

Chimie physique et applications industrielles
M. Pierre COLINET et M. Benoît HAUT

Répondez à chaque question en entourant la bonne réponse. N'entourez qu'une seule réponse. Il y a trente questions, réparties en deux questionnaires (15 questions sur chaque partie du cours).

Indiquez votre nom sur chacune des pages (y compris celle-ci et les feuilles de brouillons), en haut à droite. L'ensemble des feuilles qui vous ont été distribuées doivent être remises à la fin de l'examen. N'enlevez pas les agrafes reliant les feuilles.

Vous pouvez quitter la salle quand vous le désirez, veuillez remettre vos feuilles à la personne vous surveillant à ce moment là.

Placez votre carte d'étudiant devant vous, afin de procéder à la prise des présences.

Seul un (ou deux, ou trois, ...) bic est nécessaire pour répondre aux questions. Veuillez ne pas garder devant vous autre chose (si ce n'est la carte d'étudiant).

PARTIE GENIE CHIMIQUE (15 Questions)

Question 1.

Laquelle de ces équations représente la loi de Darcy, reliant entre elles la différence de pression Δp aux bornes d'un milieu poreux, son épaisseur H , sa perméabilité K , et la vitesse superficielle v et la viscosité η du fluide le traversant ?

A	B	C	D
$v = \frac{H\Delta p}{K\eta}$	$v = \frac{K\Delta p}{H\eta}$	$v = \frac{K\Delta p \sin(\theta)}{H^{1+\ln(\theta)}}$	$v = \frac{K\Delta p}{\eta H}$

Question 2.

On considère deux compartiments séparés par une membrane d'osmose inverse. Le compartiment de gauche est rempli d'eau pure, tandis que le compartiment de droite est rempli d'une solution d'eau et d'ions, dont la concentration totale est notée C . Si la membrane a une perméabilité K et si on note Δp la différence de pression entre les deux compartiments (pression dans le compartiment de droite moins pression dans le compartiment de gauche), laquelle de ces équations est une équation permettant d'estimer J , la densité de flux de transfert au travers de la membrane (m^3 de liquide transféré par seconde et par m^2 de membrane), du compartiment de droite vers le compartiment de gauche.

A	B	C	D
$J = K\Delta p C$	$J = K\Delta p C^2$	$J = K\Delta p C^3$	$J = K\Delta p C \sqrt{\Delta p}$

Question 3.

En **filtration**, quelles sont les unités de la perméabilité K dans le système M.K.S. ?

A	B	C	D
m^2	m^3	kg/s	J/m^6

Question 4.

En osmose inverse, quelles sont les unités de la perméabilité K dans le système M.K.S. ?

A	B	C	D
$\text{m}^2/(\text{kg}\cdot\text{s})$	$\text{m}^2\text{s kg}$	$\text{m}^2\text{s/kg}$	m^2/kg

Question 5.

On considère une solution liquide d'eau et d'éthanol. Si la fraction volumique en éthanol de la solution est de 0.3, quelle est sa fraction molaire en éthanol ? Les masses volumiques de l'éthanol et de l'eau liquides sont respectivement 800 et 1000 kg/m³. La masse molaire de l'éthanol est 46 g/mol.

A	B	C	D
0.29	0.02	0.12	0.73

Question 6.

On considère un champ de force centrifuge généré par la rotation à la vitesse ω d'un gaz de viscosité η . Si une particule solide sphérique de diamètre d et de masse volumique ρ_s se trouve dans ce champ de force centrifuge, à une distance r du centre de rotation, quelle sera sa vitesse terminale de déplacement radial, notée v_c ?

A	B	C	D
$v_c d = \frac{\ln(v^2 r)}{18 \sin(\phi)} \pi$	$v_c d = \frac{v^2 r}{18 \phi} \pi$	$v_c d = \frac{v^2 r}{18 \phi} \pi$	$v_c d = \frac{\phi v^2 r}{18} \pi$

Question 7.

On considère un cyclone de rayon R et dont le diamètre de la tubulure d'entrée est notée e . Ce cyclone a pour objectif de séparer le gaz et le solide d'une fumée. Le temps de séjour du gaz dans le cyclone est noté t_f . Le temps maximum mis par une particule de diamètre d pour atteindre la paroi du cyclone est noté $t_p(d)$.

Si le débit de gaz subit brusquement une **diminution** de 50 %, comment varie le rapport $t_p(d)/t_f$?

A	B	C	D
Il augmente de 100 %	Il diminue de 50 %	Il ne change pas	Il augmente de 200%

Question 8.

On considère un lit déposé de particules, dont la hauteur est notée H_0 . Ce lit de particules est mis en fluidisation par un gaz. Le débit de gaz minimum pour la mise en fluidisation du lit est noté F_{mf} et la différence de pression aux bornes du lit lorsque ce dernier est en fluidisation est notée Δp . Si H_0 est multipliée par 2, comment F_{mf} et ΔP sont ils modifiés ?

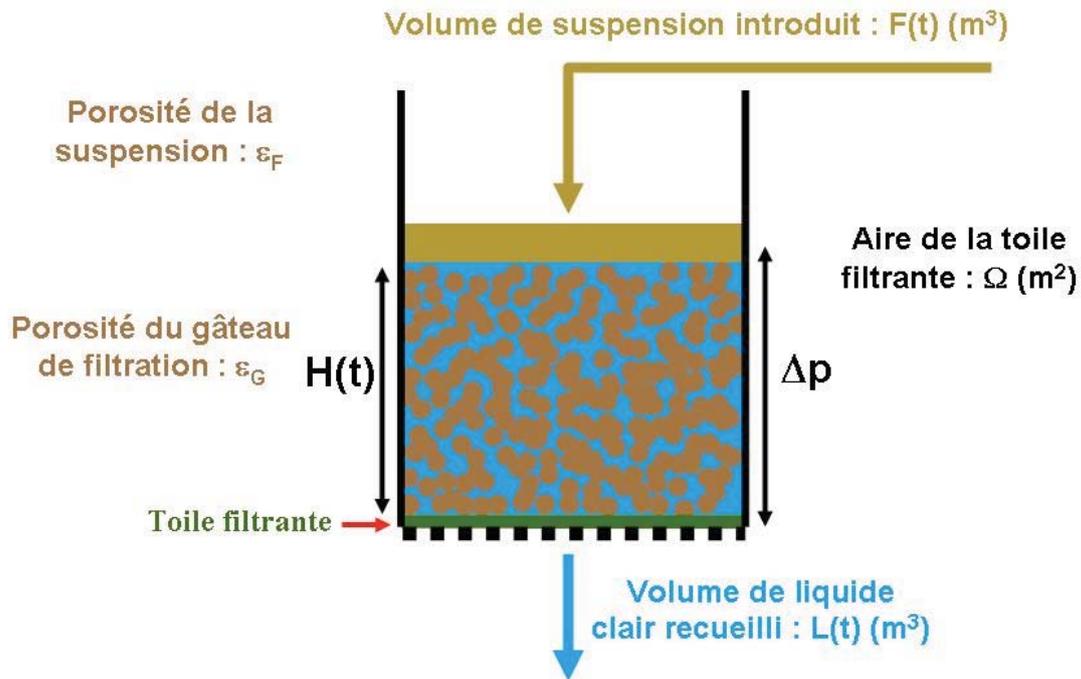
A	B	C	D
Ni l'un ni l'autre n'est modifié	ΔP est multiplié par 4 et F_{mf} ne change pas	ΔP ne change pas et F_{mf} est multiplié par 2	ΔP est multiplié par 2 et F_{mf} ne change pas

Question 9.

Laquelle de ces équations peut être obtenue par la combinaison d'un bilan pour le liquide et d'un bilan pour le solide, tous deux réalisés sur le filtre présenté à la figure ci-dessous ?

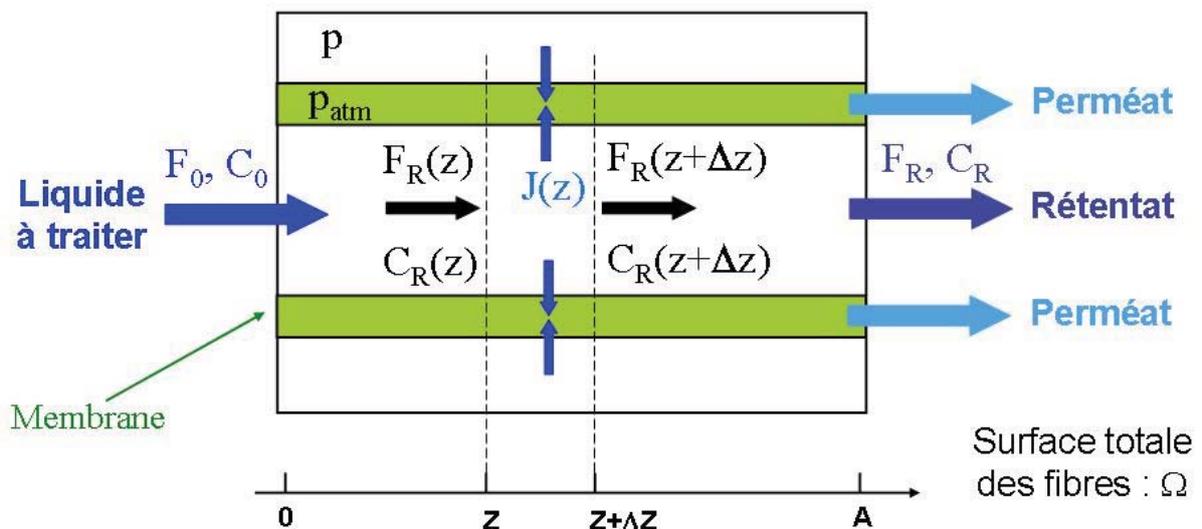
A	B
$(1 - \epsilon_F) L(t) = \Omega H(t) (\epsilon_F - \epsilon_G)$	$\Omega (1 - \epsilon_F) L(t) = H(t) (\epsilon_F - \epsilon_G)$

C	D
$(1 - \epsilon_G) L(t) = \Omega H(t) (\epsilon_F - \epsilon_G)$	$(1 - \epsilon_F) L(t) = \Omega H(t) (\epsilon_G - \epsilon_F)$



Questions 10 et 11.

Soit le module d'osmose inverse représenté à la figure ci-dessous. p est la pression du rétentat, tandis que p_{atm} est la pression à l'intérieur des fibres. $C_R(z)$ est la concentration totale en ions dans le rétentat, à la position z du module (mol/m^3). $F_R(z)$ est le débit de rétentat à la position z du module (m^3/s). $J(z)$ est la densité de flux d'eau transférée au travers de la membrane à la position z (m^3 d'eau par seconde et par m^2 de membrane). Ω est la surface totale des fibres dans le module (m^2) et A est la longueur du module (m).



F : débit de liquide (m^3/s)
 C : concentration totale des ions en solution ($moles/m^3$)
 J : densité de flux d'eau à travers la surface des fibres (m^3 d'eau/($s \cdot m^2$ de fibre))

Laquelle de ces équations représente un bilan de matière pour le rétentat ?

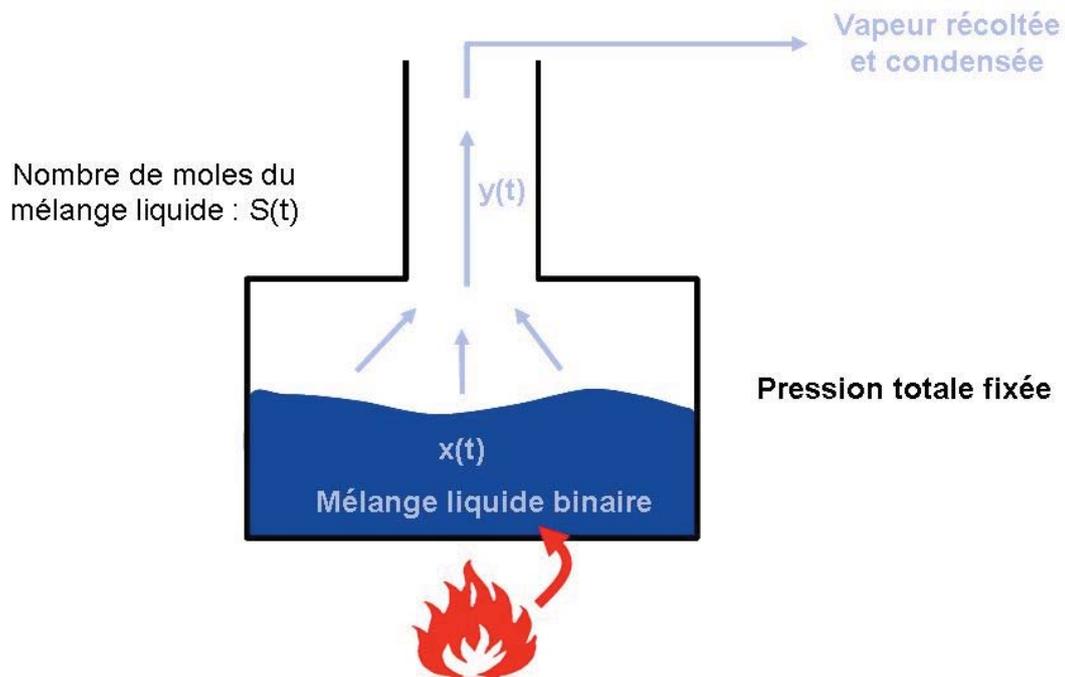
A	B	C	D
$\frac{dF_R}{dzA} = + Jz() \frac{Y}{-}$	$\frac{dF_R}{dzA} = Jz() \frac{Y}{-}$	$\frac{dF_R}{dzA} = + \sqrt{Jz()} \frac{Y}{-}$	$\frac{dF_R}{dzA} = + Jz() \frac{Y}{-2}$

Laquelle de ces équations représente un bilan de matière pour les ions dans le rétentat ?

A	B	C	D
$\frac{d}{dzA} (F_{RR} C_{RZ}) = + () \frac{Y}{-}$	$\frac{dF_R dC}{dz dz} C_{RR} = + \text{---}$	$\frac{dF_R}{dz} C_R = 0$	$\frac{dF_R}{dz} C_{RZ} = + ()$

Questions 12 et 13.

Soit un procédé de distillation discontinue d'un mélange de toluène et de benzène (solution liquide idéale). On note $S(t)$ le nombre de moles de liquide dans la cuve d'ébullition à l'instant t . On note $x(t)$ la fraction molaire en benzène dans la phase liquide dans la cuve d'ébullition à l'instant t et $y(t)$ la fraction molaire en benzène dans la vapeur produite à l'instant t .



Lequel de ces bilans de matière pour le benzène contenu dans la phase liquide dans la cuve d'ébullition est il correct ?

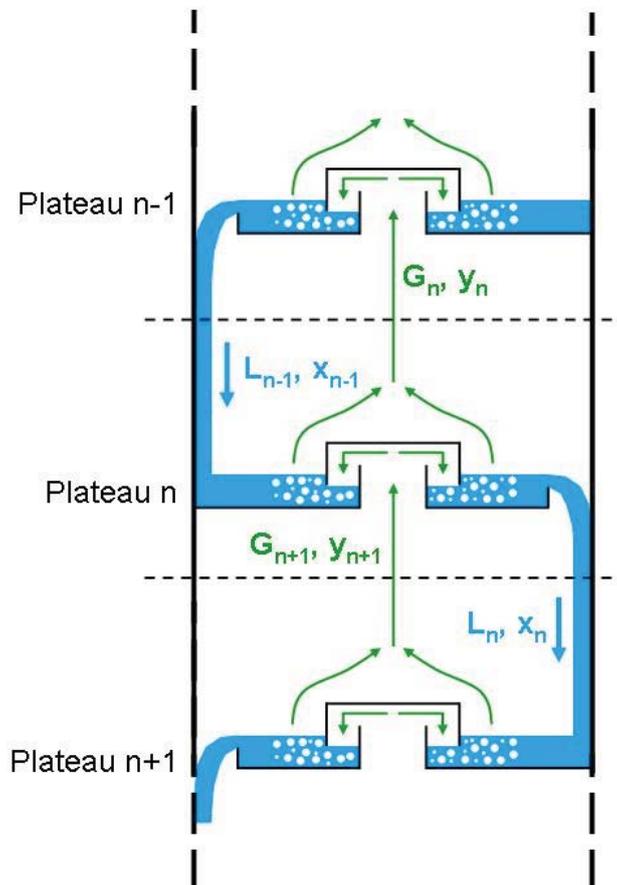
A	B	C	D
$S_{yx} \frac{dx dS}{dt dt} = + - ()$	$S_{xy} \frac{dx dS}{dt dt} = + - ()$	$S_{yx} \frac{dx dS}{dt dt} = + - ()$	$S_{yx} \frac{d(x / ^2)}{dt dt} = + - ()$

Si l'on suppose que la phase vapeur créée dans la cuve d'ébullition est à l'équilibre thermodynamique avec le liquide dans cette même cuve, quelle relation peut-on écrire entre $x(t)$ et $y(t)$? $\alpha > 1$ est le rapport entre les pressions de saturation du benzène et du toluène, à une même température.

A	B	C	D
$y = \frac{x}{\alpha x + (1 - \alpha)}$	$y = \frac{\ln(\alpha) x}{\alpha x + (1 - \alpha)}$	$y = \frac{x}{\alpha x + (1 - \alpha)}$	$y = \frac{x}{\alpha x + (1 - \alpha)}$

Questions 14 et 15.

Soit la colonne à plateaux représentée à la figure ci-dessous. G désigne un débit de gaz (mol/s), tandis que L désigne un débit de liquide (mol/s). x et y désignent une fraction molaire en le composé à absorber respectivement dans le liquide et dans le gaz. Un indice n se rapporte à une phase quittant le $n^{\text{ième}}$ plateau.



Laquelle de ces équations désigne un bilan de matière pour le composé à absorber sur la partie de l'appareil située **entre** les lignes en pointillées sur la figure ?

A	B
$GyLxLxGy \quad 2 \quad +1111$	$GyLxLxGy \quad +1111$

C	D
$GyLxLxGy \quad +11111$	$GyLxLxGy \quad +1111$

Laquelle de ces équations désigne un bilan de matière pour les inertes dans la phase liquide sur la partie de l'appareil située **entre** les lignes en pointillées sur la figure ?

A	B
$LxL(11=+) \quad (\quad)$	$Gy(L1=+) \quad +1(\quad)$

C	D
$Lx(L1=+) \quad +1(\quad)$	$Lx(L1=+) \quad \sqrt{\quad} \quad +1(\quad)$

PARTIE CHIMIE PHYSIQUE (15 Questions)

Question 1

Si $c_{p,\gamma}$ est la chaleur spécifique molaire d'un constituant γ d'un mélange, et R est la constante des gaz parfaits, quelles sont les unités de $c_{p,\gamma}/R$?

A	B	C	D
J	J/K	Sans unité	J/mol

Question 2

Si l'on mesure la tension de vapeur p d'un liquide pur pour différentes températures T , on obtiendra généralement une droite en représentant dans un diagramme :

A	B	C	D
Le logarithme de T en fonction de $1/p$	Le logarithme de p en fonction de $1/T$	Le logarithme de p en fonction de T	p en fonction de $1/T$

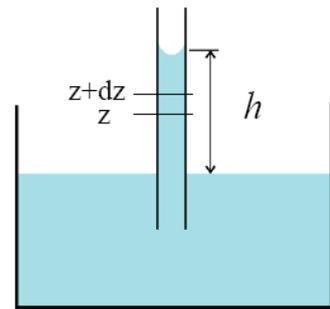
Question 3

L'énergie libre de Gibbs G est

A	B	C	D
Minimale à l'équilibre d'un système maintenu à température T et volume V constants	Minimale à l'équilibre d'un système maintenu à température T et pression p constantes	Minimale à l'équilibre d'un système isolé (énergie U et volume V constants)	Minimale à l'équilibre d'un système maintenu à composition constante

Question 4

Si on trempe un tube en verre de rayon r dans un récipient contenant un liquide pur, et que l'angle de contact que forme le liquide avec le verre est θ , laquelle de ces affirmations est correcte (h est la hauteur de montée du liquide dans le tube) ?



A	B	C	D
La hauteur h est proportionnelle au rayon r	La hauteur h est proportionnelle à la section du tube, c-à-d au rayon r <u>au carré</u>	La hauteur h est inversement proportionnelle au rayon r	La hauteur h est indépendante du rayon r , pour autant que θ soit constant

Question 5

Que vaut la variance pour un système formé de 4 constituants et de 3 phases en présence de 2 réactions chimiques à l'équilibre ?

A	B	C	D
0	1	2	3

Question 6

La loi de Henry peut s'énoncer :

A	B	C	D
La tension de vapeur d'un soluté est proportionnelle à son nombre de moles	La tension de vapeur d'un soluté est proportionnelle à son titre massique en phase liquide	La tension de vapeur d'un soluté est inversement proportionnelle à son titre massique en phase liquide	La tension de vapeur d'un soluté est proportionnelle à son titre molaire en phase liquide

Question 7

En toute généralité, de quelles variables intensives peut dépendre l'activité a_γ d'un constituant γ d'un mélange de c constituants ?

A	B	C	D
T et p uniquement	T et V uniquement	T, p et les titres $x_{\gamma=1, \dots, c}$ uniquement	x_γ uniquement

N.B. T est la température, p la pression, V le volume total, x_γ le titre molaire du constituant γ .

Question 8

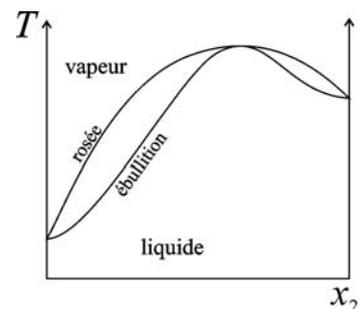
Soit un mélange solide de 2 constituants A et B, à l'équilibre avec une vapeur contenant également les deux constituants A et B, sans réaction chimique. Quelles sont les (ou quelle est la) condition(s) d'équilibre chimique, exprimée(s) en fonction des potentiels chimiques ?

A	B	C	D
$\mu^s = \mu^v$	$\mu_A^s = \mu_A^v$	$\mu_A^s = \mu_A^v$ et $\mu_B^s = \mu_B^v$	$\mu_A^s = \mu_A^v = \mu_B^s = \mu_B^v$

N.B. s et v en exposant signifient solide et vapeur, respectivement.

Question 9

Soit le diagramme d'équilibre représenté à droite (mélange binaire), et soit x_A la composition au point azéotropique. En supposant que le système soit initialement formé de liquide à la composition $x_2 > x_A$ et que l'on tente de distiller ce mélange de manière discontinue (c-à-d que la vapeur produite par ébullition est séparée, ensuite entièrement recondensée, avant de répéter l'opération), quel sera la concentration du liquide obtenu après plusieurs itérations ?



A	B	C	D
$x_2 = 1$	$x_2 = x_A$	$x_2 = 0$	identique à la concentration initiale

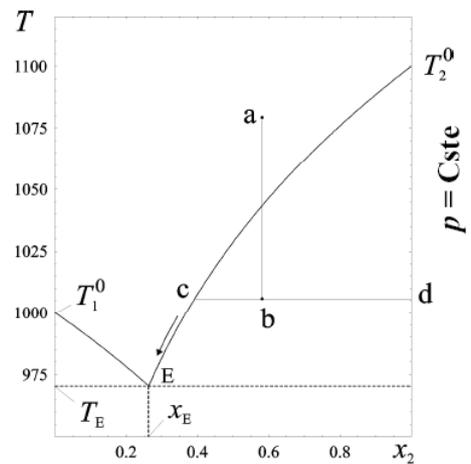
Question 10

La loi cryoscopique peut s'énoncer :

A	B	C	D
L'ajout d'un soluté à un liquide pur fait diminuer sa température de fusion	L'ajout d'un soluté à un liquide pur fait diminuer sa température d'ébullition	L'ajout d'un soluté à un liquide pur fait augmenter sa température de fusion	L'ajout d'un soluté à un liquide pur fait augmenter sa température d'ébullition

Question 11

Soit le diagramme des phases solide-liquide (pour un système à deux constituants) représenté à droite. En partant d'un mélange liquide représenté par le point a, on refroidit le système brusquement jusqu'au point b. Quel sera l'état du système lorsque celui-ci aura atteint l'équilibre thermodynamique ?



A	B	C	D
Un mélange solide homogène des deux constituants	Un équilibre entre deux phases solides pures et un mélange liquide	Un équilibre entre un mélange solide et un mélange liquide	Un équilibre entre une phase solide pure et un mélange liquide

Question 12

Pour un mélange de gaz parfaits, quel énoncé est-il correct ?

A	B	C	D
Le potentiel chimique de chaque constituant augmente logarithmiquement avec la pression totale	Le potentiel chimique de chaque constituant est indépendant de la composition	Le potentiel chimique de chaque constituant ne dépend que de la température	Les potentiels chimiques des constituants sont tous égaux entre eux

Question 13

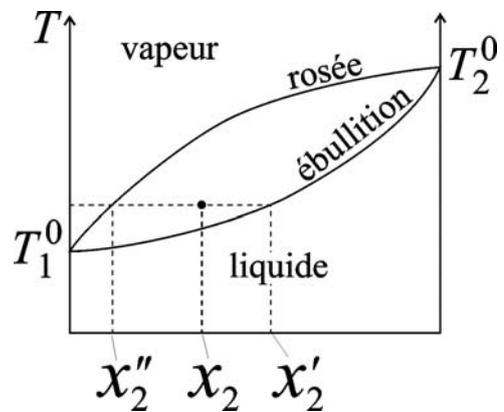
Un état métastable est, par définition,

A	B	C	D
Un état stable pour de petites perturbations mais instable pour de grandes perturbations	Un état stable pour de grandes perturbations mais instable pour les petites perturbations	L'état d'équilibre thermodynamique le plus stable	Un état à la limite entre la stabilité et l'instabilité

Question 14

Soit un système formé de deux phases, l'une liquide ('), l'autre gazeuse (''), contenant chacune les constituants 1 et 2. Ce système est caractérisé par le diagramme des phases à pression constante représenté à droite, liant la fraction molaire en constituant 2 dans les deux phases et la température du système.

Si le titre molaire global du système vaut x_2 et que la température du système correspond à la ligne horizontale en pointillé, quelle relation est correcte ?



A	B	C	D
$\frac{n'}{n''} = \frac{x_2' - x_2}{x_2 - x_2''}$	$\frac{n''}{n'} = \frac{x_2' - x_2}{x_2 - x_2''}$	$\frac{n''}{n'} = \frac{x_2 - x_2'}{x_2 - x_2''}$	$\frac{n_2''}{n_2'} = \frac{x_2' - x_2}{x_2 - x_2''}$

N.B. n_i' est le nombre de moles de i dans la phase liquide, n_i'' est le nombre de moles de i dans la phase gazeuse, $n' = n_1' + n_2'$ et $n'' = n_1'' + n_2''$.

Question 15

Quel énoncé du Second Principe est correct ?

A	B
L'entropie d'un système fermé ne peut qu'augmenter	L'entropie d'un système isolé ne peut que rester stationnaire
C	D
L'entropie d'un système isolé ne peut pas diminuer	L'entropie d'un système ouvert ne peut qu'augmenter (ou rester stationnaire)