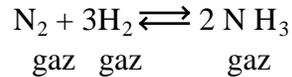


Cette épreuve est composée d'un problème comportant deux parties.

Le document n°2 est à rendre avec la copie.

- La synthèse du gaz ammoniac est réalisée dans un réacteur chimique. L'équation-bilan de la réaction est la suivante



- Pour obtenir un bon rendement, on réalise cette synthèse sous pressions relativement élevées.

PREMIERE PARTIE -1 Dans cette partie, on négligera la vitesse de l'ammoniac dans le dispositif expérimental schématisé sur le document n°1, et on considère une masse d'ammoniac de un kilogramme.

1.1 L'ammoniac est produit avec un débit de $1500 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Il sort du réacteur à une température $t_1 = 150^\circ\text{C}$ et sous une pression $p_1 = 75 \text{ bars}$.

Il traverse alors une vanne, en effectuant une détente isenthalpique, qui amène sa pression à une valeur $p_2 = 25 \text{ bars}$.

1. 1. 1 Sur le diagramme de Mollier ci-joint (document n°2), placer le point *A* représentant l'état du gaz à la sortie du réacteur.

1. 1. 2 A l'aide de ce même diagramme placer le point *B* représentant l'état du gaz à la sortie de la vanne.

1. 1. 3 En déduire la température t_2 du gaz à cette sortie.

1. 2 L'ammoniac travers ensuite un réfrigérant dans lequel il est refroidi sous pression constante p_2 jusqu'à atteindre un taux de vapeur $x = 0,25$. Il est alors stocké dans un réservoir placé dans une grande enceinte pressurisée à une pression $p_{ext} = 6 \text{ bars}$, pour des raisons de sécurité, les rejets de l'ammoniac dans l'atmosphère étant interdits.

1.2.1 Placer le point *C*, représentant l'état du gaz à la sortie du réfrigérant sur le diagramme de Mollier. En déduire la température t de l'ammoniac dans le réservoir de stockage.

1.2.2 Toujours à l'aide du diagramme, calculer la quantité de chaleur cédée par l'ammoniac au réfrigérant, en kilojoules par kilogramme. On rappelle l'équivalence d'énergie et l'unité usuelle : $1 \text{ kcal} = 4,18 \text{ kJ}$.

N.B. A chaque utilisation du diagramme de Mollier, il est demandé de justifier les réponses et les valeurs trouvées.

DEUXIEME PARTIE : On a fixé sur le réservoir une soupape de sécurité qui doit permettre d'évacuer la totalité du débit d'ammoniac produit dans le réacteur, en cas d'incident. On peut assimiler cette soupape de sécurité à une tuyère convergente et considérer la détente dans la soupape comme isentropique.

A la suite d'un incident, l'ammoniac liquide s'est entièrement vaporisé dans le réservoir, sous la pression de 25 bars, et l'on est en présence de vapeur saturante d'ammoniac.

2. 1 Quelle est la pression p_4 de l'ammoniac au col de la tuyère, après la détente ?

On rappelle l'expression de la pression critique p_c d'une vapeur au col d'une tuyère convergente :

$$p_c = p_r \frac{2}{\gamma + 1} \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}, \text{ avec } p_r : \text{ pression dans le réservoir, } \gamma : \text{ rapport des capacités calorifiques}$$

massives respectivement à pression constante et à volume constant. On prendra $\gamma = 1,30$.

En déduire la température t_4 au col de la tuyère.

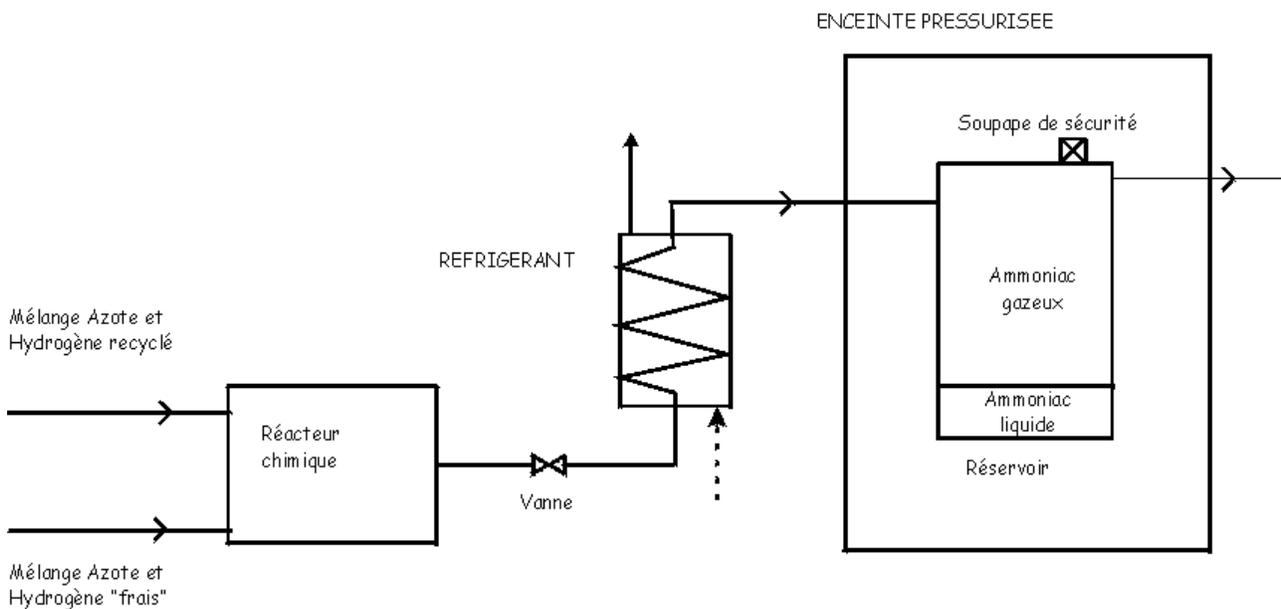
2. 2 Calculer, à l'aide du diagramme de Mollier, la masse volumique de l'ammoniac au niveau du col.

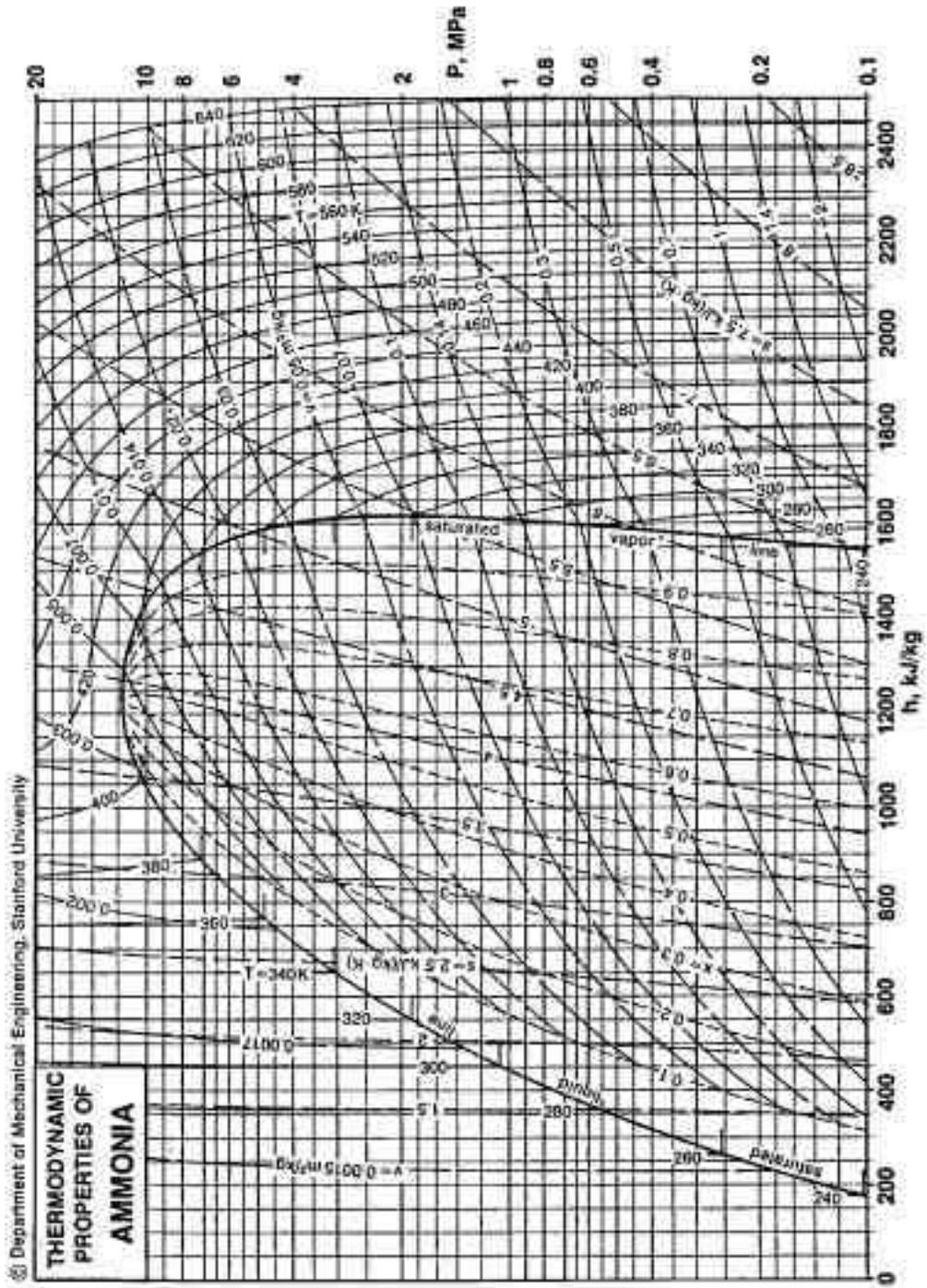
2. 3 Calculer la vitesse de l'ammoniac au niveau du col. (on négligera la vitesse de l'ammoniac gazeux dans le réservoir). On utilisera l'équation de conservation de l'énergie (théorème de Barré de St Venant).

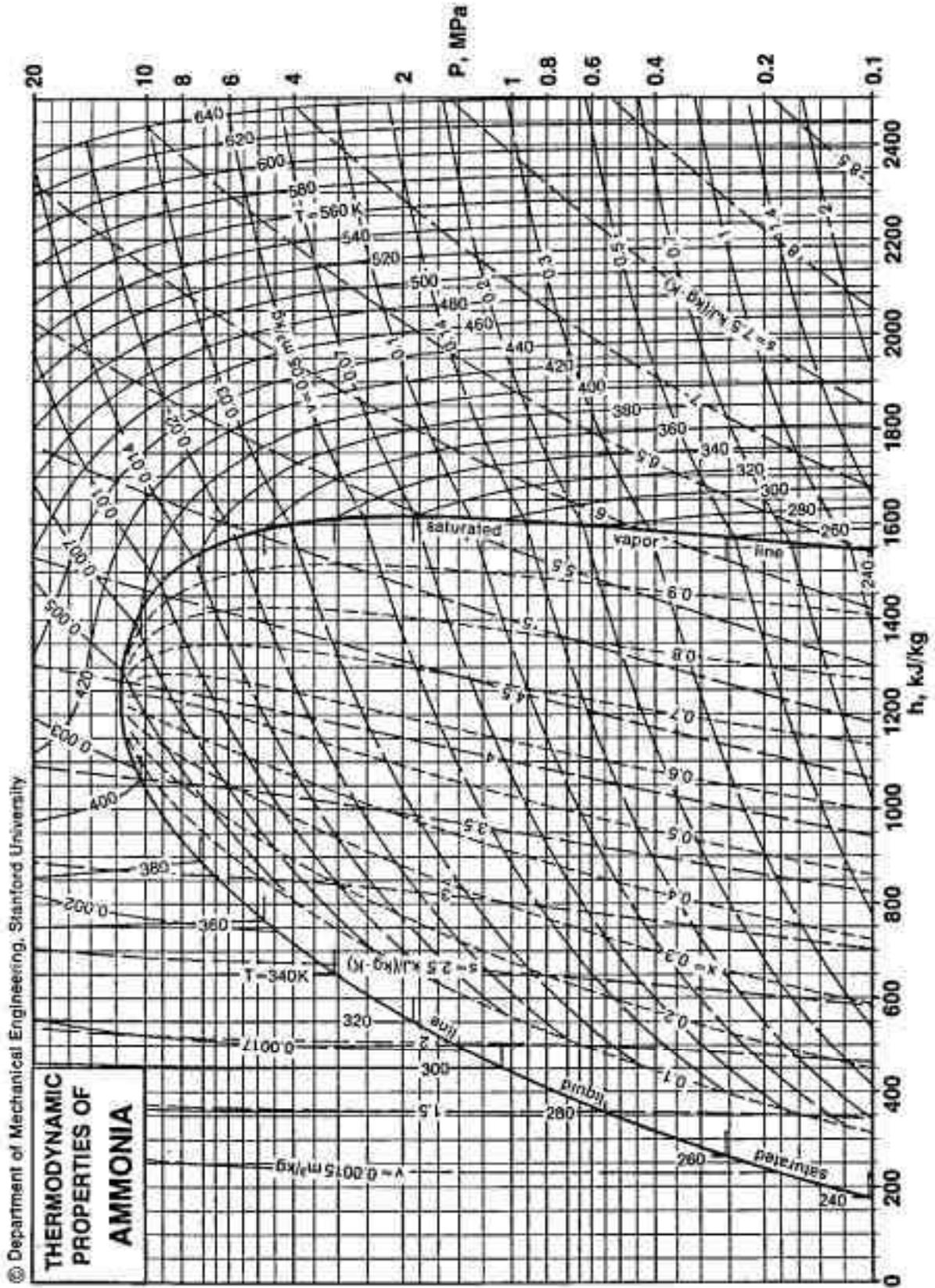
2. 4 En déduire la section du col de la tuyère.

DOCUMENT N°1

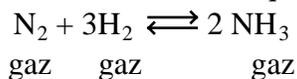
SCHEMA DE PRINCIPE SIMPLIFIE D'UNE INSTALLATION DE PRODUCTION D'AMMONIAC







On étudie la réaction de synthèse du gaz ammoniac dont l'équation-bilan est la suivante



Lorsqu'on réalise cette synthèse à une température de 200°C et sous une pression de 100 bars, on constate que la fraction molaire du mélange en ammoniac gazeux est de 88 %.

1. Calculer la composition molaire du mélange à l'équilibre, sachant que l'on part d'un mélange initial composé d'une mole de diazote N_2 pour trois moles de dihydrogène H_2 .
2. En déduire les pressions partielles de chaque gaz à l'équilibre.
3. Donner l'expression littérale de la constante d'équilibre K_p . Calculer sa valeur numérique.
4. Sachant que cette réaction est de nature exothermique, à la température de la synthèse, quel est l'effet d'une variation de température sur cet équilibre ? Justifier la réponse.
5. Quel est l'effet d'une variation de pression sur cet équilibre (à température constante) ?
6. En conclusion, quelles conditions de température et de pression préconisez-vous pour la synthèse de l'ammoniac ?
7. Quel est l'effet d'une liquéfaction partielle de l'ammoniac sur cet équilibre (à température constante) ?

N. B. : Les questions 4, 5, 6 et 7 sont indépendantes des questions 1, 2 et 3.