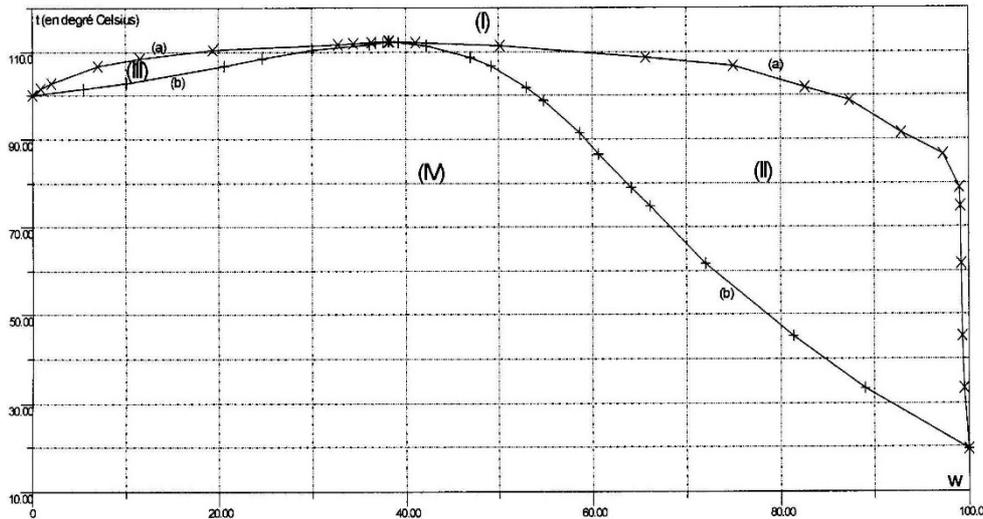


Exercice -Test / Mercredi 14 Septembre

Le diagramme d'équilibre liquide-vapeur isobare du binaire HF/H₂O est représenté ci-après. En abscisse est porté le pourcentage massique de HF, w . La fraction massique en phase liquide est notée w_l et en phase vapeur w_g .

La pression totale est maintenue à 1,013 bar.



Binaire eau-fluorure d'hydrogène

Le tableau ci-dessous rappelle quelques valeurs particulières relatives à ce diagramme.

Température(°C)	100	112,4	86,6	19,5
w_l	0	38,3	60,7	100
w_g	0	38,3	97,3	100

1. Préciser la nature (nombre de phases et composition qualitative) des domaines numérotés de I à IV.

Domaine	I	II	III	IV
	1 phase vapeur contenant H ₂ O et HF	1 phase vapeur contenant H ₂ O et HF 1 phase liquide contenant H ₂ O et HF	Idem à II	1 phase liquide contenant H ₂ O et HF

2. Le binaire HF/H₂O peut-il être considéré comme idéal ? Une justification rapide est attendue .

Présence d'un point (homo)azéotrope : le mélange n'est pas idéal .

3. Indiquer le nom et la signification de chacune des courbes (a) et (b) tracées.

Courbe (a) : courbe de rosée ; variations de T en fonction de w_g

Température de dernière goutte de liquide lors d'un chauffage isobare

Température de première goutte de liquide lors d'un refroidissement isobare

Courbe (b) : courbe d'ébullition ; variations de T en fonction de w_l

Température de première bulle de vapeur lors d'un chauffage isobare

Température de dernière bulle de vapeur lors d'un refroidissement isobare

4. Un mélange contenant 35,0 moles de HF et 15,0 moles d'eau est porté à 86,6 °C sous $P^\circ = 1,013$ bar. Calculer la quantité de matière (en nombre de moles) de chacun des constituants dans chacune des phases.

① Positionnement du point représentatif sur le diagramme : calcul de $w = \frac{m_{HF}}{m_{totale}} = \frac{m_{HF}}{m_{HF} + m_{H_2O}}$

$$M(\text{HF}) = 20 \text{ gmol}^{-1} \quad m_{\text{HF}} = 35 \cdot 20 = 700 \text{ g}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ gmol}^{-1} \quad m_{\text{H}_2\text{O}} = 15 \cdot 18 = 270 \text{ g}$$

$$w = 0,721$$

Le point représentatif se trouve dans le domaine II : coexistence d'une phase vapeur et d'une phase liquide

② Théorème de l'horizontale : composition des 2 phases ; voir tableau

$$w_g = 0,973 \quad w_l = 0,607$$

③ Théorème des segments inverses

$$\frac{m^l}{m} = \frac{0,973 - 0,722}{0,973 - 0,607} = 0,686 \quad m : \text{masse totale du système} : m = 970 \text{ g}$$

Soit $m^l = 665,42 \text{ g}$ et donc $m^g = 970 - 665,42 = 304,58 \text{ g}$

	Phase liquide	Phase vapeur	total
HF	$m = w^l m^l =$ $0,607 \cdot 665,42 = 403,90 \text{ g}$ $n = m / M_{\text{HF}} =$ $403,9 / 20 = \underline{20,2}$	$m = w^g m^g =$ $0,973 \cdot 304,58 = 296,35 \text{ g}$ $n = m / M_{\text{HF}} =$ $296,35 / 20 = \underline{14,8}$	$m = 403,9 + 296,35 = 700,25 \text{ g}$ $n = 20,2 + 14,8 = \underline{35}$
H ₂ O	$m = (1 - w^l) m^l =$ $(1 - 0,607) \cdot 665,42 = 261,51$ $n = m / M_{\text{eau}} =$ $261,51 / 18 = \underline{14,5}$	$m = (1 - w^g) m^g =$ $(1 - 0,973) \cdot 304,58 = 8,22 \text{ g}$ $n = m / M_{\text{HF}} =$ $8,22 / 18 = \underline{0,45}$	$m = 261,51 + 8,22 = 269,73 \text{ g}$ $n = 14,5 + 0,45 \approx \underline{15}$

5. Indiquer la nature du distillat obtenu par distillation fractionnée du mélange décrit à la question 4 .

HF pur

Binaire eau-fluorure d'hydrogène

I2

Domaine	Nombre et nature des phases en présence
I	1 phase vapeur contenant H ₂ O et HF
II et III	1 phase vapeur contenant H ₂ O et HF 1 phase liquide contenant H ₂ O et HF
IV	1 phase liquide contenant H ₂ O et HF

b-. le mélange eau –fluorure d'hydrogène présente un **azéotrope** : le mélange liquide **n'est pas idéal** .

C20 Courbe (a) : courbe de rosée ; elle représente les variations de T en fonction de w_g

Courbe (b) : courbe d'ébullition ; elle représente les variations de T en fonction de w_l

C21. Le mélange de fraction molaire 0,383 est le mélange azéotrope : lors de la distillation , l'ébullition se produit à température constante et égale à 112,4°C et la vapeur a la même composition que le mélange liquide initial . En d'autre termes , le distillat est identique au mélange liquide initial ; il n'est pas possible de séparer les deux constituants du mélange liquide .

2. Avant tout , il est nécessaire de déterminer la fraction massique du système considéré pour pouvoir positionner le point représentatif sur le diagramme .

Par définition $w_{HF} = \frac{m_{HF}}{m_{totale}} = \frac{m_{HF}}{m_{HF} + m_{H_2O}}$

On a : M(HF) = 1+19 = 20 gmol⁻¹ d'où m_{HF} = 35*20 = 700 g

M(H₂O) = 2+16 = 18 gmol⁻¹ d'où m_{H₂O} = 15*18= 270 g Conclusion $w_{HF} = 0,721$

Remarque : dans le sujet original , on demandait d'établir la relation entre la fraction molaire x et la fraction massique w :

$$x = \frac{n_{HF}}{n_{HF} + n_{eau}} = \frac{1}{1 + \frac{n_{eau}}{n_{HF}}} = \frac{1}{1 + \frac{m_{eau}}{M_{eau}} \frac{M_{HF}}{m_{HF}}} = \frac{1}{1 + \frac{w_{eau}}{M_{eau}} \frac{M_{HF}}{w_{HF}}} = \frac{1}{1 + \frac{(1-w_l)}{M_{eau}} \frac{M_{HF}}{w_l}} : \boxed{w_l = \frac{1}{1 + \frac{(1-x) M_{eau}}{M_{HF} x}}}$$

Pour le mélange considéré on a une fraction molaire en HF égale à 35 / 50 = 0,7 , on retrouve une fraction massique en HF w = 0,721

Le point de coordonnées (w = 0,72 , T = 86,6 °C) se trouve dans le domaine II : il a coexistence d'en phase liquide et d'une phase vapeur .

La composition de la phase vapeur est lue sur a courbe de rosée (cf tableau) : $w_g = 0,973$

La composition de la phase liquide est lue sur la courbe d'ébullition (cf tableau) : $w_1 = 0,607$
 En utilisant le théorème des segments inverses(qu'on applique aux masses puisque l'abscisse du diagramme est la fraction massique !) , on obtient

$$\frac{ml}{m} = \frac{0,973 - 0,722}{0,973 - 0,607} = 0,686$$

m :masse totale du système : m = 970 g

Soit $m^l = 665,42\text{g}$ et donc $m^g = 970 - 665,42 = 304,58\text{ g}$

	Phase liquide	Phase vapeur	total
HF	$m = w^l m^l =$ $0,607 * 665,42 = 403,90\text{g}$ $n = m / M_{\text{HF}} =$ $403,9 / 20 = \underline{20,2}$	$m = w^g m^g =$ $0,973 * 304,58 = 296,35\text{g}$ $n = m / M_{\text{HF}} =$ $296,35 / 20 = \underline{14,8}$	$m =$ $403,9 + 296,35 = 700,25\text{g}$ $n =$ $20,2 + 14,8 = \underline{35}$
H ₂ O	$m = (1 - w^l) m^l =$ $(1 - 0,607) * 665,42 = 261,51$ $n = m / M_{\text{eau}} =$ $261,51 / 18 = \underline{14,5}$	$m = (1 - w^g) m^g =$ $(1 - 0,973) * 304,58 = 8,22\text{ g}$ $n = m / M_{\text{HF}} =$ $8,22 / 18 = \underline{0,45}$	$m =$ $261,51 + 8,22 = 269,73\text{g}$ $n =$ $14,5 + 0,45 \approx \underline{15}$