



QUESTION/ENGAGEMENT

Déposer le document Termpol sur le déversement de GNL à la suite d'une brèche de 750 mm sur le méthanier (Effets du courant – modélisation)

RÉPONSE

Impact du courant sur le comportement de la nappe de GNL déversée

Tout d'abord, il convient de bien noter les différences entre une nappe de GNL sur de l'eau et une nappe d'un autre hydrocarbure liquide sur de l'eau. À la différence des autres hydrocarbures, le GNL s'évapore rapidement et ne provoque pas de pollution de l'eau. Le transfert de chaleur entre l'eau et le GNL favorise une évaporation rapide. Cet effet est d'autant plus important quand la nappe est enflammée, puisque la chaleur du feu de nappe s'ajoute à l'énergie provenant de l'eau. La vaporisation de la nappe de GNL est dans ce cas encore plus rapide. C'est le pourtour extérieur de la nappe, loin du point de rejet qui alimente la nappe qui est de faible épaisseur et qui va s'évaporer ou se consumer le plus rapidement.

Une nappe de GNL est donc dans un état transitoire, ce n'est pas une nappe stable qui peut s'étendre et se déplacer sur de grandes distances.

Dans le cas d'une brèche sur une cuve d'un méthanier, du GNL va être rejeté et va former une nappe à la surface de l'eau à proximité immédiate du point de rejet. Cette nappe va être déformée dans la direction du courant, mais son expansion en aval du point de fuite sera limitée par l'évaporation du GNL, comme expliqué dans la note de DNV jointe. Plutôt que d'avoir une forme circulaire ou semi-circulaire, la nappe aura alors une forme oblongue ou ellipsoïde.

Quand la nappe atteint une superficie telle que le taux d'évaporation de la nappe est égal au débit de fuite l'alimentant, la taille de la nappe va se stabiliser et la nappe ne va plus se déformer.

Quand la fuite alimentant la nappe s'arrête, la nappe va s'évaporer rapidement tout en se réduisant en surface (ce qui a pour effet de réduire le rayonnement thermique). Par exemple, DNV estime que le temps pour qu'une nappe de GNL sur de l'eau s'évapore complètement est d'environ 10 s.

La superficie de la nappe est gouvernée par l'équilibre entre le taux d'évaporation (ou le taux de combustion) et le débit d'alimentation de la nappe (débit de fuite de la cuve). Quelles que soient la condition de courant et la forme de la nappe (circulaire ou ellipsoïde), la superficie sera donc la même pour des conditions de

rejet donné. Le rayonnement thermique d'une nappe et la dispersion de vapeurs dépendent principalement de la superficie de la nappe. Le courant aura donc un effet très limité sur le rayonnement thermique émis par la nappe ou sur les distances de dispersion. L'effet sera principalement dû au déplacement du centre de la nappe dans le sens du courant dans le cas d'une nappe ellipsoïde par rapport à une nappe circulaire.

En conclusion, l'effet du courant sur une nappe de GNL est très limité. Il n'y a pas de risque de dérive de la nappe. Dès que l'alimentation s'arrête, la nappe va se résorber rapidement. On estime que l'effet du courant sur les distances de rayonnement thermique et de dispersion est mineur.

Impact de la glace

Les études ont été réalisées en supposant un déversement sur de l'eau à l'état liquide. C'est une approche prudente. Le transfert thermique serait inférieur en cas de déversement sur de la glace ou sur un mélange de glace et d'eau. Par conséquent, l'évaporation serait moins forte et les distances de conséquences seraient plus courtes, en comparaison avec un déversement sur de l'eau liquide.

Un cas qui a été soulevé pendant la première partie des audiences publiques est la possibilité d'avoir du GNL « piégé » dans les glaces. C'est ce point qui est discuté ci-dessous.

Dans le cas d'une nappe de GNL emprisonnée dans une sorte de bassin formé entre des glaces dérivantes, ceci aurait pour effet, comme dans le cas d'une cuvette de rétention, de réduire la surface de la nappe (hauteur de GNL plus importante que dans le cas d'un déversement libre sur de l'eau) et par conséquent de réduire aussi les distances de dispersion et de rayonnement thermique.

Théoriquement, on pourrait penser qu'un tel « bassin » de GNL dans les glaces pourrait dériver sous l'effet du courant, au-delà d'une distance correspondant au rayon de la nappe à l'équilibre sur de l'eau (exemple, 45 m dans le cas d'une brèche de 750 mm sur un navire de type Qflex). Avec un courant de 4 nœuds, cela prendrait environ 22 secondes. Cependant, pour une telle vitesse du courant, un « bassin » dans les glaces aurait peu de temps pour se remplir de GNL en passant au niveau du point de fuite. Par conséquent, il est improbable qu'une nappe de GNL dans un « bassin » dans les glaces dure plus de 20 secondes. Dans le cas d'un courant plus faible, il y aurait plus de temps pour remplir le bassin mais aussi plus de temps pour l'évaporation du GNL.

La détermination de distances de conséquences devrait prendre en compte le fait que le « bassin » ne serait sûrement pas étanche, et que le transfert de chaleur entre du GNL et de la glace est plus faible qu'entre du GNL et de l'eau liquide.

Pour ces raisons, DNV est d'avis que les calculs PHAST sont prudents et que la prise en compte de la glace conduirait à une légère réduction des distances de conséquence.

NOTE TECHNIQUE

NOTE NO. : TMAR /03
DE : DNV Consulting
DATE : 2006-09-06
PREP. PAR : TORUNN HIORTH MATHINSEN

Effet du courant sur le comportement d'une nappe de GNL

1 RÉSUMÉ

L'objectif de ce document est d'évaluer l'effet du courant sur une nappe de GNL qui serait déversé sur de l'eau et l'impact correspondant sur les distances de rayonnement thermique et de dispersion.

On évalue que le courant pourrait conduire à une augmentation maximum des distances de conséquence de 120 m dans le sens du courant. Avec une surface de nappe inchangée, cela conduirait à des effets limités sur les zones impactées.

2 INTRODUCTION

Si du GNL est déversé sur une surface mobile comme un fleuve, la forme de la nappe ne sera pas circulaire, mais la nappe se déformera et s'étirera dans le sens du courant.

Cette note discute des principes de base sur la dérive de la nappe et évalue comment la forme de la nappe évoluera à cause du courant. Ce travail est basé sur les résultats de l'analyse des risques, obtenus pour des nappes circulaires, et sur des considérations d'ordre géométrique tenant compte du courant dans le fleuve.

3 DÉRIVE DE LA NAPPE

Dans l'hypothèse d'un scénario de pénétration d'une cuve de GNL, du GNL serait rejeté par la brèche et formerait une nappe de GNL à la surface de l'eau. La nappe sera étirée dans le sens du courant et l'expansion en aval sera limitée par le taux d'évaporation de la nappe.

Une fois que la nappe atteint une taille où le taux d'évaporation est égal au débit de fuite, la nappe ne s'étendra pas loin du point de fuite. La taille de la nappe et le taux d'évaporation atteignent un état d'équilibre.

Quand la fuite s'arrête, la nappe pourrait s'éloigner du point de fuite. Cependant, en raison de son évaporation rapide, la nappe ne dérivera pas plus loin.

4 DONNÉES D'ENTRÉE

Les calculs sont basés sur les résultats précédents de PHAST d'une brèche de 750 mm, avec une colonne liquide de 16,6 mètres au-dessus de la brèche. Les résultats de PHAST utilisés dans cette analyse sont donnés au tableau 4-1 et l'évolution du rayon de la nappe en fonction du temps est donnée à la figure 4-1.

La forme de la nappe est estimée pour trois courants différents : 1, 2 et 4 nœuds.

Table 4-1 Données extraites d'analyses précédentes avec PHAST

Diamètre de la brèche [mm]	Débit de fuite [kg/s]	Rayon de la nappe à l'équilibre sans inflammation [m]	Durée pour atteindre le rayon de la nappe à l'équilibre [s]
750	2032	60	120 s

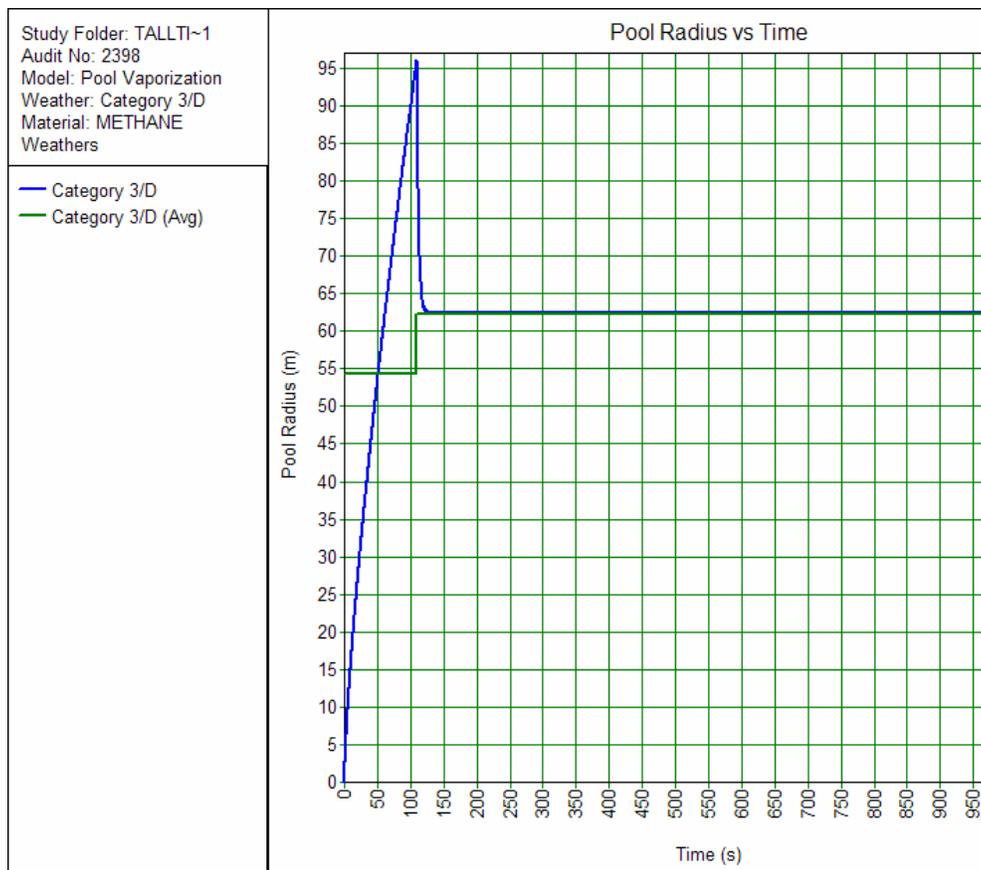


Figure 4-1 Rayon de la nappe en fonction du temps pour un rejet sans inflammation d'une brèche de 750 mm.

5 MÉTHODE DE MODÉLISATION

5.1 Hypothèses

La modélisation est basée sur l'approche et les hypothèses suivantes :

- La forme de la nappe est modifiée, passant d'un cercle à deux demi-ellipsoïdes à cause des effets du courant.
- Le courant est uniforme, constant au cours du temps et l'effet du navire sur le courant n'est pas pris en compte.
- Le transfert de chaleur de l'eau vers la nappe de GNL par unité de surface est identique pour les différentes formes de nappe.
- La surface de la nappe et le taux d'évaporation sont fonction des transferts de chaleurs entre l'eau et la nappe, ils sont donc indépendants de la forme de la nappe.
- Aux conditions d'équilibre, le taux d'évaporation est égal au débit de fuite.
- Le courant ne va pas modifier, ni le taux d'évaporation, ni le taux de combustion.

5.2 Modélisation

- 1) La nappe est constituée de deux demi-ellipsoïdes, de demi-axes (a_1, b_1) et (a_2, b_1) , comme illustré à la figure 5-1, dont le centre est situé en aval à une distance du point de fuite correspondant à la distance parcourue par le courant durant le temps nécessaire pour que la nappe atteigne sa taille à l'équilibre.
- 2) La nappe va se déplacer vers l'aval tant que le taux de croissance de la nappe est plus grand que l'ordre de grandeur du courant. La distance est ajoutée à la distance parcourue par le courant durant le temps nécessaire pour que la nappe atteigne sa taille à l'équilibre, ceci permettant d'obtenir la longueur du demi-axe a_1 .
- 3) La longueur du demi-axe a_2 est égale au rayon de la nappe circulaire.
- 4) Après avoir déterminé les demi-axes a_1 et a_2 en suivant les règles ci-dessus, la longueur du demi-axe b_1 est calculée pour obtenir une nappe ellipsoïde de surface égale à la surface de la nappe circulaire (sans effet du courant).

Les distances de dispersion (distances à la limite inférieure d'inflammabilité), si le courant n'est pas pris en considération, sont calculées dans PHAST et ces distances sont données par rapport au centre de la nappe (le centre de la nappe étant « en face » du point de fuite).

Si le courant est pris en compte, les mêmes distances sont par rapport au centre de l'ellipsoïde. Dans le pire des cas, quand la direction du vent est dans la direction du courant, la distance entre le point de fuite et le centre d'ellipsoïde doit être ajoutée aux distances de dispersion.

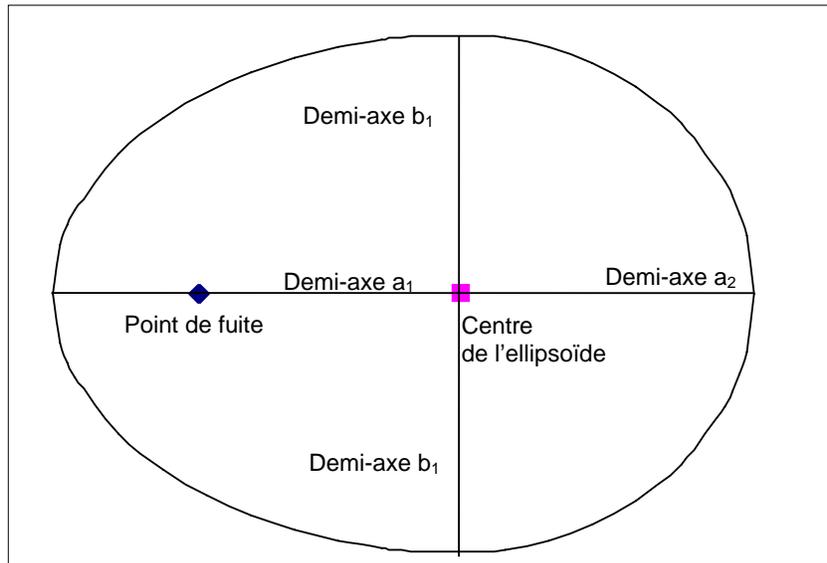


Figure 5-1 Schéma de la nappe modélisée

6 RÉSULTATS

6.1 Formes des nappes

En employant la méthode décrite ci-dessus, les formes des nappes pour une brèche de 750 mm et avec différents courants sont estimées. Les résultats sont montrés dans les figures ci-dessous.

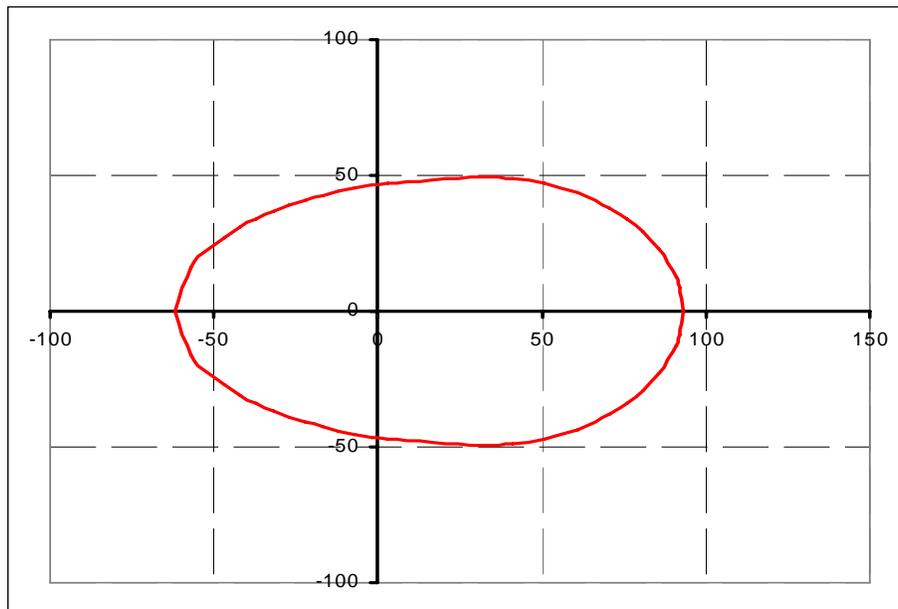


Figure 6-1 **Forme de la nappe en cas de déversement sur l'eau, sans inflammation.**
Brèche : 750 mm, Débit de fuite : 2 032 kg/s, Courant : 1 nœud
Le point de fuite est situé en (0,0). Les axes sont gradués en mètres.

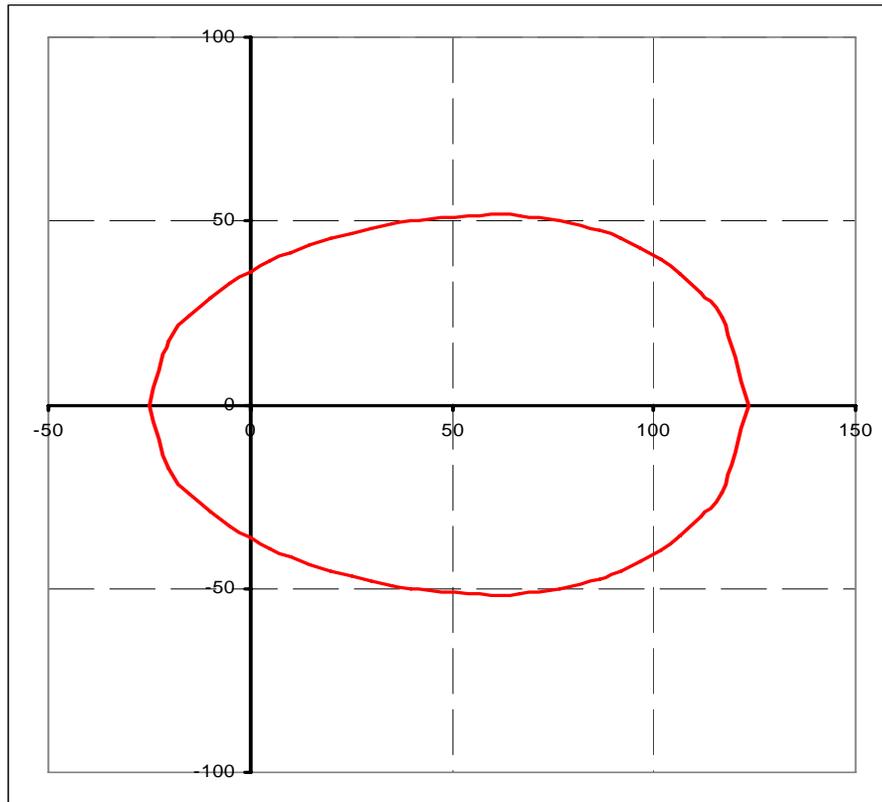


Figure 6-2 Forme de la nappe en cas de déversement sur l'eau, sans inflammation.
Brèche : 750 mm, Débit de fuite : 2 032 kg/s, Courant : 2 nœuds
Le point de fuite est situé en (0,0). Les axes sont gradués en mètres.

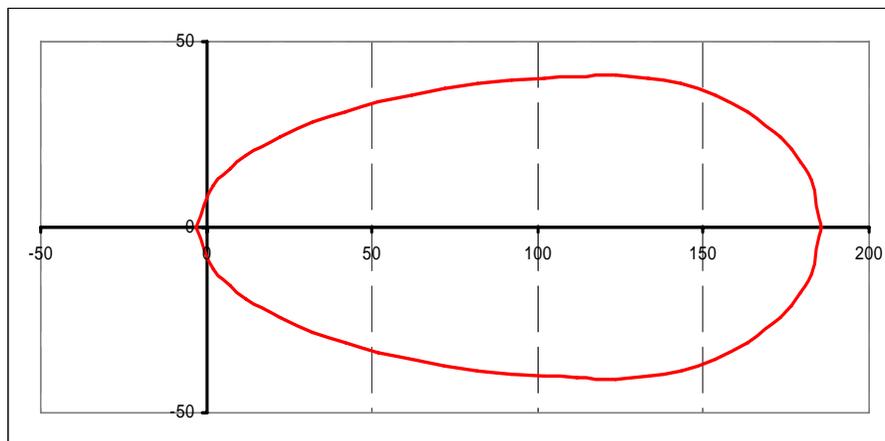


Figure 6-3 Forme de la nappe en cas de déversement sur l'eau, sans inflammation.
Brèche : 750 mm, Débit de fuite : 2 032 kg/s, Courant : 4 nœuds
Le point de fuite est situé en (0,0). Les axes sont gradués en mètres.

6.2 Distances de dispersion et de rayonnement thermique

Les distances de dispersion et de rayonnement thermique ne changeront pas compte tenu que la superficie totale de la nappe ne change pas. Le courant déplacera la nappe et son centre dans la direction du courant. Ainsi, les distances de dispersion et de rayonnement thermique mesurées à partir du point de fuite seront affectées mais dans le sens du courant seulement.

Dans le cas où la direction du vent est dans la direction du courant, les distances de dispersion sont obtenues en ajoutant la distance de dispersion calculée par PHAST à la distance entre le point de fuite et le centre de l'ellipsoïde. Dans ce cas la distance de dispersion peut être augmentée jusqu'à un maximum de 120 m pour une brèche de 750 mm. Si la direction du vent est opposée à la direction du courant, la distance de dispersion est diminuée de la distance entre le point de fuite et le centre de l'ellipsoïde. Les distances dans les autres directions ne sont pas affectées.

La modification des distances des différents niveaux de rayonnement thermique serait plus faible que dans le cas des distances de dispersion, car la taille d'une nappe enflammée est plus faible que celle d'une nappe sans inflammation. La distance entre le point de fuite et le centre de l'ellipsoïde sera donc plus faible que dans le cas sans inflammation. Les distances à partir du point de fuite des niveaux de rayonnement thermique dans la direction du courant seraient les distances calculées par PHAST augmentées de la distance entre le point de fuite et le centre de l'ellipsoïde. Les distances dans la direction contre le courant seraient diminuées d'autant. Les distances dans les autres directions ne seraient pas affectées.

7 CONCLUSIONS

Dans le cas d'un courant de 4 nœuds et d'une brèche de 750 mm, le déplacement maximum du centre de la nappe de GNL dans le sens du courant serait de 120 m.

Le déplacement vers l'aval de la nappe de GNL à cause du courant est relativement faible comparée aux distances de dispersion. De plus, l'augmentation potentielle des distances de conséquence à partir du point de fuite se ferait dans la direction du courant et cela ne conduirait pas à une augmentation du risque pour les tiers.

- oOo -