

Diagrammes liquide – vapeur isobare et isotherme pour un mélange A-B : corrigé

1. Lecture sur le diagramme isobare : le liquide qui bout à 45°C est de composition 0,70 en B (point 4) donc la vapeur recueillie est telle que $y_B = 0,70$

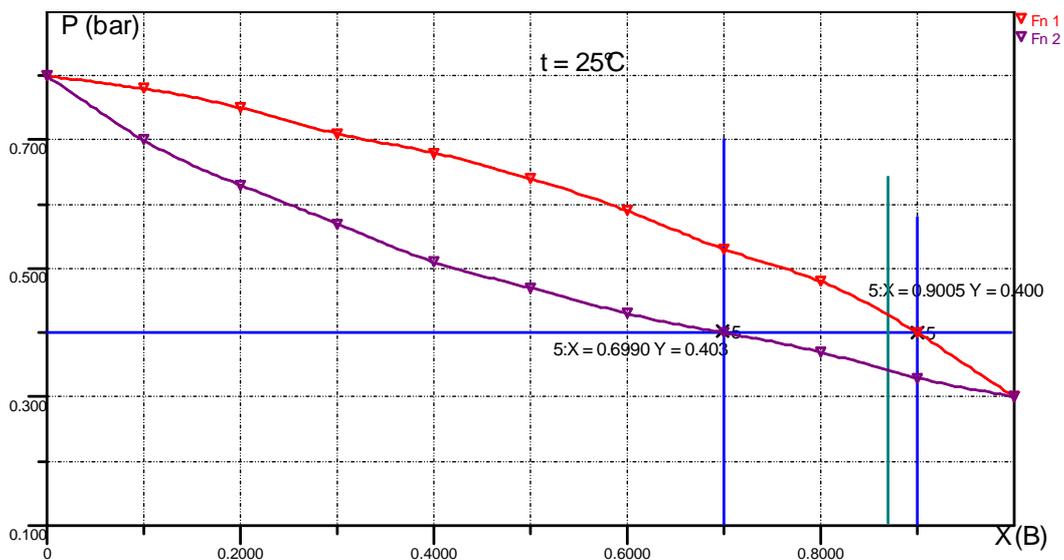
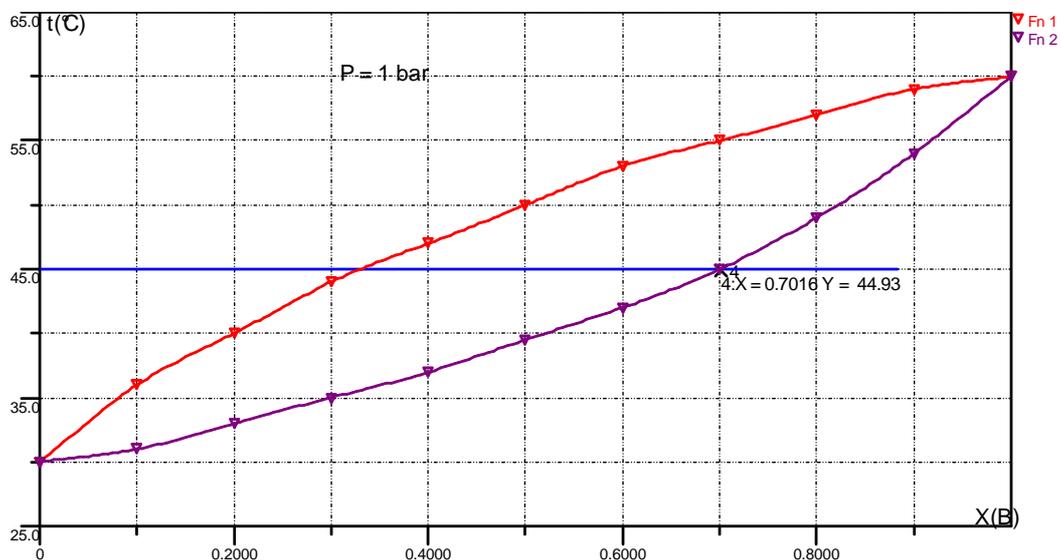
Puis lecture sur le diagramme isotherme sur la courbe de rosée du point (0,70 ; 0,4 bar) et théorème de l'horizontale : $x_B = 0,90$.

2. Lecture sur le diagramme isotherme : $P = 0,40$ bar.

$$P.V = n^v.R.T \Rightarrow \underline{n^v = 3,2.10^{-2} \text{ mol}} \Rightarrow n^L = n_{\text{tot}} - n^v = 0,17 \text{ mol}$$

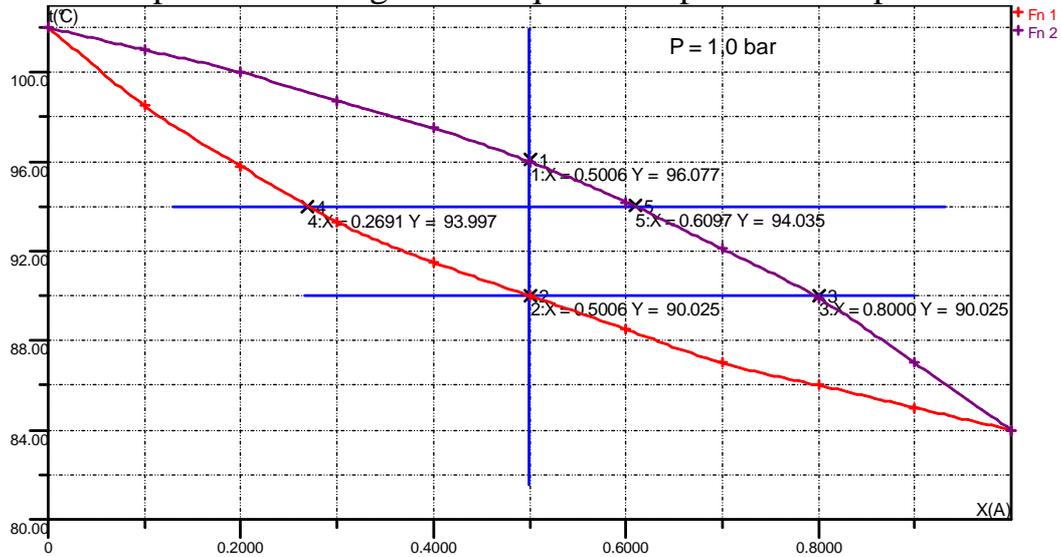
$$\text{Théorème des moments} \Rightarrow 0,17.(0,90 - x_B^{\circ}) = 3,2.10^{-2}.(x_B^{\circ} - 0,70) \Rightarrow \underline{x_B^{\circ} = 0,87}$$

3. Mélange non idéal car pas de droites dans graphe isotherme.



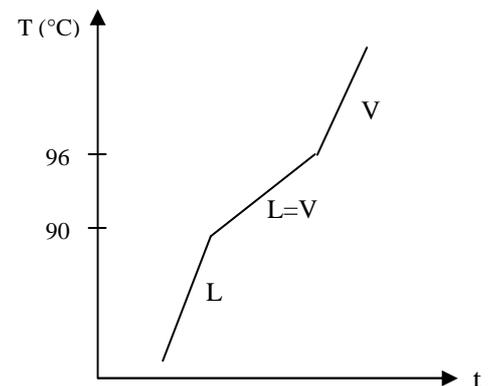
Diagrammes liquide – vapeur isobare pour un mélange A-B : corrigé

La figure ci-dessous représente le diagramme liquide – vapeur isobare pour un mélange A-B.



1. Mélange équimolaire $X(A) = 0,5$.
 Chauffage régulier de 80°C à 100°C .
 a) Début de l'ébullition à 90°C .
 1^{ère} bulle de vapeur : $X(A) = 0,80$.

b) Fin d'ébullition : 96°C .
 Allure de la courbe $T = f(t)$:
 Vaporisation endothermique donc pente plus faible pour le segment central.

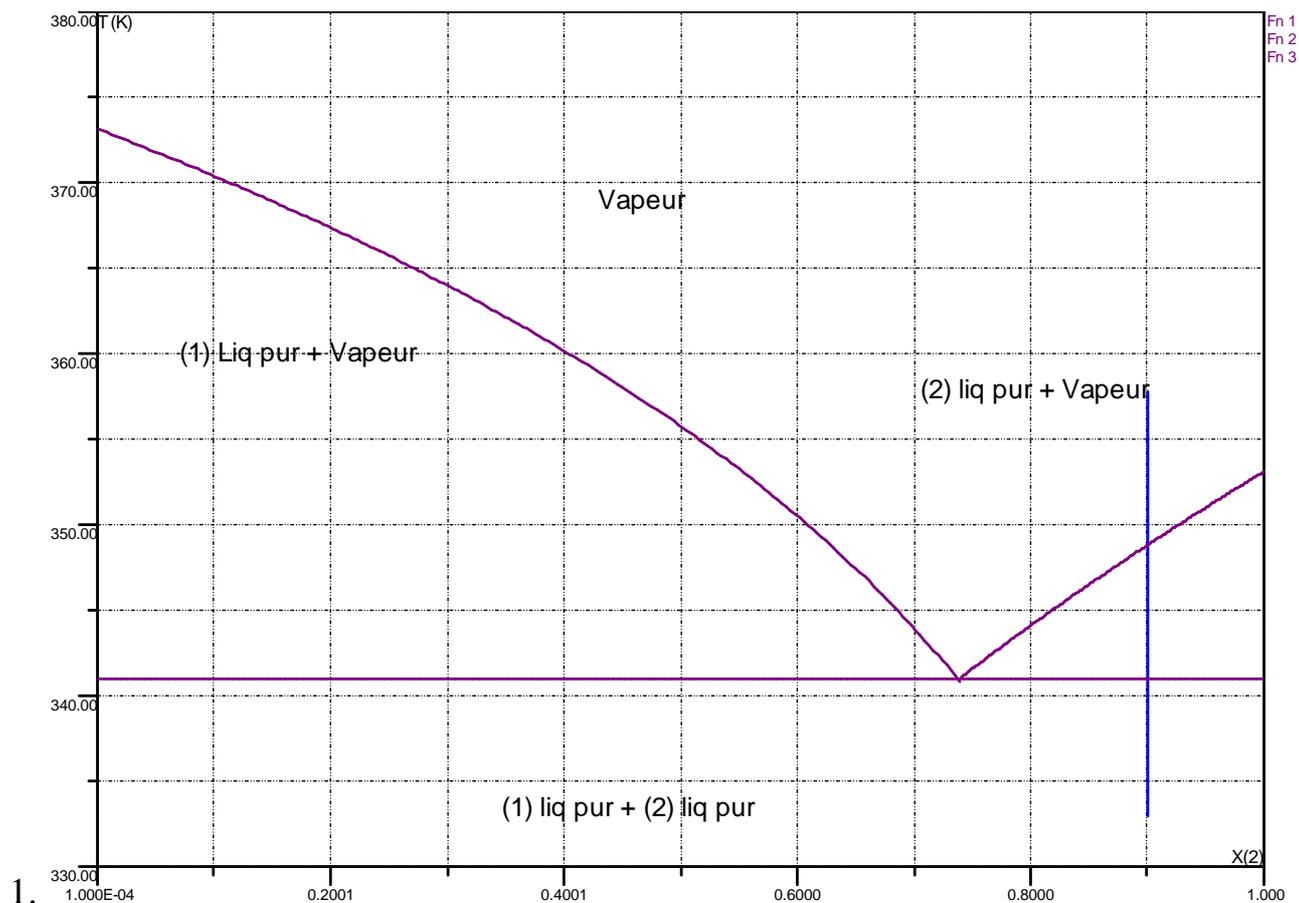


2. À 94°C : point L : $x_A = 0,27$ et point V : $y_A = 0,61$
 Théorème des moments $\Rightarrow (0,61 - 0,50) \cdot n^V = (0,50 - 0,27) \cdot n^L$ d'où : $n^V = 2,1 n^L$
 Par ailleurs : $n^V + n^L = 10 \text{ mol}$
 D'où : $n^V = 6,77 \text{ mol}$ et $n^L = 3,23 \text{ mol}$

$(n_A)^L = x_A \cdot n^L = 0,87 \text{ mol}$; $(n_B)^L = n^L - (n_A)^L = \underline{2,36 \text{ mol}}$;
 $(n_A)^V = y_A \cdot n^V = \underline{4,13 \text{ mol}}$; $(n_B)^V = n^V - (n_A)^V = \underline{2,6 \text{ mol}}$

3. Distillat = A ; Résidu = B

Diagramme binaire isobare eau-benzène : corrigé



1. Un mélange tel que : $x_2 = 0,90$ et $T = 25^\circ\text{C} = 298\text{ K}$ se trouve sous 2 phases liquides.

On chauffe : 1^{ère} bulle de vapeur (de composition $y_2 = 0,74$) à 341 K.

À 341 K : l'eau et le benzène se vaporisent « simultanément » (jusqu'à disparition totale de la dernière goutte d'eau liquide)

De 341 à 349 K : le benzène se vaporise

À 349 K : disparition de la dernière goutte de benzène liquide.

3. a) Cours et TP.

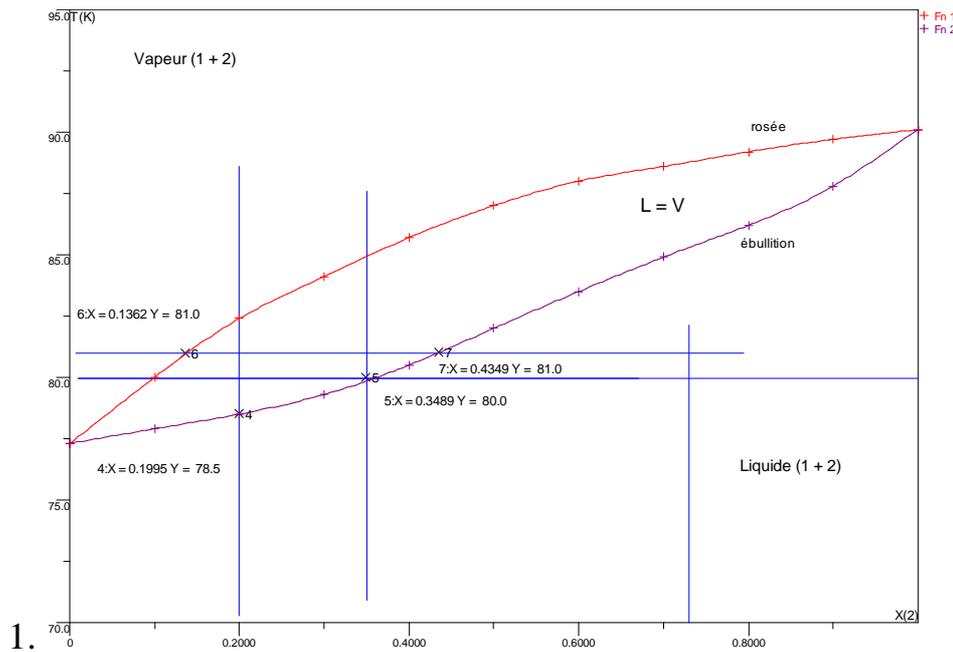
b) Masse d'eau minimale nécessaire pour distiller 78 g de benzène.

On doit récupérer dans le distillat : $m_2 = 78\text{ g}$ soit $n_2 = 1,0\text{ mol}$.

Le distillat a pour composition Z ; or $x_Z = n_2 / (n_1 + n_2) = 0,74$ d'où $n_1 = 0,35\text{ mol}$

d'où : $m_1 = 6,3\text{ g}$ d'eau.

Diagramme binaire diazote – dioxygène : corrigé



2. On peut séparer un mélange de N_2 et de O_2 par distillation fractionnée :
distillat = N_2 .

Méthode : cours !

3. 300 g d'air liquide.

a) $x_2^\circ = 0,20 \Rightarrow$

début ébullition :

$T = 78,5 \text{ °C}$ (point n°4 sur le graphe)

b) $x_2 = 0,35 \Rightarrow$ ébullition à : $T = 80 \text{ °C}$ (point n°5 sur le graphe)

c) Air à 81 K : mélange biphasique.

Phase vapeur : point n°6 : $y_2 = 0,14$

Phase liquide : point n°7 : $x_2 = 0,43$

Théorème des moments $\Rightarrow (0,20 - 0,14) \cdot n^v = (0,43 - 0,20) \cdot n^l \Rightarrow 0,06 \cdot n^v = 0,23 \cdot n^l$

Or : $m_{\text{tot}} = m_1 + m_2 = n_{\text{tot}} \cdot (x_1^\circ \cdot M_1 + x_2^\circ \cdot M_2) = n_{\text{tot}} \cdot (0,8 \cdot 28 + 0,2 \cdot 32) = 300 \text{ g}$

On a donc au départ : $n_{\text{tot}} = 300/28,8 = 10,4 \text{ mol} = n_{\text{tot}}$

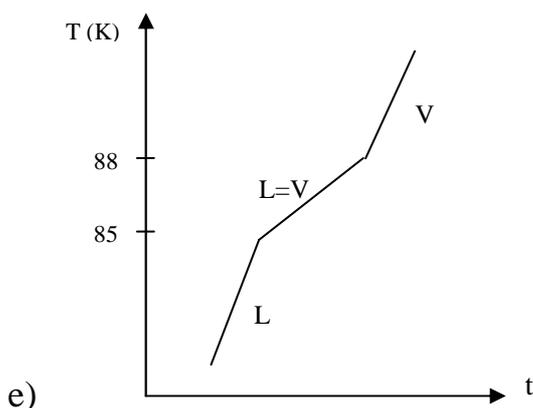
D'où : $n^v = 8,2 \text{ mol}$ et $n^l = 2,2 \text{ mol}$

avec : $n_2^v = 1,15 \text{ mol}$; $n_1^v = 7,05 \text{ mol}$; $n_2^l = 0,95 \text{ mol}$; $n_1^l = 1,25 \text{ mol}$

D'où : $m^v = (m_1 + m_2)^v = 197 + 37 = 234 \text{ g} = m^v$ et $m^l = (m_1 + m_2)^l = 35 + 31 = 66 \text{ g} = m^l$

d) On a alors : $x_{2\text{tot}} = (20 + 1,15 + 0,95) / (20 + 10,4) = 0,73 = x_{2\text{tot}}$ (à 81 °C)

\Rightarrow 1 phase liquide avec $x_{2\text{tot}} = 0,73$

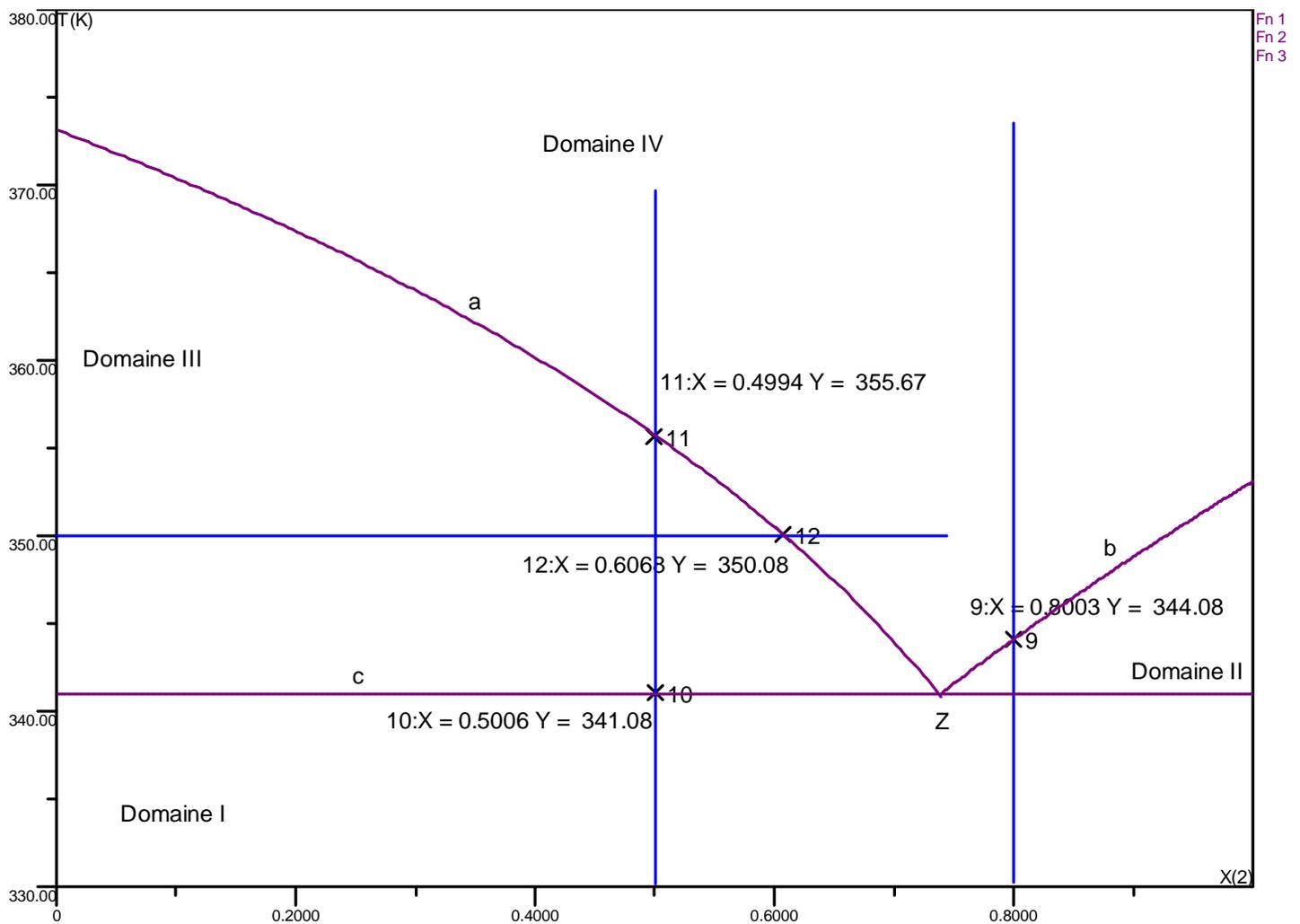


4. Le diagramme binaire L=V isotherme : $P_1^* > P_2^*$, forme fuseau.

Si on considère que c'est idéal, la courbe d'ébullition est une droite.

e)

Diagramme binaire isobare eau-benzène : corrigé



1. Courbe a et b : Rosée ; Courbe c : palier hétéroazéotrope.

2. Courbes b :

$$(B_2)^L = (B_2)^V \Rightarrow \mu_{2L}^\circ(T) = \mu_{2V}^\circ(T) + R.T.\ln(y_2.P/P^\circ)$$

Gibbs Helmholtz puis intégration en supposant $\Delta_{\text{vap}}H_2^\circ$

$$\text{constant} \Rightarrow \ln(y_2) = \frac{\Delta_{\text{vap}}H_2^\circ}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_2^*} - \frac{1}{T} \right)$$

Courbe a :

$$\ln(1-y_2) = \frac{\Delta_{\text{vap}}H_1^\circ}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_1^*} - \frac{1}{T} \right)$$

$$\text{On en déduit : Branche (a) : } T = \frac{10^3}{2,68 - 0,189 \cdot \ln(1-y_2)} \text{ et Branche (b) : } T = \frac{10^3}{2,83 - 0,333 \cdot \ln(y_2)}$$

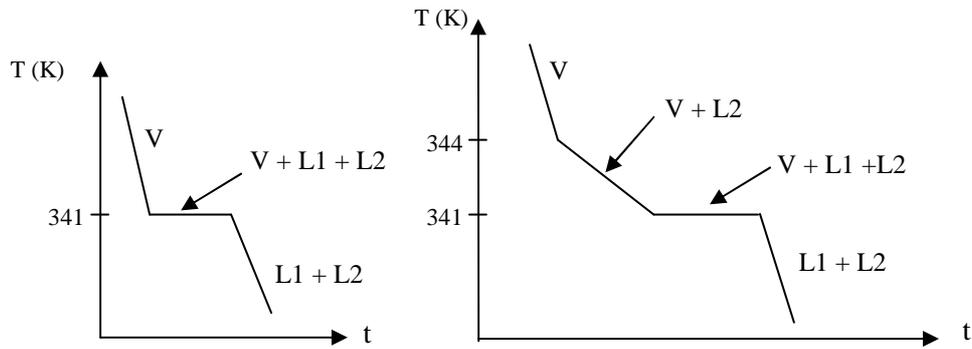
Leur intersection permet de déterminer les coordonnées du point Z : $x_Z = 0,74$; $T_Z = 341$ K

On en déduit : $T = 341$ K (courbe c)

3. Le composé le plus volatil est le benzène (2) ($T_1^* = 373$ K > $T_2^* = 353$ K).

4. Z est le point hétéroazéotrope de coordonnées $x_Z = 0,74$; $T_Z = 341$ K.

Courbe de refroidissement analogue à celle d'un corps pur mais composition qui dépend de P.



5. a) La première goutte de liquide formée contient du benzène pur (L2).

b) Allure ci-dessus (à commenter...).

6. a) Début d'ébullition : 341 K ; phase vapeur : Z à 74% (point 10).

b) Fin d'évaporation à 356 K (point 11).

c) Pour vaporiser entièrement l'eau, il faut $T > 356$ K. Pour que le benzène, il faut $T > 341$ K.

d) $n_{\text{tot}} = 10$ mol soit 5 moles de benzène (2) et 5 moles d'eau (1)

À 350 K, il y a 2 phases : Vapeur + L1 ; par lecture graphique au point 12 :

$$y_2 = 0,61 \quad (y_1 = 0,39) ;$$

Tout le benzène est passé sous forme vapeur $\Rightarrow n_2^v = 5,0$ mol et $n_2^L = 0$ mol

Théorème des moments chimiques $\Rightarrow (0,61 - 0,50) \cdot n^v = 0,5 \cdot n_1^{L1}$ d'où : $n_1^{L1} = 0,22 \cdot n^v$.

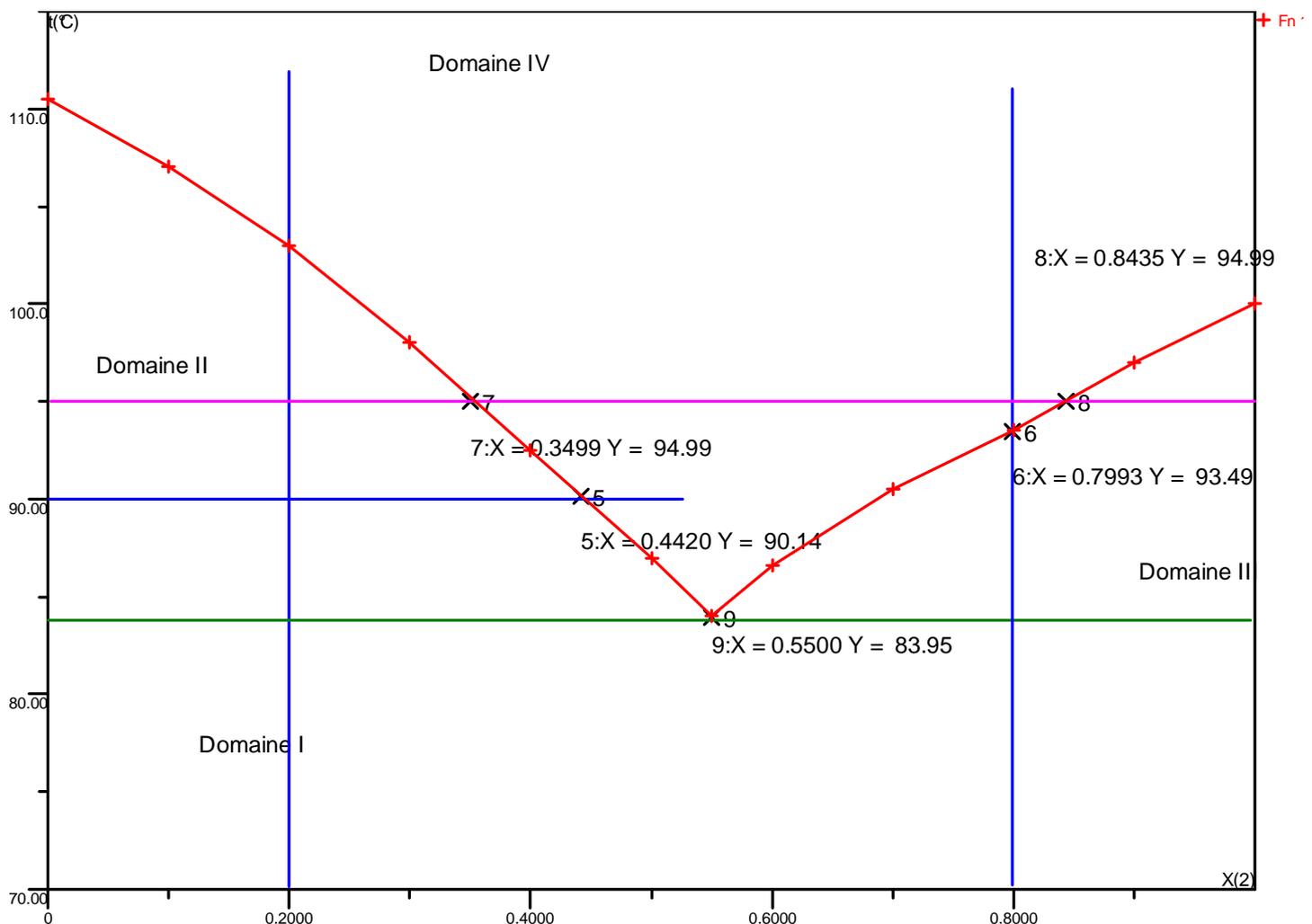
Or : $n^{L1} + n^v = n_{\text{tot}} = 10$ mol ; donc : $n^v = 8,2$ mol et $n^{L1} = 1,8$ mol.

On en déduit : $(n_1)^v = 3,2$ mol

7. À 341 K, sous $P = 1$ bar : $P = P_1^*(T_Z) + P_2^*(T_Z)$ avec $x_Z = 0,74$.

On a donc : $P_2^*(T_Z) = x_Z \cdot P = 0,74$ bar et $P_1^*(T_Z) = (1 - x_Z) \cdot P = 0,26$ bar.

Diagramme binaire isobare liquide-vapeur toluène-eau : corrigé



1. Les deux liquides ne sont pas miscibles.

2. Les courbes représentées sont le liquidus (2 branches) et le palier hétéroazéotrope.

3. Z est le point hétéroazéotrope de coordonnées : $x_Z = 0,55$; $T_Z = 84^\circ\text{C}$.

Analogies avec un corps pur : courbe de refroidissement isobare.

Différences : composition variable avec P.

4. Le mélange ($x_2 = 0,20$ à 90°C , 1,0 bar) est biphasique : domaine II

L1 (toluène) + Vap donc $(n_2)^L = 0 \text{ mol}$ et $y_2 = 0,44$ (point 5 sur le graphe).

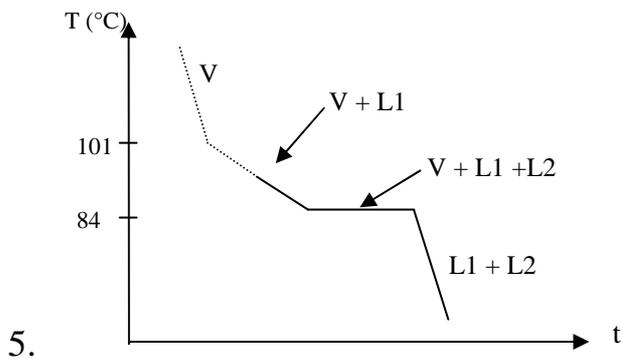
$$x_{2\text{tot}} = 1 - x_{1\text{tot}} = 1 - n_1/n_{\text{tot}} \text{ donc : } n_{\text{tot}} = 2,0/0,8 = 2,5 \text{ mol}$$

Théorème des moments : $(0,44 - 0,20) \cdot n^v = (0,20) \cdot n^L$ soit : $1,2 \cdot n^v = n^L$

$$n^v + n^L = n_{\text{tot}} = 2,5 \text{ mol} \text{ donc : } \underline{n^v = 1,14 \text{ mol}} \text{ et } \underline{n^L = 1,36 \text{ mol}}$$

Donc $(n_1)^L = n^L = 1,36 \text{ mol}$

Et : $(n_2)^v = y_2 \cdot n^v = 0,50 \text{ mol}$ et $(n_1)^v = 0,64 \text{ mol}$



6. 9,0 g d'eau et 11,5 g de toluène : $n_2 = m_2/M_2 = 0,50 \text{ mol}$ et $n_1 = m_1/M_1 = 0,125 \text{ mol}$
 donc $n_{\text{tot}} = 0,625 \text{ mol}$ et $x_{2\text{tot}} = 0,80$.

Début de l'ébullition : $T_Z = 84 \text{ °C}$. Composition de la première bulle de vapeur : $x_Z = 0,55$.

Le liquide qui disparaît en premier est : L1 (toluène).

Dernière goutte de L1 disparaît à : $T_Z = 84 \text{ °C}$. Composition de la vapeur : $y_2 = x_Z = 0,55$

Dernière goutte de liquide disparaît à 93,5 °C (point 8 sur le graphe).

Composition de la vapeur : $y_2 = x_{2\text{tot}} = 0,80$

7. 9,2 g de toluène liquide soit $n_1 = m_1/M_1 = 0,10 \text{ mol}$.

On se déplace sur l'horizontale à 95°C de gauche à droite !

a) Disparition totale de la phase liquide toluène à 95°C $\Rightarrow y_2 = x_{2\text{tot}} = 0,35$ (point 7 sur le graphe).

D'où : $y_1 = x_{1\text{tot}} = 0,65$ d'où : $(n)_{\text{tot}} = 0,10 / 0,65 = 0,15$

d'où : $n_2 = (n)_{\text{tot}} - n_1 = 5,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ d'où $m_2 = 0,93 \text{ g}$

b) Apparition de la phase liquide à 95°C $\Rightarrow y_2 = x_{2\text{tot}} = 0,84$ (point 8 sur le graphe).

L'eau liquide L2 apparaît.

D'où : $y_1 = x_{1\text{tot}} = 0,16$ d'où : $(n)_{\text{tot}} : 0,10 / 0,16 = 0,625$ d'où : $n_2 = (n)_{\text{tot}} - n_1 = 0,525 \text{ mol}$

d'où : $m_2 + \Delta m_2 = 9,45 \text{ g}$.

Il a donc fallu ajouter : $\Delta m_2 = 8,5 \text{ g}$.