

### Exercice 1

Les protons et les neutrons forment des groupes denses appelés noyaux qui constituent les assemblages de base de la matière.

Le proton est chargé positivement et le neutron est électriquement neutre, ce qui fait que chaque noyau est chargé d'une quantité d'électricité positive liée à son nombre de protons. Pour garder un ensemble électriquement neutre, le noyau d'un atome est entouré d'électrons.

1) Quel est le nombre d'électrons qui entourent les noyaux suivants :

- le plus léger;
- le plus lourd; et
- l'oxygène.

2) Sachant que la masse de l'électron est 1850 fois plus légère que celle du proton, quelle est la proportion des noyaux dans la masse de l'univers ?

### Exercice 2

Chaque atome possède une énergie potentielle stockée dans le noyau pour maintenir ses particules ensemble : c'est l'énergie de liaison (binding energy) qui correspond à la différence entre la masse théorique et la masse réelle de l'atome (déficit de masse).

Calculez l'énergie de liaison pour le  $^{12}\text{C}$ .

L'équation d'équivalence entre la masse et l'énergie d'après Einstein est :  $E = Mc^2$

$$c = 2,997925 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{Masse d'un proton} = 1,007825 \text{ uma}$$

$$\text{Masse d'un neutron} = 1,008665 \text{ uma}$$

$$1 \text{ uma} = 931,5 \text{ MeV (million électron-volt)}$$

$$1 \text{ eV} = 1,602189 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 10^7 \text{ ergs}$$

### Exercice 3

On définit le **nombre d'Avogadro** comme étant le nombre d'entités élémentaires (atomes, ions, molécules) contenues dans une mole de matière. En utilisant le  $^{12}\text{C}$ , calculez la valeur du nombre d'Avogadro.

$$\text{On donne : } 1 \text{ uma} = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

### Exercice 4

Tous les corps qui nous entourent sont constitués d'atomes et de molécules qui se présentent sous différents états. solides, liquides, gaz ou plasma. A une température de 0 absolu (-273 °C), toutes les molécules sont figées et les corps qu'elles constituent sont à l'état solide.

Sachant que les états d'un corps changent en fonction de la température :

- 1) Décrivez le scénario de changement d'état d'un corps à -273°C, en augmentant la température.
- 2) Déduire ce que c'est la température au juste?

### Exercice 5

Le Cl a deux isotopes  $^{35}\text{Cl}$  et  $^{37}\text{Cl}$ . Etant donné que la masse atomique du Cl est de 35,45269 uma, calculez les abondances respectives des deux isotopes :

$$^{35}\text{Cl} : \text{masse} = 34,9688 \text{ uma} \text{ et } ^{37}\text{Cl} : \text{masse} = 36,9659 \text{ uma}$$

### Exercice 6

Considérons les molécules  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$  et  $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$  dans un réservoir de CO (gaz), calculez le rapport des vitesses des deux molécules sachant que leurs énergies cinétiques sont égales à une température donnée.

L'équation de l'énergie cinétique est :  $E_c = k T = \frac{1}{2} m v^2$  où  $k$  = constante de Boltzmann,  $T$  = température absolue,  $m$  = masse moléculaire et  $v$  = vitesse moléculaire moyenne.

Sachant que dans un système contenant du CO, les molécules  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$  peuvent diffuser préférentiellement hors du système, comment expliquer ce phénomène.

**Exercice 7**

Si l'on connaît les proportions des différentes liaisons dans un minéral, on peut calculer le coefficient de fractionnement entre ce minéral et l'eau.

En utilisant les coefficients de fractionnement de l'oxygène entre différents types de liaisons et l'eau (Tab. 1) et les proportions des différentes liaisons avec l'oxygène des silicates (Tab. 2), calculez les coefficients de fractionnement de l'oxygène entre le quartz et l'eau et entre les feldspaths potassiques (Fd-K) et l'eau.

**Tableau 1.** Valeurs estimées du fractionnement isotopique de l'oxygène entre différentes liaisons et l'eau à 0 et 17 °C.

	1000 ln $\alpha$	17 °C	0 °C	Réf. Des données
1	Si– O – Si	36,36	41,45	Quartz-eau (Masuhisa et al., 1979)
2	Si – O – Al	25,94	29,63	Qz-eau et Fd <sub>K</sub> -eau (O'Neil et Tatlor, 1967)
3	Si – O – M	16,28	19-93	½ de la somme Si-O-Si et M-O-M
4	Al – O – Al	15,52	17,81	$\alpha_{(Si-O-Si)} - \alpha_{(Al-O-Al)} = 2 \alpha_{(Si-O-Al)}$
5	Al – O – M	5,86	8,11	½ de la somme Al-O-Al et M-O-M
6	M – O – M	-3,80	-1,60	Magnétite-eau (Becker, 1971)
7	Al – OH	16,50	19,50	(Savin, 1967)
8	M – OH	11,50	15,50	(Savin, 1967)

**Tableau 2.** Pourcentages des divers types de liaisons dans certains minéraux. Les N° de 1 à 8 font référence aux types de liaisons montrés au tableau 1.

Minéral	1	2	3	4	5	6	7	8
Quartz	100							
Fd-K	50	50						
Kaolinite	33,33	22,22					44,44	
Smectite	50	18,52	3,7	7,72	3,09	0,31	13,89	2,78
Muscovite	28,12	35,42		19,79			14,58	2,08
Biotite	28,12	18,75	16,67	3,13	5,55	11,11		16,67

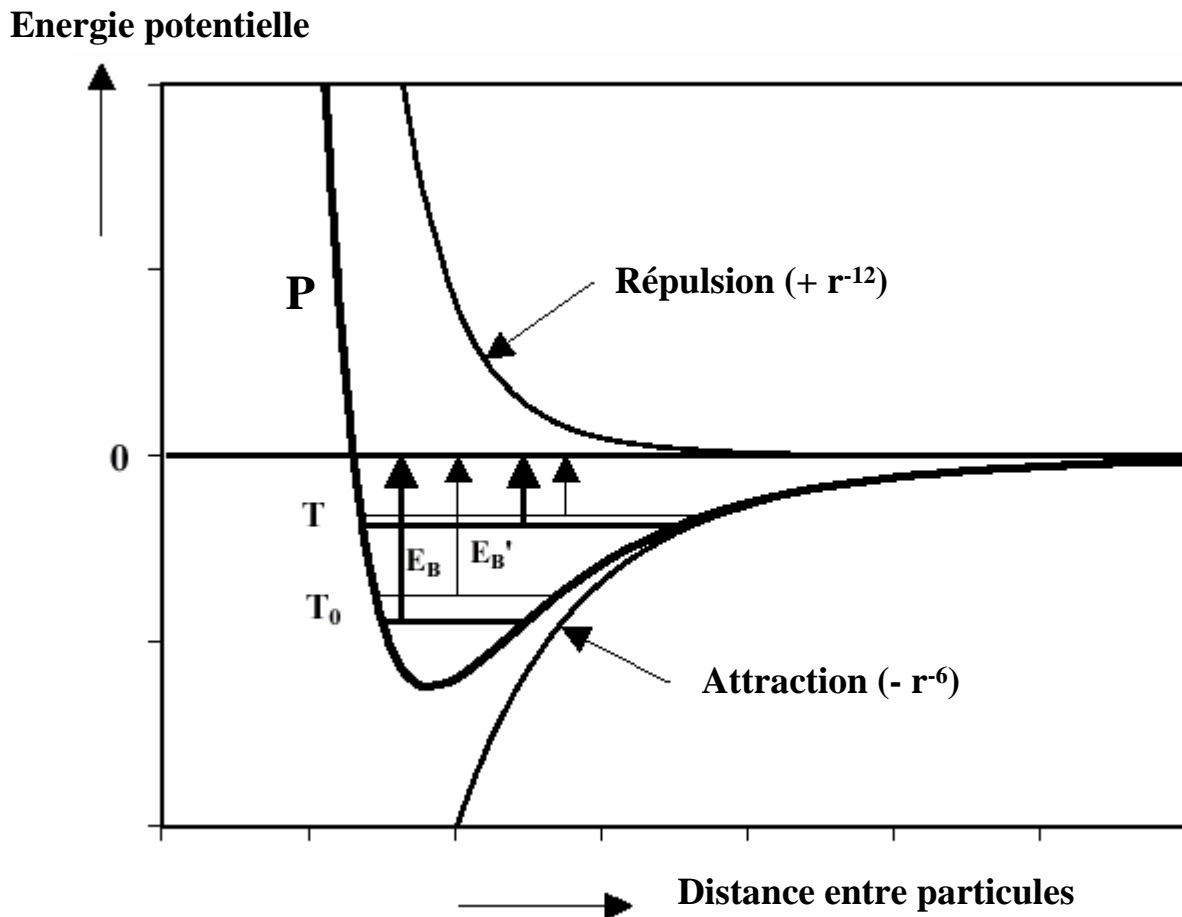
**Exercice 8**

Donnez la formule qui exprime le rapport isotopique (R) d'un échantillon donné en fonction de sa composition isotopique  $\delta$ .

**Exercice 9**

Dans un système donné les particules (atomes, molécules, ..) exercent des forces entre elles qui les maintiennent à une certaine distance l'une de l'autre. La figure 4 montre une représentation de la distribution de l'énergie potentielle engendrée par les forces attractive et répulsive entre deux particules.

- 1) Commentez et discutez la figure.
- 2) En déduire l'effet de la température sur le fractionnement isotopique.



**Figure 4.** Variation de l'énergie potentielle engendrée par les forces répulsive et attractive entre deux particules (ions de charges opposées dans ce cas). La courbe du potentiel (P), qui en résulte, a une forme caractéristique. Une des particules est située à l'origine l'autre est située dans le "puits". Les lignes horizontales dans le puits indiquent le niveau de l'énergie du système (lignes fines pour l'isotope léger et lignes épaisses pour l'isotope lourd). Les flèches indiquent l'énergie de liaison (E<sub>B</sub> et E<sub>B</sub>') à basse température (T<sub>0</sub>) et à haute température (T).

**Exercice 10**

Le fractionnement isotopique lié à la condensation de la vapeur d'eau est exprimé par l'équation de distillation de Rayleigh :

$$\frac{R}{R_0} = f^{(\alpha-1)}$$

Convertir les rapports isotopiques dans la formule afin d'obtenir l'expression donnant  $\delta^{18}\text{O}$  de la vapeur restante ( $\delta^{18}\text{O}_v$ ) en fonction de  $\delta^{18}\text{O}$  de la vapeur avant la condensation ( $\delta^{18}\text{O}_0$ ) et de la fraction de vapeur restante.

Déterminer  $\delta^{18}\text{O}$  du liquide qui se forme à partir de la vapeur. En utilisant ces données, on peut représenter l'évolution de  $\delta^{18}\text{O}$  en fonction de  $f$ . Commentez la figure et tirez en la principal conclusion concernant la différence existante entre les compositions isotopiques des pluies et celle de l'eau de mer.

On donne :  $\alpha = R_l/R_v = 1,0092$  à  $25^\circ\text{C}$ .

**Exercice 11**

En utilisant l'équation de fractionnement entre les minéraux :  $\Delta_{(x,y)} = A + B 10^6/T^2$

==> calculez la température de formation du plagioclase et du clinopyroxène primaires dans un gabbros océanique.

Données :  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = +6,4 \text{ ‰}$  pour le plagioclase et  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = +5,7 \text{ ‰}$  pour le clinopyroxène.

D'après Matthews et al. (1983),  $A = 0$  et  $B = 1,58 - 1,09 \beta$  où  $\beta$  représente la fraction molaire en anorthite du plagioclase primaire. Le plagioclase du gabbro étudié a un % en anorthite = 50.

**Exercice 12**

Calculez  $\delta^{18}\text{O}$  d'une eau météorique dont  $\delta\text{D} = -70 \text{ ‰}$ .

**Exercice 13**

Quelle est la valeur de  $\delta^{18}\text{O}$  d'une calcite formée à  $5^\circ\text{C}$  en équilibre avec l'eau de pluie.

**Exercice 14**

Dans le sol,  $\text{CO}_2$  a un rôle important dans la régulation de la teneur en carbone inorganique dans l'eau souterraine. Après la dissolution de  $\text{CO}_2$ , l'eau de pluie peut dissoudre les carbonates par la réaction

