGEMENT

Depuis juillet 2012, l'application des nouvelles dispositions réglementaires (articles L.554-1 à L.554-4 et R. 554-1 à R. 554-39 du code de l'environnement) ont été mises en place au voisinage des réseaux MPC, afin de réduire les risques d'endommagement consécutifs à des travaux à proximité de ces ouvrages.

Ces nouvelles dispositions consistent en particulier pour les chantiers à proximité des réseaux MPC du Distributeur, en la demande systématique d'une réunion préalable sur site, en amont des travaux, avec localisation des réseaux. Cette localisation des réseaux sur site se traduit par :

- la validation des informations figurant dans la DICT et le cas échéant des recommandations de l'exploitant à l'approche de l'ouvrage ;
- la localisation sans fouille de l'ouvrage et la détermination des limites d'emprise à appliquer pour chaque tronçon d'ouvrage ;
- la communication sur la profondeur de l'ouvrage et l'incertitude associée ;
- le marquage ou piquetage au sol des réseaux gaz MPC ;
- la production d'un compte-rendu de visite contradictoirement signé.

Cette mesure est d'autant plus efficace qu'elle apporte une meilleure sensibilisation du déclarant aux risques d'endommagements des ouvrages.

En outre, d'autres actions ont été mises en œuvre dans le cadre de cette réglementation visant à lutter contre les endommagements d'ouvrages lors de travaux. Des projets d'amélioration de la précision de la cartographie des ouvrages ont été conduits et se poursuivent (taux de cartographie en classe de précision A). Une sensibilisation forte des parties prenantes est également mise en œuvre par l'intermédiaire des observatoires dédiés à l'application de cette réglementation. Enfin, le professionnalisme des acteurs travaux concernés a été renforcé avec l'obligation de disposer d'une AIPR (Attestation d'Intervention à Proximité des Réseaux)

L'efficacité de ces mesures est estimée à 0,25 au regard de la diminution constatée du nombre de dommages aux ouvrages, d'autant que l'impact de certaines mesures (sensibilisation, AIPR) n'a pas encore été totalement observé pour l'instant. Néanmoins tenant compte du fait que ces mesures ont été mises en œuvre depuis mi-2012 et impactent donc déjà les fréquences d'incidents observées dans le REX sur la période 2000-2016, ce coefficient est corrigé en conséquence et la valeur retenue dans les études de danger est 0,3.

Ces actions étant mises en œuvre sur l'ensemble des ouvrages, cette efficacité peut être appliquée directement en base sur la probabilité du facteur de risque « travaux tiers » dans la formule de détermination de la probabilité d'atteinte en un point.

■ SURVEILLANCE RENFORCÉE

La surveillance renforcée consiste en la visite de la canalisation afin de surveiller les conditions de réalisation des chantiers tiers déclarés autour des réseaux enterrés, et de détecter d'éventuels chantiers non déclarés. L'efficacité de cette mesure est de $EMC = 1/\text{nombre de passages mensuels}$.

■ BORNAGE RENFORCÉ

Le bornage est actuellement effectué en fonction d'une analyse locale de risque d'endommagement qui conduit à placer une plaque tous les 40 m environ en milieu urbain et une borne ou plaque tous les 100 à 300 m en milieu rural, ainsi que de chaque côté des traversées de voies de circulation ou de voies ferrées, des ronds-points importants, des cours d'eau... Le renforcement de ces dispositions consistera à accroître les règles de bornage, en multipliant la fréquence des bornes. Le bornage renforcé n'interviendra que dans le cadre d'une action complémentaire découlant de la présente étude et non encore mise en place.

Pour cette mesure, l'efficacité EMC est de 0,3.

■ PROTECTION MÉCANIQUE

Les protections mécaniques (tôles d'acier, plaques PE) prises en compte au titre de mesures compensatoires sont celles dont l'installation découle de la mise en application de la matrice de risque et permet de ramener la position obtenue dans une case acceptable de la matrice.

Le Guide GESIP 2008/02 « Mesures compensatoires de sécurité » dans son édition de janvier 2014 précise les différents coefficients de réduction de risque à prendre en compte dans l'étude de dangers en fonction des largeurs de plaques. En effet, au vu de l'encombrement des sols et des emplacements de ces

canalisations, Certains Distributeurs préconisent des plaques de protection mécanique moins larges que celles utilisées par les transporteurs.

La largeur étant de $L = DN + 0,6$ m. Cette plaque de protection mécanique en PE utilisée est donc valorisée de la sorte :

- Plaque PE d'épaisseur supérieure à 12 mm avec grillage avertisseur ou signalétique intégrée : Efficacité = 0,01 pour une plaque où $L = DN + 0,8$ m pour les $DN \leq 200$ et $L = DN + 1$ m pour les $DN > 200$. (Guide GESIP 2008/01 Méthodologique) ;
- Efficacité multipliée par 4 pour des valeurs de largeur comprises entre $DN + 0,6 \text{ m} \leq L < DN + 0,8$ m. (Guide GESIP 2008/02 Mesures compensatoires de sécurité).

Ce qui donne l'efficacité de 0,04 utilisée dans les études de danger.

En outre, lorsque l'étude préconise une protection de type plaque, les plaques existantes décrites dans notre cartographie sont valorisées, qu'elles soient ou non prescrites par ailleurs, avec une efficacité dépendant de leurs caractéristiques en cohérence avec le guide GESIP. Dans ces cas, l'efficacité de la mesure compensatoire est inscrite dans l'étude.

■ REMISE EN PROFONDEUR

Lorsque la mesure compensatoire protection mécanique n'est pas réalisable sur le terrain, la remise en profondeur est une mesure compensatoire de construction, qui permet de repositionner une canalisation à une hauteur de couverture supérieure et a minima réglementaire. Cette mesure permet de réduire la probabilité lors d'un scénario de rupture et ainsi de ramener la position obtenue dans la matrice vers une case acceptable. Son efficacité est directement dépendante du coefficient de profondeur de la canalisation étudiée.

L'efficacité EMC est fonction de la profondeur résultante une fois la remise en profondeur effectuée. Cette efficacité EMC se retrouve dans le coefficient C_{prof} (Tableau du 7.4.2).

L'utilisation du coefficient C_{prof} ne peut justifier un non-respect de la profondeur d'enfouissement minimale imposée par la réglementation en vigueur lors de la construction de l'ouvrage.

■ AUTRES MESURES COMPENSATOIRES

La liste des mesures compensatoires décrite précédemment n'est pas exhaustive. D'autres mesures pourront être mises en œuvre :

- pour être adaptées à des environnements particuliers ;
- en concertation avec le gestionnaire de l'espace occupé ;
- en fonction d'identification de nouvelles actions, de nouveaux dispositifs (techniques, réglementaires...);
- ...

7.4.5.2 Mesures compensatoires : facteurs de risque « Corrosion », « Défaut de matériaux » ou « Autres »

■ RECHERCHE SYSTÉMATIQUE DE FUITE RENFORCÉE

Dans le cadre de la prévention du scénario « petite brèche », la surveillance appliquée au cours de la période 2000-2016 s'inscrit dans le contexte du cahier des charges RSDG 14 associé à l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié qui impose une périodicité maximale de 4 ans pour les actes de surveillance et maintenance préventives.

La mesure essentielle envisagée dans ce cas consiste à accroître la périodicité des mesures de recherche systématique de fuite par VSR ou à pied, mesures qui sont menées aujourd'hui avec une périodicité de 4 ans pour les réseaux MPC du Distributeur.

La mesure compensatoire « RSF renforcée » n'est prise en compte qu'à partir d'une fréquence initiale de RSF supérieure à 4 ans. L'efficacité EMC s'exprime en 1/nombre de passages sur une période de 4 ans, en véhicule (VSR) ou à pied.

Le Distributeur retient une RSF renforcée réalisée au minimum tous les deux ans avec une efficacité de 1/(nombre de passages par période de 4 ans).

7.5 Méthodologie adoptée pour les points singuliers

L'étude des points singuliers (cf. § 2.1 Définitions), consiste à :

- identifier ces points ;
- sélectionner les phénomènes dangereux plausibles en ces points ;
- apprécier la pertinence des mesures prises pour éviter l'occurrence de certains phénomènes dangereux et/ou en limiter les conséquences.

7.5.1 Détermination des points singuliers

Certains tronçons de canalisation se distinguent car ils présentent des facteurs de risques différents de ceux du tracé courant. Les points singuliers sont soit une traversée aérienne ou le long d'un ouvrage d'art, soit une traversée de rivière en souille.

7.5.2 Cas des traversées aériennes

7.5.2.1 Analyse des facteurs de risques

Ces canalisations sont moins exposées aux travaux de tiers du fait de leur visibilité.

L'analyse réalisée dans la partie spécifique pour ces canalisations tient compte du REX des distributeurs, selon lequel le facteur de risque « dommages dus aux travaux de tiers » n'est pas retenu.

Toutefois, une analyse spécifique de chaque traversée aérienne identifiera au cas par cas la présence éventuelle d'autres facteurs d'agression mécanique, telles que le risque d'accident de la circulation, de

crues torrentielles pouvant impacter l'ouvrage, d'agression par le passage d'un bateau. Le cas échéant, ce risque d'agression spécifique pourra être écarté par la mise en œuvre d'une protection physique adaptée.

7.5.2.2 Phénomène dangereux de référence et distances d'effet

Compte tenu de l'analyse de risque précédente, le phénomène dangereux de référence à retenir pour les traversées aériennes est la petite brèche de 12 mm. Le rejet sera considéré horizontal. Cette orientation du rejet est en effet celle générant la distance d'effet la plus importante.

Les distances d'effets sur les personnes associés au rejet enflammé d'une petite brèche de 12 mm horizontale sont de 8 mètres, pour les ELS, les PEL et les IRE (Cf. annexe A5.5).

7.5.2.3 Fréquences et probabilité d'atteinte d'un point

Le scénario de Petite Brèche avec rejet horizontal est retenu dans l'analyse quantitative pour ces canalisations, avec comme fréquence d'occurrence des événements et probabilité d'inflammation, les données présentées dans le § 7.2.1.

7.5.2.4 Mesures d'exploitation et mesures compensatoires

Comme précisé ci-avant, en cas de risque avéré d'agression mécanique (risque routier, fluvial, crue torrentielle pouvant endommager l'ouvrage), une protection mécanique adaptée permet d'écarter les scénarios de rupture et de moyenne brèche.

Pour prévenir le scénario de petite brèche de 12 mm, les traversées aériennes en acier objet de cette étude de danger font l'objet, dans le cadre d'un programme de maintenance, d'une révision tous les deux ans afin de vérifier, conformément aux prescriptions du RSDG 14 :

- l'état de la peinture ou du revêtement de la canalisation ;
- l'état de la protection mécanique si nécessaire ;
- l'état du système de supportage ;
- l'état de corrosion de la canalisation au droit des systèmes de supportage ;
- l'état visible de corrosion dans la zone de transition air/sol ;
- l'état d'isolement électrique de la traversée aérienne.

Lors de cette révision, une recherche de fuite est réalisée. En complément, un catalogue des défauts des points singuliers a été élaboré à cet effet.

Si besoin, une mesure compensatoire de maintenance renforcée peut être préconisée en réponse au risque de corrosion ou de défaut de matériel et de matériaux (seuls facteurs de risques résiduels sur ces ouvrages suite à l'analyse faite en 1 ci-dessus). Pour une révision annuelle de la traversée aérienne, une efficacité EMC de 0,5 est retenue par le Distributeur.

7.5.3 Cas particulier des traversées de rivière en souille

Les facteurs de risque auxquels sont soumis ces ouvrages sont différents de ceux du tracé courant. Ces canalisations ne sont en effet pas exposées au risque d'agression lors de travaux.

Les facteurs de risque spécifiques sont en effet :

- Le risque de crues importantes pouvant entraîner un affouillement de la souille et des berges. Cet affouillement pourrait dégager la canalisation et l'exposer ainsi aux dangers d'agression extérieure (éboulements, ancrages de bateaux,...) et de corrosion ;
- Le risque d'érosion des berges si l'ouvrage est situé dans un milieu naturel non stable ou non stabilisé.

Le REX n'identifie aucun incident sur ce type d'ouvrage. En l'absence d'élément de probabilité, le positionnement dans la matrice de risque ne s'avère pas pertinent.

Si l'un de ces facteurs de risque est avéré, l'étude de danger pourra préconiser une mesure compensatoire de maintenance renforcée annuelle pour contrôler plus fréquemment l'état d'érosion des rives et des dépôts d'alluvions.

Le scénario de référence majorant utilisé pour l'établissement des servitudes d'utilité publique restera celui de la rupture.

7.5.4 Cas des traversées enterrées en ouvrage d'art

Ces ouvrages sont soumis aux mêmes facteurs de risque que les canalisations enterrées en tracé courant. Les scénarios de référence, distances d'effet, fréquence et probabilité d'atteinte d'un point et les mesures de prévention appliquées pour le scénario courant sont ainsi adaptés et appliqués pour ces ouvrages.

Toutefois, des mesures constructives particulières ont parfois été prises à l'établissement de ces ouvrages. Ces mesures pourront être valorisées avec une efficacité adaptée. En particulier, lorsque l'ouvrage est positionné dans un caniveau en béton, ce dernier le protège de dommages lors de travaux tiers avec une efficacité comparable à des plaques en béton.

En complément, ces ouvrages sont référencés par le Distributeur dans ses bases de données comme étant des points singuliers

7.6 Méthodologie d'analyse de risque pour les installations annexes

7.6.1 Détermination des phénomènes dangereux de référence.

Le distributeur a retenu deux phénomènes dangereux pour l'analyse quantitative des installations annexes. Le phénomène dangereux de petite brèche inférieure à 5 mm sera étudié pour chaque installation annexe. De plus, s'il s'avère que si l'installation annexe est soumise au risque de choc mécanique, le phénomène dangereux de rupture de piquage horizontal de diamètre inférieur à 25 mm sera lui aussi étudié.

7.6.2 Détermination de la probabilité d'atteinte

Dans le cas d'une installation annexe du Distributeur, la probabilité d'atteinte résulte de la formule :

$$P_{(\text{atteinte point})} = F_{(\text{fuite/an})} \times \text{Prob}_{(\text{inflammation})} \times \text{EMCi}$$

En cas d'occupation temporaire d'un site, la probabilité d'atteinte tient également compte de la probabilité de présence de personnes, dans les conditions précisées à l'annexe 4.

Ainsi, pour chaque phénomène dangereux retenu, les probabilités d'atteinte sont :

Phénomène dangereux retenu	Probabilité d'atteinte pour les IA (an ⁻¹)
Petite brèche inférieure à 5 mm	1,56.10 ⁻⁵
Rupture de piquage horizontal de diamètre inférieur à 25 mm	1,41.10 ⁻⁵

7.6.3 Positionnement dans une matrice de risque

Compte tenu que la probabilité n'est pas fonction de la distance d'effets, elle reste la même pour la zone des ELS et des PEL. Chaque phénomène dangereux résultant de l'étude peut être positionné dans une seule matrice sur la base de la gravité la plus importante (personnes exposées dans la zone ELS ou la zone PEL).

En fonction de l'analyse à mener les phénomènes dangereux seront placés dans la matrice ci-dessous :

N _{exp} (ELS)	N _{exp} (PEL)	P ≤ 5.10 ⁻⁷	5.10 ⁻⁷ < P ≤ 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ < P ≤ 5.10 ⁻⁶	5.10 ⁻⁶ < P ≤ 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ < P ≤ 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ < P ≤ 10 ⁻³	10 ⁻³ < P
N > 300	N > 3000							
100 < N ≤ 300	1000 < N ≤ 3000							
30 < N ≤ 100	300 < N ≤ 1000							
10 < N ≤ 30	100 < N ≤ 300							
1 < N ≤ 10	10 < N ≤ 100							
N ≤ 1	N ≤ 10							

Le calcul de la gravité est le même que pour les canalisations, en prenant les distances d'effets relatives aux installations annexes (voir Annexe 5).

Les cases grises sont acceptables pour les installations annexes existantes. Pour les neuves, le risque est considéré inacceptable en case noire et grise.

7.6.4 Mesures compensatoires supplémentaires à mettre en œuvre

7.6.4.1 Mesures compensatoires : facteur de risque « choc mécanique sur l'installation »

Ce facteur de risque peut générer le phénomène dangereux de rupture de piquage.

■ PROTECTION PHYSIQUE (DE TYPE GLISSIÈRE DE SÉCURITÉ OU SIMILAIRE)

La mise en place d'une protection de type glissière ou bordure de type routier (voir norme EN 1317) permet de diminuer le risque choc mécanique sur l'installation.

L'efficacité de cette mesure EMC est de 0,01 dans une approche qualitative, ou d'éliminer le phénomène dangereux dans une approche quantitative.

7.6.4.2 Mesures compensatoires : facteurs de risque « Défauts de matériau, défaut d'étanchéité, corrosion »

Ces facteurs de risque peuvent générer le phénomène dangereux de petite brèche inférieure à 5mm. En cas de nécessité, l'ouvrage concerné pourra amener à une étude particulière avec des mesures compensatoires de type :

- Maintenance renforcée ;
- Protection thermique ;
- Installation d'équipements de télésurveillance ;
- ...

7.7 Analyse des effets dominos

7.7.1 Généralités

L'analyse des effets dominos consiste à étudier si les conséquences d'un incident se produisant sur les ouvrages du distributeur pourrait conduire à un incident plus important sur d'autres installations industrielles, ou inversement. Dans ce cas, une étude conjointe entre le distributeur et le propriétaire de l'installation impactée doit être réalisée afin de mettre en œuvre les protections adéquates.

Les effets dominos sont étudiés dès lors qu'une installation à risque se trouve dans les bandes d'effets définies par les seuils (selon arrêté du 29 septembre 2005) :

- 8 kW/m² pour les flux thermiques ;
- 200 mbar pour les effets de surpression.

Ainsi, l'étude de dangers évalue si des incidents tiers sur des sites à risque (ICPE) sont susceptibles d'engendrer par effet domino un incident gaz plus grave que celui déjà étudié dans l'étude de danger.

Comme précisé dans les paragraphes ci-dessous, les ouvrages enterrés sont protégés et ne sont pas soumis aux effets dominos d'éventuels incidents tiers. L'étude de danger se focalisera donc uniquement sur les effets dominos potentiels pouvant impacter les installations annexes.

Les effets dominos peuvent aussi être considérés par les sites classés à risque (ICPE). Dans ce cas, l'étude de dangers met à disposition du site les éléments lui permettant d'identifier le risque éventuel d'effet domino sur son installation. Ces données sont étudiées et indiquées dans les études de dangers pour les installations annexes qui alimentent des sites classés ICPE.

Au cas par cas et en réponse aux sollicitations complémentaires, le Distributeur pourra étudier et communiquer au responsable d'une installation classée ICPE les distances d'effet des phénomènes dangereux de référence des ouvrages à proximité, pour lui permettre de consolider sa propre étude de danger.

7.7.2 Évaluation des effets dominos sur le tracé courant

Les ouvrages sur le tracé courant sont protégés d'éventuels effets dominos thermique et surpression car ils sont enterrés.

7.7.3 Examen des effets dominos sur les installations annexes

Le Distributeur sollicite les installations classées ICPE alimentées en gaz naturel pour connaître les zones d'effet et identifier si elles sont susceptibles d'impacter l'installation annexe à un seuil supérieur au seuil défini par l'arrêté du 29 septembre 2005 : surpression supérieure 200 mbar, ou flux thermique supérieur à 8 kW/m².

7.8 Distances retenues pour les Servitudes d'Utilité Publique

Le Décret n° 2017-1557 du 10 novembre 2017 relatif à la sécurité des ouvrages de transport et de distribution ainsi qu'à la conformité et à l'installation des appareils et matériels concourant à l'utilisation des gaz combustibles précise au b) de l'article R 555-30 du Code de l'environnement que le préfet institue des servitudes d'utilité publique (SUP) qui :

Subordonnent :

- dans les zones d'effets létaux en cas de phénomène dangereux de référence majorant, la délivrance d'un permis de construire relatif à un établissement recevant du public susceptible de recevoir plus de 100 personnes ou d'un IGH avec l'avis favorable du distributeur ou en cas négatif, d'un avis favorable du Préfet (SUP 1).

Interdisent :

- dans les zones d'effets létaux en cas de phénomène dangereux de référence réduit, l'ouverture d'un établissement recevant du public susceptible de recevoir plus de 300 personnes ou d'un IGH (SUP 2) ;
- dans les zones d'effets létaux significatifs en cas de phénomène dangereux de référence réduit, l'ouverture d'un établissement recevant du public susceptible de recevoir plus de 100 personnes ou d'un IGH (SUP3).

Avec comme indiqué dans l'article R555-39 du Code de l'environnement :

- « le phénomène dangereux dit "de référence" majorant engendrant les distances d'effets les plus étendues ;
- lorsque ce dernier est de probabilité très faible, le phénomène dangereux dit "de référence réduit", qui est, parmi les phénomènes dangereux résiduels, celui engendrant les distances d'effets les plus étendues. ».

Ce qui donne pour chaque ouvrage étudié par le Distributeur, conformément à l'article 11 de l'arrêté du 5 mars 2014 :

	Canalisation enterrée	Canalisation aérienne	Installation annexe
SUP 1	<p>PEL</p> <p>Rupture de la canalisation sans mobilité des personnes</p>	<p>PEL</p> <p>Petite brèche sans prise en compte de la mobilité des personnes</p>	<p>PEL</p> <p>Rupture de piquage de DN ≤ 25 avec rejet horizontal sans tenir compte de la mobilité des personnes.</p>
SUP2	<p>PEL</p> <p>Petite brèche avec prise en compte de la mobilité des personnes</p>	<p>PEL</p> <p>Petite brèche avec rejet horizontal avec prise en compte de la mobilité des personnes</p>	<p>PEL</p> <p>Petite brèche 5mm avec prise en compte de la mobilité des personnes</p>
SUP3	<p>ELS</p> <p>Petite brèche avec prise en compte de la mobilité des personnes</p>	<p>ELS</p> <p>Petite brèche avec rejet horizontal avec prise en compte de la mobilité des personnes</p>	<p>ELS</p> <p>Petite brèche 5mm avec prise en compte de la mobilité des personnes</p>

L'annexe 10 de l'arrêté du 5 mars 2014 prévoit que les distances retenues pour les Servitudes d'Utilité Publique attachées à une canalisation soient arrondies à 5 mètres pour toute valeur inférieure. Suite aux échanges avec l'administration, pour éviter les constructions trop proches des ouvrages, les distances minimales à afficher pour les Servitudes d'Utilité Publique sont de 5 mètres y compris autour des installations annexes.

7.9 Distances à retenir pour le Plan de Sécurité et d'Intervention (PSI)

Les distances à retenir pour le plan de sécurité et d'intervention doivent être à minima égales aux distances en mètre des seuils d'effets thermiques 3, 5, 8 kW/m².

Périmètre de danger ou zone d'exclusion :

- 8 kW/m² : C'est le seuil minimal pour le périmètre de dangers, également appelé périmètre d'exclusion, impliquant l'évacuation des habitants (Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine)

Le périmètre de sécurité, ou zone contrôlée :

- 5 kW/m² : C'est le seuil minimal pour le périmètre d'intervention des professionnels, hors intervenant directs (Seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine)
- 3 kW/m² : C'est le seuil minimal pour le périmètre de sécurité, éloignement du public (Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine)

En pratique, le périmètre de sécurité et le périmètre d'intervention sont en général confondus, également appelée zone contrôlée. Dans ce cas, ce périmètre à respecter est le plus large des deux, c'est-à-dire celui correspondant à seuil de 3kW/m²

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation des modèles utilisés et de leur validation

Annexe 2 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression et d'effets thermiques

Annexe 3 : Tableau des distances d'effet

Annexe 4 : Règles métier pour la description de l'environnement

Annexe 5 : Dispersion du jet de gaz naturel dans l'atmosphère, distance de la limite inférieure d'explosivité

A ANNEXE 1 : Présentation des modèles utilisés et de leur validation

A.1 Débit à la brèche

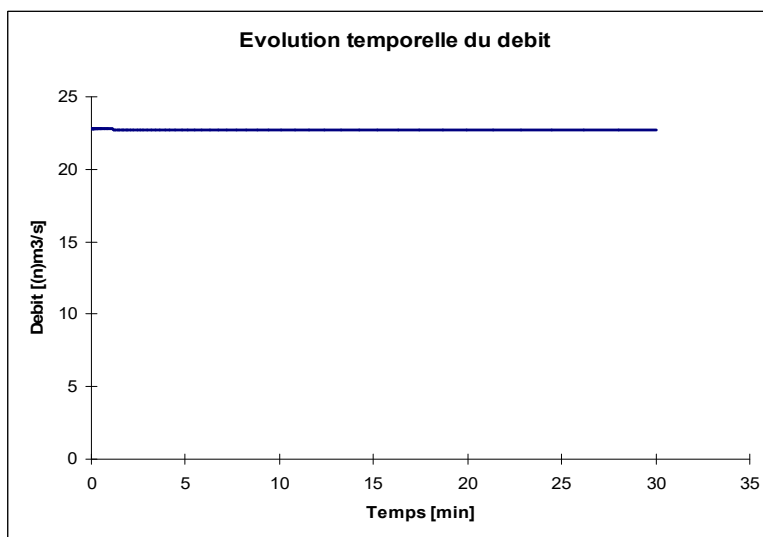
Le phénomène physique

Dans le cas d'une rupture ou d'une perforation d'une canalisation de distribution, le gaz sera émis dans l'atmosphère sous l'effet de la pression interne de cette canalisation. Les conséquences dépendent fortement de la quantité de gaz qui s'échappe. Il convient de prédire le plus précisément possible le débit de fuite au cours du temps.

La pression au niveau du rejet est le paramètre principal permettant d'estimer le débit émis dans l'atmosphère. Si la pression interne est inférieure à 2 bar, la vitesse à la brèche est inférieure à la vitesse du son dans le gaz. Au-delà de 2 bar, la vitesse à la brèche est bloquée à la vitesse du son et le jet, dit alors "sous-détendu", continue sa détente dans l'atmosphère en traversant différentes ondes de chocs qui rendent le phénomène très bruyant.

Les quantités émises à l'atmosphère dépendent beaucoup des conditions aux limites imposées (pression initiale, vanne amont fermée, etc.) dans la canalisation car elles contrôlent l'évolution temporelle de la pression au niveau du rejet. Le modèle proposé tient compte de ces paramètres.

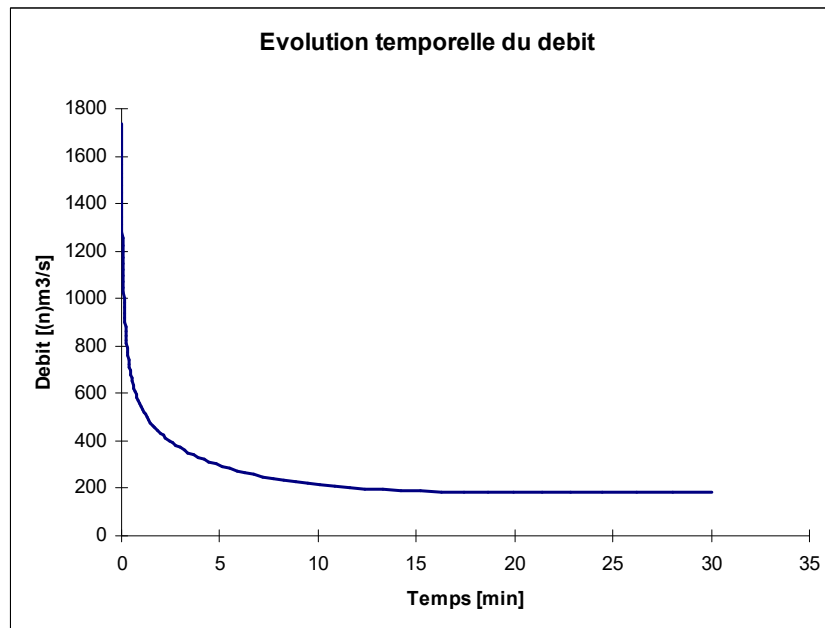
Dans le cas où la taille de la perforation par rapport au diamètre de la canalisation est suffisamment faible, l'évolution du débit à la brèche est stable dans le temps tant que l'exploitant de l'ouvrage n'est pas intervenu pour isoler le tronçon endommagé.



Exemple de courbe de débit d'une perforation limitée d'une canalisation de transport de gaz naturel (60 km en DN400-PMS 67.7bar)

Le débit qui s'en suit est largement inférieur à la capacité de transit de gaz de l'ouvrage. La fuite est donc alimentée de façon durable et stable par la canalisation, tant que l'alerte n'a pas été donnée et que l'exploitant n'est pas intervenu pour isoler le tronçon.

Dans le cas d'une rupture complète de la canalisation, le débit à la brèche décroît en quelques minutes puis atteint une valeur stable tant que l'exploitant de l'ouvrage n'est pas intervenu pour isoler le tronçon endommagé.



Exemple de courbe de débit d'une rupture de la même canalisation de transport

Dans ce scénario, la taille de la brèche est telle que la capacité de transit de la canalisation ne permet pas d'alimenter la fuite de façon stable et durable. Dans les premiers instants qui suivent l'incident, c'est le gaz situé dans la canalisation à proximité de la brèche qui est émis à l'atmosphère. Plus le temps passe et plus le gaz émis à un instant donné provient de points éloignés du lieu de la fuite. Le transit de ces quantités de gaz entraîne des frottements importants entre le gaz et les parois intérieures de la canalisation, ce qui fait diminuer la pression du gaz et donc le débit de la fuite.

Modélisation : le modèle CALDEIRA

La modélisation dans CALDEIRA utilise les équations classiques décrivant les écoulements dans une conduite. C'est à dire que l'écoulement est supposé unidimensionnel, et la section de la canalisation, constante et uniforme. Cependant d'autres hypothèses sont nécessaires afin d'obtenir un modèle robuste et performant, c'est à dire un modèle qui donne un résultat correct quelle que soit la configuration appliquée et qui nécessite un temps de calcul faible. Pour cela, les équations ont été simplifiées en négligeant les éventuelles variations de température (calcul isotherme).

Nous avons finalement sur un tronçon de canalisation trois variables inconnues :

- Le champ de pression.
- Le champ de vitesse.
- Le champ de masse volumique.

Nous avons aussi trois équations pour les déterminer :

- L'équation de conservation de la masse.
- L'équation de conservation de la quantité de mouvement.
- L'équation d'état du gaz.

Ces équations intrinsèques à une canalisation ne sont pas suffisantes pour modéliser complètement une rupture de canalisation. Il faut aussi définir les équations associées aux conditions aux limites en amont et en aval du rejet. Le modèle CALDEIRA permet de définir actuellement les trois types suivants de conditions aux limites.

Conditions	extrémité amont	extrémité aval
a	Pression constante	Débit constant
b1	Débit d'entrée nul à partir d'un certain instant (vanne amont fermée)	Débit de livraison nul à partir d'un certain moment (vanne aval fermée)
b2	Débit d'entrée nul à partir d'un certain instant et purge d'un volume réservoir	Débit de livraison nul à partir d'un certain moment (vanne aval fermée)

Le problème et ses conditions aux limites sont ainsi bien définis.

A la fin du calcul, le modèle CALDEIRA restitue à l'utilisateur l'évolution du débit de fuite au cours du temps. A partir de ces données, le modèle peut estimer des valeurs représentatives de cette évolution (pic initial, décroissance rapide et régime stabilisé).

Validation

Le modèle CALDEIRA a été comparé avec succès à de nombreux codes classiques de calcul d'écoulements appliqués à l'industrie gazière (TGNET de la société Scientific Software Inc., SIMONE de la société LIWACOM) dans de nombreuses configurations. Les résultats sont toujours très similaires, avec pour CALDEIRA l'avantage de la rapidité du calcul dans la mesure où il ne traite que des configurations simples pour lesquelles il a été spécialement conçu.

Ce modèle a été validé par comparaison de ses résultats avec ceux de plusieurs essais réels de rupture complète de canalisations.

Ces essais ont porté sur des canalisations de différentes longueurs de 2 km jusqu'à 45 km et de diamètres compris entre 157 mm et 914 mm pour des pressions correspondant aux pressions d'exploitation du réseau de transport de gaz naturel (60 à 70 bar).

D'une manière générale, le modèle CALDEIRA permet de calculer les débits avec une précision de 10 %.

A.2 Étude de la dispersion du gaz naturel

Lorsqu'un produit gazeux est rejeté dans l'atmosphère, il se mélange à l'air et peut présenter un danger potentiel, lié au caractère toxique ou inflammable du produit considéré. L'étude de la dispersion atmosphérique a pour but de déterminer la zone de l'espace où ce danger existe.

Le gaz naturel n'étant pas toxique, le calcul de dispersion a ici pour but **d'évaluer l'extension de la zone inflammable** générée par le rejet.

Le phénomène de dispersion

Un rejet de gaz naturel sous pression présente deux caractéristiques très importantes vis-à-vis de la dispersion : tout d'abord la **vitesse initiale élevée** due à la pression sous laquelle le gaz est libéré, et ensuite la **faible densité du gaz naturel** par rapport à l'air. Les essais montrent que le léger refroidissement dû à la détente du gaz ne modifie pas ce comportement.

Le nuage de dispersion d'un rejet de gaz naturel sous pression est donc très différent de celui d'un gaz lourd (comme le gaz naturel liquéfié dont la température est très basse, ou le butane, le propane) pour lequel il peut être observé un effondrement du nuage sous son propre poids, ou de celui d'un gaz passif pour lequel les effets du vent et des turbulences naturelles de l'atmosphère jouent un rôle prépondérant.

Lorsque du gaz sous pression est libéré dans l'atmosphère, le premier phénomène physique observé est un **jet à grande vitesse**. Puis, sous l'effet du vent, le jet s'incline et la vitesse du gaz diminue et se rapproche de celle du vent.

De l'air est entraîné dans le panache tout au long de l'écoulement du gaz. Cet entraînement d'air se produit de par la différence de vitesse entre le jet et l'air ambiant, de la vitesse du vent, de l'inclinaison du panache par rapport à la direction du vent, et enfin de la turbulence propre de l'atmosphère. Lorsque la vitesse du rejet devient faible et proche de celle du vent, **la dispersion devient passive** et le mélange du gaz et de l'air se fait principalement par la turbulence de l'atmosphère. La différence de densité entre le gaz et l'air joue également un rôle important dans cette phase.

En dehors du jet initial, les phénomènes physiques mis en jeu lors de la dispersion du gaz naturel se rapprochent de ceux observés dans les premiers instants de la dispersion d'un polluant émis par une cheminée d'usine. Mais les concentrations présentant un danger potentiel sont fort différentes dans les deux cas. Pour le gaz naturel, il s'agit de quelques pourcents (5 à 15 %), correspondant aux limites d'inflammabilité. Tandis que pour un polluant, il s'agit de concentrations mille à dix mille fois moins importantes, correspondant à des doses toxiques ou dangereuses pour l'environnement.

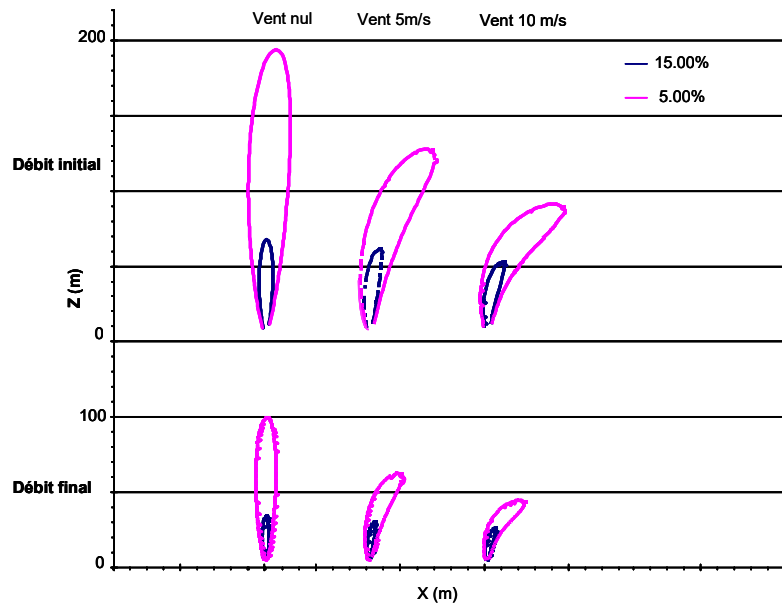
La principale conséquence de ceci concerne l'étendue des nuages de dispersion. Dans le cas du gaz naturel, c'est le **champ proche de la source d'émission** qui doit être calculé, de l'ordre de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. A l'inverse, pour un polluant, les distances à considérer peuvent être de l'ordre de plusieurs kilomètres.

D'autre part, les dimensions du nuage inflammable dépendent fortement du débit d'émission du gaz : plus ce débit est élevé, plus elles sont importantes. Dans la mesure où le débit d'émission du gaz décroît dans le temps du fait de la vidange progressive de la canalisation, les dimensions du nuage inflammable décroissent, elles aussi. Ainsi, à l'inverse de ce qui se produit généralement avec une nappe de gaz lourd

dérivant sous l'effet du vent, **un allumage différé dans le temps a généralement des conséquences moindres** qu'un allumage dans les premiers instants du rejet, les quantités de gaz naturel pouvant participer à l'inflammation étant plus faibles.

Un rejet sous pression de gaz naturel présente donc les caractéristiques importantes suivantes :

- une très faible proportion de la quantité totale de gaz rejetée est contenue dans le panache inflammable,
- le panache reste à proximité de la source et ne dérive pas sous l'effet du vent,
- le panache a tendance à s'élever dans l'atmosphère et ne forme pas de nappe au niveau du sol.



Exemples de simulations de dispersion du gaz naturel en fonction de la vitesse du vent et de la valeur du débit-DN400-PMS 67.7 bar.

Les dimensions du panache inflammable résultant du calcul sont les distances les plus extrêmes, par rapport à la fuite, des points où la concentration en gaz naturel dans l'air est de 5%. Ce pourcentage correspond à la concentration minimale pour laquelle l'inflammation est possible.

Modélisation : le modèle OOMS-GDF

Les équations mathématiques de G. Ooms [1] permettent de modéliser la dispersion d'un produit gazeux émis par une cheminée dans une atmosphère avec vent.

Le principe de ce modèle est de supposer qu'en l'absence d'obstacles, un rejet vertical soumis à un vent traversier peut être assimilé à un écoulement localement axisymétrique. L'influence du vent se traduit par l'inclinaison progressive de l'axe du panache. En considérant l'existence d'une direction principale d'écoulement et en approchant les profils radiaux de vitesse, de masse volumique et de concentration en gaz par des lois gaussiennes, il est possible d'intégrer les équations classiques de conservation sur une tranche perpendiculaire à l'axe du panache (d'où le nom de "modèle intégral").

Le calcul est alors basé sur les calculs d'entraînement d'air dans le panache, et de conservation de la masse de gaz émise, de la quantité de mouvement et de l'énergie. Il prend en compte la zone d'établissement du rejet, la différence de densité du gaz et de l'air, et la stratification de l'atmosphère.

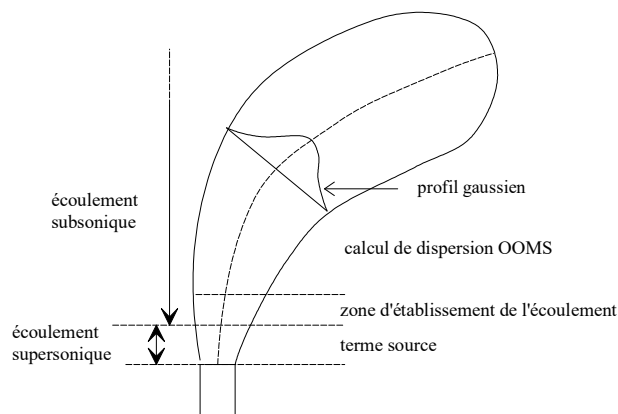


Figure 1

Le modèle de G. Ooms ne peut traiter a priori que le cas des rejets subsoniques. Dans le cas des rejets supersoniques, un **calcul de "terme source"** permet de raccorder les conditions supersoniques de l'écoulement juste à la sortie de la brèche avec les conditions d'entrée du modèle de dispersion qui considère un gaz incompressible.

Dans la réalité, lorsque la pression est suffisante (1,86 bar pour le gaz naturel), l'écoulement au niveau de la brèche est sonique, et il se produit dans le jet une série d'ondes de choc appelées "disques de Mach", dues à des phénomènes successifs d'accélération et décompression, puis de décélération et recompression. Un tel écoulement est très complexe à décrire.

Le principe du terme source est de remplacer le jet réel par un jet fictif subsonique ou faiblement supersonique. Pour cela, la surface qui serait occupée par un jet conservant le même débit et la même quantité de mouvement que le jet réel et qui serait à la pression ambiante est calculée. Cette surface permet de définir un diamètre équivalent utilisé ensuite dans le modèle de dispersion. Ce calcul peut être fait en utilisant soit la formulation publiée par le Health and Safety Executive britannique [2], soit celle publiée par British Gas [3].

Le code OOMS-GDF, basé sur la publication de G. Ooms [1] et complété avec un modèle de calcul du terme source développé par ENGIE, est un modèle intégral qui simule un rejet de gaz subsonique ou supersonique en régime permanent par une cheminée ou un événement, en présence de vent et sans obstacles.

Validation

Le code OOMS-GDF a été validé sur de nombreux rejets expérimentaux de gaz naturel sous pression à grande échelle.

Cette validation a porté sur plus de 15 essais de rejet d'inclinaison variable pour des diamètres d'événement ou de perforation variant entre 75 et 300 mm.

Les pressions de stockage en amont du rejet ont porté sur des gammes représentatives du réseau de transport de gaz, de 20 à 73 bar et de plus certains essais ont été réalisés à des pressions suffisamment faibles pour obtenir un régime subsonique du rejet.

Les résultats de la validation sont satisfaisants, notamment en ce qui concerne l'estimation numérique de la hauteur, de la longueur curviligne, et de l'inclinaison du panache à 5 %. Plus de 90 % des estimations sont correctes avec une marge d'erreur de 30 % pour les événements, et plus de 85 % des estimations le sont pour les perforations.

Pour l'estimation de l'extension horizontale du panache, environ 64 % des estimations sont correctes dans le cas des événements, et 57 % dans le cas des perforations. Notons que dans le cas d'un jet vertical, le principal paramètre est la hauteur du panache.

Références

[1] A new simulation for the calculation of the plume path of gases emitted by a stack, G. OOMS, *Atm. Environment*, vol 6, 1972.

[2] A velocity decay scheme for underexpanded sonic jets from vented vessels, B.C.R. EWAN, K. MOODIE (Health and Safety Executive), 5th International Symposium "Loss Prevention in the Process Industries", 1986.

[3] The structure and concentration decay of high pressure jets of natural gas, A.D. BIRCH, D.R. BROWN, M.G. DODSON, F. SWAFFIELD (British Gas), *Combustion Science and Technology*, 1984.

A.3 Surpression à l'inflammation

Lors d'un rejet accidentel d'hydrocarbure, le mélange gazeux formé avec l'air ne peut s'enflammer que si :

- la concentration volumique du gaz dans l'air est comprise entre les limites inférieure et supérieure d'inflammabilité (environ 5 % et 15 % en volume dans l'air pour le gaz naturel),
- une source d'inflammation suffisamment énergétique est présente.

Le phénomène d'explosion

Une "explosion gazeuse" est un événement au cours duquel la combustion d'un mélange air-gaz combustible provoque une **augmentation rapide et incontrôlée de la pression**.

En effet, la combustion - qui est une réaction chimique hautement exothermique (c'est-à-dire qui dégage de la chaleur) - a pour effet de convertir rapidement les réactifs en produits de combustion. Le front de flamme, où a lieu cette réaction, sépare les gaz frais des gaz brûlés. Cette flamme se propage quasi-sphériquement à partir du point d'allumage en milieu libre (sans obstacle ni confinement). Les gaz frais transformés en gaz brûlés sont portés à une température plus élevée et cherchent donc à se dilater. Le mélange non brûlé situé juste en aval du front de flamme se trouve comprimé, et la pression à cet endroit augmente. Cette surpression se propage ensuite à la vitesse du son dans le mélange frais mis en mouvement. Elle décroît en fonction de la distance, du fait de l'atténuation de l'onde de pression lors de sa propagation.

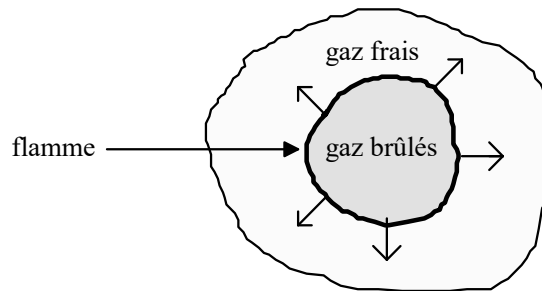


Figure 2 : Propagation d'une flamme lors d'une explosion

L'explosion peut se faire selon deux modes différents :

- **la déflagration**, mode le plus commun pour de nombreux hydrocarbures gazeux, où la propagation de la flamme se fait à vitesse de combustion subsonique. La surpression maximum générée est selon les cas de l'ordre de quelques millibars à quelques centaines de millibars,
- **la détonation**, où la flamme se propage à vitesse supersonique. C'est le régime des explosifs solides de type TNT. La surpression maximum, généralement de quelques bars, peut atteindre 20 bar.

Le gaz naturel est particulièrement peu réactif, car comportant généralement plus de 90 % de méthane. Or, pour éviter le phénomène de détonation, le méthane nécessite dans l'air une énergie d'initiation 10 000 fois plus forte que celle de l'acétylène, 1 000 fois plus forte que celle de l'éthylène et 100 fois plus forte que celle du propane. Les essais montrent que la masse de téryl équivalente doit être de plus de trois kilogrammes (soit plus de 15 kiloJoules) pour initier la détonation d'un gaz naturel contenant 10 % d'éthane ou de propane [4].

Or les sources potentielles d'inflammation habituellement présentes dans les situations industrielles courantes ne sont pas aussi puissantes. Les sources d'inflammation les plus probables sont des surfaces chaudes, des étincelles ou des flammes pilotes, d'énergie beaucoup plus faible (de l'ordre de quelques Joules). La détonation directe d'un mélange air/gaz naturel est donc tout à fait improbable.

De nombreux essais expérimentaux ont permis de mettre en évidence **le régime de déflagration dans le cas d'un rejet turbulent de gaz naturel**.

Shell a réalisé en 1983 [1] des essais d'inflammation de rejets de gaz naturel sous une pression de 60 bar, par un événement vertical de 36 et 100 mm de diamètre et par des canalisations en cratère. L'inflammation était provoquée en tirant une ou plusieurs balles incandescentes dans le panache, enflammant le mélange tout le long de son trajet. Les surpressions mesurées à 50 m étaient de l'ordre de 1 à 2 mbar. La vitesse de la flamme était comprise entre 50 et 70 m/s.

Gaz de France et l'ENSMA (Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique, Poitiers) ont réalisé en 1990 des essais à grande échelle d'inflammation d'un panache turbulent de gaz naturel sous pression [2]. Les débits moyens de ces rejets variaient de 2,9 à 13,6 m³(n)/s, pour un diamètre d'événement de 80 à 100 mm. Les mesures effectuées au voisinage du rejet ont montré que les effets de surpressions aériennes sont de relativement faible amplitude : 5 mbar au maximum à 10 m de la source. Les enregistrements vidéo de la progression de la flamme et le calcul par les modèles acoustiques ont confirmé que la vitesse de la flamme était de l'ordre de 30 à 40 m/s.

Ces essais ont donc montré que le régime d'explosion d'un rejet sous pression de gaz naturel est la déflagration lente. Utiliser une vitesse de déflagration de 80 m/s pour de tels rejets permet de tenir compte d'une énergie d'inflammation un peu plus élevée ou de la présence éventuelle d'obstacles.

D'autre part, les essais ont montré que lorsque la sphère des gaz brûlés atteint le bord du panache inflammable, les gaz peuvent s'échapper librement dans l'atmosphère et la génération de surpression cesse. La quantité de gaz participant au phénomène d'explosion dans un rejet turbulent est donc la **sphère inscrite dans le panache inflammable**.

Modélisation : le modèle de déflagration à vitesse constante

Le modèle employé est le modèle piston ou **modèle de déflagration à vitesse constante** développé par DESHAIES et LEYER [3]. L'effet du front de flamme de la déflagration qui comprime les gaz frais situés en aval est simulé par l'action d'un **piston sphérique semi-perméable et indéformable**.

Les caractéristiques de la déflagration sont obtenues par la résolution analytique des équations du mouvement des gaz (équations non dissipatives d'Euler) en tenant compte de la conservation de la masse et de la quantité de mouvement, de l'équation d'état des gaz parfaits et de l'évolution isentropique des gaz. Le problème étant très complexe, cette résolution nécessite de distinguer les cas de vitesses de déflagration faibles et rapides.

Pour les faibles vitesses d'expansion (inférieures à environ 110 m/s), la solution est recherchée par une méthode de développements asymptotiques raccordés, qui décrit avec une très bonne précision l'ensemble du champ de l'écoulement. Le calcul de la surpression au voisinage de la flamme est celui d'un écoulement de type incompressible, et loin du front de flamme d'un écoulement de type acoustique. Pour les vitesses d'expansion plus élevées, la solution analytique est obtenue à partir d'une linéarisation de la solution incompressible.

A partir de cette méthode, A. LANNOY [4] a établi un abaque valable pour l'éthylène fournissant la surpression maximum en fonction de la distance au centre d'inflammation pour quelques valeurs de vitesses de déflagration. Au-delà de l'expansion maximale des gaz brûlés, la surpression décroît selon une loi inversement proportionnelle à la distance au centre d'inflammation (décroissance acoustique).

Le modèle développé par Gaz de France est basé sur cette modélisation et il permet en outre de prendre en compte la nature du gaz impliqué. Il est directement couplé au modèle de dispersion OOMS-GDF afin de pouvoir calculer la surpression générée par l'inflammation d'un rejet sous pression. La quantité de gaz déflagrant est la plus grande sphère inscrite dans le panache inflammable.

Validation

La validation a été faite pour le modèle de surpression couplé au modèle de dispersion. Les expériences utilisées sont les essais sur des rejets verticaux de gaz naturel à grande échelle réalisés par Shell [1] et ENSMA/GDF [2].

Les conditions des rejets étaient les suivantes :

Shell (14 essais)	diamètre de l'évent : 36 et 100 mm - pression : 60 bar
ENSMA et Gaz de France (17 essais)	diamètre de l'évent : 80 à 100 mm - débit : 10 000 à 50 000 m ³ (n)/h

La comparaison des valeurs mesurées avec les valeurs calculées montre que l'estimation par le modèle est toujours majorante. Le facteur de majoration des surpressions est généralement compris entre 2 et 10, et dépasse parfois 10.

Références

[1] An experimental study of the ignition of natural gas in a simulated pipeline rupture, A.B.M. HOFF (Shell), Combustion and flame, 49, 1983.

[2] The overpressure generated by the ignition of a large scale free natural gas jet, R. ARNAUD et al., 7th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Taormina, Italie, 1992.

[3] Les flammes sphériques : propagation divergente et combustion stationnaire, B. DESHAIES, Thèse de doctorat, Université de Poitiers, 1981.

[4] Analyse des explosions air-hydrocarbure en milieu libre - Etudes déterministe et probabiliste du scénario d'accident, prévisions des effets de surpression, A. LANNOY, Bulletin EDF/DER, série A, 1984.

A.4 Rayonnement

L'étude du rayonnement thermique émis par une flamme de gaz naturel a pour but de déterminer le flux de chaleur reçu par une personne ou par une structure à une distance donnée du foyer.

Le phénomène physique

Lors de la perte de confinement de gaz naturel, il se forme un panache puis, éventuellement, un jet enflammé. L'énergie chimique libérée par la combustion se transforme en énergie thermique. Une fraction de cette énergie est dissipée par rayonnement et le reste par convection au-dessus de la flamme.

D'une manière générale une flamme émet deux types de rayonnement :

Le rayonnement visible qui correspond à une émission de lumière,

Le rayonnement thermique ou rayonnement infrarouge, qui correspond à une émission de chaleur.

Seul le rayonnement thermique est à prendre en compte dans une étude de dangers, car il constitue le danger de ce type de flamme accidentelle à l'air libre. Le rayonnement thermique de flammes de gaz naturel ou, plus généralement d'hydrocarbures, provient de deux sources :

- CO₂ et H₂O, sous forme gazeuse, qui émettent essentiellement dans le proche infrarouge (longueur d'onde inférieure à 3 mm) et qui ne contribuent pas à la lumière visible,

- des particules solides non brûlées (suies) provenant d'une combustion incomplète, qui émettent de façon continue dans la bande de longueurs d'ondes qui va du visible à l'infrarouge. Ce sont ces particules qui émettent la majeure partie de la lumière visible venant de la flamme.

Avant d'atteindre un point, le rayonnement doit traverser une certaine épaisseur d'air qui n'est pas complètement transparente car le gaz carbonique et surtout la vapeur d'eau absorbent une partie du rayonnement thermique. Il apparaît donc un "coefficient de transmission" entre la source du rayonnement et la cible. Celui-ci dépend essentiellement de l'humidité relative de l'air et de l'épaisseur de la tranche d'air traversée.

De plus, le flux $I(t)$ reçu par une cible est proportionnel à l'angle solide sous lequel celle-ci voit la flamme. Ce qui se traduit par un coefficient, appelé "facteur de forme", qui se calcule à partir de la géométrie de la flamme et de sa position par rapport à la cible.

Modélisation : le modèle RAYON

Le modèle utilisé a été développé par CHAMBERLAIN [1], de la société SHELL RESEARCH LTD, pour pouvoir déterminer correctement les niveaux de rayonnement thermique produits par des torches dans le champ proche. A l'origine, il répond aux besoins de calcul sur les plates-formes offshore. Gaz de France a modifié le modèle initial, notamment pour élargir son domaine de validité vers les hautes pressions, en développant le code RAYON.

Dans le cas des rejets à haute pression, il faut tenir compte de la géométrie particulière du jet au départ de l'évent due à la présence d'ondes de chocs. Il est intéressant de se ramener à un cas faiblement supersonique décollé équivalent en introduisant un "terme source" en tant que condition de sortie à la brèche. La flamme est modélisée par un tronc de cône à émissivité uniforme et les caractéristiques de la flamme sont calculées par des corrélations semi-empiriques.

Le flux rayonné reçu par une cible est donné par : $\varphi\phi = f \times fse \times t$

Avec : $\varphi\phi$ flux reçu par la cible (kW/m²),

f facteur de forme,

fse flux surfacique émis par la flamme (kW/m²),

t facteur de transmission de l'atmosphère.

Cette formulation suppose donc que le flux émis est uniformément réparti sur la surface de la flamme et ne prend pas en compte l'aspect spectral du rayonnement.

Le flux surfacique émis est défini comme le rapport de la puissance rayonnée sur la surface de la flamme A (m²). La puissance rayonnée s'exprime simplement comme le produit de la puissance totale de combustion Q (kW) par la fraction rayonnée Fs :

$$\phi_{se} = \frac{F_s \cdot Q}{A}$$

La puissance totale de combustion s'exprime directement comme le produit du Pouvoir Calorifique Inférieur PCI (kJ/m³) du gaz et du débit volumique (m³/s).

La flamme peut être assimilée à un tronc de cône émettant uniformément sur toute sa surface (fig 3).

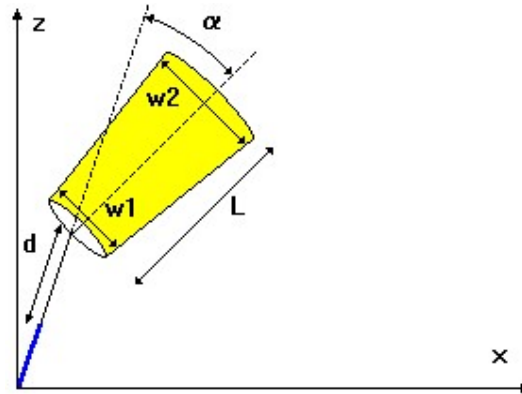


Figure 3 : Forme de la flamme adoptée

Les 5 paramètres à calculer définissant la forme de la flamme sont :

- L : longueur du tronc de cône (m),
- W1 : petite base du tronc de cône (m),
- W2 : grande base (m),
- a : angle entre la flamme et la direction du rejet (deg),
- d : longueur de décollement : longueur sur laquelle l'écoulement est non réactif (m).

La connaissance de ces paramètres permet de calculer la surface du cône et son orientation.

Ces paramètres, ainsi que la fraction rayonnée, sont déterminés à partir de corrélations empiriques faisant intervenir essentiellement le rapport de la vitesse du vent à la vitesse du gaz et le nombre de Richardson (nombre adimensionnel permettant de mesurer l'influence relative de la quantité de mouvement et de la flottabilité). Ces corrélations s'appliquent pour des rejets subsoniques ou faiblement supersoniques.

Dans le cas des rejets à forte pression, un modèle de terme-source, défini d'après la formulation de BIRCH [2], peut être utilisé afin de se ramener à un écoulement faiblement supersonique.

Le facteur de forme doit prendre en compte l'angle solide sous lequel une cible "voit" l'émetteur. Le calcul exact du facteur de forme a été effectué en distinguant plusieurs zones de l'espace pour lesquelles la surface visible est différente.

Le coefficient de transmission t traduit la façon dont le milieu environnant la flamme atténue le rayonnement émis par la flamme. t dépend de plusieurs paramètres qui sont la température de l'air ambiant, son taux d'humidité relative, la température de la source et le chemin optique (épaisseur de la couche à traverser pondérée par le coefficient d'extinction). La température de la source est prise égale à 1500 K et la distribution spectrale est celle d'un corps noir. Le coefficient de transmission t a été calculé en utilisant un modèle statistique à deux paramètres.

Validation

Le modèle de CHAMBERLAIN a été testé sur un total de 98 essais en laboratoire. Mais il a aussi été validé par SHELL avec des essais à grande échelle jusqu'à une pression de 4 bar. Le groupe ENGIE a validé les modifications apportées sur des essais à grande échelle jusqu'à une pression de 70 bar.

Origine des essais	Type des essais	Nombre d'essais	Diamètre de la brèche en m	Pression absolue en bar	Vent en m/s
SHELL	évent vertical	4	1,07	subsonique	de 7 à 8
	évent vertical	1	0,152	subsonique	8
	évent vertical	1	0,203	1,93	6
	évent vertical	1	0,305	3,76	10
SHELL & BRITISH GAS	perforation horiz.	1	0,02	67	7
	perforation horiz.	1	0,075	12,1	4
	perforation horiz.	2	0,152	subsonique et 3,1	1,7 et 0,3

Liste des essais de validation du modèle RAYON

D'autres essais ont été réalisés avec des régimes de pressions de moins de 2 bar jusqu'à 60 bar sur des canalisations de différents diamètres de 75 mm, 200 mm, 300 mm jusqu'à 914 mm, ceci pour différentes conditions de vents s'échelonnant de 0,4 m/s à 8 m/s.

Selon les essais l'humidité relative de l'air ambiant variait de 50 % à 99 %.

Pour les événements sub-verticaux, les longueurs de flamme sont calculées de manière très satisfaisante vu l'imprécision des mesures (moins de 30 % d'erreur sur 90 % des cas). Le modèle RAYON a tendance à sous-estimer systématiquement les hauteurs de décollement, ce qui est cependant majorant pour les calculs en champ proche.

Globalement les niveaux de rayonnement sont en accord pour l'ensemble des essais et des radiomètres, avec moins de 30 % d'écart pour environ 70 % des mesures. Les cas pour lesquels l'écart dépassait cette valeur correspondent à la zone où le flux est inférieur à 2 kW/m². C'est sous le vent que les résultats sont les moins bons, mais dans plus de 90 % des cas où l'écart est important, ces flux calculés sont majorants par rapport aux expérimentations.

Références

[1] Development in design methods for predicting thermal radiation from flare, G.A. CHAMBERLAIN, Chem. Eng. Res. Des, Vol 65, février 1987.

[2] The structure and concentration decay of high pressure jets of natural gas, A.D. BIRCH, D.R. BROWN, M.G. DODSON & F. SWAFFIELD, Combustion Sciences and Technology, 1984.

[3] A model for predicting the thermal radiation hazards from a large scale horizontally released natural gas jet fires, A.D. JOHNSON, H.M. BRIGHTWELL & A.J. CARSLY, Hazards XII European advances in process safety, Manchester, avril 1994.

B Annexe 2 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression et d'effets thermiques

B.1 Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression

A titre indicatif, les valeurs de référence utilisées sont mentionnées ci-dessous :

- Pour les effets sur les structures

(hPa ou mbar)	10	- 5 % des vitres sont détruites
ΔP^1	20	- Seuil des destructions significatives des vitres ²
	30	- Dégâts très légers aux structures, destruction de 50 % des vitres
	50	- Seuil des dégâts légers sur les structures
	140	- Seuil des dégâts graves sur les structures (destruction à 50% des maisons en briques, panneaux de bardage métallique en tôle non renforcés soufflés)
	200	- Seuil des effets domino ³
	300	- Seuil des dégâts très graves sur les structures

- Pour les effets sur l'homme,

(hPa ou mbar)	15	- Perturbation légère et temporaire de l'audition (bourdonnement)
ΔP	20	- Seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme ,
	30	- Détérioration du tympan,
	50	- Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » ,
	140	- Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ,
	200	- Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » .

Ordre de grandeur des surpressions à l'inflammation observées en cas d'incident sur une canalisation de transport de gaz naturel en milieu libre.

¹ Rappel : pression atmosphérique = 1013 mbar.

² Seuils définis dans l'arrêté du 29 septembre 2005 (J.O n° 234 du 7 octobre 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

³ Seuil à partir duquel les effets dominos doivent être examinés, selon l'arrêté du 29 septembre 2005.

B.2 Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

A titre indicatif, les valeurs de référence utilisées sont mentionnées ci-dessous :

- Pour les effets sur les structures

5 kW/m ²	- Seuil des destructions significatives des vitres
8 kW/m ²	- Seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures
16 kW/m ²	- Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
20 kW/m ²	- Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
200 kW/m ²	- Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes

- Pour les effets sur l'homme,

3 kW/m ² ou 600 [(kW/m ²) ^{4/3}].s	- Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine
5 kW/m ² ou 1 000 [(kW/m ²) ^{4/3}].s	- Seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine
8 kW/m ² ou 1 800 [(kW/m ²) ^{4/3}].s	- Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine

C Annexe 3 : Tableau des distances d'effet

Remarque préliminaire relative à l'hypothèse de mobilité des personnes.

Les distances d'effets présentées dans la présente annexe sont calculées en tenant compte de la mobilité des personnes, sauf mention contraire le précisant.

Pour les tronçons linéaires enterrés et en dehors des installations annexes, les distances ELS et PEL sans mobilité des personnes sont déterminées comme correspondant aux distances respectivement des PEL et des effets irréversibles calculées avec hypothèse d'éloignement, associées à la rupture des canalisations de $DN \leq 150$. Au-delà de ce diamètre, les écarts entre les distances associées à la rupture avec et sans mobilité des personnes sont suffisamment faibles pour ne plus justifier une analyse spécifique.

C.1 pour la rupture complète d'une canalisation de distribution de gaz naturel, suivie de l'inflammation immédiate du rejet

Les tableaux présentent, en fonction du diamètre nominal DN et de la pression maximale en service de la canalisation, les distances en mètres relatives aux seuils de :

- 1800 $[(kW/m^2)^{4/3}] \cdot s$, correspondant aux Effets Létaux Significatifs (ELS),
- 1000 $[(kW/m^2)^{4/3}] \cdot s$, correspondant aux Premiers Effets Létaux (PEL) et ,
- 600 $[(kW/m^2)^{4/3}] \cdot s$, correspondant aux Effets IRréversibles (IRE).

PMS = 16 bar (relatif) DN	ELS	PEL	IRE
80	5	5	6
100	5	6	9
150	6	10	20
200	10	20	30
250	15	30	40
300	25	40	55
350	30	45	60
400	35	55	75
450	45	65	90
500	50	80	105

PMS = 20 bar (relatif) DN	ELS	PEL	IRE
80	5	5	7
100	5	6	10
150	10	15	20
200	15	20	30
250	20	35	45
300	30	45	60
350	35	55	75
400	45	70	95
450	50	75	105
500	60	90	120

PMS = 25 bar (relatif) DN	ELS	PEL	IRE
80	5	5	10
100	5	10	10
150	10	15	25
200	15	25	35
250	25	40	50
300	35	50	70
350	45	65	90
400	55	80	105
450	65	95	125
500	75	110	145

Hypothèses de calcul : vitesse du vent égale à 5 m/s, pression dans le tube au moment de la brèche égale à la pression maximale en service, inflammation immédiate du rejet de gaz.

Pour les départements dits « venteux » (Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Alpes-Maritimes, Ardèche, Aude, Bouches-du-Rhône, Drôme, Gard, Hérault, Pyrénées-Orientales, Vaucluse, Var), les distances d'effets sont majorées d'une distance de 5 m pour tenir compte d'une vitesse de vent potentiellement supérieure (Absence d'impact de la vitesse du vent sur les distances d'effet calculées pour les autres brèches).

C.2 pour le phénomène dangereux de moyenne brèche de perforation d'une canalisation de distribution de gaz naturel, suivie de l'inflammation immédiate du rejet

Les tableaux présentent, en fonction du diamètre nominal DN et de la pression maximale en service de la canalisation, les distances en mètres relatives aux seuils de :

- 1800 [(kW/m²)^{4/3}].s, correspondant aux Effets Létaux Significatifs (ELS),
- 1000 [(kW/m²)^{4/3}].s, correspondant aux Premiers Effets Létaux (PEL) et ,
- 600 [(kW/m²)^{4/3}].s, correspondant aux Effets IRréversibles (IRE).

PMS=16 bar (relatif) DN	ELS	PEL	IRE
80	5	5	6
100	5	6	9
>100	5	8	12

PMS=20 bar (relatif) DN	ELS	PEL	IRE
80	5	5	7
100	5	6	10
>100	5	9	14

PMS=25 bar (relatif) DN	ELS	PEL	IRE
80	5	5	10
100	5	10	10
100 < DN ≤ 250	6	10	15
>250	6	10	20

C.3 pour le phénomène dangereux Petite Brèche (12 mm) de perforation d'une canalisation de distribution de gaz naturel enterrée, suivie de l'inflammation immédiate du rejet

Une distance minimale de 5 m est systématiquement retenue, bien que les valeurs issues des modèles soient inférieures.

Seuils des effets thermiques	Toutes PMS
ELS	5 m
PEL	5 m
IRE	5 m

C.4 pour la rupture de piquage horizontal DN25 sur une installation annexe, suivie de l'inflammation immédiate du rejet

Les distances d'effet relatives aux ELS, PEL et IRE sont équivalentes :

PMS = 16 bar (relatif)	PMS = 20 bar (relatif)	PMS = 25 bar (relatif)
13 m	14 m si $DN \leq 300$ 15 m si $DN > 300$	15 m

Sans prendre en compte la mobilité des personnes, ces distances deviennent :

PMS = 16 bar (relatif)	PMS = 20 bar (relatif)	PMS = 25 bar (relatif)
16 m	18 m	20 m

C.5 pour la petite brèche inférieure à 5 mm avec rejet horizontal sur une installation annexe suivie de l'inflammation immédiate du rejet

Les distances d'effet relatives aux ELS, PEL et IRE sont équivalentes :

PMS = 16 bar (relatif)	PMS = 20 bar (relatif)	PMS = 25 bar (relatif)
3 m	4 m	4 m

C.6 pour la petite brèche inférieure à 12 mm avec rejet horizontal sur une canalisation aérienne suivie de l'inflammation immédiate du rejet

Les distances d'effet relatives aux ELS, PEL et IRE sont équivalentes :

PMS = 16 bar (relatif)	PMS = 20 bar (relatif)	PMS = 25 bar (relatif)
7 m	7 m	8 m

Sans prendre en compte la mobilité des personnes, ces distances deviennent:

	PMS = 16 bar (relatif)	PMS = 20 bar (relatif)	PMS = 25 bar (relatif)
PEL	7 m	7 m	9 m
ELS	7 m	7 m	8 m

C.7 Distances des seuils d'effet de flux thermiques pour le scénario de rupture complète d'une canalisation de distribution de gaz naturel, suivie de l'inflammation immédiate du rejet

Ces distances sont à retenir notamment pour l'établissement du PSI (cf §7.9).

La distance correspondant au flux de 8 kW/m² est également à retenir pour l'examen des effets dominos (cf § 7.7)

DN	PMS = 16 bar (relatif)			PMS = 20 bar (relatif)			PMS = 25 bar (relatif)		
	8 kW/m²	5 kW/m²	3 kW/m²	8 kW/m²	5 kW/m²	3 kW/m²	8 kW/m²	5 kW/m²	3 kW/m²
80	15	20	25	20	20	30	20	25	30
100	20	25	35	20	30	35	25	30	40
150	25	30	40	25	35	40	30	35	45
200	35	40	55	35	45	60	40	50	60
250	40	55	70	45	60	75	50	60	80
300	50	65	85	55	70	90	60	75	95
350	60	80	100	65	85	105	70	90	115
400	70	90	115	75	95	125	80	105	135
450	80	100	130	85	110	145	95	120	155
500	90	115	150	100	125	160	105	135	175

Pour les départements dits « venteux » (Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Alpes-Maritimes, Ardèche, Aude, Bouches-du-Rhône, Drôme, Gard, Hérault, Pyrénées-Orientales, Vaucluse, Var), les distances d'effets sont majorées d'une distance de 5m.

C.8 Distances des seuils d'effet de flux thermiques pour le scénario de petite brèche inférieure à 12 mm avec rejet horizontal sur une canalisation aérienne.

Ces distances correspondant au flux de 8 kW/m². Elles sont à retenir notamment pour l'établissement du PSI (cf §7.9), et pour l'examen des effets dominos (cf § 7.7).

PMS = 16 bar (relatif)	PMS = 20 bar (relatif)	PMS = 25 bar (relatif)
5 m	6 m	7 m

C.9 Distances des seuils d'effet de flux thermiques pour la rupture de piquage horizontal DN25 sur une installation annexe, suivie de l'inflammation immédiate du rejet.

Ces distances correspondant au flux de 8 kW/m². Elles sont à retenir notamment pour l'établissement du PSI (cf §7.9), et pour l'examen des effets dominos (cf § 7.7).

PMS = 16 bar (relatif)	PMS = 20 bar (relatif)	PMS = 25 bar (relatif)
13 m (12 m pour les DN≤80)	15 m (14 m pour les DN≤100)	15 m

D Annexe 4 : Règles métier pour la description de l'environnement

Au voisinage des ouvrages de distribution MPC de PMS supérieure à 16 bar ou de PMS supérieure à 10 bar pour les DN supérieurs à 200

La présente annexe s'appuie sur la circulaire du 10 mai 2010 (fiche 1) et le cahier des charges d'analyse environnementale contractualisé avec les sociétés prestataires. Elle précise les règles métier adoptées pour décrire l'environnement autour des ouvrages de distribution MPC de PMS supérieure à 16 bar.

D.1 Estimation des personnes présentes dans les bâtis

Habitat individuel ou collectif

Le recensement des populations dans les bandes de référence à analyser, est réalisé par la méthode suivante :

	Zone de recensement	Comptage
logement individuel	dans la bande des premiers effets létaux	2,5 habitants par logement
immeuble collectif	dans la bande des premiers effets létaux	le nombre de logements est calculé à partir de la surface du toit sur la base d'une superficie moyenne de 90 m ² par logement et en retenant 2,7 m pour un étage.

A noter qu'il est demandé d'affecter les habitants à chaque logement individuel, y compris dans le cas de lotissements ou d'habitations mitoyennes.

Immeubles de grande hauteur IGH

définis par l'article R.122-2 du Code de la construction et de l'habitation et classés en huit catégories par l'article R.122-5 dudit code.

	Zone de recensement	Comptage
IGH	dans la bande des premiers effets létaux	effectif total (SDIS)

Les types d'IGH : habitations (classification A) ou ERP (classification type R, S, U, W) sont distingués.

Zones industrielles ou commerciales

Recensement des entreprises avec leur nombre d'employés

	Zone de recensement	Comptage
locaux industriels ou commerciaux (ne recevant pas habituellement de public)	dans la bande des premiers effets létaux	effectif à l'adresse
locaux de service tertiaire		effectif à l'adresse ou à défaut prendre une superficie de 20 m ² par employé en retenant 2,7 m par étage.

Dans le cas d'un ensemble de bâtis contenus dans une emprise, la répartition de la population par bâti sera collectée, si elle est connue ; dans le cas contraire, la population sera attribuée à un ensemble de bâtis ou à l'emprise.

Dans les zones industrielles de grande étendue (plusieurs hectares) ou les ports autonomes, il sera exigé une répartition par bâti associé à chaque raison sociale (=> création d'un objet par bâti avec comme géométrie celle du bâtiment).

ERP (Établissements Recevant du Public)

avec leur catégorie correspondante, définis par l'article R.123-2 du Code de la construction et de l'habitation et classés en cinq catégories par l'article R.123-19 dudit code.

Le référentiel des ERP résulte de la réunion des données de la préfecture (SDIS) et de celles obtenues en mairie.

Le type d'ERP est renseigné d'après la nomenclature SDIS : J, L jusqu'à Y selon l'ordre alphabétique ou PA (Etablissements de plein air), CTS (Chapiteaux), GA (Gares), OA (Hôtels et restaurants d'altitude), SG (structures gonflables), PS (parcs de stationnement couverts), EF (établissements flottants).

Remarque : Pour les ERP de la 1ère à la 4ème catégorie, le nombre de personnes pris en compte pour la détermination de la catégorie de l'ERP comprend le public et le personnel n'occupant pas des locaux indépendants qui possèderaient leurs propres dégagements. Pour les ERP de 5ème catégorie, il ne comprend que le public.

	Zone collectée	Comptage
ERP	Partie déclarée ERP (selon le cas, un bâtiment ou un périmètre plus large). En cas de doute, il convient de retenir le périmètre le plus large et localiser le public accueilli à l'endroit le plus défavorable.	Pour les ERP de catégories 1 et 2 la capacité maximale d'accueil sera recherchée systématiquement. Pour les ERP de catégories 3 et 4, si la capacité maximale d'accueil n'est pas obtenue, la valeur prise par défaut sera la valeur maximale d'accueil de la catégorie selon les règles du SDIS.
	Pour les ERP de Santé U ou d'éducation R, ou J collecter la partie déclarée ERP sinon collecter le périmètre entourant les bâtis, donc incluant éventuellement une zone plus large (cour, ...).	Pour les ERP de catégorie 5, vérification par contact direct ou à défaut utilisation des règles définies dans le document du MEDDE « EDD : éléments pour la détermination de la gravité des accidents », c'est-à-dire :
	Pour les ERP de type M (magasin, centre commercial), collecter la partie déclarée ERP. sinon collecter le bâti.	Compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie, autre alimentation, presse, coiffeur....)
	Pour les ERP de plein air, il faut collecter l'emprise. Les bâtis qui ne sont pas classés ERP sont à collecter comme objets de type bâti sans information.	Compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes, bureaux de poste.

Prise en compte des ERP dans le calcul de la gravité :

- Pour tout ERP, la population sera attribuée à la partie déclarée ERP.
- Dans le cas d'un ERP de plein air partiellement exposé et dont l'occupation est homogène, le nombre de personnes exposées est calculé au prorata des surfaces réellement exposées de l'ERP. Ceci est notamment justifié par le fait que la méthode de calcul est déjà très majorante dans le cas d'un ERP étendu.
- Dans le cas d'un ERP de plein air partiellement exposé et dont l'occupation n'est pas homogène, le positionnement réel des personnes est à prendre en compte.

Pour tous les types de bâtis étudiés, si la configuration du bâtiment permet de différencier des zones particulières (*zones avec protection thermique, zone sans accès du public, ...*), le nombre de personnes exposées pourra être calculé en prenant en compte cette particularité.

En effet, il est très majorant de comptabiliser l'ensemble de la population occupant un bâtiment dès lors que la bande d'effet du phénomène dangereux étudié entre en intersection même minime avec ce bâtiment.

Ainsi, dans le cas d'un bâtiment dont l'intersection de la surface avec la bande d'effet est faible, ou dans le cas de phénomènes dangereux dont la distance d'effet est faible, une étude détaillée pourra déterminer plus précisément le nombre de personnes à comptabiliser au regard de la typologie du bâtiment et des évacuations possibles (par exemple pour l'étude du phénomène dangereux de performance de 5mm sur les installations annexes, dont la bande d'effet est de 4 mètres).

Cas des sites avec occupation temporaire

Pour des locaux présentant une occupation temporaire manifeste, il peut être retenu un temps d'occupation réduit (exemples : lieux de cultes, salles de spectacles, spectacles sous chapiteaux, festivals en plein air, terrain de sport, ...)

Dans le cas d'occupation très hétérogènes de locaux dans le même cercle d'effet, les situations d'occupation simultanées sont identifiées ainsi que le temps d'occupation si besoin. Les différents points correspondant à ces différentes situations sont positionnés dans la matrice de risque. Le nombre de ces situations ne doit pas dépasser trois, pour ne pas réduire artificiellement la probabilité d'atteinte des points considérés.

Le Distributeur pourra au choix réduire la probabilité d'atteinte du bâti considéré proportionnellement au temps d'inoccupation manifeste de ce bâti, ou prendre en compte un comptage intégrant un calcul moyen de présence. Ces deux options sont applicables pour l'évaluation du niveau de risque (placement dans la matrice), pour le tracé courant et pour les installations annexes. Le Distributeur ne devra pas cumuler ces deux critères.

D.2 Activités industrielles

Industries nucléaires de base (INB) et ICPE

Industries à risque (site Seveso seuil haut et bas et ICPE à régime d'autorisation) concernées par des matières dangereuses à risque d'explosion ou d'inflammation (rubriques 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600 nomenclature ICPE du décret du 20 mai 1953 modifié).

	Zone de recensement	Comptage
INB	dans la bande des premiers effets létaux	La capacité maximale d'accueil sera systématiquement recherchée afin qu'elle soit retenue comme effectif à l'adresse indiquée.
ICPE A, Seveso seuil haut et bas	à moins de 100 m et dans les premiers effets létaux de l'ouvrage	

Canalisations de transport de matière dangereuse

	Zone de recensement
Canalisation TMD	A moins de 100 m et dans la bande des premiers effets létaux de l'ouvrage

Lignes et câbles RTE

	Zone de recensement
Lignes RTE aériennes et enterrées	A moins de 100 m et dans la bande des premiers effets létaux

Liste des aérodromes et aéroports présents dans le département en indiquant la commune concernée

Dans le cas d'un aéroport comportant une aérogare, des pistes, des entrepôts..., chaque bâti est identifié et caractérisé selon son usage :

- caractériser chaque objet identifié comme ERP (aérogare...) dans les listes préfecture/mairie en tant qu'ERP, avec le comptage associé ;
- identifier les locaux industriels ou commerciaux en tant que tels, avec l'effectif associé ;
- les autres bâtiments seront caractérisés géographiquement comme bâtis sans information.

	Zone de recensement	Comptage
Aérodrome et aéroport	Aérodrome ou aéroport dans le département en indiquant la commune concernée. Géoréférencement des bâtis demandés dans la bande des premiers effets létaux et à moins de 100 m de l'ouvrage	A chaque ERP et local industriel sera associée une population selon les règles définies au § 9.4.2.

D.3 Terrains aménagés potentiellement fréquentés ou très fréquentés

Les terrains aménagés potentiellement fréquentés ou très fréquentés sont par exemple : parkings non couverts, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradins), zones de loisir... hors ERP de plein air, désignés sous le terme générique de « terrains non bâtis ».

	Zone de recensement	Comptage
Terrain non bâti / terrain aménagé potentiellement fréquenté ou très fréquenté	Dans la bande des premiers effets létaux	Capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare. Cette capacité correspond à un taux d'occupation moyen
		Prise en compte de la capacité du bâti si elle est connue. Sinon, appliquer uniquement la règle GESIP (10 pers. à l'hectare)
Parkings publics hors grande surface	Dans la bande des premiers effets létaux	10 personnes à l'hectare impacté
Parkings de grande surface	Dans la bande des premiers effets létaux	60 personnes à l'hectare impacté

D.4 Voies de communication

Toutes les voies de communication ci-après seront caractérisées géographiquement en linéaire.

	Zone de recensement	Comptage
Voies de communication routières	Dans la bande des premiers effets létaux	Détermination du trafic en termes de nombre de véhicules/jour.
Voies ferrées		Nombre de trains de voyageurs circulant quotidiennement sur la voie
Voies navigables		Détermination du trafic (nombre de péniches/jour et tourisme fluvial)

Dans la présente étude de dangers, les voies de circulation routière considérées sont les autoroutes, les routes nationales et départementales au regard de leur forte concentration en véhicules.

A partir de données routières du trafic moyen journalier annuel tous véhicules (TMJA), est déduite la valeur du nombre de personnes permanentes exposées par km.

Quel que soit le type de route, ces valeurs ont peu d'impact dans la prise en compte du nombre de personnes exposées car les segments étudiés sont généralement de l'ordre de quelques dizaines de mètres.

Les chemins communaux ou vicinaux sont à collecter en vue de l'identification du domaine public associé. Leur fréquentation sera renseignée si elle est disponible.

Les chemins de randonnées ne sont pas à collecter.

D.5 Règle générique de recensement pour un ensemble de bâtis dans une emprise

Dans le cas d'un ensemble de bâtis contenus dans une emprise, la répartition de la population par bâti sera collectée, si elle est connue. Dans ce cas, plusieurs objets seront créés avec chacun la géométrie du bâtiment correspondant, et l'emprise n'est pas collectée. Dans le cas contraire, la population sera attribuée à l'ensemble de bâtiments.

- S'il s'agit d'une installation classée, l'emprise sera collectée et la population affectée à l'emprise.
- S'il s'agit d'un ERP, la population sera affectée à la partie déclarée ERP.

Dans les cas d'occupation mixte, par exemple des ERP et d'autres bâtis de type locaux industriels dans une même emprise, il faut affecter les différents objets à leur classification correspondante dans les modèles de données. La population des ERP sera attribuée aux parties déclarées ERP.

D.6 Règles spécifiques

- Bâtis de petite surface : pas de collecte des bâtis de surface inférieure à 15 m².
- Bâtiment/ERP en projet, en cours de construction ou récents :

Les objets récents ou en cours de construction doivent être renseignés sur le niveau correspondant à leur type (habitat individuel...).

Pour ces objets, de manière générale, la description précise l'état de projet.

Lorsque le projet n'est pas suffisamment abouti ou trop complexe avec beaucoup d'incertitudes (ex : projet de ZAC), le niveau "bâti non renseigné peut être utilisé. En règle générale, il faut indiquer la nature : ERP, Mixte ERP/LIC, le niveau d'avancement (projet, permis de construire en cours d'instruction, permis de construire déposé, en cours de construction).

D.7 Cas particuliers :

Camping (hors ERP) : pour les campings, il faut obtenir la capacité d'accueil du camping auprès du gérant. Un camping doit être considéré comme objet d'une occupation humaine permanente (sauf camping « à la ferme »).

Cimetière : il est collecté comme terrain non bâti, et ne sera pas considéré comme ERP sauf s'il est déclaré en tant que tel.

Déchetterie : si la déchetterie n'est pas classée ICPE ou ERP, elle est considérée comme un terrain aménagé (terrain non bâti).

Parking : les parkings associés aux logements individuels ou collectifs ne sont pas collectés. Les autres parkings sont collectés, s'ils ne font pas partie de l'ERP selon le classement SDIS/mairie, ou s'ils ne sont pas eux-mêmes classés ERP de type PS, en terrain aménagé, avec le comptage réglementaire associé.

Établissement flottant (ERP) : Afin de pouvoir tenir compte de ces ERP, il faut redessiner des polygones correspondant aux objets localisés visibles sur l'orthophoto, ou dessiner des polygones virtuels au lieu des ports d'attaches de ces établissements.

Bateaux logement : ex : péniches localisées en bord de Seine. Il faut les numériser et de les classer en habitat individuel (sur la base de 2,5 habitants/péniche).

Établissement souterrain (parking, station de métro, gare, centre commercial) : Ces ERP dont l'emprise ne peut être déterminée ne sont pas représentés. Leur présence sera néanmoins signalée de façon ponctuelle. De façon générale, les bâtis enterrés ne sont pas recensés.

ERP correspondant à des manifestations à caractère événementiel (foire commerciale, manifestation sportive exceptionnelle, fête foraine, cirque....) : Ces ERP dont l'emprise ne peut être précisément déterminée ne sont pas représentés dans la BD Topo. Seuls les événements récurrents (fête des Loges, foire du Trône, spectacles de cirque annuels...) pourront être numérisés comme ERP de plein air.

Camps militaires et casernes : peuvent être classés en local industriel. Il est demandé de prendre contact avec ces établissements pour obtenir leur population.

Vente à la ferme : Les activités de vente à la ferme devraient rigoureusement être classées en tant qu'ERP de 5ème catégorie et de type M. Il s'agit toutefois d'activités ponctuelles où le nombre de clients est extrêmement restreint (bien inférieur aux 10 personnes préconisées par le Ministère). Par conséquent, les activités de vente à la ferme, non classée comme ERP sur les listes du SDIS/Mairie, seront indiquées dans la métadonnée et en commentaire

Poste de transformation : représenté par un carré de côté 2 m centré sur le point.

E Annexe 5 : Dispersion du jet de gaz naturel dans l'atmosphère, distance de la limite inférieure d'explosivité (LIE)

La dispersion du jet de gaz naturel dans l'atmosphère a pour objectif de définir les contours de la partie inflammable du panache de gaz en fonction de différents paramètres qui peuvent l'influencer (vitesse du vent, inclinaison du jet), et pouvoir ainsi déterminer la zone d'inflammabilité du gaz naturel

E.1 Distances LIE pour le phénomène dangereux de la rupture (en mètres) :

- Département Non Venteux :

DN	PMS 16	PMS 20	PMS 25
<=80	3	3	4
100	4	4	5
150	6	7	8
200	9	10	11
250	11	13	14
300	14	16	18
350	17	19	21
400	20	22	25
450	23	25	28
500	26	29	32

- Département Venteux : Alpes de Haute Provence, Hautes Alpes, Alpes-Maritimes, Ardèche, Aude, Bouches du Rhône, Drôme, Gard, Hérault, Pyrénées Orientales, Vaucluse, Var

DN	PMS 16	PMS 20	PMS 25
<=80	4	4	4
100	5	5	6
150	7	8	9
200	10	11	13
250	13	15	16
300	16	18	20
350	20	22	25
400	23	26	29
450	26	30	33
500	30	33	37

E.2 Distances LIE pour le phénomène dangereux de moyenne brèche (en mètres) :

- Département Non Venteux :

DN	PMS 16	PMS 20	PMS 25
80	3	3	4
100	4	4	5
150	5	5	6
200	5	5	6
250	5	6	6
300	5	6	6
350	6	6	6
400	6	6	6
450	6	6	6
500	6	6	6

- Département Venteux : Alpes de Haute Provence, Hautes Alpes, Alpes-Maritimes, Ardèche, Aude, Bouches du Rhône, Drôme, Gard, Hérault, Pyrénées Orientales, Vaucluse, Var

DN	PMS 16	PMS 20	PMS 25
80	4	4	4
100	5	5	6
150	6	6	7
200	6	6	7
250	6	7	7
300	6	7	7
350	6	7	7
400	6	7	8
450	6	7	8
500	6	7	8

E.3 Distances LIE pour le phénomène dangereux de petite brèche (en mètres) :

Pour le phénomène dangereux de petite brèche, la distance LIE est égale à 1 m pour les PMS inférieures ou égales à 25 bar quel que soit le département.