

**Tâche 5 : Dimensionnement d'une  
soupape de sécurité pour un tank de  
stockage d'ammoniac**

Groupe 1254

30/11/14

## Contexte

Il nous a demandé de prévoir une soupape de sécurité à installer sur un tank de  $\text{NH}_3$  à l'état liquide. En effet, ce tank est situé à proximité d'un réservoir de mazout et celui-ci représente un risque d'ignition qui pourrait causer une surpression sur le tank.

## Données :

- Hauteur totale du tank : 12m
- Niveau de  $\text{NH}_3$  liquide dans le tank : 8m
- Diamètre du tank : 6m
- T normale de stockage :  $20^\circ\text{C}$
- Pression de design : 15 barg
- $C_p/C_v$  du  $\text{NH}_3$  : 1.33
- Facteur de compressibilité Z : 1.0

## Questions

1. *Quelle est la pression normale de stockage ?*

En utilisant le graphe de la pression en fonction de la température donné dans l'énoncé et sachant que la température de stockage est de  $20^\circ\text{C}$ , nous pouvons aisément en déduire la pression normale de stockage qui sera approximativement de 7.5 barg, soit 8.51325 bar.

2. *Quelle sera la pression de stockage en été ( $30^\circ\text{C}$ ) ?*

De la même manière, mais en utilisant cette fois une température de stockage de  $30^\circ\text{C}$ , nous trouvons une pression de 11 barg, soit 12.01325 bar.

3. *Quelle sera la pression maximale de tarage de la soupape de sécurité ?*

La pression de tarage maximale d'une soupape doit toujours être supérieure à la pression opératoire mais également inférieure à la pression de design. Supérieure à la pression opératoire afin d'avoir une marge si jamais une petite surpression venait à se produire sans pour autant être dangereuse. Cela nous évite de perdre toute une « journée ». Inférieure à la pression de design parce que la soupape ne sait pas immédiatement rétablir l'ordre et que la pression continue donc à monter un petit peu avant d'atteindre son maximum. Dans notre cas, la pression maximale de tarage sera donc de 15 barg, soit 16.01325 bar

4. *Quelle sera la pression durant la décharge ?*

Dans le cas traité, c'est-à-dire quand l'accident est un incendie, on doit considérer que la décharge se fera à une pression de 121% de la pression de tarage. Celle-ci étant fixée à 16.01325 bar, la pression lors de la décharge sera donc de 19.376 bar.

5. *Quelle sera la température du liquide durant la décharge via la soupape ?*

Ayant trouvé la pression de décharge, on peut directement trouver la température à l'aide du graphique. Elle vaut 323.15K.

6. *Quelle sera la taille de la soupape nécessaire ?*

La formule déterminant la chaleur totale absorbée par le liquide est :

$$Q = C.F.A^{0.82}$$

Dans notre cas,

– C = 43 200

– F = 1

– A = 143.2566 m<sup>2</sup>

Nous trouvons donc une chaleur 2.5322 10<sup>6</sup>W. Sachant que la pression maximale de tarage est de 15 barg, nous pouvons en déduire la température à l'aide du graphique. Celle-ci est donc de 40°C, soit 313.15K. En utilisant le second graphe, nous trouvons que l'enthalpie de vaporisation vaut 1150 kJ/kg. Ainsi, nous pouvons obtenir le flux de masse.

$$W = \frac{Q}{\Delta H_{vap}} = \frac{2.5322 \cdot 10^6 \cdot 3600}{1150 \cdot 10^3} = 7.9269 \cdot 10^3 \text{ kg/h}$$

Afin d'obtenir l'aire de l'orifice de la soupape, nous avons utilisé la formule suivante :

$$A = \frac{W}{C.K_d.P_1.K_b.K_c} \cdot \sqrt{\frac{T.Z}{M}}$$

avec

$$C = 0.03948 \cdot \sqrt{k \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

Ce qui nous donne C = 0.0265 et donc A = 680 10<sup>-6</sup>m<sup>2</sup>.

L'aire de l'orifice de notre soupape est donc de 680 10<sup>-6</sup>m<sup>2</sup>.

7. *Si la pression de design de l'équipement était 20 barg, quel serait l'effet d'augmenter la pression de tarage de 5 bar et de la porter à 20 barg ?*

La soupape ne sait pas agir directement dans la seconde. Si on met la pression de tarage à 20 barg, la soupape s'ouvre à cette pression mais la pression continuera à augmenter encore un peu avant d'atteindre son maximum et puis de diminuer. Ce qui fait qu'il est possible d'atteindre une pression plus haute que la pression de design de l'équipement. Celui-ci pourrait donc être endommagé.

8. *Pour la première pression de tarage, quelle est l'influence d'isoler thermiquement le tank tel que le coefficient d'échange avec l'extérieur soit réduit à une valeur de 10 W/m<sup>2</sup>K ?*

En isolant le tank, on diminue le facteur d'environnement. En effet, celui-ci vaudrait alors 0.15. Multiplier la facteur d'environnement par 15% revient à multiplier la chaleur totale reçue de 15%, ce qui revient à multiplier de 15% le flux de masse, ce qui revient à multiplier de 15% l'aire de l'orifice de la soupape. Nous aurions donc besoin d'une soupape dont l'aire de l'orifice vaut 102 10<sup>-6</sup>m<sup>2</sup>.