

LE GAZ NATUREL LIQUÉFIÉ

ROBERT REISS



PRÉSENTATION

- **Vocabulaire**
- **Normes et réglementation**
- **Propriétés**
- **Historique**
- **Les conséquences possibles**
- **Les Autres questions**
- **Conclusion**

VOCABULAIRE

- **Danger/ risque**
- **Niveau de danger**
- **Explosion**
 - **Détonation**
 - **Déflagration**
- **Feux divers**
- **Transition rapide de phase (TRP ou RPT)**

DANGER/RISQUE

- **DANGER:**

- Propriété intrinsèque d'une substance, d'un agent, d'une source d'énergie ou d'une situation qui peut entraîner des conséquences indésirables. (OCDE), Principes directeurs 2003). Accolé à une matière, il reflète ses propriétés indésirables (inflammabilité, toxicité, corrosivité, explosivité, etc.).
- source de préjudice potentiel ou situation comportant un préjudice potentiel (norme CEI/IEC 300-3-9, 1995)

- **RISQUE:**

- Résultat de la probabilité d'un accident et de ses conséquences.
- Le danger est toujours là mais le risque peut être très faible

NIVEAUX DE DANGER

(reliés au GNL)

- **Thermique: 5 kW/m²**
 - **Brûlure au second degré après 40 secondes**
- **Surpression: en mbar ou psi**
 - **Causée par explosion**
 - **Explosion 2 types**
 - **Détonation**
 - **Déflagration**

EXPLOSION

- **Détonation:**
 - **Associé aux explosifs**
 - **Vitesse de déplacement du front de flamme élevée (1800 m/s)**
 - **Plusieurs bars**
- **Déflagration**
 - **Vitesse faible (10 à 100 m/s)**
 - **surpression faibles quelques bars**

Explosion d'un nuage gazeux (VCE)

- **Lorsqu'une vapeur inflammable est relâchée, son mélange avec l'air formera un nuage de vapeur inflammable. Si ce nuage s'enflamme, la vitesse de la flamme peut s'accélérer et atteindre de grandes vitesses et produire des conditions significatives d'explosion. Pour qu'il y ait explosion d'un nuage gazeux, il faut habituellement que le gaz soit confiné ou partiellement confiné, (présence d'obstacles tels que tuyauteries, etc.) sinon le gaz brûlera en feu-éclair. (CCPS 1989)**

FEUX

- **Feu de chalumeau (jet de flammes)**
 - **Combustion d'hydrocarbures liquides ou gazeux sous pression dont l'allumage se produit au point d'émergence de la fuite (CCPS, 1989, CRAIM)**
- **Feu-éclair**
 - **Combustion d'un nuage d'hydrocarbures qui se fait à une vitesse inférieure à la vitesse du son en produisant peu de surpression (CCPS, 1989, CRAIM)**

FEUX

- **Feu de nuage de vapeur (retour de flammes)**
 - Dû à la dispersion d'un nuage de vapeur inflammable et de l'allumage de ce dernier. Ils peuvent être modélisés à l'aide de modèles de dispersion atmosphérique, afin de déterminer le rayon d'impact correspondant à la limite inférieure d'inflammabilité (LII/LFL).
 - L'inflammation peut se produire tardivement et la flamme se propage à une vitesse de l'ordre de 10 à 20 m/s.
 - Durée très brève comparée à un feu de nappe ou de jet (chalumeau)

Transition Rapide de Phase (TRP) RPT

- **Qu'est ce qu'une TRP ?**
- **La différence importante de température entre les deux liquides peut provoquer (dans certaines conditions) la vaporisation « quasi-instantanée » de GNL.**
- **L'augmentation subite du volume total occupé par le GNL génère alors une onde de choc. On peut qualifier ce phénomène accidentel « d'explosion froide » (génération subite de surpression mais sans phénomène de combustion).**
- **Le risque de TRP n'est pas propre au GNL**

TRP

- **TRP ayant réellement eu lieu**
- **TRP au terminal de Canvey-Island provoquant des bris de vitres, British Gas, GB, 1973**
- **Rupture d'un robinet-vanne en aluminium et écoulement de GNL vers la mer : une TRP provoqua des bris de vitres. Arzew, Algérie, 20 mars 1977.**
- **TRP issue d'une fuite de GNL associée à un rideau d'eau de protection incendie, provoquant la rupture de dalles béton des canalisations d'égout. Badak, Indonésie, décembre 1992**

NORMES ET RÉGLEMENTATION

- **nombreuses:**
 - **Normes CSA Z276 et NFPA 59A**
 - **Society of International Gas Tanker and Terminal Operators, la Gas Processors Association et l'Organisation maritime internationale (OMI),**
 - **Transports Canada**
 - **Environnement Canada**
 - **Ministère du développement durable et des Parcs, etc.**

PROPRIÉTÉS

- **Gaz naturel à l'état gazeux**
 - **INCOLORE**
 - **INODORE**
 - **PLUS LÉGER QUE L'AIR À TEMPÉRATURE AMBIANTE**
- **GNL: état liquide**
 - **Incolore**
 - **Plus léger que l'eau, 2 fois**
 - **Coefficient d'expansion environ 600 (1 m³ de GNL donne 600 m³ de gaz naturel)**

PROPRIÉTÉS (suite)

- **LE POINT D'ÉBULLITION: -161.5°C**
- **Limites d'inflammabilité**
 - **De 5% à 15%**
- **TEMPÉRATURE D'AUTO INFLAMMATION:**
 - **540°C (élevée)**
 - **Diésel: 260°C**
 - **Essence super: 400°C**

PROPRIÉTÉS

- **Gaz naturel état gazeux**
 - **Non toxique**
 - **Asphyxiant**
 - **Lié à une réduction d'oxygène**
 - **Ne peut se produire à l'extérieur (car plus léger que l'air) mais à l'intérieur**
- **GNL**
 - **Brûlures par le froid**

HISTORIQUE

- **entre 1941 et 2004 aux États-unis: 3 accidents majeurs:**
 - 1944, Cleveland
 - Staten Island, New York February 1973: accident de construction, LNG non impliqué
 - Cove Point, Maryland October 1979: fuite due à manque d'étanchéité, le gaz a parcouru 200 pieds de conduites électriques souterraines pour se retrouver dans un édifice non muni de détecteurs (pas supposé y avoir de GN là). Lors du démarrage d'un circuit dans cet édifice, il y a eu explosion (espace confiné, vapeurs de gaz)

HISTORIQUE

- **Skikda, Algérie, janvier 2004**
 - Fuite d'origine indéterminée sur le train
 - Produit aspiré par l'entrée d'air de la chaudière causant une première explosion dans la chaudière suivie d'une deuxième explosion à l'extérieur

CONSÉQUENCES POSSIBLES

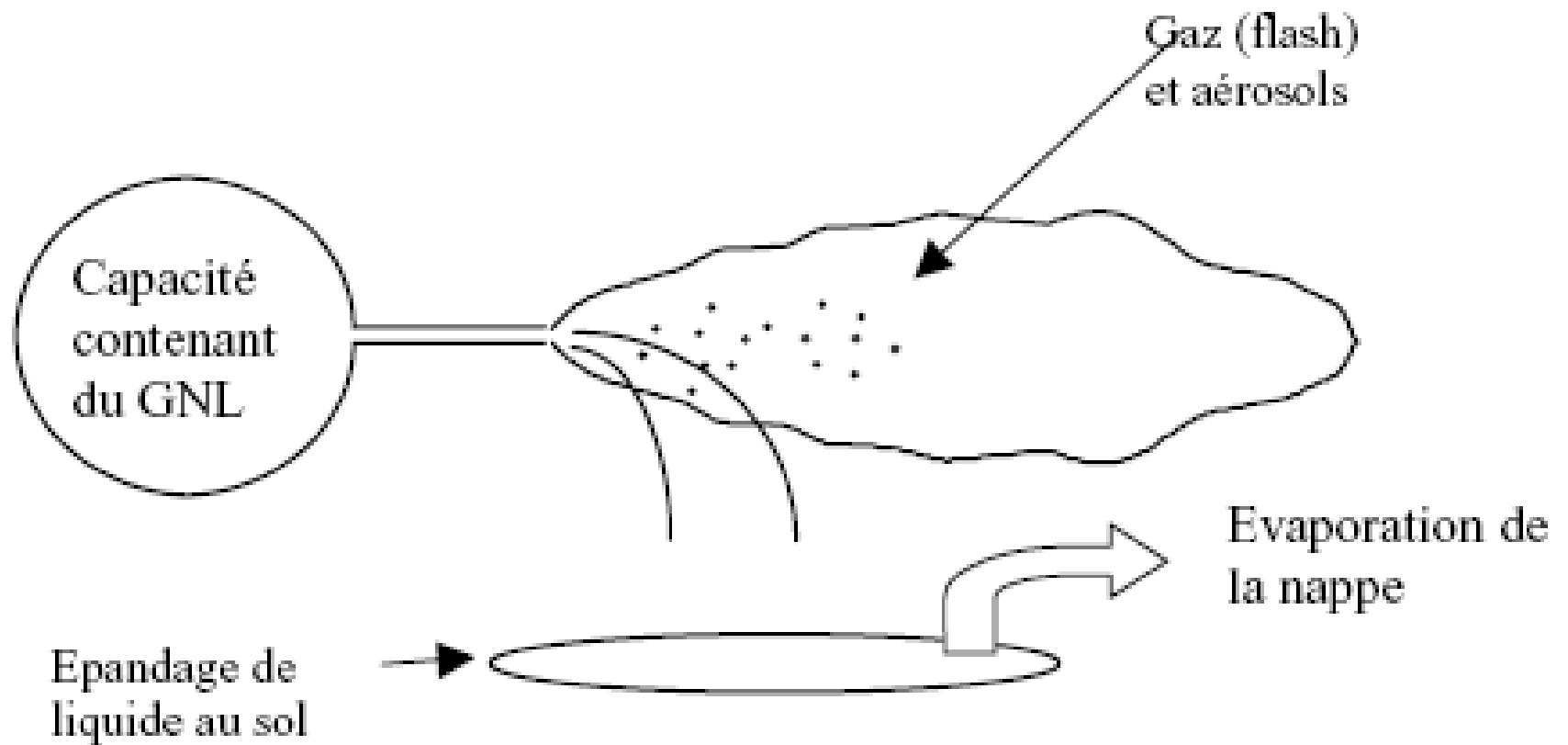
Type de rejet / Configuration		Effets redoutés
Rejet de gaz naturel sous pression	Milieu libre	Rayonnement thermique d'un feu de jet
	Milieu confiné	Surpression suite à inflammation
Rejet de gaz d'évaporation	Milieu libre	Rayonnement thermique d'un feu de jet
	Milieu confiné	Surpression suite à inflammation
Rejet de GNL à basse pression	Inflammation immédiate ou proche de la nappe	Rayonnement thermique d'un feu de nappe
	Inflammation retardée ou éloignée	Feu de nuage
Rejet de GNL à haute pression	Orifice de faible diamètre	Rayonnement thermique d'un feu de jet
	Orifice important et Inflammation immédiate ou proche de la nappe	Rayonnement thermique d'un feu de nappe
	Orifice important et Inflammation retardée ou éloignée	Feu de nuage
Contact de GNL avec des matériaux		Fragilisation
Contact de GNL avec la peau		Brûlures froides

Tiré d'un document de Gaz de France

LES CONSÉQUENCES POSSIBLES

- **LES FEUX**
 - Feu de jet
 - Feu de nappe
 - Feu de nuage
- **2 types de rayonnement émis**
 - Visible (correspond émission de lumière)
 - Thermique (rayonnement infrarouge, ou émission de chaleur)

FUITES



FEU DE NAPPE SUR L'EAU

Peut-il se former un mélange explosif?

- **cas de déversement majeur sur l'eau**
 - il y a évaporation car GNL à -162°C et eau plus chaude, déplacement du nuage mais une partie s'élève rapidement
 - non, car pas de confinement et par ses propriétés (aire ouverte)
 - il pourrait y avoir un feu de nappe
 - au moment de l'allumage du nuage il pourrait y avoir une déflagration et la flamme retournerait à la nappe
 - la surpression sera faible et se limitera au périmètre

DISPERSION

- **Le gaz naturel qui s'évapore de la nappe donne lieu à la formation d'un nuage de gaz inflammable.**
- **La dispersion de ce nuage comporte plusieurs phases :**
 - **une phase dominée par l'étalement par gravité du nuage, sa densité étant supérieure à celle de l'air tant que sa température est inférieure à -110°C .**
 - **une phase gouvernée par la turbulence atmosphérique (dispersion passive),**
 - **une phase de décollement du nuage, devenu plus léger que l'air.**

DÉFLAGRATION

- **La dispersion au sol ou sur l'eau pourrait rencontrer une source d'allumage**
 - **la flamme partirait de la source d'allumage et retourne vers la fuite**
 - **c'est là qu'on entendrait un «vrooooo», un bruit mais pas une détonation**
 - **au passage de la flamme il y aurait des effets de radiation de courte durée**

EFFETS CRYOGÉNIQUES

- **Effets sur les matériaux**
 - la fragilisation des matériaux non cryogéniques et leur risque de rupture sous l'action des contraintes qui résultent du refroidissement.
- **Brûlures sur la peau en contact**
- **A noter que la terre, le béton, le sable, le bois, les isolants sont des matériaux «cryogéniques»**

AUTRES QUESTIONS

- **Fin de déchargement du méthanier?**
 - reste toujours un fond de GNL couvert de vapeurs de GN (zone saturée au-dessus de la limite supérieure d'inflammabilité)
 - donc en dehors des plages d'inflammabilité
 - le GNL sert de diélectrique et de refroidisseur pour les pompes submersibles
- **Méthanier plein coule?**
 - pas de risque d'explosion car il n'y a plus d'air
 - si fracture, vaporisation vers la surface

AUTRES QUESTIONS

- **La glace et topographie?**
 - le GN va s'évaporer, passer par les fentes et se dissiper
 - les vents et les marées vont aider à la dispersion, dilution
- **Incendie majeur sur méthanier?**
 - va endommager les structures de manière progressive
 - une brèche ne provoque pas une cassure du navire

CONSTRUCTION SOLIDE!

- Des matériaux spécifiques, possédant de bonnes caractéristiques de comportement à basse température, sont utilisés dès qu'il y a contact possible avec du GNL. Les matériaux utilisés dans l'industrie du GNL sont en général les suivants (Europe):
 - Acier avec Nickel principalement pour la cuve interne des réservoirs autoportants
 - Alliage d'aluminium pour les regazéificateurs à ruissellement
 - Aciers inoxydables spéciaux pour les tuyauteries et les principaux équipements ainsi que la cuve interne des réservoirs à membrane
- Tous les matériaux doivent être conformes aux normes (CSA-Z276 au Canada ou autre norme internationale)

AUTRES QUESTIONS

- **Modélisation?**
 - **plusieurs logiciels existent**
 - **un des meilleurs est sûrement PHAST de DNV**
 - **on peut faire certaines modélisations avec ALOHA, logiciel gratuit mais attention**

CONCLUSION

- **Plusieurs mesures de prévention sont en place:**
 - des barrières de prévention
 - des barrières de protection
- **Plusieurs normes et réglementations s'appliquent (surveillance)**
 - les assureurs aussi surveillent car méthanier et les installations coûtent excessivement cher
- **Le risque d'explosion est très faible à moins de confiner les vapeurs**
- **Le danger est toujours là mais le risque est faible.**



Merci!

