

Corrigé de l'épreuve de chimie



Concours Technologie

Session Juin 2012

Barème

Problème I	2,50 pts
Problème II	4,50 pts
Problème III	3,75 pts
Problème IV	9,25 pts

Instructions

- Cette épreuve comporte 10 pages.
- Tout résultat devra être écrit dans les cadres adéquats.
- L'usage des calculatrices électroniques de poche non programmables est autorisé.
- Aucun échange entre les candidats n'est autorisé.
- Les résultats numériques sans unité ou avec unité fausse ne seront pas comptabilisés.

Données relatives à l'ensemble du sujet

On supposera que :

- Les enthalpies et les entropies de la réaction sont indépendantes de la température dans le domaine considéré.
- Les gaz sont parfaits et les solides sont purs.

Données numériques :

Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

Rayons ioniques (pm) : Ion lithium = 68 ; ion fluorure = 136.

Masses molaires (g.mol^{-1}) : $\text{UF}_6 = 352,02$; $\text{F} = 19,0$ et $\text{H} = 1,0$.

Charge de l'électron : $e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Données thermodynamiques à 298,15 K, supposées indépendantes de la température :

	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$	$\text{HF}_{(\text{g})}$	$\text{ZnF}_{2(\text{sd})}$	$\text{ZnO}_{(\text{sd})}$
$\Delta_f H^\circ (\text{kJ.mol}^{-1})$	-241,8	-273,3	-764,4	-350,5
$S^\circ (\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1})$	188,8	173,8	73,7	40,3
potentiel chimique standard $\mu_{298\text{K}}^\circ (\text{kJ.mol}^{-1})$	-228,4	-270,5	?	-321,3

Conversions:

1 bar $\approx$ 1 atm = 760 mmHg.

1 D = $3,33 \times 10^{-30} \text{ C.m.}$

$\theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15 = T(\text{K}).$

Problème I : atomistique

Le fluor occupe la deuxième ligne et l'avant dernière colonne du tableau périodique.

1) Comment appelle-t-on les éléments qui, dans la classification périodique, appartiennent à la même colonne (ou famille) que le fluor.

Les halogènes $\leftarrow$ 0,5

2) Donner le nombre d'électrons de valence du fluor.

$N_v = 7$ $\leftarrow$ 0,5

3) Donner la configuration électronique du fluor dans son état fondamental.

${}_9\text{F} : 1s^2 2s^2 2p^5$ $\leftarrow$ 0,5

4) Donner la représentation de Lewis de cet atome.

$\left| \text{F} \cdot \right|$ $\leftarrow$ 0,5

5) Sachant que l'iode ${}_{53}\text{I}$, le chlore ${}_{17}\text{Cl}$, et le brome ${}_{35}\text{Br}$ appartiennent à la même colonne que le fluor, attribuer à chacun des éléments (I, F, Br et Cl) son électronégativité (échelle de Pauling) : 2,5 ; 2,8 ; 3,0 et 4,0.

${}_9\text{F}$
${}_{17}\text{Cl}$
${}_{35}\text{Br}$
${}_{53}\text{I}$

0,5

L'électronégativité augmente le long d'une colonne du bas vers le haut : $\leftarrow$ 0,25

I : 2,5 ; Br : 2,8 ; Cl : 3,0 ; F : 4,0 $\leftarrow$ 0,5

6) Le moment dipolaire du fluorure d'hydrogène HF vaut 1,82 D. La longueur de la liaison H-F est 0,917 Å. Déterminer le pourcentage d'ionicté de la liaison H-F. Conclure.

$$I_{\text{HF}} = \frac{\mu_{\text{exp}}}{\mu_{\text{th}}} \times 100 \quad \leftarrow 0,5$$

$$\mu_{\text{th}} = \frac{d_{\text{H-F}} \times |e|}{3,33 \times 10^{-30}} = \frac{0,917 \times 10^{-10} \times 1,6 \times 10^{-19}}{3,33 \times 10^{-30}} = 4,41 \text{ D} \quad \leftarrow 0,5$$

$$I_{\text{HF}} = \frac{1,82}{4,41} \times 100 = 41,3\% \quad \leftarrow 0,25$$

Liaison covalente à caractère ionique. $\leftarrow$ 0,5

Problème II : cristallographie

Préliminaire :

1) Rappeler les positions et les nombres des sites octaédriques (O) et tétraédriques (T) dans une maille cubique à faces centrées.

Sites (O) : milieux des arêtes et centre du cube ; nombre = 4

Sites (T) : centres des huit petit cubes d'arête $a/2$; nombre = 8

2) Établir les expressions permettant le calcul des rayons de ces sites en fonction du rayon « r » de l'atome.

Maille cubique à face centrées : $a \times \sqrt{2} = 4 \times r$

Sites (O) : $a = 2 \times (r_{Oct} + r)$; $\frac{4 \times r}{\sqrt{2}} = 2 \times (r_{Oct} + r)$; $r_{Oct} = r \times (\sqrt{2} - 1) = 0,414 \times r$

Sites (T) : $\frac{a \times \sqrt{3}}{4} = r_{Tet} + r$; $\frac{\sqrt{3}}{2} \times r = r_{Tet} + r$; $r_{Tet} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - 1 \right) \times r = 0,225 \times r$

Structure du fluorure de lithium :

Le fluorure de lithium est un cristal ionique de type chlorure de sodium, il est utilisé comme matériau pour fabriquer des prismes pour les spectrophotomètres.

3) Quels sont les sites occupés par l'ion lithium ?

Sites (O)

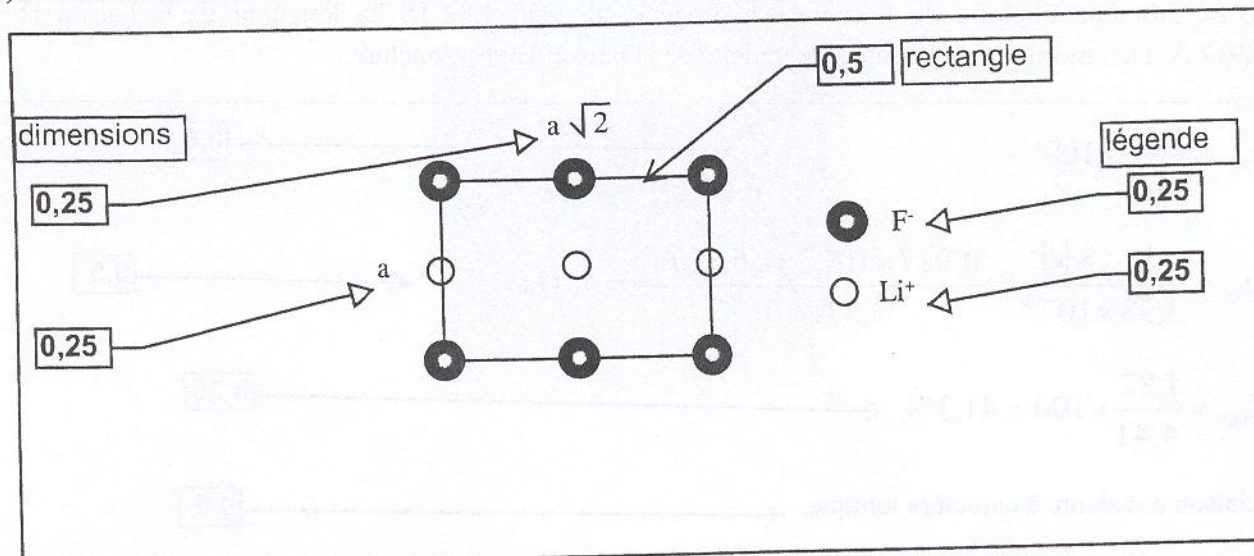
4) Préciser la coordinnence de l'ion lithium par rapport à l'ion fluorure.

Coordinnence = 6

5) Donner les coordnnées réduites des ions lithium dans cette structure.

$(0,0,1/2)$; $(1/2,0,0)$; $(0,1/2,0)$; $(1/2,1/2,1/2)$

6) En se limitant à une seule maille, représenter la trace des ions sur un plan contenant deux axes A_3 sécants.



7) Donner l'expression puis calculer :

7-a) le paramètre « a » de la maille, en supposant que les anions et les cations sont tangents.

$$a = 2 \times (r_{Li^+} + r_{F^-}) \quad \leftarrow \quad 0,5$$

Application numérique :

$$a = 2 \times (0,68 + 1,36) = 4,08 \text{ \AA} \quad \leftarrow \quad 0,5$$

7-b) la compacité de ce cristal.

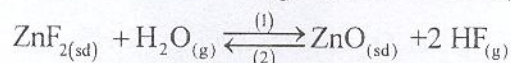
$$\zeta = \frac{4 \times \frac{4}{3} \times \pi \times (r_{Li^+}^3 + r_{F^-}^3)}{a^3} \quad \leftarrow \quad 0,5$$

Application numérique :

$$\zeta = \frac{4 \times \frac{4}{3} \times \pi \times ((0,68)^3 + (1,36)^3)}{(4,08)^3} = 0,7 \quad \leftarrow \quad 0,5$$

Problème III : équilibre chimique

On se propose d'étudier la réaction d'obtention de $HF_{(g)}$ à partir de $ZnF_{2(sd)}$:



1) Dans quel sens évolue le système initialement à l'équilibre lors :

1-a) d'une compression à température constante ?

Si on augmente la pression du système à l'équilibre, alors il évolue dans le sens qui diminue le nombre de moles de gaz. La réaction évolue dans le sens inverse. $\leftarrow 0,5$

1-b) d'une faible addition de $ZnF_{2(sd)}$ à température et volume constants ?

L'ajout de ZnF_2 augmente n_{ZnF_2} ; mais comme il s'agit d'un solide pur, $a_{ZnF_2} = 1$, ne change pas et l'équilibre n'est pas déplacé (V étant constant et V_{ZnF_2} augmente ; V_g diminue légèrement, mais cela n'a pas d'effet sur la réaction). $\leftarrow 1,0$

2) En précisant la signification de chaque terme, donner l'expression puis calculer la variance d'un système contenant seulement les substances écrites dans l'équation chimique ci-dessus ?

L'expression de la variance : $\varpi = C + 2 - \phi - k - r \quad \leftarrow \quad 0,25$

avec :

C : nombre de constituants.

ϕ : nombre de phases.

k : nombre d'équilibres chimiques.

r : nombre de relations imposées entre les paramètres intensifs.

signification

$\leftarrow \quad 0,5$

$$\varpi = 4 + 2 - 3 - 1 - 0 = 2 \quad \leftarrow \quad 0,25$$

3) Peut-on choisir arbitrairement pour ce système :

3-a) le volume, la température et la pression partielle de HF ? Justifier.

Oui, car T , p_{HF} sont deux grandeurs intensives indépendantes et V c'est une grandeur extensive.

0,25

0,25

3-b) la pression partielle de HF (p_{HF}) et la fraction molaire d'eau en phase vapeur ($y_{\text{H}_2\text{O}}$) ? Justifier.

Non, car ils sont dépendants ($p_{\text{HF}} = y_{\text{HF}} \times p = (1 - y_{\text{H}_2\text{O}}) \times p$)

0,25

0,25

4) Donner l'expression de la loi d'action de masse pour cet équilibre.

$$\text{À l'équilibre : } Q = K_T^0 = \left[\frac{(p_{\text{HF}}/p^0)^2}{p_{\text{H}_2\text{O}}/p^0} \right]_{\text{eq}} = \left(\frac{p_{\text{HF}}^2}{p_{\text{H}_2\text{O}} \times p^0} \right)_{\text{eq}}$$

0,5

5) Calculer l'enthalpie standard de la réaction à 298,15 K.

$$\Delta_r H_{298}^0 = 2 \times \Delta_f H_{\text{HF,gaz}}^0 + \Delta_f H_{\text{ZnO,sd}}^0 - \Delta_f H_{\text{ZnF}_2,\text{sd}}^0 - \Delta_f H_{\text{H}_2\text{O,gaz}}^0$$

0,5

$$\Delta_r H_{298}^0 = 2 \times (-273,3) + (-350,5) - (-764,4) - (-241,8) = 109,1 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

0,25

6) Calculer l'entropie standard de la réaction à 298,15 K.

$$\Delta_r S_{298}^0 = 2 \times S_{\text{HF,gaz}}^0 + S_{\text{ZnO,sd}}^0 - S_{\text{ZnF}_2,\text{sd}}^0 - S_{\text{H}_2\text{O,gaz}}^0$$

0,5

$$\Delta_r S_{298}^0 = 2 \times (173,8) + (40,3) - (73,7) - (188,8) = 125,4 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

0,25

7) En déduire l'expression de $\Delta_r G^0$ en fonction de la température T .

$$\Delta_r G_T^0 = \Delta_r H_{298}^0 - T \times \Delta_r S_{298}^0$$

0,5

$$\Delta_r G_T^0 = 109,1 - T \times 125,4 \times 10^{-3} \text{ (kJ.mol}^{-1}\text{)}$$

0,25

7-a) Calculer la valeur de $\Delta_r G^0$ à 298,15 K.

$$\Delta_r G_{298,15}^0 = 109,1 - 298,15 \times 125,4 \times 10^{-3} = 71,71 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

0,25

7-b) Déduire la valeur du potentiel chimique standard à 298,15 K de $\text{ZnF}_{2(\text{sd})}$.

$$\Delta_r G_{298,15}^0 = \sum_i \nu_i \times \mu_i^0(298,15) = 71,71 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

0,5

$$\mu_{\text{ZnO,sd}}^0 + 2 \times \mu_{\text{HF,g}}^0 - \mu_{\text{ZnF}_2,\text{sd}}^0 - \mu_{\text{H}_2\text{O,g}}^0 = 71,71 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\mu_{\text{ZnF}_2,\text{sd}}^0 = \mu_{\text{ZnO,sd}}^0 + 2 \times \mu_{\text{HF,g}}^0 - \mu_{\text{H}_2\text{O,g}}^0 - 71,71$$

0,25

Application numérique :

$$\mu_{\text{ZnF}_2,\text{sd}}^0 = -321,3 + 2 \times (-270,5) - (-228,4) - 71,71 = -705,6 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

0,25

Problème IV : étude du système HF-UF₆

On supposera que les gaz ont un comportement parfait et que les enthalpies molaires de changement d'état sont indépendantes de la température dans les domaines considérés et que l'effet de la pression est négligeable sur les équilibres entre phases condensées.

Diagramme des phases de hexafluorure d'uranium UF₆ pur

1) Compléter le tableau suivant :

	Équilibre liquide-vapeur	Équilibre solide-vapeur
système	vapeur UF₆ ↑ ↓ UF₆ liquide	vapeur UF₆ ↑ ↓ UF₆ solide
a) phénomène	vaporisation ← 0,5	sublimation ← 0,5
b) fraction molaire en phase liquide ou solide	$x_{UF_6} = 1$ ← 0,25	
c) fraction molaire en phase vapeur	$y_{UF_6} = 1$ ← 0,25	
d) expression du potentiel chimique en phase liquide ou solide.	$\mu_{UF_6}^{liq} \approx \mu_{UF_6}^{0,liq}(T)$ ← 0,5	$\mu_{UF_6}^{sd} \approx \mu_{UF_6}^{0,sd}(T)$ ← 0,5
e) expression du potentiel chimique en phase vapeur.	$\mu_{UF_6}^{vap} = \mu_{UF_6}^{0,vap}(T) + R \times T \times \ln\left(\frac{p_{UF_6}}{p^0}\right)$ ← 0,25	$\mu_{UF_6}^{vap} = \mu_{UF_6}^{0,vap}(T) + R \times T \times \ln\left(\frac{p_{UF_6}}{p^0}\right)$ ← 0,25
f) condition d'équilibre	$\mu_{UF_6}^{liq} = \mu_{UF_6}^{vap}$ ← 0,5	$\mu_{UF_6}^{sd} = \mu_{UF_6}^{vap}$ ← 0,5
tension de vapeur (mmHg).	$\log_{10}(p) = 7,538 - \frac{1511}{T(K)}$	$\log_{10}(p) = 10,646 - \frac{2559}{T(K)}$

2) Calculer la température de sublimation standard de UF₆.

$$\log_{10}(760) = 10,646 - \frac{2559}{T_{sub}^0}$$

$$T_{sub}^0 = \frac{2559}{10,646 - \log_{10}(760)} = 329,55 \text{ K}$$

3) Déterminer les conditions (p et T) pour que UF₆ coexiste sous les trois phases liquide, vapeur et solide.

Les deux courbes se coupent au point triple : $7,538 - \frac{1511}{T_{pt}} = 10,646 - \frac{2559}{T_{pt}}$ La température du point triple : $T_{pt} = \frac{2559 - 1511}{10,646 - 7,538} = 337,19 \text{ K}$	La pression du point triple : $\log_{10}(p_{pt}) = 7,538 - \frac{1511}{T_{pt}} = 7,538 - \frac{1511}{337,19} = 3,06$ $p_{pt} = 1148,15 \text{ mmHg}$
--	---

4) Établir les expressions puis calculer à la température du point triple :

4-a) l'enthalpie de vaporisation de UF_6 .

La relation de Clapeyron : $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{vap}} H_m}{T \times (V_m^{\text{gaz}} - V_m^{\text{liq}})}$ 0,25 $(V_m^{\text{gaz}} - V_m^{\text{liq}}) \approx V_m^{\text{gaz}} = \frac{R \times T}{p}$ 0,25 $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{vap}} H_m}{R \times T^2} \times p$ 0,25 $\int_{p^0}^p \frac{dp}{p} = \frac{\Delta_{\text{vap}} H_m^0}{R} \int_{T_{\text{eb}}^0}^T \frac{dT}{T^2}$ $\ln\left(\frac{p}{p^0}\right) = \frac{\Delta_{\text{vap}} H_m^0}{R} \times \left[\frac{1}{T_{\text{eb}}^0} - \frac{1}{T}\right]$ 0,25 $\log_{10}\left(\frac{p}{p^0}\right) = \frac{\Delta_{\text{vap}} H_m^0}{\ln(10) \times R} \times \left[\frac{1}{T_{\text{eb}}^0} - \frac{1}{T}\right]$	$\log_{10}(p) = \frac{\Delta_{\text{vap}} H_m^0}{\ln(10) \times R} \times \frac{1}{T_{\text{eb}}^0} - \frac{\Delta_{\text{vap}} H_m^0}{\ln(10) \times R \times T}$ $\log_{10}(p^0) - \frac{\Delta_{\text{vap}} H_m^0}{\ln(10) \times R \times T}$ Par identification : 0,25 $\frac{\Delta_{\text{vap}} H_m^0}{\ln(10) \times R} = 1511$ $\Delta_{\text{vap}} H_m^0 = 1511 \times \ln(10) \times R$ $= 1511 \times \ln(10) \times 8,314 \times 10^{-3}$ $= 28,89 \text{ kJ.mol}^{-1}$ 0,25
--	--

4-b) l'enthalpie de fusion de UF_6 sachant que l'enthalpie de sublimation est de $48,99 \text{ kJ.mol}^{-1}$.

$\Delta_{\text{fus}} H_m^0 = \Delta_{\text{sub}} H_m^0 - \Delta_{\text{vap}} H_m^0 = 20,1 \text{ kJ.mol}^{-1}$	0,25
--	---

5) En un point de coordonnées $\theta = 50^\circ\text{C}$ et $p = 533,43 \text{ mmHg}$ appartenant à la courbe de sublimation, les volumes molaires de UF_6 dans les deux phases sont :

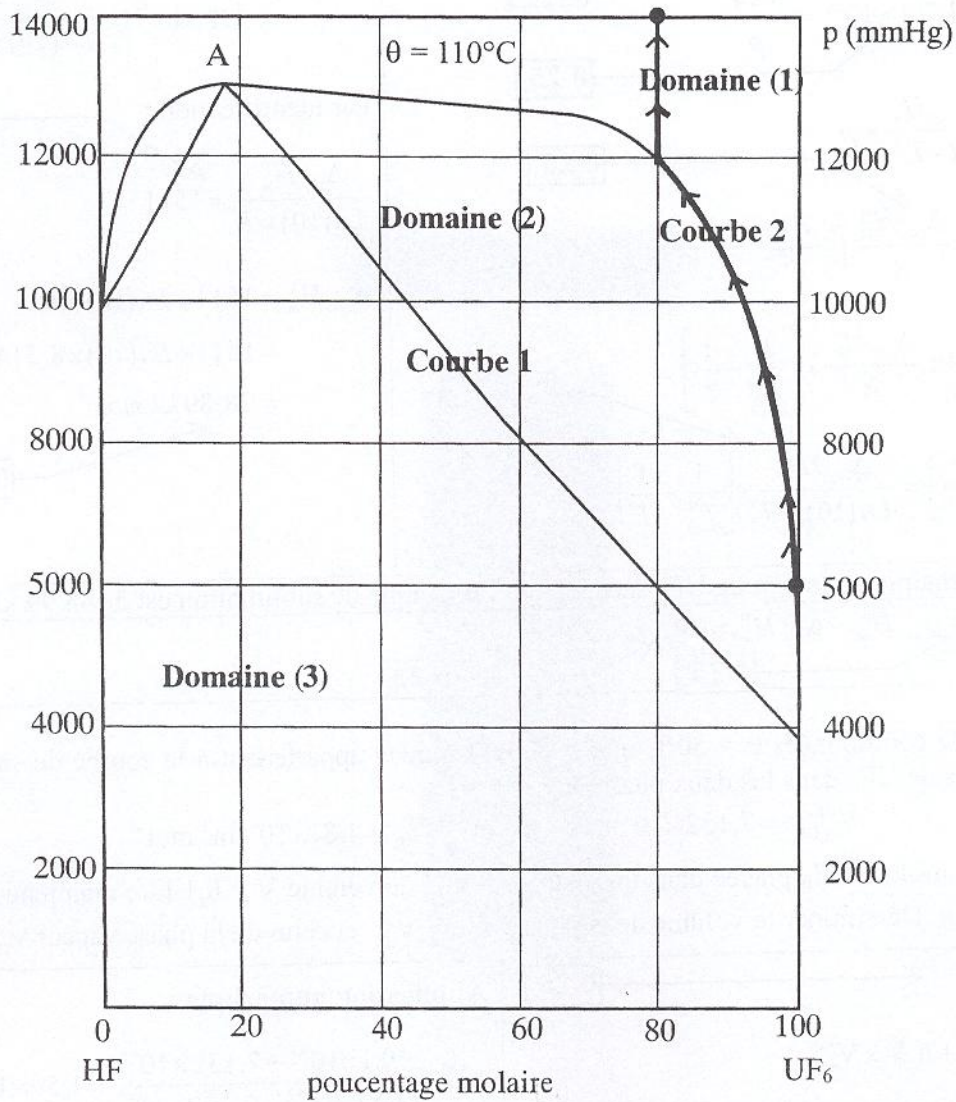
$$V_{\text{m,UF}_6}^{\text{sd}} = 7,132 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \text{ et } V_{\text{m,UF}_6}^{\text{vap}} = 1,81 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Considérons une mole d' UF_6 placée dans un système fermé de volume $V = 0,1 \text{ litre}$ maintenu à $\theta = 50^\circ\text{C}$ et $p = 533,43 \text{ mmHg}$. Déterminer le volume de la phase solide $V_{\text{UF}_6}^{\text{sd}}$ et celui de la phase vapeur $V_{\text{UF}_6}^{\text{vap}}$.

$V = V_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} + V_{\text{UF}_6}^{\text{vap}}$ 0,25 $V = n_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} \times V_{\text{m,UF}_6}^{\text{sd}} + n_{\text{UF}_6}^{\text{vap}} \times V_{\text{m,UF}_6}^{\text{vap}}$ $n_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} + n_{\text{UF}_6}^{\text{vap}} = 1 \text{ mol}$ 0,25 $n_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} = 1 - n_{\text{UF}_6}^{\text{vap}}$ $n_{\text{UF}_6}^{\text{vap}} = \frac{V - V_{\text{m,UF}_6}^{\text{sd}}}{V_{\text{m,UF}_6}^{\text{vap}} - V_{\text{m,UF}_6}^{\text{sd}}}$ 0,25 $n_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} = 1 - n_{\text{UF}_6}^{\text{vap}}$ 0,25 $V_{\text{UF}_6}^{\text{vap}} = n_{\text{UF}_6}^{\text{vap}} \times V_{\text{m,UF}_6}^{\text{vap}}$ 0,25 $V_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} = n_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} \times V_{\text{m,UF}_6}^{\text{sd}}$ 0,25	Application numérique : $n_{\text{UF}_6}^{\text{vap}} = \frac{0,1 \times 10^{-3} - 7,132 \times 10^{-5}}{1,81 \times 10^{-2} - 7,132 \times 10^{-5}} = 1,59 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $n_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} = 1 - 1,59 \times 10^{-3} = 9,98 \times 10^{-1} \text{ mol}$ 0,25 $V_{\text{UF}_6}^{\text{vap}} = 1,59 \times 10^{-3} \times 1,81 \times 10^{-2} = 2,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ $V_{\text{UF}_6}^{\text{sd}} = 9,98 \times 10^{-1} \times 7,132 \times 10^{-5} = 7,12 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 0,25
--	---

Diagramme binaire

Le diagramme binaire liquide-vapeur du système HF-UF₆ à la température de 110°C est représenté ci-dessous. (En abscisse est porté le pourcentage molaire en UF₆ et en ordonnée la pression en mmHg).



6)

6-a) Préciser les phases présentes dans les différents domaines du diagramme, numérotés de (1) à (3).

Domaine (1) : liquide	←	0,25
Domaine (2) : liquide + vapeur	←	0,25
Domaine (3) : vapeur	←	0,25

6-b) Indiquer le nom des courbes frontières.

Courbe 1 : courbe de Rosée.	←	0,25
Courbe 2 : courbe d'ébullition	←	0,25

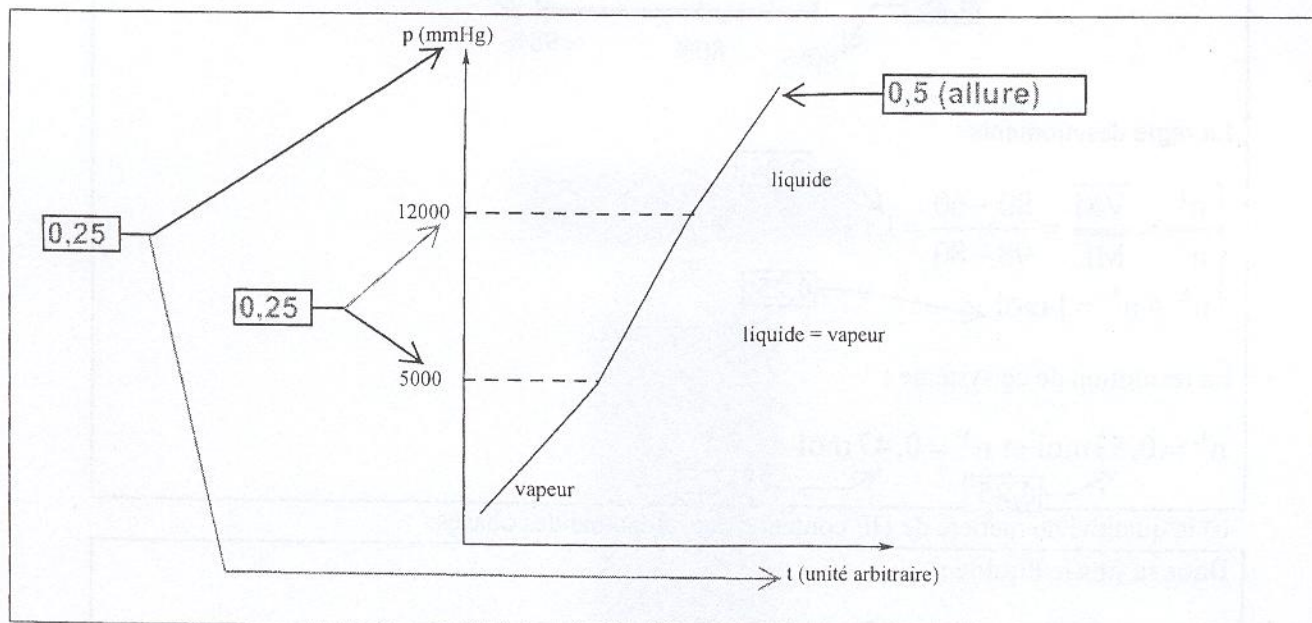
6-c) Quelles sont les différences entre un mélange azéotrope tel que le point «A» et un corps pur.

La fraction molaire de l'azéotrope varie avec un changement de température mais la fraction du corps pur ne varie pas.	←	0,5
--	---	-----

6-d) On procède à une distillation fractionnée d'un mélange liquide UF_6 -HF à 15% molaire en UF_6 . Qu'obtient-on comme résidu et comme distillat ? Justifier.

Distillat : azéotrope (composé le plus volatil).
Résidu : HF

7) Représenter l'allure de la courbe d'analyse de pression obtenue lors de la compression progressive de la vapeur de composition $\%y_{\text{UF}_6} = 80\%$, entre 4000 mmHg et 14000 mmHg.



8) En maintenant la pression constante égale à 8000 mmHg et à la température de 110°C , on ajoute progressivement d' UF_6 à un système constitué de 1 g de HF pur. Donner l'expression puis calculer la masse minimale d' UF_6 qu'il faut ajouter pour obtenir un système biphasé.

On obtient un système biphasé pour $\%y_{\text{UF}_6} = 60\%$

$$60 = \frac{n_{\text{UF}_6}}{n_{\text{UF}_6} + n_{\text{HF}}} \times 100 = \frac{m_{\text{UF}_6}}{m_{\text{UF}_6} + m_{\text{HF}} \times \left(\frac{M_{\text{UF}_6}}{M_{\text{HF}}} \right)} \times 100$$

$$\frac{m_{\text{UF}_6}}{m_{\text{UF}_6} + m_{\text{HF}} \times \left(\frac{M_{\text{UF}_6}}{M_{\text{HF}}} \right)} = 0,6$$

$$m_{\text{UF}_6} = 0,6 \times \left(m_{\text{UF}_6} + m_{\text{HF}} \times \left(\frac{M_{\text{UF}_6}}{M_{\text{HF}}} \right) \right)$$

$$m_{\text{UF}_6} = \frac{0,6 \times m_{\text{HF}} \times \left(\frac{M_{\text{UF}_6}}{M_{\text{HF}}} \right)}{0,4}$$

Application numérique :

$$m_{\text{UF}_6} = \frac{0,6 \times 1 \times \left(\frac{352,02}{20} \right)}{0,4} = 26,4 \text{ g}$$

9) On augmente la pression sur un mélange gazeux de composition molaire en HF = 20% de 2000 jusqu'à 14000 mmHg.

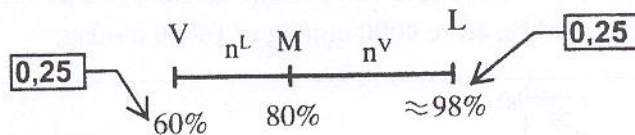
9-a) Représenter sur le diagramme le chemin suivi par le point représentatif de la phase liquide au cours de cette compression.

à effectuer sur le diagramme précédent

9-b) Une mole de ce mélange est portée à 8000 mmHg, à la température 110°C. Déterminer :

i) les quantités de matière des phases en équilibre sous cette pression.

Du diagramme on tire :



La règle des moments :

$$\begin{cases} \frac{n^L}{n^V} = \frac{VM}{ML} = \frac{80-60}{98-80} = 1,11 \\ n^L + n^V = 1 \text{ mol} \end{cases}$$

La résolution de ce système :

$$n^L = 0,53 \text{ mol et } n^V = 0,47 \text{ mol}$$

ii) la quantité de matière de HF contenue dans chacune des phases.

Dans la phase liquide :

$$\%x_{\text{HF}_6} \approx 98\% \text{ c'est-à-dire } \%x_{\text{HF}} = 2,0\%$$

$$x_{\text{HF}} = \frac{n_{\text{HF}}^L}{n^L} = 0,02$$

$$n_{\text{HF}}^L = 0,02 \times n^L$$

$$n_{\text{HF}}^L = 0,02 \times 0,53 = 0,01 \text{ mol}$$

Dans la phase vapeur :

$$\%y_{\text{HF}_6} = 60,0\% \text{ c'est-à-dire } \%y_{\text{HF}} = 40\%$$

$$y_{\text{HF}} = \frac{n_{\text{HF}}^V}{n^V} = 0,40$$

$$n_{\text{HF}}^V = 0,40 \times 0,47 = 0,19 \text{ mol}$$

Fin de l'épreuve