

8 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

Exercice 1:

On place 1 litre d'eau pure dans une cocotte. On ferme la cocotte et on la place sur le feu. La pression de vapeur saturante de l'eau étant de 1 bar, calculer la température d'ébullition de l'eau.

Réponses:

$$P_{sat} = \left(\frac{t}{100}\right)^4 \Rightarrow \frac{t}{100} = (P_{sat})^{\frac{1}{4}} \Rightarrow t = 100 \times (P_{sat})^{\frac{1}{4}} = 100^\circ C$$

Exercice 2:

On introduit une masse d'eau ($m = 4g$) dans un récipient de volume $V = 10l$ initialement vide et on le porte à la température $t_1 = 80^\circ C$.

On donne pour l'eau: $P_{sat}(80^\circ C) = 0.466bar$; $P_{sat}(100^\circ C) = 1bar$

- 1) La pression de vapeur saturante de l'eau sera-t-elle atteinte dans l'enceinte? Déduire alors la masse d'eau qui restera à l'état liquide?
- 2) On porte le récipient à la température $t_2 = 100^\circ C$. Quelle est la nature du nouvel état d'équilibre? Quelle sera la pression de vapeur dans l'enceinte?

9 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

Réponses:

$$1) *) m_{eau} = 4g \Rightarrow \begin{cases} V_{eau} = \frac{m}{\rho_{eau}} = \frac{4}{1} = 4cm^3 = 0.004l \\ n_{eau} = \frac{m}{M} = \frac{4}{18} = 0.22moles \end{cases}$$

$$\rho_{eau} = 1g/cm^3 \quad V_{eau} \ll V_{enceinte} \Rightarrow \text{négligeable}$$

*) Calculons le nombre de moles d'eau (n) qui suffiront pour saturer l'enceinte de vapeur (saturante).

$$P_{sat} \times V = nRT \Rightarrow n = \frac{P_{sat} \times V}{RT} = \frac{0.466 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3}}{8.31(273+80)} = 0.16moles$$

Nous disposons de 0.22 moles $\Rightarrow (0.22 - 0.16) = 0.06moles$ resteront à l'état liquide. Leur masse est:

$$m_{eau\ liquide} = n \times M = 0.06 \times 18 = 1.08g$$

Remarquons que c'est parce que $V_{eau} \ll V_{enceinte}$ que nous avons considéré que 0.16 moles occupent tout le volume de 10l, autrement, il aurait fallu tenir compte du volume de l'eau liquide qui ne se transforme pas en vapeur.

10 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

2) Calculons le nombre de moles d'eau qui **suffiront** pour saturer l'enceinte de vapeur:

$$n = \frac{P_{sat} \times V}{RT} = \frac{1 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3}}{8.31(273+100)} = 0.32 \text{ moles}$$

Nous ne disposons que de $0.22 \text{ moles} \Rightarrow$ on n'aura pas l'état d'équilibre qui correspond à la saturation.

Les 0.22 moles vont se transformer en vapeur dont la pression est dite **pression de vapeur** ou **pression de vapeur partielle**:

$$P_{vapeur} V = nRT \Rightarrow P_{vapeur} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.22 \times 8.31 \times (273+100)}{10 \times 10^{-3}} \simeq 68252 \text{ Pa} \\ = 0.68 \text{ bar}$$

Remarques

Le processus d'évaporation persiste tant que la **pression de vapeur** (P_{vapeur}) reste inférieure à la **pression de saturation** (P_{sat}).

L'**équilibre** entre la phase liquide et la phase gazeuse est atteint lorsque $P_{vapeur} = P_{sat}$, dès lors, plus aucune molécule de vapeur ne pourra être formée car l'enceinte est alors **saturée**.

11 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

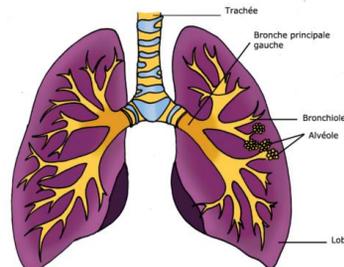
Application médicale

Le corps humain élimine 2.4l d'eau (urines, sueur, respiration..) par jour, dont 300 à 400g sont assurés par les **poumons** via les alvéoles (**évaporation**). Cependant, cette masse de vapeur d'eau dépend de l'**humidité de l'air inspiré**. En effet:

	Composition de l'air inspiré	Composition de l'air expiré
N_2	79%	79%
O_2	21%	16%
CO_2	0.03%	4.5%
Vapeur d' H_2O	Quantité variable	Très abondante

→ Si l'air inspiré est **saturé** en vapeur d'eau \Rightarrow l'élimination de l'eau du corps par les alvéoles sera **nulle**.

→ Si l'air inspiré est **sec** \Rightarrow l'élimination sera maximale.



12 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

3- CHANGEMENT DE PHASE

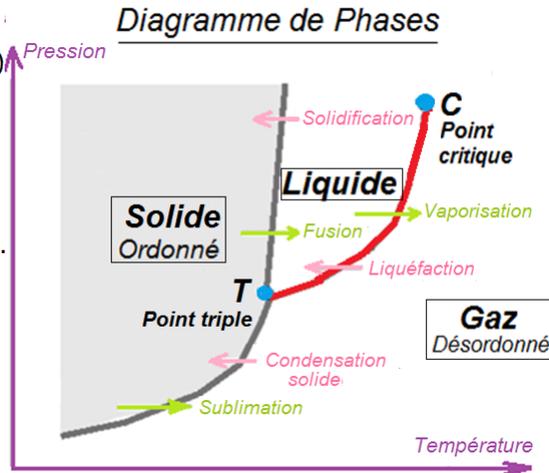
C'est le passage de l'une à l'autre des phases ((*l*), (*g*), (*s*)) d'un corps pur, illustré par le **diagramme de phases** de coordonnées *P* et *T*.

→ Au point (*T*) les 3 phases **coexistent** en même temps.

→ Au point (*C*) la courbe qui joint (*T*) à (*C*) s'interrompt. Au delà de (*C*) on ne distingue plus entre (*l*) et (*g*). Ce sera une seule phase **fluide**.

→ La courbe qui joint (*T*) à (*C*) représente les états d'**équilibre** entre (*l*) et (*g*). La pression de saturation P_{sat} se lit sur cette courbe.

Tout **changement d'état** d'un corps pur s'accompagne d'un **mouvement de chaleur**. On distingue:



13 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

→ Les changements **endothermiques**, qui **consomment** l'énergie: vaporisation, sublimation et fusion.

→ Les changements **exothermiques**, qui **libèrent** l'énergie: liquéfaction, solidification et condensation solide.

D- NOTIONS DE THERMODYNAMIQUE

Thermodynamique: étude du comportement **thermique** des corps (mouvements de la chaleur).

1- ENERGIE CALORIFIQUE – ou CHALEUR-

ΔQ : énergie qui s'écoule d'un corps vers un autre (du + chaud vers le - chaud).

Si $\Delta Q < 0 \Rightarrow$ énergie **dégagée**.

Si $\Delta Q > 0 \Rightarrow$ énergie **absorbée**.

Si $\Delta Q = 0 \Rightarrow$ **pas de transfert** d'énergie \Rightarrow les corps ont même **température**. C'est l'**équilibre thermique**.

2- ENERGIE INTERNE D'UN SYSTEME

$U = \sum$ de toutes les énergies **microscopiques** des constituants de ce système (cinétique, chimique, électrique, nucléaire).

14 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia**1^{er} principe de la thermodynamique:**

Pour un système **fermé**, l'énergie **se conserve**:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W$$

ΔW : travail effectué par le système et qui affecte son **état thermodynamique** (volume, température, pression).

Si $\Delta W < 0 \Rightarrow$ le système **fournit** le travail.

Si $\Delta W > 0 \Rightarrow$ le système **subit** le travail.

2^{ème} principe de la thermodynamique:

Ce principe établit l'**irréversibilité** des échanges thermiques. Il est dit principe d'**évolution**.

Exercice 3:

Lors d'un processus, on fournit 8000cal de chaleur à un système, alors que ce dernier effectue un travail de 6000 Joules. De combien varie l'énergie interne du système durant le processus?

Réponses: