



*Etude de dangers des  
installations annexes complexes  
Complément à la partie générique des études de  
dangers des canalisations du réseau de transport*

---

Rév. : 2013.B – Juillet 2014



# Table des matières

<b>1</b>	<b>PREAMBULE .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>PERIMETRE DES OUVRAGES CONCERNES .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>DETERMINATION DE BANDE D'ETUDE ET DU COEFFICIENT DE SECURITE.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>La bande d'étude.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>Le coefficient de sécurité minimal .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>ANALYSE DES FACTEURS DE RISQUE .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Supression interne .....</b>	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>Agression mécanique .....</b>	<b>10</b>
4.2.1	Travaux sur site .....	10
4.2.1.1	Excavation .....	10
4.2.1.2	Manutention de pièce lourde .....	11
4.2.2	Circulation routière .....	12
4.2.2.1	externe au site .....	12
4.2.2.2	interne au site .....	12
<input type="checkbox"/>	Pour les RIAS et les postes de type interconnexion .....	12
<input type="checkbox"/>	Pour les stations d'interconnexion.....	12
4.2.3	Risque sismique.....	13
4.2.4	Chute d'avion .....	13
<b>4.3</b>	<b>Effet domino .....</b>	<b>13</b>
4.3.1	Par effet missile.....	13
4.3.2	Par agression thermique .....	14
4.3.2.1	Rappel des critères d'examen des effets domino thermiques .....	14
4.3.2.2	Méthodologie d'évaluation des effets domino thermiques .....	14
↗	Evènements initiateurs retenus : les Sources .....	15
<input type="checkbox"/>	Effets domino d'origine interne à l'emprise.....	15
<input type="checkbox"/>	Effets domino d'origine externe à l'emprise .....	18
↗	Identification des Cibles.....	18
↗	Orientation des rejets associés aux effets domino thermiques .....	19
<input type="checkbox"/>	Dû au rayonnement thermique.....	19
<input type="checkbox"/>	Dû à l'interaction de flamme.....	20
4.3.2.1	Synthèse relatives aux effets domino thermiques.....	20
<b>4.4</b>	<b>Les sources d'inflammation .....</b>	<b>22</b>
4.4.1	Retour d'expérience.....	22
4.4.2	Mesures spécifiques.....	22
↗	Atmosphère explosive .....	22
↗	Critères d'aménagement pour les ouvrages neufs.....	23
<input type="checkbox"/>	Maitrise de la migration via les gaines et fourreaux .....	23

	<input type="checkbox"/>	Eloignement des locaux.....	24
	<input type="checkbox"/>	Eloignement de la clôture .....	24
	<input type="checkbox"/>	Voie de circulation.....	24
	↔	Travaux .....	24
	↔	Foudre.....	24
<b>4.5</b>		<b>Synthèse des facteurs de risques .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>		<b>IDENTIFICATION DES SCENARIOS RETENUS .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1</b>		<b>Les scénarios élémentaires .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2</b>		<b>Les scénarios complémentaires .....</b>	<b>26</b>
		5.2.1 Canalisations enterrées.....	26
		5.2.2 Ouvrages aériens ou en fosse .....	27
<b>6</b>		<b>QUANTIFICATION DU RISQUE .....</b>	<b>28</b>
<b>6.1</b>		<b>Evaluation du débit à la brèche .....</b>	<b>28</b>
	<input type="checkbox"/>	Pour les RIAS.....	29
	<input type="checkbox"/>	Pour les postes de type interconnexion et les stations d'interconnexion .....	29
<b>6.2</b>		<b>Intensité des phénomènes dangereux .....</b>	<b>30</b>
<b>6.3</b>		<b>Gravité des phénomènes dangereux .....</b>	<b>30</b>
<b>6.4</b>		<b>Probabilité des phénomènes dangereux.....</b>	<b>30</b>
		6.4.1 Probabilité des scénarios élémentaires .....	31
		6.4.2 Probabilité des autres évènements initiateurs et efficacité des mesures compensatoires associées .....	32
	↔	Agression mécanique par chute d'objet gruté ou véhicule de chantier .....	32
	↔	Circulation interne - Véhicule incontrôlé.....	32
	↔	Chute d'avion.....	33
	↔	Séisme.....	33
		6.4.3 Probabilités des ruptures par effets domino .....	33
		6.4.3.1 Internes .....	33
		6.4.3.2 Externes .....	34
	↔	Depuis les canalisations de transport .....	34
	<input type="checkbox"/>	Pour les RIAS.....	35
	<input type="checkbox"/>	Pour les postes de type interconnexion et les stations d'interconnexion .....	35
	↔	Depuis les installations tierces.....	36
<b>6.5</b>		<b>Acceptabilité du risque et mesures compensatoires .....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>		<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>37</b>

## ANNEXES

## Liste des tableaux

Tableau n° 1 :	Flux maximal et distance associée pour les rejets enflammés associés aux ruptures de piquages DN25 verticaux .....	17
Tableau n° 2 :	Distances au flux de 8 kW/m <sup>2</sup> pour les rejets enflammés associés aux ruptures de piquages DN25 verticaux.....	17
Tableau n° 3 :	Zone couverte par la flamme et rayonnement thermique latéral pour les rejets enflammés associés aux ruptures de piquages DN25 horizontaux .....	17
Tableau n° 4 :	Distances au flux de 8 kW/m <sup>2</sup> pour les rejets enflammés associés aux ruptures de piquages DN25 horizontaux .....	17
Tableau n° 5 :	Synthèse des modes possibles d'effets domino thermique .....	21
Tableau n° 6 :	Critères retenus pour l'examen des effets domino thermiques .....	22
Tableau n° 7 :	Lien entre les facteurs de risques identifiés dans l'analyse qualitative et les scénarios de fuite avec inflammation retenus dans l'analyse quantitative .....	25
Tableau n° 8 :	Synthèse des scénarios de référence.....	26
Tableau n° 9 :	Synthèse des scénarios complémentaires .....	28
Tableau n° 10 :	Fréquences génériques des scénarios de référence.....	32
Tableau n° 11 :	Probabilité d'inflammation des scénarios de référence .....	32
Tableau n° 12 :	Exemple de calcul de la probabilité associée aux effets domino internes.....	34
Tableau n° 13 :	Paramètres retenus pour la détermination de la probabilité d'effet domino lié à un scénario hors site.....	35

## Table des figures

Figure n° 1 :	Coefficient de sécurité .....	9
Figure n° 2 :	Exemple de décomposition fonctionnelle en installations simples .....	15
Figure n° 3 :	Domaine d'instabilité des flammes de rejets de gaz naturel sous pression .....	16
Figure n° 4 :	Exemple de piquage <sup>[*]</sup> d'instrumentation en fosse.....	26
Figure n° 5 :	Exemple de by-pass de vanne aérien.....	27
Figure n° 6 :	Exemple de vanne motorisée enterrée et son bypass d'équilibrage en caniveau.....	27
Figure n° 7 :	Exemple de clarinettes d'instrumentation.....	27
Figure n° 8 :	RIAS : Conditions aux limites pour le calcul du débit à la brèche .....	29
Figure n° 9 :	Interconnexions et assimilées : Configuration de réseau équivalent pour le calcul du débit à la brèche .....	29
Figure n° 10 :	Schématisation arbre des causes.....	31
Figure n° 11 :	Exemple de prise en compte des différents évènements initiateurs dans la probabilité de rupture de canalisation au niveau d'un raccord isolant.....	34
Figure n° 12 :	Prise en compte des phénomènes dangereux issus des canalisations externes à l'ouvrage.....	36



## 1 Préambule

---

Ce document présente la méthodologie retenue par GRTgaz pour les études de dangers des installations annexes complexes au sens du § 4.4.2.2 du guide GESIP n°2008/01 rév. 01/2014 pour lesquelles les règles définies pour les installations annexes simples dans ce guide doivent être complétées afin de prendre en compte « *la complexité et la proximité d'installations différentes, la présence de fosses, ... pouvant éventuellement conduire à des effets domino* ». De plus « *L'intensité des phénomènes dangereux est évaluée en prenant en compte la configuration de l'installation, notamment les dispositifs permettant de limiter l'alimentation de la brèche (clapet anti-retour, ...), les alimentations multiples (cas d'une interconnexion), ainsi que les barrières actives (barrières s'appuyant sur un Système Instrumenté de Sécurité) existantes lorsqu'elles peuvent contribuer à limiter l'intensité du phénomène dangereux* »

Il précise notamment :

- le principe de détermination du coefficient de sécurité minimal (cf. § 3.2),
- l'analyse de certains facteurs de risque et en particulier les effets domino d'origine thermique (cf. § 4.3),
- les scénarios complémentaires issus des effets domino thermiques (cf. § 5),
- la détermination de l'intensité des phénomènes dangereux qui peut être différente d'une part de celle des installations annexes simples et d'autre part de celle du tracé courant du fait de la configuration particulière de ces installations (alimentation de la brèche par plusieurs canalisations connectées entre elles) (cf. § 6.1 & 6.2)
- la méthode de quantification des probabilités (cf. § 6.4).

Il prend en compte les exclusions, pour les sites clos, prévues par ce même guide GESIP ; à savoir :

- pour les facteurs de risques :
  - × l'agression mécanique liée aux travaux sur site,
  - × l'agression thermique sur canalisation enterrée,
  - × la chute d'avion en dehors des zones de proximité d'aéroports ou d'aérodrome,
- pour les phénomènes dangereux :
  - × UVCE / Flash-fire,
  - × effets de projection.

## 2 Périmètre des ouvrages concernés

Les éléments méthodologiques présentés ci-après s'appliquent aux installations annexes complexes au sens du § 4.4.2.2 du guide GESIP n°2008/01 rév. 01/2014 c'est-à-dire aux stations et postes de type interconnexion et pour partie aux regroupements d'installations annexes simples.

- **Station d'interconnexion** : Installation qui permet plusieurs schémas de fonctionnement entre au moins 3 canalisations via des vannes de configuration. C'est-à-dire un aiguillage entre au moins 3 pôles sur lesquels les débits et/ou les pressions sont maîtrisés via un pôle de régulation au sein de l'emprise. Un pôle est une artère simple ou des artères doublées, triplées, sans possibilité de différenciation pression / débit entre elles. Les stations d'interconnexion peuvent être moyennes de stations de compression.
- **Poste de type interconnexion**: Point de connexion de plusieurs canalisations, en général sur le réseau régional, associé ou non à des régulations, pour lesquelles il est possible de réaliser différents schémas de fonctionnement vers des antennes soit localement soit à distance et/ou avec la présence d'utilités significatives ( groupe électrogène, air comprimé, réseau effluent, chaufferie, ...). La complexité de ces installations nécessite qu'elles soient examinées du point de vue des études de dangers comme les stations interconnexion. A noter qu'une pré-détente régionale isolée piquée sur une artère nationale/régionale est exclue de cette catégorie et est traitée soit dans la catégorie des installations annexes simples soit dans la catégorie suivante si elle est associée à un poste de sectionnement ou de coupure.
- **Regroupement d'installations annexes simples** (RIAS): Emprise regroupant en un même lieu plusieurs installations simples parmi les installations annexes simples - sectionnement, pré-détente, comptage, poste de livraison, poste de coupure – soit liées par un seul flux de gaz entrant ou indépendantes entre elles et pour lesquelles il existe une potentialité d'effets domino.

La segmentation entre les deux premiers types d'ouvrage et le dernier repose essentiellement sur la contribution des différentes canalisations connectées au site et susceptibles d'alimenter la brèche en cas de rupture. Ce point est détaillé au § 6.1.



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique où sont présentées la limite de l'étude, les limites réglementaires (si applicables) et la description des ouvrages constituant l'installation*

**Nota :** Les stations de compression, installations soumis par ailleurs à la réglementation ICPE (rubrique 2920-Compression et éventuellement 2910-Combustion), disposent en général d'une étude autoporteuse qui reprend pour partie les éléments présentés dans ce document.

## 3 Détermination de bande d'étude et du coefficient de sécurité

### 3.1 La bande d'étude

Pour les RIAS la bande d'étude initiale est la même que pour les installations annexes simples, à savoir l'enveloppe des premiers effets létaux du rejet enflammé d'un piquage DN25. En cas d'effet domino, la bande d'étude est élargie afin d'évaluer la gravité du phénomène dangereux résultant (rupture de canalisation).

Pour les stations d'interconnexion et les postes de type interconnexion, la bande d'étude considérée pour ces installations annexes complexes est l'enveloppe des premiers effets létaux observés en cas de rupture franche des canalisations. L'examen de l'environnement de l'ouvrage est réalisé dans cette bande.

## 3.2 Le coefficient de sécurité minimal

Le périmètre considéré pour la détermination du coefficient de sécurité minimal est l'enveloppe des effets létaux significatifs (ELS) en cas de rupture franche de canalisation. Compte tenu de la diversité des diamètres de canalisation présents sur ce type d'installation, le coefficient de sécurité minimal est défini de façon globale pour l'installation et non pour chaque canalisation à l'intérieur de l'emprise ; la canalisation entrant sur le site, dont la valeur de  $PMS \times DN^2$  étant retenue pour déterminer la distance des ELS. Cette valeur est reportée à partir de la limite de la zone recouvrant les canalisations du site.

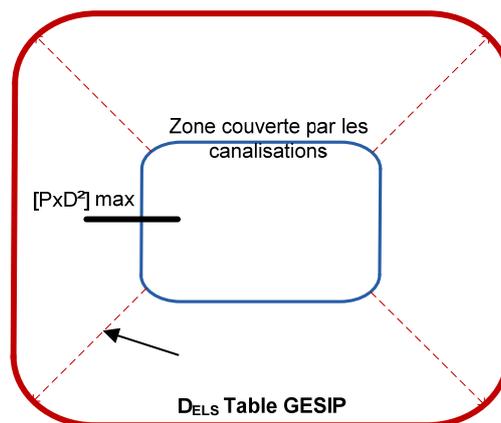


Figure n° 1 : Coefficient de sécurité

Il faut toutefois noter que la notion de coefficient de sécurité pour une installation annexe n'a pas la même pertinence que pour une canalisation enterrée dans le domaine public ou privé. En effet, la notion de "coefficient de sécurité" vise à augmenter l'épaisseur d'acier des tubes lorsque le nombre de personnes potentiellement impactées en cas d'accident augmente. Ceci pour assurer une meilleure résistance de la canalisation vis-à-vis de travaux de tiers non complètement maîtrisables.

Le coefficient de sécurité minimal d'une installation annexe n'intervient donc pas dans l'analyse de risque d'une telle installation, mais permet de hiérarchiser les éventuelles mesures compensatoires à mettre en œuvre suite à une révision des études de dangers.



Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour l'application à l'ouvrage

## 4 Analyse des facteurs de risque

Ce chapitre est complémentaire de celui de la partie générique Chapitre 4 § 3 et tient compte des exclusions rappelées dans le préambule. Il examine les facteurs de risque pouvant concerner ces ouvrages et ceux qui sont exclus.

### 4.1 Surpression interne

Le transit de gaz naturel dans le réseau nécessite que différentes canalisations soient raccordées les unes aux autres en des nœuds du réseau de transport. Lorsque la canalisation amont n'est pas exploitée à la même pression que la canalisation aval au quelle elle est raccordée, il est nécessaire de disposer d'un poste de pré-détente dit « de changement de PMS » ou pôle de régulation de pression au point de raccordement de ces deux canalisations. Ce poste, constitué, en général, de deux rampes de régulation, comporte des organes de régulation de la pression associés à des organes de sécurité pression permettant d'agir en cas de défaillance des organes de régulation, ceci afin de garantir que la pression à l'aval ne dépassera pas 110% de la PMS du réseau aval, principe retenu dans le guide GESIP 2007/09 « Normes » en lien avec l'historique de construction du réseau de transport.

Conformément à la norme NF-EN 12186 « Poste de détente régulation de pression de gaz pour le transport et la distribution », ces postes sont équipés :

- d'un seul dispositif de sécurité de pression, si la différence de niveaux de pression maximale de service entre l'amont et l'aval du poste de détente est inférieure à 16 bar ;
- de deux dispositifs de sécurité de pression si la différence de niveaux de pression maximale de service entre l'amont et l'aval du poste de détente, est supérieure à 16 bar et que la pression d'épreuve du réseau aval est inférieure à la PMS du réseau amont.

Les dispositifs de sécurité pression sont en général des Vannes de Sécurité (VS) auto-pilotées et dans une moindre mesure des soupapes (dispositifs de moins en moins utilisés sur les nouvelles installations).

Dans le sens de circulation du fluide chaque rampe d'un pôle de régulation est équipée généralement d'une vanne de mise en ligne (utilisée également pour l'isolement de la rampe en cas de maintenance), d'un organe de sécurité pression (VS), de l'organe de détente, de prises de pression, d'un évent manuel (utilisé pour la décompression de la rampe lors de la maintenance) et d'une vanne d'isolement aval (utilisée pour isoler la rampe lors des actes de maintenance).

L'organe de détente est soit un organe auto-régulé (cas des pré-détente) qui dispose d'une consigne interne relative à la pression à délivrer en aval soit d'une vanne de régulation de pression (cas des interconnexions) avec une prise d'impulsion en aval de celle-ci soit sur la rampe soit sur la sortie du pôle de régulation. La pression de consigne est toujours inférieure à la PMS du réseau aval et tient compte de l'incertitude du régulateur (fonction de la technologie retenue) conformément au guide GESIP 2007/09 « Normes ». Dès que la pression dépasse la consigne, le régulateur envoie un ordre au détendeur afin que celui-ci revienne à son point de consigne. Tant que la pression à l'aval n'est pas redescendue en dessous de la pression de consigne, il reste dans cette position.

Comme tout équipement celui-ci présente un taux de défaillance évalué à  $8.10^{-5}$ /heure (1 panne tous les 18 mois environ). Les défaillances liées aux positions « bloquées fermées » et aux « non-régulations », en cas de dépassement du point de consigne voire de non fermeture, sont équi-réparties. Dans le premier cas cela conduit à une perte de production, dans le second à la possibilité de ne plus gérer la consigne de pression et donc d'entraîner une surpression sur le réseau aval. Afin de se prémunir de ce risque, différentes actions et dispositifs de protection contre les surpressions sont mis en œuvre.

Pour les interconnexions, la pression est surveillée en permanence par plusieurs capteurs soit directement sur la rampe soit sur la partie commune à l'aval des rampes. Ainsi, dès qu'en ce point de contrôle, la  $PMS_{\text{aval}}$  atteint le seuil de  $[PMS_{\text{aval}} - x_1\%]$  ( $x_1$  généralement de l'ordre de 1%) une alarme est envoyée au CSR<sup>(\*)</sup> et disponible également localement au niveau du contrôle commande. En cas de défaillance du régulateur de pression, la pression peut continuer de croître. Dès que le seuil de  $[PMS_{\text{aval}} + x_2\%]$  ( $x_2$  étant toujours inférieur à 10%) est atteint, la VS (organe ultime de sécurité autonome) se ferme. Le taux de défaillance à la sollicitation de la VS est de l'ordre de  $1.10^{-3}$  pour une période de test annuel.

**Compte tenu des éléments présentés ci-avant, les surpressions internes ne sont pas à même de générer des ruptures de canalisation.**



Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique où sont présentés les dispositifs de sécurité au regard de la pression

## 4.2 Agression mécanique

Pour ces installations essentiellement aériennes, la possibilité d'agression mécanique lors des phases de travaux sur site est analysée en fonction de la nature des travaux et du type d'installations.

### 4.2.1 Travaux sur site

#### 4.2.1.1 Excavation

Le retour d'expérience fait état d'agressions mécaniques sur les canalisations enterrées en site clos. Ces agressions se traduisent uniquement par un endommagement du revêtement de la canalisation voire d'un enfoncement de la paroi mais à ce jour aucune agression n'a conduit à une perte d'intégrité de la paroi se traduisant par un dégagement de gaz à l'atmosphère. La surveillance du chantier réalisée sous le couvert de GRTgaz permet de traiter immédiatement le défaut.

A noter, par ailleurs, qu'en 50 ans d'exploitation de stations de compression et d'interconnexions importantes du réseau de transport de GRTgaz, aucune rupture de diamètre important n'a été enregistrée sur ces installations par agression mécanique. Ce sont tout au plus de petites tuyauteries annexes (tubing de petit DN) qui ont pu être arrachées.

Dans le cas particulier des sites clos, GRTgaz est l'unique donneur d'ordre pour toute entreprise intervenante, les travaux sur le site (notamment les opérations de terrassement et d'excavation) sont réalisés à la demande et sous la surveillance de GRTgaz. Ces travaux sont encadrés par des procédures strictes qui visent d'une part en amont à informer les entreprises intervenantes des risques présentés par l'ouvrage (inspection préalable commune, établissement d'un plan de prévention dès lors qu'il y a excavation sur le site, sensibilisation au risque gaz) ; d'autre part à mettre en œuvre une organisation du chantier répondant à l'analyse de risque préalable en sélectionnant notamment la nature des engins admis sur site. Des autorisations de différentes natures (autorisation de travail, attestation de consignation électrique, permis de feu, permis de fouille, attestation de consignation mécanique, qualification des conducteurs d'engins) sont émises avant tout début de chantier, elles permettent d'éviter l'accrochage des canalisations.

En particulier pour les travaux nécessitant une excavation, la délivrance d'un permis de fouille est subordonnée à :

- une investigation préalable du sous-sol avec repérage des canalisations, en complément des plans disponibles, permettant de garantir la connaissance du sous-sol du site, et de baliser pendant la phase chantier les zones interdites à toute circulation ou stationnement, voire à toute pénétration de personne non autorisée ;
- l'utilisation de pelle à godet plat, pour l'excavation superficielle à proximité immédiate des installations en service, le reste de l'excavation étant manuelle ou par aspiration ;
- l'institution de règles de circulation spécifiques au chantier.

Il faut noter que ces installations ne font pas l'objet de travaux lourds en phase d'exploitation et de maintenance courante ; ceux-ci interviennent exclusivement lors de modifications des installations. La maintenance courante ne nécessite pas de recourir à des engins puissants.

**Compte tenu des éléments présentés ci-avant, les phénomènes dangereux de rupture et de perforation significative dus à une agression mécanique lors de travaux d'excavation à l'intérieur de la station ne sont pas considérés pour les canalisations enterrées.**

#### 4.2.1.2 Manutention de pièce lourde

Les travaux de maintenance nécessitant le recours à des matériels de levage spécifiques sont extrêmement rares (moins d'une fois dans la décennie). De plus lors de ces opérations, la partie d'installation sur laquelle a lieu l'intervention est hors gaz, alors que le reste de l'installation peut être en service. La chute d'un objet gruté peut conduire à la rupture de piquage et éventuellement à la rupture de by-pass / tuyauterie auxiliaire. Comme tous travaux réalisés à l'intérieur d'un site clos, ceux – ci vont faire l'objet d'une analyse de risque préalable et de consignes particulières.

De par leur conception et la taille des équipements mis en place, les techniques de manutention de pièces lourdes seront différentes en fonction de l'importance de l'installation. En général, les RIAS ne sont pas exposées à ce facteur de risque.



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique qui examine si ce facteur de risque doit être retenu et expose si nécessaire les mesures compensatoires associées.*

## 4.2.2 Circulation routière

### 4.2.2.1 externe au site

Les dispositions précisées dans la partie générique au chapitre 4 § 3.6.3 sont également applicables à ces installations.

### 4.2.2.2 interne au site

Ces installations ne font pas l'objet d'une présence permanente. Le personnel d'exploitation intervient ponctuellement pour les actes de maintenance, de surveillance et en cas d'intervention suite à défaillance. Il n'y a donc pas de circulation quotidienne sur ces sites. L'agression d'une canalisation résulterait d'un choc violent suite à une perte de contrôle du véhicule.

De plus, en fonction de la nature de l'installation, l'aménagement du site au regard des voies de circulation est différent.

☐ *Pour les RIAS et les postes de type interconnexion*

En l'absence de voie de circulation interne au site, à proximité de la zone procédé, le risque d'agression mécanique liée à la circulation interne peut être écarté.

☐ *Pour les stations d'interconnexion*

Ces installations, d'emprise au sol plus importante, peuvent disposer de voiries internes. Comme pour tout site industriel de GRTgaz, la circulation sur les voiries internes est limitée en vitesse et en usage. Elles sont essentiellement dédiées à la circulation des véhicules nécessaires à la maintenance lourde dont la fréquence est identique à celle des travaux sur site.

Dans ce cas, un examen au cas par cas est réalisé en fonction de l'implantation des ouvrages au sein de l'emprise. Les points sensibles de l'installation au regard du choc mécanique par véhicule sont les tuyauteries auxiliaires aériennes de DN < 150 positionnées dans les virages, les croisements, à l'extrémité d'une voirie en « T ». En général, la partie tubulaire résiste mieux au choc que les équipements associés. La rupture franche de canalisation principale est écartée.

Au regard de ce facteur de risque, des dispositions constructives pour les ouvrages neufs et des mesures compensatoires pour les ouvrages existants peuvent être retenues. Pour un ouvrage neuf, l'implantation des canalisations auxiliaires tient compte des voiries du site. S'il n'est pas possible d'éviter les points sensibles cités ci-avant alors comme pour les ouvrages existants des mesures constructives compensatoires seront mises en œuvre. Il peut s'agir soit de talus végétalisés, soit de blocs béton (type GBA), soit de glissière de sécurité. La mise en place de ces protections mécaniques permet d'écarter le scénario de rupture de tuyauterie auxiliaire / by-pass.

**Compte tenu des éléments présentés ci-avant, le scénario de rupture de canalisation aérienne ou en fosse suite à agression mécanique par véhicule à l'intérieur de ces sites n'est pas retenu. Seules les tuyauteries auxiliaires peuvent être exposées à ce facteur de risque.**



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique qui examine si ce facteur de risque doit être retenu et expose si nécessaire les mesures compensatoires associées.*

### 4.2.3 Risque sismique

La tenue des installations annexes complexes au séisme est examinée au regard du Cahier Technique n°15-2013 de AFPS<sup>1</sup>. A noter également que le retour d'expérience pour les installations annexes montre que même des forts déplacements (lors d'inondation, effondrement) ne créent pas de rupture de tuyauteries.

Conformément au guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014, comme pour les mouvements de terrain, le risque sismique est traité uniquement de manière déterministe. L'étude spécifique précise la zone de sismicité, l'évaluation de la classe de risque sismique et le traitement à mettre en œuvre si l'étude particulière de l'installation à « risque spécial » montre que des mesures correctrices doivent être retenues.



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour l'application à l'ouvrage*

### 4.2.4 Chute d'avion

La chute d'avion est retenue, comme évènement initiateur d'une perte de confinement avec inflammation immédiate sur ces installations, uniquement dans les zones de proximité d'aéroport ou d'aérodrome, c'est à dire à moins de 2 km de tout point des pistes de décollage ou d'atterrissage. L'évènement initiateur est à la fois à l'origine de la rupture de l'ouvrage et de l'inflammation.



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour l'identification des aéroports et aérodromes dans le voisinage immédiat du site*

## 4.3 Effet domino

Pour les installations annexes complexes, du fait de la multiplicité des installations avec des alimentations distinctes au sein d'une même emprise, les effets domino entre ouvrages gaz tant internes à l'emprise qu'externes, sont examinés.

Au regard de la nature des ouvrages et des éléments agresseurs potentiels, les effets domino redoutés sont ceux associés à une agression thermique ; ceux liés aux effets de surpression (cf. Etude générique chapitre 4 § 4.5.3. b) ou de projections (cf. § 4.3.1 de ce document) peuvent être écartés.

L'évaluation des effets domino est présentée dans la partie générique au chapitre 4 § 4.5. Sont rappelés ici les principes de qualification de l'effet domino et les causes retenues.

### 4.3.1 Par effet missile

GRTgaz estime que dans l'éventualité d'un effet missile, la rupture d'une canalisation principale, d'une tuyauterie auxiliaire et d'un by-pass est à exclure compte tenu de leur épaisseur. Seule la rupture de piquage par cisaillement demeure envisageable. Ceci reste sans incidence sur l'analyse des risques actuels proposés par GRTgaz puisque la rupture de piquage est déjà retenue par ailleurs.

Le retour d'expérience de GRTgaz conforte cette position, En effet, sur un site similaire, une masse métallique de 40 kg projetée suite à la rupture mécanique d'un assemblage n'a provoqué, lors de son impact avec un collecteur, qu'un léger enfoncement de la canalisation sans perte de confinement. Par ailleurs aucun incident issu d'installations tierces au voisinage d'installation de transport, ayant eu des effets notables, n'a été recensé.

<sup>1</sup> « Guide méthodologique pour évaluer et assurer la tenue au séisme des canalisations de transport enterrées en acier ». Cette version, éditée en novembre 2013, remplace les Cahiers Techniques n°15 de juin 1998 et n° 21 de juillet 2000. Association Française de Génie Parasismique (AFPS)

### 4.3.2 Par agression thermique

#### 4.3.2.1 Rappel des critères d'examen des effets domino thermiques

Pour qu'il y ait « effet domino » ; il faut qu'un premier accident mineur [*rejet de gaz enflammé générant un rayonnement thermique suffisamment important dans l'environnement proche d'une installation mais ayant des conséquences limitées à l'extérieur du site*] puisse entraîner par ses effets [*élévation de la température de la canalisation cible au-delà de la température critique de l'acier*] un nouvel accident [*rupture de la canalisation*] dont les conséquences sont plus importantes que celles de l'événement initiateur avec des effets à l'extérieur du site.

Les **effets domino sont donc examinés**, pour les parties aériennes ou en fosse ouverte des installations, uniquement **dans le sens de l'aggravation du risque**, c'est-à-dire dès qu'au moins une canalisation principale est le siège d'une rupture suite à l'agression thermique. Pour ce type d'installations, cela se traduit :

- dans la plupart des cas, par une augmentation de l'intensité du phénomène dangereux [*rayonnement thermique lié à la perte de confinement du gaz naturel*] et donc un allongement des distances d'effets,
- dans une moindre mesure, à intensité proche, par une extension de la zone couverte par les effets [*nouveau scénario dont le phénomène dangereux identique et d'ampleur proche du scénario initiateur a des effets décalés géographiquement dans l'emprise*] conduisant à une augmentation de la gravité,
- et de manière plus limitée, par un niveau de probabilité plus élevé pour des phénomènes dangereux d'intensité identique.

Dans le cas d'une agression thermique **sans aggravation du niveau de risque**, ces effets sont qualifiés de **synergie** et non d'effets domino.

Les effets domino étudiés sont donc :

- les **effets internes** à l'emprise, c'est-à-dire l'effet d'une installation ou d'un ensemble fonctionnel sur une/un autre à l'intérieur de l'emprise,
- les **effets externes** depuis,
  - les canalisations connectées à l'emprise,
  - d'autres canalisations de transport, passant à proximité de l'emprise, propriété ou non de GRTgaz,
  - éventuellement les ICPE voisines de l'emprise.

#### 4.3.2.2 Méthodologie d'évaluation des effets domino thermiques

Les effets domino thermiques, retenus dans l'analyse, ont pour origine soit :

- un **rayonnement thermique** suffisant pour entraîner la dégradation du matériau :
  - de 8 kW/m<sup>2</sup> pendant ¼ heure pour les raccords isolants (RI) quelle que soit leur technologie et les conditions de circulation du gaz dans la canalisation,
  - de 25 kW/m<sup>2</sup> pendant 1 heure pour les canalisations **en pression hors transit** (cf. Partie générique Chapitre 4 § 4.5.3).
- une **interaction de la flamme** avec une canalisation. Les effets domino par interaction de flamme sont examinés pour l'ensemble des canalisations principales connectées en transit ou non.
- et dans le cas particulier des fosses étroites par **effet convectif**, où la température locale dans la fosse peut atteindre la température critique de l'acier.

Pour un même événement initiateur, l'apparition de la rupture par interaction de flamme précèdera toujours celle due au rayonnement thermique. La **cinétique d'apparition de l'effet domino** est retenue

pour définir le tronçon pertinent à retenir comme siège de la rupture au sein d'une installation si un même évènement initiateur peut à la fois conduire à une rupture par interaction de flamme d'un tronçon de canalisation et une rupture due au rayonnement thermique d'un autre tronçon au sein d'un même ensemble fonctionnel.

Afin d'évaluer les effets domino sur les installations, l'analyse repose sur l'identification d'une part des **sources** potentielles d'effet domino c'est-à-dire les **phénomènes dangereux initiateurs** et d'autre part des **cibles** potentielles d'effet domino c'est-à-dire les **tronçons d'ouvrage susceptibles d'être le siège d'une perte de confinement** suite à l'exposition à un rayonnement thermique ou à une interaction de flamme.

**Nota :** Pour l'examen des synergies entre ouvrages, les sources et les cibles sont dans des ensembles fonctionnels distincts ; l'effet domino d'une installation sur elle-même n'est pas retenu, comme pour les installations annexes simples, conformément au guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014 § 4.4.2.1<sup>2</sup>.)

La Figure n° 2 donne un exemple de découpage fonctionnel pour un regroupement d'installations annexes simples (sectionnement, demie-coupure, pré-détente et by-pass poste).

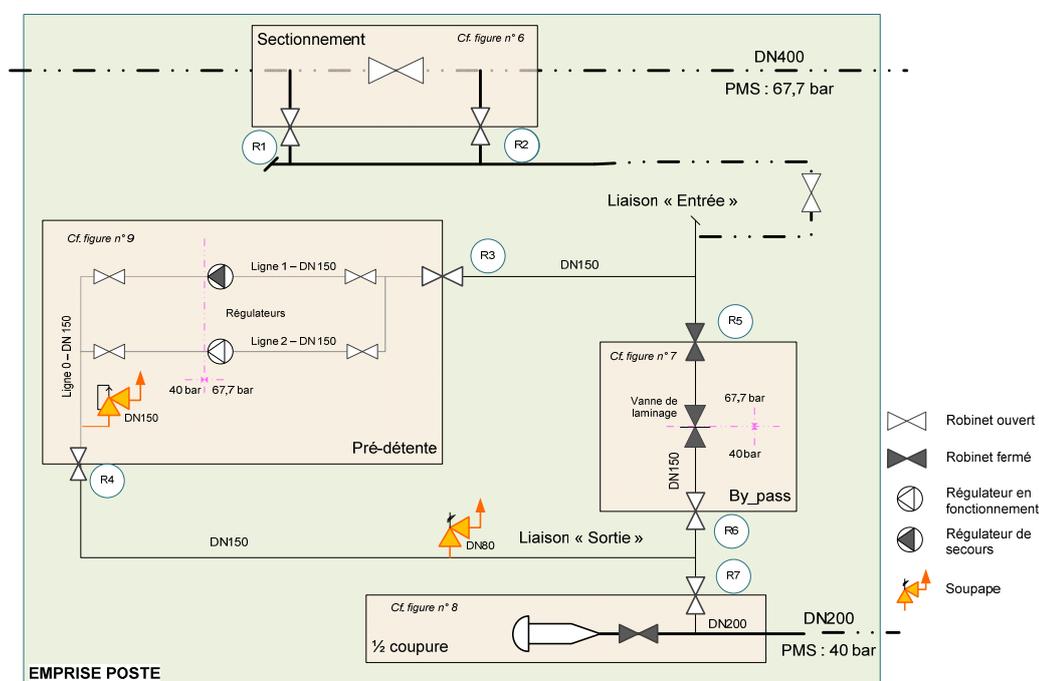


Figure n° 2 : Exemple de décomposition fonctionnelle en installations simples

### Evènements initiateurs retenus : les Sources

#### Effets domino d'origine interne à l'emprise

Parmi l'ensemble des scénarios de référence pour les installations annexes (cf. Partie générique – Chapitre 6 § 1) seuls sont retenus, comme évènements initiateurs d'effets domino thermiques, les rejets enflammés issus :

- de certaines ruptures de piquage (jet enflammé stable établi),
- des soupapes,

<sup>2</sup> « La configuration de ces installations, essentiellement linéaires et hors zones confinées, justifie la non prise en compte d'un effet domino de l'installation sur elle-même. Elle permet donc d'exclure dans ce cas la rupture des tuyauteries principales pour cause d'effet domino thermique ou de surpression. », GESIP, guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de dangers concernant une canalisation de transport (hydrocarbures liquides ou liquéfiés, gaz combustibles et produits chimiques), rapport n°2008/01, révision 2012, version du 12 décembre 2012.

- des perforations limitées en petite fosse étroite ayant un effet convectif sur la canalisation située dans la fosse quelle que soit les conditions de circulation du gaz dans la canalisation.

Il a été démontré<sup>3</sup> qu'en fonction de la taille et de la pression à la brèche, les flammes peuvent être fortement instables. Les zones d'instabilité de flamme sont représentées sur la Figure n° 3 :

- pour les rejets verticaux, par la zone à l'intérieur de la courbe bleue,
- pour les rejets horizontaux par la zone sous la droite rouge.

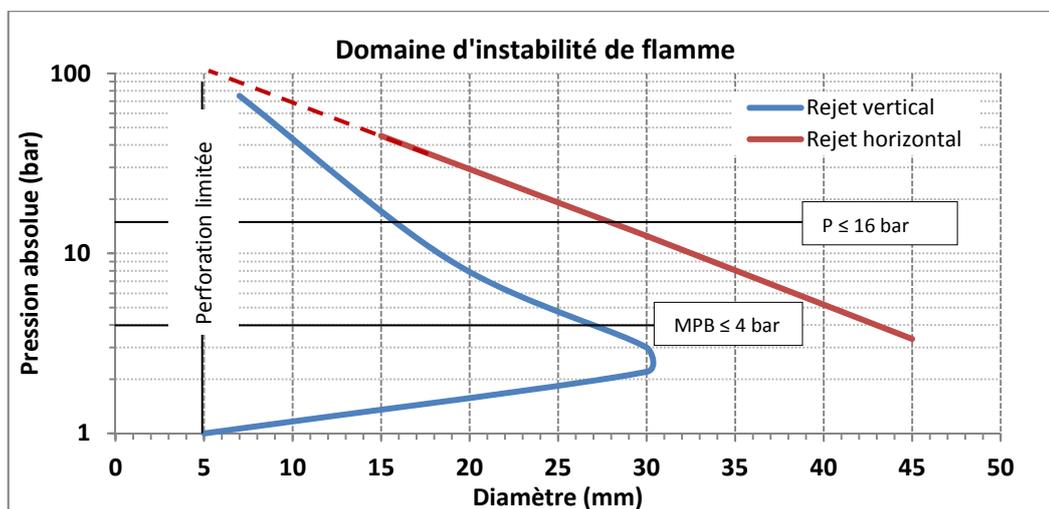


Figure n° 3 : Domaine d'instabilité des flammes de rejets de gaz naturel sous pression

Pour ces raisons d'instabilité de flamme,

- la perforation limitée (5 mm) horizontale et verticale quelle que soit la pression,
- la rupture de piquage  $\leq$  DN 25 (verticale, horizontale) sur les parties aval MPB d'un poste de distribution publique,
- la rupture de piquage  $\leq$  DN 25 (horizontale) sur les parties aval d'une pré-détente pour des pressions inférieures à 16 bar,

ne sont donc pas prises en compte comme évènements initiateurs d'effets domino internes. A défaut de piquage DN25 sur l'installation, la même analyse est réalisée pour les piquages de diamètre immédiatement inférieur en général DN15.

La petite brèche enterrée de 12 mm est également exclue des évènements initiateurs d'effets domino internes pour les raisons suivantes :

- le risque de perte de confinement sur les canalisations enterrées associé aux travaux sur site n'est pas retenu (cf. § 1 Préambule),
- les autres facteurs de risques associés à cette taille de brèche conduisent tous à des perforations de taille moindre. En cas d'inflammation de ces petites fuites, les flammes seraient également très instables.

Par ailleurs en cas d'inflammation du rejet associé aux ruptures de piquage d'orientation verticale le flux thermique n'est pas suffisant pour engendrer des dommages aux canalisations, flux maximal n'excédant pas 15 kW/m<sup>2</sup> pour la pression la plus importante du réseau de transport.

<sup>3</sup> "AN OVERVIEW OF THE NATURE OF HYDROCARBON JET FIRE HAZARDS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY AND A SIMPLIFIED APPROACH TO ASSESSING THE HAZARDS Trans IChemE, Part B, Process Safety and Environmental Protection, 2007, 85(B3): 207–220" B. J. Lowesmith, G. Hankinson, M. R. Acton and G. Chamberlain

PMS (bar)	25	40	67.7	80	94
Flux maximal atteint (kW/m <sup>2</sup> )	12	12	13	14	15
Distances (m)	4	5	6	6,5	6,5

Tableau n° 1 : Flux maximal et distance associée pour les rejets enflammés associés aux ruptures de piquages DN25 verticaux

Par contre cet évènement initiateur est conservé pour les raccords isolants aériens dont le flux critique retenu n'est que de 8 kW/m<sup>2</sup>. Le Tableau n° 2 donne le périmètre d'examen des effets domino sur les raccords isolants en fonction de la pression de l'évènement initiateur (rupture de piquage DN25).

PMS (bar)	25	40	67.7	80	94
Flux 8 kW/m <sup>2</sup>					
Distances (m)	9	11	15	17	19

Tableau n° 2 : Distances au flux de 8 kW/m<sup>2</sup> pour les rejets enflammés associés aux ruptures de piquages DN25 verticaux

En ce qui concerne les piquages horizontaux, le périmètre d'examen des effets domino internes est délimité :

- pour les canalisations, par la zone couverte par la flamme, dont les dimensions sont données dans le Tableau n° 3 pour les piquages de DN25 et le rayonnement thermique dans la direction latérale pour les flux de 25 kW/m<sup>2</sup>. Selon l'axe de la flamme, au delà de la flamme, le flux chute très rapidement, le flux de 25 kW/m<sup>2</sup> est confondu avec l'extrémité de la flamme ;

PMS (bar)	25	40	67.7	80	94
Caractéristiques de la flamme					
Extension maximale de flamme (m)	15	19	24	26	28
Longueur du décollement (m)	6	7	7	8	8
½ largeur de flamme (m)	1	1	1,5	2	2
Distance au flux de 25 kW/m <sup>2</sup> dans la direction latérale à la flamme	1,5	4	9	11	13,5

Tableau n° 3 : Zone couverte par la flamme et rayonnement thermique latéral pour les rejets enflammés associés aux ruptures de piquages DN25 horizontaux

Nota : Dans la zone de décollement de la flamme, les effets thermiques sont limités et ne sont pas à même de générer des effets domino.

- pour les raccords isolants, par le périmètre de 8 kW/m<sup>2</sup> dont les distances atteintes sont données dans le Tableau n° 4 pour les piquages de DN25 ;

PMS (bar)	25	40	67.7	80	94
Flux 8 kW/m <sup>2</sup>					
Distances selon l'axe de la flamme(m)	17	22	29	32	35
Distances ⊥ l'axe de la flamme (m)	9,5	13,5	19	21,5	23,5

Tableau n° 4 : Distances au flux de 8 kW/m<sup>2</sup> pour les rejets enflammés associés aux ruptures de piquages DN25 horizontaux

Les tronçons d'ouvrage isolés [robinets fermés de part et d'autre] sont exclus des sources d'effets domino. En effet ils n'alimentent pas de façon durable un piquage en cas de rupture de celui-ci. Les piquages implantés sur ces tronçons ne sont donc pas retenus dans la suite de l'analyse des effets domino.

**Pour l'examen des effets domino internes, ne sont donc retenus que :**

- le rejet enflammé issu de la rupture de piquages implantés sur les canalisations alimentées de pression strictement supérieure :
  - × à 16 bar pour les rejets horizontaux et 5 bar pour les rejets verticaux du DN 25,
  - × à 16 bar pour les rejets verticaux et horizontaux du DN15 en l'absence de piquage de DN25 ;
- et si l'installation est équipée de soupapes, le scénario accidentel du rejet enflammé associé à la soupape bloquée ouverte.

□ *Effets domino d'origine externe à l'emprise*

Les événements initiateurs à prendre en compte pour l'examen des effets domino externes sont ceux ayant pour origine les canalisations de transport de GRTgaz connectées ou non, celles des autres transporteurs au voisinage de l'emprise ainsi que ceux issus des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), disposant d'une étude de dangers, implantées dans le périmètre d'examen des effets domino.

➔ *Issus des canalisations GRTgaz*

Dans l'absolu, l'ensemble des scénarios de référence (Petite Brèche, Brèche Moyenne, Rupture Franche) retenus pour le tracé courant enterré sont à prendre en compte pour l'examen des interactions que ce soit pour les canalisations connectées<sup>4</sup> au site ou celles passant au voisinage. En effet, contrairement à une installation annexe simple qui ne sera plus alimentée en cas de rupture franche de son branchement, ici l'interaction des ruptures des canalisations connectées sur les parties aériennes ou en fosse de l'ouvrage est à examiner puisque l'installation peut être alimentée par une autre canalisation connectée au site autre que celle à l'origine du premier incident.

➔ *Issus des autres canalisations de transport*

Une démarche similaire à celles des canalisations GRTgaz est à conduire, pour les scénarios de référence propre au transporteur en se basant sur ses fréquences origine, les effets associés à ses scénarios et la longueur de la canalisation pouvant conduire à des effets domino thermiques.

➔ *Issus des ICPE*

Il faut se rapprocher de l'industriel afin de déterminer les phénomènes dangereux pertinents de son étude de dangers à prendre en compte dans l'analyse. Il s'agit spécifiquement du risque d'agression thermique. Ceux-ci sont alors examinés et retenus si nécessaire dans l'approche quantitative. De plus, si l'industriel a déjà mis en place des mesures de réduction du risque ayant une influence sur la probabilité, celles-ci sont prises en compte.

↪ Identification des Cibles

Les canalisations **cibles** retenues au regard du rayonnement thermique sont les **canalisations en pression hors transit** de PMS supérieure à 16 bar, c'est-à-dire tout tronçon de canalisation connecté à une extrémité et isolé à l'autre (soit par robinet fermé, soit par régulateur fermé sur la ligne de secours, ...), dans lequel il n'y a pas de circulation de gaz ; mais qui en cas de rupture peut être alimenté. Pour les canalisations en transit, la circulation du gaz dans la canalisation permet d'abaisser la température de l'acier en absorbant une partie de la chaleur reçue par rayonnement thermique, et permet ainsi de ne pas atteindre sa température critique définie dans la partie générique Chapitre 4 § 4.5.3 b).

<sup>4</sup> Les canalisations sortantes vers le réseau de distribution de gaz ne sont pas retenues. Elles ne sont pas toutes soumises à l'obligation d'étude de dangers, seules certaines canalisations MPC le sont mais les études ne sont pas disponibles à ce jour.

Les tronçons d'ouvrage isolés [robinets fermés de part et d'autre] sont exclus des cibles d'effets domino. En effet, ils peuvent être le siège d'interaction sans conduire à un effet domino du fait de la faible quantité de gaz mise en jeu lors de la perte de confinement et donc de l'absence d'effets à l'extérieur du site et d'effet durable à l'intérieur du site.

Au regard de l'interaction de flamme, toutes les canalisations (en pression hors transit ou en transit) sont potentiellement cibles.

Les **tuyauteries auxiliaires** (clarinettes d'instrumentation, départ ligne d'évent, ...) de DN50 à DN80 implantées sur des canalisations aériennes, ne sont pas retenues comme siège d'effet domino. En effet compte tenu de l'implantation de celles-ci, elles ne seront pas le siège d'effets domino isolés, la canalisation de plus gros diamètre auxquelles elles sont reliées sera le siège d'un effet domino par les mêmes initiateurs compte tenu de la proximité des ouvrages au sein de l'emprise.

Si ces tuyauteries auxiliaires sont implantées sur des canalisations enterrées, elles peuvent être le siège d'effets domino.

Enfin, les **raccords isolants** sont considérés des points sensibles au regard des effets domino thermiques.

### ↳ Orientation des rejets associés aux effets domino thermiques

#### □ *Dû au rayonnement thermique*

Généralement pour les canalisations d'axe horizontal et les canalisations d'axe vertical de faible hauteur<sup>5</sup>, dès lors que la canalisation est exposée à un rayonnement thermique issu d'un rejet vertical, soit d'origine interne soit d'origine externe, celui-ci touchera la canalisation sur sa face supérieure. La **rupture** sera localisée sur la génératrice supérieure conduisant à un **rejet vertical**.

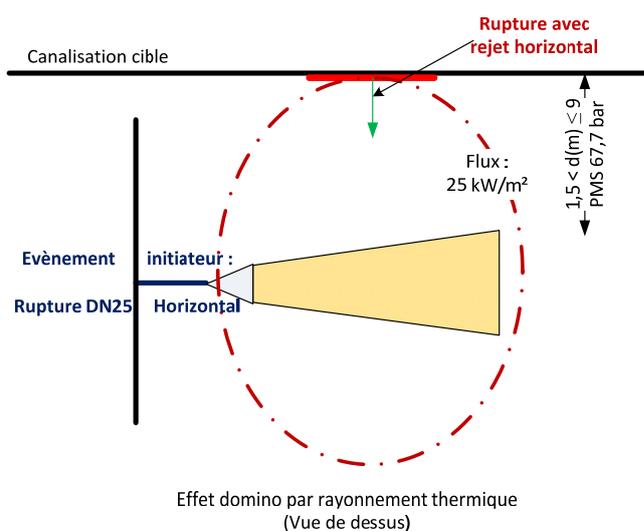
Les évènements initiateurs retenus sont les suivants :

- le scénario accidentel du rejet enflammé associé à la soupape bloquée ouverte, si l'installation est équipée de soupapes ;
- le rejet enflammé associé à la rupture de tuyauteries auxiliaires sous certaines conditions ;
- les rejets enflammés associés aux scénarios de référence – Petite Brèche, Brèche Moyenne, Rupture Franche – du tracé courant des canalisations GRTgaz connectés au site ou passant au voisinage ;
- les rejets enflammés issus des installations tierces – autres canalisations de transport, ICPE – dans le voisinage.

Pour les canalisations d'axe horizontal se trouvant dans la zone du flux  $25 \text{ kW/m}^2$  d'un rejet enflammé issu d'une rupture de piquage horizontal, l'agression peut éventuellement se produire sur la face latérale. La **rupture** sera alors localisée sur la génératrice latérale conduisant à un **rejet horizontal**.



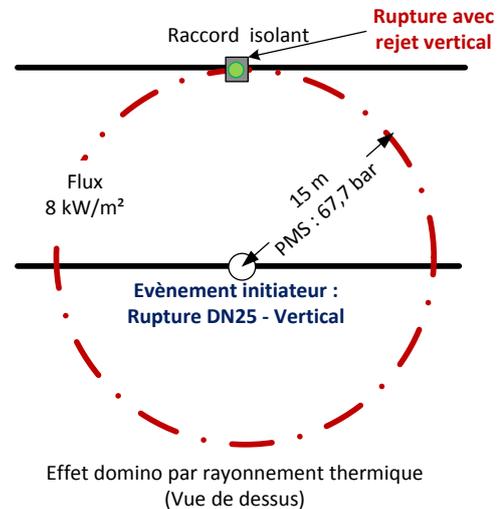
*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique qui précise au cas par cas pour l'ouvrage étudié, les configurations susceptibles de conduire à un rejet horizontal.*



<sup>5</sup> Ces canalisations sont en règle général connectées à une canalisation d'axe horizontale. Pour celles qui ne seraient pas connectées, leur hauteur serait encore plus faible et en cas d'agression thermique le rejet serait également vertical.

Pour les canalisations d'axe vertical de plus grande hauteur (de l'ordre de 4 à 6 m), localisée à proximité d'un piquage vertical en fosse étroite, l'agression thermique consécutive à l'inflammation du rejet du piquage pourra éventuellement se produire sur la face latérale, la rupture sera alors localisée sur la génératrice latérale conduisant à un rejet horizontal. Cette configuration est extrêmement rare pour les ouvrages visés par ce document.

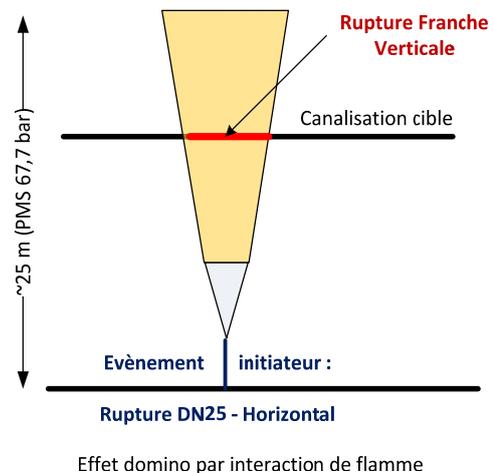
Enfin, pour les raccord isolants exposés aux agressions thermiques (rayonnement, interaction de flamme), les ruptures conduisent à des rejets d'orientation verticale.



Ces situations font l'objet d'un examen au cas par cas dans l'étude spécifique.

□ *Dû à l'interaction de flamme*

Dès lors que la canalisation cible est agressée par la flamme dans son intégralité, la rupture résultante sera une rupture franche. Le rejet résultant sera d'orientation verticale.



**Nota :** L'orientation retenue pour chaque type de rejet est adaptée en fonction de la configuration de l'ouvrage et des facteurs de risque à l'origine de la perte de confinement. Il n'y a pas de modification de cette orientation au cours du temps.

#### 4.3.2.1 Synthèse relatives aux effets domino thermiques

Si un même évènement initiateur est susceptible d'agresser à la fois:

- une tuyauterie auxiliaire et une canalisation principale faisant partie d'un même ensemble fonctionnel, seul l'effet sur la canalisation principale est retenue dans l'analyse de risque ; car elle conduira au phénomène dangereux de plus forte intensité ;
- deux cibles différentes, alimentées par une même source, par interaction de flamme et par rayonnement thermique ; seule la rupture par interaction de flamme est retenue dans la suite de l'analyse car elle se produira avant celle liée au rayonnement thermique.

Le Tableau n° 5 synthétise les différents modes possibles d'agression thermique des canalisations aériennes ou en fosse.

Mode possible	Origine	→ événements initiateurs (Rayonnement thermique)	Orientation des rejets de la rupture
Par interaction directe de flamme <b>Effet quasi immédiat</b>	Interne site	Rupture de piquage horizontal (ou vertical pour les raccord isolants)	Rejets verticaux
Par rayonnement thermique <b>Temps d'exposition</b> Examen des effets sur 1 heure	Interne site	Rupture de by-pass	Rejets verticaux ou Rejets horizontaux
	Externe site	Réseaux GRTgaz ou autres transporteurs, extérieur au site (Travaux tiers) Installations ICPE	Rejets verticaux
Par convection	Interne site	Perforation limitée en fosse étroite	Rejets verticaux

Tableau n° 5 : Synthèse des modes possibles d'effets domino thermique

Le Tableau n° 6 regroupe l'ensemble des critères retenus pour l'examen des effet domino thermiques susceptibles de conduire à une rupture de canalisation.

Scénarios élémentaires interne au site	Localisation et orientation du rejet	Effets sur les installations à l'intérieur du site
Petite brèche de 12 mm	Enterré / vertical	forte instabilité des flammes pour ce rapport taille de brèche pression → <b>non retenue</b>
Perforation limitée de 5 mm	Aérien / horizontal  En fosse étroite / horizontal (effet de cratère)	forte instabilité des flammes pour ce rapport taille de brèche pression → <b>non retenue</b>  Effet domino potentiel sur une canalisation cible indépendante dans un rayon égal à celui de l'isoflux seuil d'effet domino (voisinage immédiat de la canalisation source) → <b>retenue dans l'évaluation de la probabilité de rupture franche par interaction de flamme.</b>  Effet domino par convection dans les fosses étroites → <b>retenue dans l'évaluation de la probabilité de rupture franche de canalisation en fosse étroite</b>
Rupture de piquage DN ≤ 25	Aérien / vertical  Aérien / Piquage horizontal perpendiculaire à la canalisation cible	Aucun effet sur les canalisations, les raccords isolants aériens peuvent être touchés  Effet domino potentiel sur une canalisation dans un anneau compris entre la longueur de décollement de flamme et la longueur de flamme → <b>retenue dans l'évaluation de la probabilité de rupture franche par interaction de flamme.</b>

Scénarios élémentaires interne au site	Localisation et orientation du rejet	Effets sur les installations à l'intérieur du site
Rupture de piquage DN ≤ 25 (suite)	Aérien / Piquage horizontal parallèle à la canalisation cible	Effet domino potentiel sur une canalisation dans une bande comprise entre le bord de la flamme et la distance latérale à la flamme de l'isoflux seuil d'effet domino → <b>retenue dans l'évaluation de la probabilité de rupture franche par effet domino thermique (rejet horizontal).</b>
	En fosse étroite verticale (effet de cratère)	Effet domino potentiel sur une canalisation dans un rayon égal à celui de l'isoflux seuil d'effet domino → <b>retenue dans l'évaluation de la probabilité de rupture franche par effet domino thermique</b>
	En fosse large verticale (sans effet de cratère)	Aucun effet sur les canalisations les raccords isolants aériens peuvent être touchés

Tableau n° 6 : Critères retenus pour l'examen des effets domino thermiques

#### 4.4 Les sources d'inflammation

Pour ce type de site, un examen spécifique des sources d'inflammation est réalisé. Les sources d'inflammation identifiées sont :

- soit liées à la cause de la fuite :
  - × Travaux sur site : choc par véhicule (engins de chantier), ce facteur de risque est généralement écarté pour les regroupements d'installations annexes simples (cf. § 4.2.1) ;
- soit indépendantes (permanente ou non) :
  - × Evènement naturel : foudre, feux de végétation,
  - × Activité industrielle : matériel électrique non ATEX ou étincelant,
  - × Installation de procédé avec point chaud : chaudière, ...

##### 4.4.1 Retour d'expérience

Sur la période 1988 – 2013, pour les installations annexes, le retour d'expérience GRTgaz, fait état de :

- 1 fuite enflammée pour des rejets hors agression mécanique, hors mise à l'évent et déclenchement de soupape. Celle-ci était localisée au niveau de la tige de manœuvre d'un robinet dans une chambre à vanne, hors site clos, implanté dans le domaine public, l'origine de l'inflammation est inconnue.
- 3 fuites enflammées suite à actes de malveillance. A noter que les actes de malveillance du type de ceux recensés dans le retour d'expérience sur les installations annexes simples ne sont pas retenus sur les sites d'interconnexion.

Par ailleurs, les fuites consécutives à un choc de véhicule circulant sur une voirie externe aux sites d'installations annexes simples ne se sont pas enflammées hors acte de malveillance.

##### 4.4.2 Mesures spécifiques

###### ↩ Atmosphère explosive

Les textes français relatifs à la prise en compte des risques de formation d'atmosphères explosibles, à la prévention des risques d'inflammation et à la protection des travailleurs sont issus de deux directives européennes :

- la directive 94/9/CE, relative aux matériels utilisables en atmosphères explosives s'applique aux constructeurs ; elle a été transposée en droit français par le décret n° 96-1010 relatif aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible,
- la directive 1999/92/CE concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives s'applique aux utilisateurs ; elle a été transposée en droit français par les décrets n° 2002-1553 et n° 2002-1554 ayant trait, respectivement, aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail et aux dispositions concernant la prévention des explosions que doivent observer les maîtres d'ouvrage lors de la construction des lieux de travail. Elle définit, à son annexe I trois zones à risque d'explosion pour le gaz :
  - × une **zone 0** dans laquelle le risque d'avoir un mélange explosible est permanent,
  - × une **zone 1** dans laquelle le risque d'avoir un mélange explosible est occasionnel (entre 10h et 1000 h/an<sup>6</sup>),
  - × une **zone 2** dans laquelle le risque d'avoir un mélange explosible est exceptionnel (inférieur à 10 h/an),complétées par les **Emplacements Non Dangereux** (END).

Ces zones sont représentées sur un plan, qui permet :

- de vérifier la présence ou non de sources d'inflammation potentielles dans ces zones,
- de choisir un matériel adapté en fonction du type de zone.

La signalisation sur site des zones en dessous de 4 m (hors zones liés à des opérations de maintenance exceptionnelle), réalisée de façon provisoire en phase chantier puis par un marquage définitif à l'issue des travaux, permet de délimiter ces zones.

Pour les matériels électriques et mécaniques susceptibles de produire des étincelles ou échauffement lors de leur fonctionnement ou leur maintenance, des modes de protection conformes :

- aux normes NF EN 50014 et suivantes (A1, A2), parmi lesquels sont retenus en particulier :
  - × la protection par confinement d'une explosion éventuelle dans une enveloppe (matériel antidéflagrant NF EN 60079-1),
  - × la protection par limitation de l'énergie transitée à une valeur inférieure à celle nécessaire pour provoquer l'explosion (sécurité intrinsèque NF EN 50020),
  - × la protection par limitation de l'énergie dégagée en cas de dysfonctionnement à une valeur inférieure à celle nécessaire pour provoquer l'explosion (sécurité augmentée NF EN 60079-7).
- et aux normes de la série NF EN 13463 pour les matériels non électriques.

La protection par enveloppe antidéflagrante est utilisée pour les matériels de puissance, tandis que les protections par sécurité augmentée et intrinsèque sont utilisées pour l'instrumentation.

#### ↳ Critères d'aménagement pour les ouvrages neufs

##### □ *Maitrise de la migration via les gaines et fourreaux*

Pour les ouvrages neufs, conformément aux dispositions de la norme C15-100, des précautions sont prises pour éviter la migration éventuelle du gaz d'une "d'une zone à risque d'explosion dite zone ATEX " vers un emplacement classé comme non dangereux (END) par le biais des accessoires mis en œuvre, et en particulier des dispositifs d'étanchéité de paroi et de fourreaux sont utilisés. Une attention particulière est prise pour les fourreaux reliant les zones procédés et le bâtiment contrôle/commande et électrique contenant du matériel non protégé vis-à-vis des atmosphères explosibles. Des dispositions sont également prises afin d'éviter que les réseaux d'eaux pluviales ne soient également des voies de migration potentielles.

<sup>6</sup> 1 an = 8760 h

☐ *Eloignement des locaux*

Les locaux abritant des équipements électriques et/ou mécaniques, ne répondant pas aux spécifications ci-dessus, sont éloignés de la zone « procédé » d'une distance minimale correspondant à la  $D_{LIE}$  des ruptures de piquage retenus, c'est-à-dire bien au-delà des distances ATEX.

☐ *Eloignement de la clôture*

De la même façon afin de minimiser le risque d'inflammation par rapport à l'environnement externe, les équipements aériens de la zone « procédé » sont implantés à la même distance minimale de la clôture que ci-dessus.

☐ *Voie de circulation*

A l'intérieur du site la circulation routière est réglementée et les voies de circulation sont limitées. Par ailleurs celles-ci sont implantées en dehors des zones à risque d'explosion définies ci-dessus.

↪ **Travaux**

Les travaux conduisant à une augmentation des risques (emploi d'une flamme ou d'une source chaude par exemple) sont effectués après délivrance d'un « permis d'intervention » et éventuellement d'un « permis de feu » et en respectant les consignes particulières établies par l'exploitant :

- surveillance permanente des travaux par un agent de GRTgaz,
- procédure de gestion des travaux avec points chauds : permis de feux obligatoire pour tous travaux en zone gaz, contrôle d'atmosphère avant et pendant les travaux,
- gestion des véhicules : circulation interdite, sauf dans le cas d'une autorisation de travail avec une mesure spécifique définie par l'exploitant.

Après la fin des travaux et avant la reprise de l'activité, une vérification des installations est effectuée par l'exploitant.

↪ **Foudre**

Les consignes d'exploitation prévoient de ne pas procéder à des rejets de gaz manuel à l'atmosphère (mise à l'évent, travaux de maintenance, ...) lors d'épisode orageux.



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique où les sources d'inflammation sont analysées au cas par cas pour l'ouvrage étudié.*

## 4.5 Synthèse des facteurs de risques

Le Tableau n° 7 synthétise des différents facteurs de risques spécifiques à ces installations et les scénarios associés.

Type	Facteur de risque	Scénario de fuite associée
<b>Source de danger d'origine interne</b>		
<b>Agression mécanique</b>	Travaux sur site : excavation	Ce facteur de risque n'est pas retenu comme cause de perte de confinement.
	Travaux sur site : grutage	Ce facteur de risque peut être à l'origine de <u>rupture de piquage</u> ( $DN \leq 25$ ) et éventuellement de <u>tuyauterie auxiliaire</u> .
	Circulation interne	Ce facteur de risque peut être à l'origine de <u>rupture de piquage</u> ( $DN \leq 25$ ) et éventuellement de <u>tuyauterie auxiliaire</u> essentiellement pour les stations d'interconnexion. En général, sur l'emprise des RIAs il n'y a pas de voie de circulation.
<b>Agression thermique</b>	Effet domino interne	Ce facteur de risque peut être à l'origine de <u>rupture de tuyauterie auxiliaire</u> ou de <u>canalisation principale</u> .

Type	Facteur de risque	Scénario de fuite associée
<b>Source de danger d'origine externe</b>		
<b>Dangers liés à l'environnement humain ou activités extérieures au site</b>	Travaux de tiers à proximité de l'emprise (canalisations GRTgaz ou autres transporteurs)	Ce facteur de risque peut être à l'origine d'effet domino sur les <u>canalisations principales</u> à l'intérieur de l'emprise conduisant à la <u>rupture</u> de celles-ci.
	Circulation externe	En général ce facteur de risque est exclu compte tenu de l'éloignement de l'installation par rapport aux voiries externes. Dans le cas contraire ; ce facteur de risque est traité de la même manière que pour les installations annexes simples afin d'exclure toute rupture de canalisation
	Chute d'avion	Ce facteur de risque, cause de <u>rupture de canalisation</u> , est uniquement retenu dans un <u>périmètre de 2 km des aéroports</u> .
	ICPE à proximité présentant des risques thermiques	Ce facteur de risque peut être à l'origine d'effet domino sur les <u>canalisations principales</u> à l'intérieur de l'emprise conduisant à la <u>rupture</u> de celles-ci.

Tableau n° 7 : Lien entre les facteurs de risques identifiés dans l'analyse qualitative et les scénarios de fuite avec inflammation retenus dans l'analyse quantitative.

Selon le Guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014, la rupture de canalisation est écartée dès lors que le respect des exigences affichées en matière de construction et de maintenance des tuyauteries, ainsi que le traitement des facteurs de risque circulation et effet domino permettent de ne pas retenir ce phénomène dangereux par similitude avec les raisonnements de la circulaire du 10 mai 2010<sup>7</sup> du ministère de l'écologie.

## 5 Identification des scénarios retenus

Pour les installations annexes complexe en site clos exploitées par GRTgaz, une analyse spécifique des scénarios plausibles a été réalisée. Ceux-ci sont scindés en deux catégories :

- les scénarios élémentaires : petite brèche, perforation limitée, rupture de piquage,
- les scénarios complémentaires : rupture de by-pass / tuyauterie auxiliaire, rupture de canalisation principale.

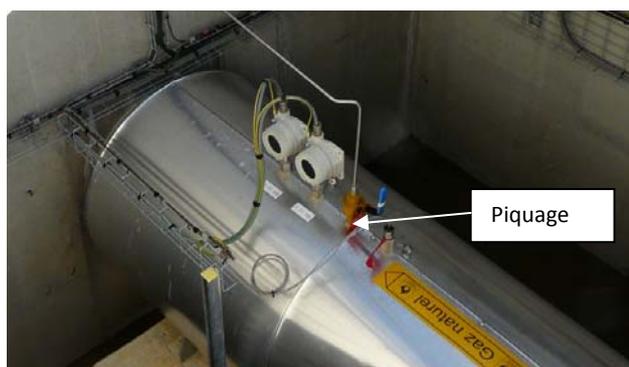
### 5.1 Les scénarios élémentaires

Il s'agit des scénarios de référence pour les installations annexes présentés dans la partie générique au Chapitre 6 § 1. Ils sont rappelés dans le Tableau n° 8.

<sup>7</sup> récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 (BO MEEDDM n° 2010/12 du 10 juillet 2010)

Type de Brèche	Orientation et altitude du rejet	Diamètre associé	Causes
<b>Scénarios de référence des installations annexes</b>			
Petite brèche enterrée	→ verticale h = -1 m	jusqu'à 12 mm	Essentiellement Fissure, corrosion, défaut matériau, défaut de construction (travaux sur site exclu)
Perforation limitée aérienne	→ horizontale h = +1 m	jusqu'à 5 mm	Idem ci-dessus sur les parties aériennes Défaut d'étanchéité des appareils accessoires et des assemblages
Rupture de piquage	→ selon orientation réelle h = +1 m	jusqu'à 25 mm	Choc mécanique sur l'installation ou vibration qui peut provoquer une rupture du plus gros piquage de DN ≤ 25
Event de soupape	→ verticale h = réelle (~ + 2 m)	diamètre de l'évent	Mise à l'évent pour assurer la sécurité du réseau aval en cas de surpression interne

Tableau n° 8 : Synthèse des scénarios de référence

Figure n° 4 : Exemple de piquage<sup>[\*]</sup> d'instrumentation en fosse

## 5.2 Les scénarios complémentaires

### 5.2.1 Canalisations enterrées

Compte tenu des éléments présentés ci-avant, les phénomènes dangereux associés à la rupture et la brèche moyenne dues à une agression mécanique à l'intérieur de site clos exploité par GRTgaz ne sont pas considérés pour les canalisations enterrées (cf. Guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014 § 4.4.1.3).

Par ailleurs la terre est un isolant thermique efficace qui protège les canalisations enterrées des effets domino thermique générés par un rejet de gaz enflammé à proximité. Les effets domino thermiques sur ces canalisations sont donc écartés.

Les autres causes possibles de rupture – séisme, chute d'avion – sont analysées au cas par cas pour l'ouvrage étudié.

**Le seul phénomène dangereux [rayonnement thermique] retenu pour les canalisations enterrées est celui associé à l'évènement redouté [rejet de gaz enflammé de petite brèche enterrée]. Il est quantifié uniquement au regard des effets sur les personnes comme pour une installation annexe simple.**

### 5.2.2 Ouvrages aériens ou en fosse

Au regard de l'analyse des risques spécifique à ces ouvrages, des scénarios complémentaires sont examinés et retenus au cas pas cas en fonction de l'ouvrage étudié. Il s'agit de :

- la rupture de by-pass / tuyauterie auxiliaire engendrée par un choc (chute d'objet lourd transporté par une grue, impact d'un véhicule lourd, etc.) ou par une agression thermique (effets domino). Ce scénario caractérise les fuites de taille conséquente correspondant à :
  - la rupture d'un by-pass (cf. Figure n° 5 exemple de by-pass de vanne). La taille de fuite correspond au DN du tube, soit 50 mm voire 80 mm. Dans la configuration de la Figure n° 6, rencontrée sur certaines installations plus récentes, le by-pass est protégé des éventuelles agressions mécaniques, et est moins exposé aux effets domino thermiques.



Figure n° 5 : Exemple de by-pass de vanne aérien

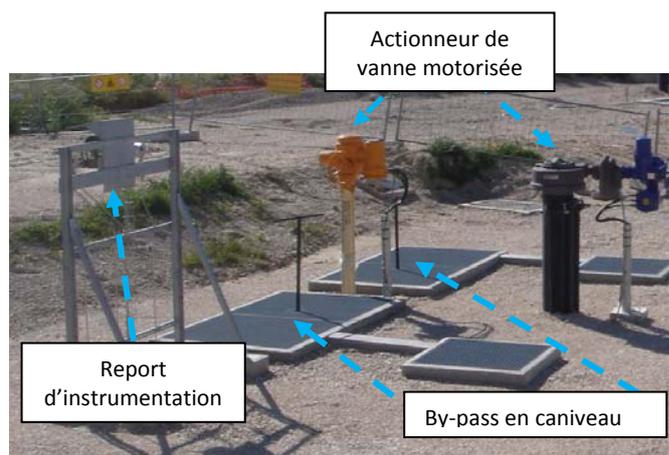


Figure n° 6 : Exemple de vanne motorisée enterrée et son by-pass d'équilibrage en caniveau

- la rupture d'une tuyauterie auxiliaire de petit diamètre (ligne d'évent, clarinette d'instrumentation par exemple Figure n° 7). La taille de fuite correspond au DN de ces canalisations, soit entre 50 mm et 100 mm.

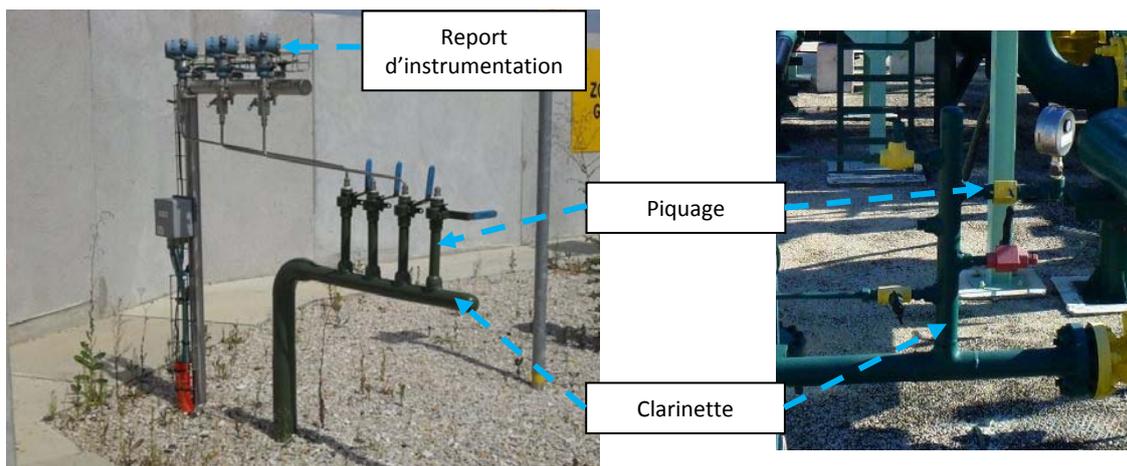


Figure n° 7 : Exemple de clarinettes d'instrumentation

La direction du rejet retenue est celle correspondant à la normale au plan de jonction sur la canalisation de diamètre plus important.

**Le phénomène dangereux [rayonnement thermique] associé à cet évènement redouté [rejet de gaz enflammé de rupture de by-pass ou de tuyauterie auxiliaire] est quantifié au regard des effets sur les personnes et également des effets domino thermiques.**

- **La rupture de canalisation principale** : ce scénario caractérise toutes les fuites de grande taille survenant sur les canalisations principales aériennes ou en fosse. Ce type de rupture est principalement lié à l'agression thermique de la canalisation par un rejet de gaz enflammé de moindre ampleur, non maîtrisé, dont l'énergie est suffisante pour entraîner une dégradation des propriétés mécaniques de l'acier conduisant à un éclatement de la canalisation (25 kW/m<sup>2</sup>) ou à la dégradation des raccords isolants aériens (8 kW/m<sup>2</sup>) éventuellement présents sur la canalisation.  
La fuite est ramenée de façon majorante à une brèche de diamètre égal à celui de la canalisation :  $\varnothing_{\text{fuite}} = \text{DN canalisation}$ .  
L'orientation du rejet issu d'une rupture est principalement verticale. Le rejet peut être horizontal dans les conditions précisées au § 4.3.2.2.

Type de Brèche	Orientation et altitude du rejet	Diamètre associé	Causes
<b>Scénarios complémentaires</b>			
Rupture de by-pass Tuyauterie auxiliaire	→ verticale / horizontale h = +1 m	[50 – 100] mm	Agression mécanique ou thermique par interaction de flamme
Rupture franche de canalisation y compris au niveau des raccords isolants aériens	→ verticale / horizontale h = +1 m → verticale en fosse étroite h = – 1 m	DN de la canalisation	Essentiellement agression thermique soit par interaction de flamme soit par rayonnement thermique

Tableau n° 9 : Synthèse des scénarios complémentaires



Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour les scénarios retenus qui font l'objet d'une quantification du risque.

## 6 Quantification du risque

Comme le prévoit le § 4.4.2.2 du guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014, une approche spécifique est développée pour l'analyse et la quantification des risques des installations complexes du réseau de transport.

Les phénomènes dangereux associés à la perte de confinement du gaz naturel sur ces installations sont de même nature que ceux exposés dans la partie générique de l'étude de dangers (cf. chapitre 5 - § 5.1) à savoir, les effets thermiques associés :

- aux scénarios de référence (perforation limitée, rupture de piquage, petite brèche enterré),
- aux scénarios complémentaires (rupture de tuyauterie auxiliaire, rupture de tuyauterie principale).

### 6.1 Evaluation du débit à la brèche

Le débit à la brèche est l'un des facteurs déterminant des conséquences d'une fuite enflammée. Pour ces installations pouvant être alimentées par différentes sources, il est important de définir les conditions aux limites retenues.

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, de la longueur de la canalisation concernée et de la position de la brèche par rapport à la source d'alimentation.

Pour les calculs du débit à la brèche, la pression au moment de l'accident est supposée égale à la Pression Maximale de Service (P.M.S.) de l'ouvrage, ce qui est majorant puisque la pression réelle dans l'ouvrage est généralement inférieure à la P.M.S.

Pour les scénarios dont la taille de brèche est faible par rapport au diamètre de la canalisation (c'est-à-dire tous les scénarios sauf les ruptures de canalisation de gros diamètre), la pression dans l'ouvrage ne sera pas modifiée, compte tenu d'une part de la très faible perte de charge à la brèche et d'autre part de l'alimentation de celle-ci par le réseau. Le débit à la brèche est stable dans le temps tant que l'ouvrage n'est pas isolé du réseau.

Pour les ruptures complètes de canalisation, le débit à la brèche dépend fortement des conditions aux limites et en particulier du volume de gaz susceptible d'alimenter la brèche. Dans le cas de ces installations il n'est donc pas possible de retenir les distances du tracé courant déterminées à partir de configuration représentative du réseau. Un calcul spécifique est réalisé en tenant compte des différentes canalisations amont et aval par rapport à la brèche et des éventuels équipements susceptibles de limiter l'apport de gaz (ex : clapets anti retour, régulateur, vanne normalement fermée, ...).

La modélisation dépend du type de l'installation étudiée.

#### □ Pour les RIAS

Seule l'alimentation amont est retenue, la contribution de l'alimentation aval étant quasi négligeable compte tenu de la pression plus faible, ce qui conduit à positionner la fuite à l'extrémité du tronçon.

Pour la canalisation alimentant l'installation siège de la rupture, les hypothèses de l'annexe 9 du guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014 sont retenues (adaptation de la longueur en fonction du DN et de la PMS). Pour la canalisation interne au poste, siège de la rupture, une longueur par défaut de 10 m est retenue.

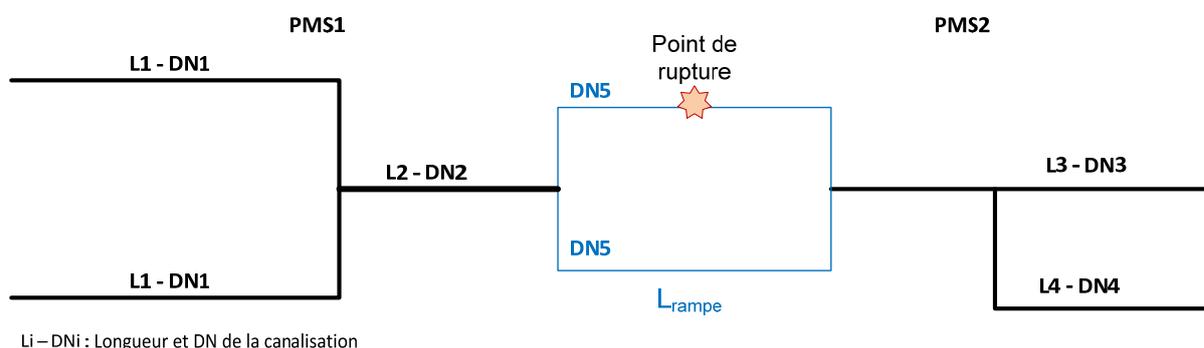


Figure n° 8 : RIAS : Conditions aux limites pour le calcul du débit à la brèche

#### □ Pour les postes de type interconnexion et les stations d'interconnexion

Dans le cas des installations plus complexes, le débit à la brèche dépend de l'alimentation amont et aval de la brèche comme schématisé ci-dessous.

##### Configuration réelle



##### Configuration équivalente

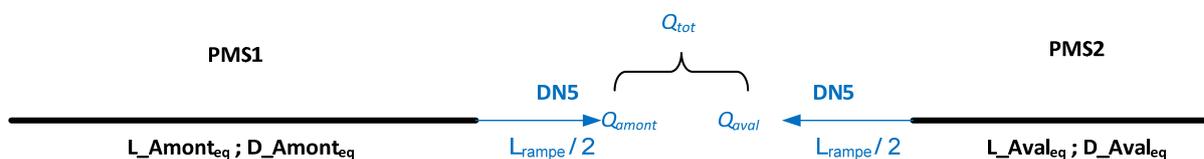


Figure n° 9 : Interconnexions et assimilées : Configuration de réseau équivalent pour le calcul du débit à la brèche

Les réseaux alimentant amont et aval sont regroupés sous la forme de canalisations équivalentes déterminées par un calcul basé sur la conservation des pertes de charge.

De ce fait, pour une rupture de canalisation de même DN et même PMS au sein d'un site, le débit calculé peut être plus important que pour un tronçon linéaire d'une canalisation de caractéristiques équivalentes et les distances différentes de celles affichées en annexe 9 du guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014.

## 6.2 Intensité des phénomènes dangereux

L'intensité des phénomènes dangereux associés aux ruptures franches est déterminée à partir de calculs, au cas par cas, à l'aide de la plate-forme logicielle PERSEE<sup>®</sup> GDFSuez avec un vent de 5 m/s. Pour les départements où un vent de 10 m/s doit être retenu conformément au guide GESIP, les distances calculées pour un vent de 5 m/s sont majorées de 5 m pour les ruptures verticales ou un calcul spécifique est réalisé avec un vent de 10 m/s. Pour les ruptures horizontales, la vitesse du vent a peu d'influence sur les distances, elles ne sont pas majorées.

La hauteur du rejet ainsi que l'altitude du plan d'étude sont à 1 m du sol sauf pour les soupapes où l'altitude du débouché de l'évent de la soupape en général à 2 mètres du sol est retenu. Pour les fosses étroites, le point source du rejet est de l'ordre de -1 m par rapport au niveau du sol.

Comme pour le tracé courant, les effets du rayonnement thermique sont évalués en prenant en compte l'éloignement des personnes sauf si des ERP JRU sont présents dans la bande d'effet, auquel cas les distances retenues glissent d'un seuil ( $D_{PEL}$  devient  $D_{ELS}$  et  $D_{IRE}$  devient  $D_{PEL}$ ).



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour la quantification de l'intensité des différents phénomènes dangereux retenus.*

## 6.3 Gravité des phénomènes dangereux

Le nombre de personnes exposées au risque issu d'un point de l'ouvrage, est le nombre de personnes maximum situées dans le cercle des effets pris en compte (effets létaux significatifs et premiers effets létaux). Ce cercle est positionné au niveau de chaque tronçon de canalisation de même fonctionnalité (exemple rampe de comptage, rampe de régulation, départ réseau, ...). Les règles de comptage des personnes sont celles indiquées en annexe 6 de la partie générique des études de dangers.



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour la quantification de la gravité des différents phénomènes dangereux retenus.*

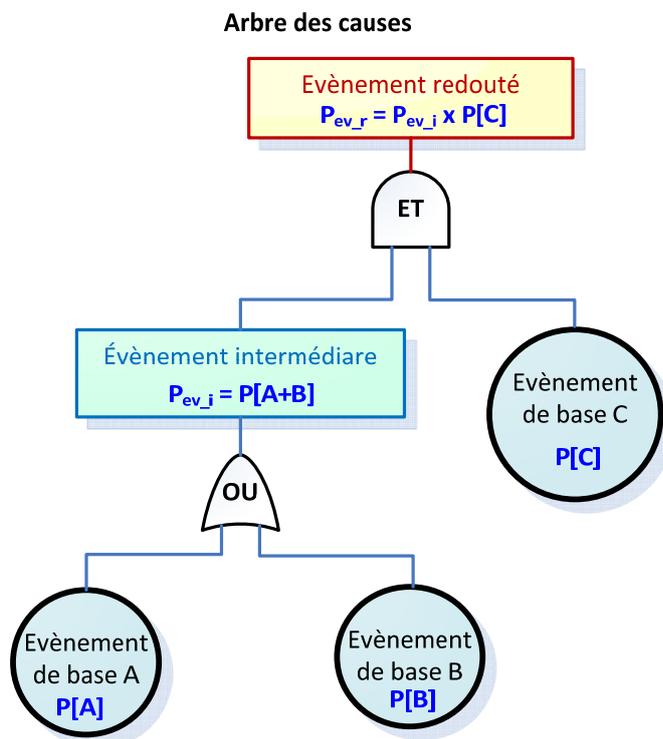
## 6.4 Probabilité des phénomènes dangereux

D'une manière générale, pour l'ensemble des installations annexes – simple ou complexe – la probabilité d'atteinte du point est égale à la probabilité du phénomène dangereux étudié conformément au guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014. Pour chacun des phénomènes dangereux élémentaires (cf. § 5.1), la probabilité est déduite de celles retenues pour les installations annexes simples (cf. partie générique chapitre 6 § 4.2); dans laquelle la fréquence générique intègre tous les facteurs de risques pouvant conduire au phénomène dangereux étudié.

Pour les installations complexes, en complément des phénomènes dangereux de référence, la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux du feu torche consécutif à l'inflammation du jet issu de la rupture franche repose sur le cumul des probabilités des différents événements initiateurs retenus, aussi bien d'origine interne qu'externe.

Pour ces phénomènes dangereux complémentaires (§ 5.2) - feu torche consécutif à l'inflammation du jet issu de la rupture de by-pass ou de la rupture de canalisation - absents du retour d'expérience de GRTgaz (cf. partie générique chapitre 4 § 2.2.2) mais s'étant déjà produits sur des installations gazières similaires, la probabilité se calcule en propageant les probabilités élémentaires selon la logique booléenne de l'arbre des causes (opérateur ET/OU), en tenant compte de l'environnement de la canalisation. Cette méthode permet

de prendre en compte l'ensemble des contributeurs internes et externes. La probabilité résultante est donc le résultat d'un cumul.



Soient deux événements indépendants A et B, de probabilité P[A] et P[B],

- la probabilité pour que l'un quelconque des événements survienne est :

$$P[A+B] = P[A] + P[B] - P[A] \times P[B]$$

associée à une porte **OU** dans les arbres

- la probabilité pour que les deux événements surviennent ensemble est :

$$P[A.B] = P[A] \times P[B]$$

associée à une porte **ET** dans les arbres

Figure n° 10 : Schématisation arbre des causes

Pour ces installations, le phénomène dangereux est similaire quelque soit la localisation de son point source sur l'ouvrage, puisqu'il s'agit exclusivement de rupture générée par effet domino thermique issu soit du rayonnement soit de l'interaction de flamme. Comme le prévoit le guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014, en cas d'utilisation d'une méthode analytique, le transporteur fournira, à titre d'exemple, le détail du calcul pour un phénomène dangereux. Un exemple d'arbre des causes générique commenté est donné en annexe n° 1.

Pour les RIAS, les probabilités seront présentées sous forme de tableau. Pour les sites plus complexes, un arbre spécifique à l'ouvrage étudié sera présenté dans la partie spécifique.



*Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour la quantification de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux retenus.*

#### 6.4.1 Probabilité des scénarios élémentaires

Les tableaux ci-dessous rappellent :

- les valeurs des fréquence générique au sens du guide GESIP à retenir pour les scénarios de référence. Les phénomènes dangereux associés à ces scénarios peuvent également être les événements initiateurs d'effets domino internes (cf. § 4.3.2.1),
- les probabilités d'inflammation associées,

applicables également aux ouvrages couverts par ce document.

	Petite brèche enterrée	Perforation limitée	Rupture de piquage DN ≤ 25	Event de soupape
<b>Fréquence des incidents pour les installations complexes</b>	$1,1 \cdot 10^{-7} / \text{m.an}$	$3,3 \cdot 10^{-5} / \text{m.an}^{(1)}$	$1,2 \cdot 10^{-5} / \text{piquage.an}^{(é)}$	$3,8 \cdot 10^{-3} / \text{soupape.an}^{(3)}$

Tableau n° 10 : Fréquences génériques des scénarios de référence

- (1) dans le guide GESIP figure une longueur par poste. Pour les installations annexes complexes, une valeur « linéarisée » est retenue en considérant une longueur moyenne unitaire de 10 m par installation annexe et 10 points de fuite potentielle par installation annexe simple
- (2) La valeur par piquage retenue ici est la valeur pour une installation annexe simple (IAS) divisée par 10 (en moyenne 10 piquage par IAS).
- (3) Cette valeur est également adaptée par rapport aux installations annexes simples (prise en compte des installations avec respectivement 1 ou plusieurs soupapes).

		Petite brèche enterrée, Perforation limitée aérienne, Rupture de piquage DN ≤ 25	Event de soupape
<b>Probabilité d'inflammation</b>	<b>D<sub>LIE</sub> interne au site</b>	1 %	0,1 %
	<b>D<sub>LIE</sub> externe au site</b>	4 %	

Tableau n° 11 : Probabilité d'inflammation des scénarios de référence

Pour les sites de type interconnexion, une analyse complémentaire des sources d'inflammation ponctuelle locale, en interaction avec les rejets issus des scénarios élémentaires, est réalisée (chaudière, local électrique, ...). Dans ce cas des probabilités d'inflammation complémentaires, pouvant aller jusqu'à 100%, sont retenues afin de prendre en compte la présence de ces sources d'inflammation potentielles sur le site. Il en est de même si une voie ferrée électrifiée se situe à proximité du site et que le panache inflammable peut interagir avec elle.

Dans le cas des ruptures par effet domino thermique, la probabilité d'inflammation est liée à celle de l'évènement initiateur (jet enflammé à proximité).

#### 6.4.2 Probabilité des autres évènements initiateurs et efficacité des mesures compensatoires associées

Les probabilités des évènements initiateurs suivantes sont retenues au cas par cas en fonction de l'analyse de risque.

##### ↪ Agression mécanique par chute d'objet gruté ou véhicule de chantier

Si des opérations de grutage ou travaux par engin lourd dans le voisinage sont possibles (dans la décennie), la probabilité de rupture des tuyauteries auxiliaires est  $10^{-6}/\text{an}$ .

*Source* : Note de calcul interne sur l'évaluation de la probabilité d'une erreur de grutage – Gaz de France Direction de la Recherche 22 juillet 1998.

Afin de se prémunir de ce risque, les procédures de travaux sur site sont retenues comme barrière organisationnelle. L'efficacité associée à cette mesure compensatoire est de 0,1.

##### ↪ Circulation interne - Véhicule incontrôlé

Les causes plausibles entrant dans cette catégorie sont les collisions violentes avec un véhicule suffisamment massif (pour les canalisations aériennes exclusivement) et les tuyauteries auxiliaires.

L'occurrence d'une collision violente d'un véhicule avec une portion de tuyauterie nécessiterait conjointement :

- qu'un véhicule suffisamment massif et ne respectant pas les limitations de vitesse en vigueur sur le site, sorte de la voie de circulation (virage, croisement, ...) située à proximité de la canalisation considérée;
- qu'il puisse venir percuter la canalisation avec suffisamment de violence, c'est-à-dire que cette dernière ne soit pas protégée correctement et située non loin de la voie de circulation.

En se basant sur les statistiques de la sécurité routière en milieu urbain, la probabilité de collision entre un véhicule circulant sur une voie interne au site et une tuyauterie auxiliaire aérienne est de l'ordre de  $10^{-7}$  à  $10^{-8}/\text{an}$ . Cette valeur est retenue comme probabilité de rupture.

Afin de se prémunir de ce risque, en cas de positionnement inacceptable du phénomène dangereux dans la matrice d'évaluation des risques, des barrières de protection de type (glissière métallique ou béton armé ou merlon) peuvent être retenues. La mise en place de tels dispositifs permet d'exclure le scénario de rupture.

#### Chute d'avion

Elle est retenue uniquement si les critères exposés au §4.2.4 sont remplis et la probabilité associée est de  $10^{-7}/\text{an}$  (cf. Guide GESIP 2008/01 rév. 01/2014 § 4.4.1.3).

Pour les sites disposant d'un arrêté d'interdiction de survol et l'apposition au sol du marquage associé, la probabilité ci-dessus peut être réduite d'un facteur 10.

#### Séisme

Le séisme est traité uniquement de manière déterministe. Aucune probabilité n'est associée à ce facteur de risque.

### **6.4.3 Probabilités des ruptures par effets domino**

La probabilité du phénomène dangereux associé au rejet de gaz enflammé consécutif à la rupture franche d'une canalisation aérienne n'est pas issue directement de données de retour d'expérience (faute de données suffisantes) comme ce qui est pratiqué pour le tracé courant, mais est évaluée de manière analytique par rapport aux événements initiateurs et en particulier à partir des probabilités des scénarios élémentaires à l'origine d'effet domino selon l'approche développée ci-après.

#### *6.4.3.1 Internes*

La probabilité d'effets domino internes est déterminée en se basant sur l'environnement de la canalisation cible c'est-à-dire en identifiant les scénarios élémentaires susceptibles d'impacter la canalisation cible selon les critères exposés au § 4.3.2.2.

L'exemple ci-dessous donne une illustration de l'approche retenue pour l'évaluation de la probabilité du phénomène dangereux du feu torche consécutif à l'inflammation du jet issu de la rupture franche de la canalisation au niveau d'un raccord isolant (point cible des effets domino) notée  $P_{RF}$  sur la Figure n° 11.

Dans l'environnement proche de cette cible, deux sources sont identifiées :

- la première, un piquage vertical DN25 dont la rupture suivie d'inflammation conduit à un phénomène dangereux dont le rayonnement du  $8\text{kW}/\text{m}^2$  atteint le raccord isolant ; cette première agression est affectée de la probabilité  $P_1$  ;
- la seconde, un piquage horizontal DN25 dont la rupture suivie d'inflammation dont le jet enflammé atteint le raccord isolant ; cette seconde agression est affectée de la probabilité  $P_2$  ;

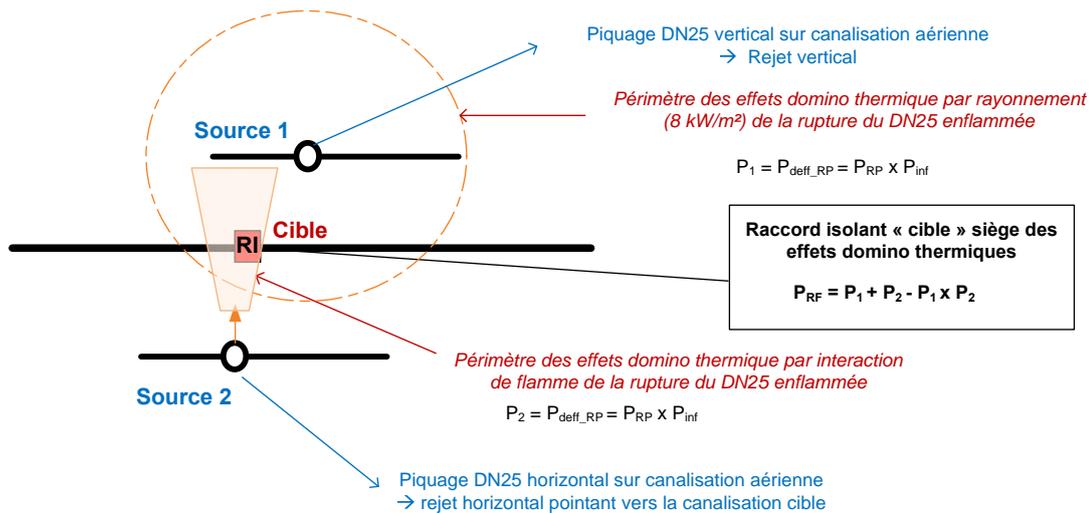


Figure n° 11 : Exemple de prise en compte des différents évènements initiateurs dans la probabilité de rupture de canalisation au niveau d'un raccord isolant

La dégradation thermique du raccord isolant est provoquée par l'une **OU** l'autre des agressions (évènement indépendant), la probabilité  $P_{\text{RF}}$  au niveau du raccord isolant est donc la somme des probabilités P1 et P2.

	Fréquence générique	$D_{\text{LIE}}$	Probabilité d'inflammation	Probabilité de l'évènement initiateur	Probabilité du phénomène dangereux résultant
Source 1	$1,2 \cdot 10^{-5}$	Interne site	$1 \cdot 10^{-2}$	$P_1 = 1,2 \cdot 10^{-7}$	
Source 2	$1,2 \cdot 10^{-5}$	Externe site	$4 \cdot 10^{-2}$	$P_2 = 4,8 \cdot 10^{-7}$	
Cible					$P_{\text{RF}} = 6 \cdot 10^{-7}$

Tableau n° 12 : Exemple de calcul de la probabilité associée aux effets domino internes

L'exemple ci-dessus considère uniquement deux sources. Selon la configuration, le nombre de sources peut être plus important ; dans ce cas l'opération est reconduite sur le nombre total de sources. Les évènements initiateurs ayant pour origine le rayonnement thermique étant regroupés sur une branche de l'arbre, ceux par interaction de flamme sur une autre (cf. annexe n° 1).

#### 6.4.3.2 Externes

##### ↳ Depuis les canalisations de transport

Dès lors qu'une canalisation bénéficie d'une mesure de protection physique ou d'une combinaison de mesures permettant d'atteindre le même EMC ( $10^{-2}$ ) vis-à-vis des agressions tiers et hors zone mouvement de terrain ou zone sismique, seul le scénario réduit (petite brèche enterrée) est pris en compte dans l'examen des effets domino externes. En effet les probabilités de la brèche moyenne et de la rupture franche sont telles qu'elles ne contribuent pas à augmenter la probabilité de rupture de la canalisation cible (en général 2 à 3 ordre de grandeur supérieure à celle de la canalisation externe bénéficiant de mesures compensatoires).

En l'absence d'effet domino interne, les seules causes de rupture de canalisation à l'intérieur du site sont liées aux agressions sur les canalisations connectées au site.

Pour évaluer la probabilité d'atteinte d'une canalisation cible sur site à partir d'un ouvrage dans l'environnement du site, une approche similaire à celle utilisée pour évaluer la probabilité d'atteinte d'un point est utilisée en adaptant la formule proposée dans le guide GESIP au cas de la canalisation cible. La probabilité d'atteinte de la canalisation cible à partir de la canalisation externe au site s'écrit donc :

$$P_{\text{atteinte d'un élément du poste}} = F_{\text{origine}} \times P_{\text{inf}} \times L_{\text{effet domino}} \times \sum (P_{\text{Facteur de risque}} \times EM_{Ci} \times Ci) \times P_{\text{présence}}$$

Paramètres	Commentaires	
$F_{\text{origine}} / (\text{km.an})$	Fréquence GRTgaz+TIGF Période 1970-1990 Petite brèche / Brèche moyenne / Rupture Franche	
$P_{\text{Facteur De Risque}}$	Tx Tiers	Probabilité associée au Facteur de Risque
	Divers	
$P_{\text{inf}}$	Source Base de données EGIG 1970-2007	
$EM_{Ci}$	Tx Tiers	Mesures compensatoires retenues pour le tracé dans l'étude de sécurité du réseau
	Divers	
$Ci$	Tx Tiers	Facteur correctif tenant compte de l'environnement de la canalisation et de la profondeur de pose
	Divers	
$P_{\text{présence de la canalisation cible}}$	L'interconnexion est fixe = 1	
$L_{\text{Effet Domino}} (m)$	Longueur du tronçon de canalisation qui contribue à l'effet domino Évaluée à partir du rayonnement thermique issu du rejet enflammé de la petite brèche / brèche moyenne / rupture franche sur la canalisation externe au site. Flux retenus : 8kW/m <sup>2</sup> (raccord isolant) et 25kW/m <sup>2</sup> (canalisation)	

Tableau n° 13 : Paramètres retenus pour la détermination de la probabilité d'effet domino lié à un scénario hors site

#### ☐ Pour les RIAS

En l'absence d'effets domino internes, les seules causes de rupture à l'intérieur de l'emprise ont pour origine les brèches moyennes et éventuellement les petites brèches à l'extérieur du site. Les scénarios de ruptures externes étant très rarement source d'aggravation du risque puisque d'une part une des alimentations du poste sera interrompue et d'autre part les canalisations à l'intérieur du poste sont généralement de DN plus faible qu'à l'extérieur.

Si des effets dominos externes sont identifiés ; leurs probabilités sont évaluées de façon forfaitaire en considérant les distances aux seuils des effets domino thermiques sans prendre en compte la position exacte de la canalisation dans le site mais en la considérant, de façon majorante, au niveau de la clôture. Dans le cas où cette approche conduit à un niveau de risque inacceptable, une réévaluation est réalisée en tenant compte de la position réelle de la canalisation cible.

#### ☐ Pour les postes de type interconnexion et les stations d'interconnexion

Les probabilités des effets domino externes sont évaluées en considérant les distances aux seuils des effets domino thermiques et en prenant en compte la position réelle des canalisations cibles à l'intérieur du site.

Elles sont intégrées au calcul de la probabilité finale uniquement en cas d'aggravation du risque.

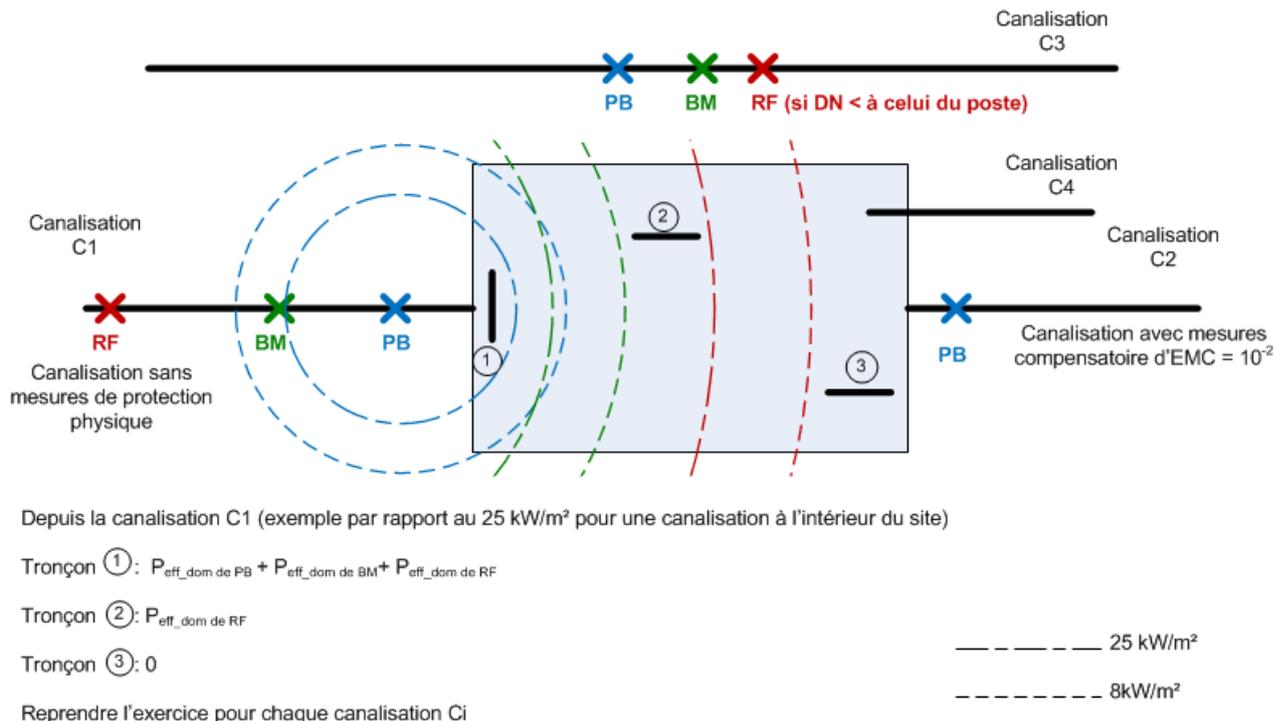


Figure n° 12 : Prise en compte des phénomènes dangereux issus des canalisations externes à l'ouvrage

#### ↳ Depuis les installations tierces

L'examen est réalisé au cas par cas dans la partie spécifique selon les mêmes critères que ceux exposés dans la partie générique Chapitre 6 § 3.3.



Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour la quantification de la probabilité des différents phénomènes dangereux retenus.

## 6.5 Acceptabilité du risque et mesures compensatoires

Les phénomènes dangereux sont positionnés dans la matrice d'acceptabilité du risque présentée au Chapitre 6 § 5 de la partie générique.

Dès lors qu'un phénomène dangereux est positionné en case noire, ces phénomènes dangereux doivent être examinés plus finement afin de définir la meilleure mesure à mettre en œuvre fonction de l'évènement initiateur. Il peut s'agir de la mise en place :

- de dispositifs permettant de limiter le débit à la brèche sans affecter les fonctionnalités de l'installation ; cette mesure permet de limiter l'intensité du phénomène dangereux et donc d'en réduire la gravité ;
- de mesures pouvant aller jusqu'à la suppression du risque à la source par exemple :
  - en modifiant l'orientation du piquage d'horizontal à vertical, si le procédé le permet,
  - en remplaçant une soupape par un clapet de sécurité de type (VS) ou un dispositif monitor,
  - la mise en place de protection thermique ;
- de barrières organisationnelles (procédure, mode opératoire, ...).



Se reporter à la partie 2 : Etude spécifique pour les mesures compensatoires retenues si nécessaire pour l'ouvrage.

## 7 Glossaire

Emprise :	Surface délimitée par la clôture ;
Installation = IAS :	Installation Annexe Simple : Ensemble des équipements permettant d'assurer une fonction (sectionnement, coupure, pré-détente, ...) ;
Poste = RIAS :	Regroupement d'Installations Annexes Simples : Ensemble des installations annexes simples présentes dans une même emprise ;
Piquage :	dérivation de faible diamètre ( $\leq 25$ mm), située sur une tuyauterie principale, et utilisée pour raccorder des équipements d'instrumentation (capteur, manomètre, prise d'impulsion, ...) ou des organes de régulation ;
Tuyauterie auxiliaire :	Tuyauterie de petit diamètre ne concourant pas directement au transport du gaz : clarinette d'instrumentation, by-pass d'équilibrage, ... ;
Pièce de forme :	Equipement chaudronné permettant l'assemblage de partie linéaire de tuyauterie : Coude, té, bride, ... ;
Raccord isolant	<p>Les raccords isolants (ou raccords isolants) interrompent la continuité électrique de la canalisation. Ils ont une double fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– limiter les pertes de courant inutiles générées par la protection cathodique,</li> <li>– protéger le personnel des courants induits (risque possible si la canalisation est parallèle à une ligne EDF sur une grande distance).</li> </ul> <p>Différentes technologies ont été retenues au fil du temps : canon bakélite à bride (a priori extrêmement rare maintenant) , monobloc (les plus courants) ou surmoulé</p>
Canalisation principale	Tronçon de canalisation concourant directement à la fonction de l'installation, sont donc exclus toutes les tuyauteries auxiliaires ;
Canalisation connectée :	Tronçon de canalisation en lien avec au moins une alimentation (c'est-à-dire robinet ouvert) ;
Tronçon en pression hors transit connecté :	Tronçon de canalisation dont la longueur droite est a minima supérieure au diamètre de la canalisation, dans lequel il n'y a pas de circulation de gaz donc pas de refroidissement en cas d'exposition au rayonnement thermique. Sont donc exclus les points de raccordement de pièces de forme (exemple : té et bride) entre elles ou d'une pièce de forme et un accessoire de tuyauterie (exemple : té et robinet). De la même manière les départs de soupape ne sont pas considérés comme des « bras morts » ;
Pressions réseau de distribution	<p>MPB : Réseau de distribution dont la pression normale de service est comprise entre 0,4 bar et 4 bars,</p> <p>MPC : Réseau de distribution dont la pression normale de service est comprise entre 4 et 20 bar, exceptionnellement 25 bar.</p>



# ANNEXE

---



### Annexe n° 1 : Exemple d'arbre des causes et calcul de la probabilité du phénomène dangereux

