

DEVOIR SURVEILLE N°9  
**PHYSIQUE-CHIMIE**

Première Scientifique  
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h30

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

**Problème 1**

1. Ecrire les formules des solides ioniques constitués des ions suivants :

- a)  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Cl}^-$
- b)  $\text{K}^+$  et  $\text{SO}_4^{2-}$
- c)  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{S}^{2-}$
- d)  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$

2. Solution en perfusion

Dans les établissements hospitaliers, les solutions aqueuses de chlorure de calcium sont utilisées en perfusion. On dissout une masse  $m = 3,28$  g de chlorure de calcium hexahydraté  $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$ , dans de l'eau distillée. Le volume  $V$  de la solution  $S$  obtenue est égal à 250,0 mL.

- a) Calculer la concentration molaire  $c$  de la solution  $S$  obtenue.
- b) Ecrire l'équation de dissolution du soluté  $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$  dans l'eau.
- c) Calculer la concentration molaire des deux ions présents dans la solution  $S$ .
- d) On prélève un volume  $V' = 20,0$  mL de cette solution  $S$ , que l'on dilue pour obtenir un volume  $V_1 = 500,0$  mL.

Calculer les concentrations molaires des ions présents dans la nouvelle solution  $S_1$ .

Données : en g/mol :  $M(\text{Ca})=40,1$     $M(\text{Cl})=35,5$     $M(\text{H})=1,00$     $M(\text{O})=16,0$

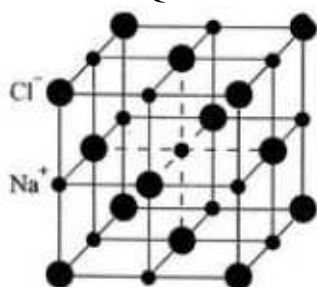
3. Solubilité, cohésion d'un solide et polarité d'une molécule

- 1) Expliquez pourquoi le chlorure de sodium  $\text{NaCl}$  est très soluble dans l'eau mais pas le cyclohexane  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ .
- 2) Nommez les interactions responsables de la cohésion des solides suivants :
  - a. chlorure de sodium
  - b. cyclohexane
- 3) Le cyanure d'hydrogène possède-t-il un ou plusieurs liaisons polarisées ? Est-il polaire ? Justifiez.  
Formule :  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$
- 4) Expliquez comment se créent les liaisons hydrogène et quelle est leur influence sur certaines caractéristiques d'un solide ou un liquide.

4. Une maille élémentaire du chlorure de sodium est représenté ci-dessous.

4.1. Quel type de liaison est établie entre un atome de chlore et un atome de sodium ?

4.2. Quel est le nombre de plus proches voisins de l'atome de sodium ? les nommer.

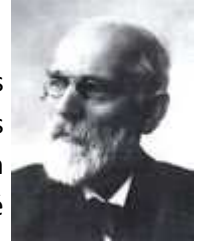


## Problème 2 (James) Van der Waals & les agrégats

### Physicien hollandais, 1837-1923

Le parcours du physicien hollandais van der Waals est assez atypique : d'abord instituteur, puis professeur dans l'enseignement secondaire, il fréquenta les cours de l'Université de Leyde pendant son temps libre sans avoir le droit de passer les examens, faute d'avoir suivi le cursus classique.

La loi changea en 1873 et c'est ainsi qu'il put soutenir sa thèse : « de la continuité des états liquides et gazeux », thèse remarquée par [James Clerk Maxwell](#) et qui se propagea dans les milieux scientifiques une fois traduite en allemand en français et en anglais. Prix Nobel en 1910, van der Waals fut l'un de ceux qui contribuèrent à la renommée de l'Université d'Amsterdam où il exerça toute sa vie, laissant même à sa retraite sa chaire de physique à son fils Johannes Diderik Junior !



**Les travaux de van der Waals ont permis des progrès spectaculaires dans la compréhension des états de la matière.**

Suivant des paramètres mesurables à notre échelle (volume, température, pression), un fluide peut exister sous forme liquide ou gazeuse... ou les deux à la fois. Les thermodynamiciens ont proposé de nombreuses « équations d'états » qui visent à relier ces paramètres. Celle élaborée par van der Waals contient deux innovations majeures qui permettent d'établir cette loi « macroscopique » à partir des propriétés des molécules elles-mêmes. Premièrement, les molécules ont un volume « incompressible » : il faut en tenir compte dans un modèle réaliste. Deuxièmement, elles établissent entre elles des liaisons (que la postérité nommera forces de van der Waals). Ces liaisons *inter*-moléculaires sont plus faibles que les liaisons chimiques à l'intérieur des molécules mais de leur intensité dépendra l'état d'un corps pour des conditions données. Prenons par exemple une série de petites molécules :  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ . Dans les conditions de température et de pression usuelles sur Terre, l'eau existe sous forme liquide alors que l'ammoniac ou le méthane n'existent que sous forme gazeuse. C'est parce que l'interaction entre deux molécules d'eau est plus forte que celle entre deux molécules de méthane. D'autre part, lorsqu'on chauffe un liquide, on détruit ces liaisons et on permet aux molécules de la surface du liquide de s'échapper sous forme de vapeur. Ces liaisons existent même entre des atomes ou des molécules inertes (argon, hélium, di-azote...) mais elles sont extrêmement faibles. C'est pourquoi il faut descendre à des températures très basses (où l'agitation de la matière est très réduite) pour les obtenir sous forme liquide. En se basant sur les travaux de van der Waals, Dewar a été le premier à liquéfier l'azote en 1898 et [Kamerlingh Onnes](#) l'hélium en 1908.

### LES FORCES DE [VAN DER WAALS](#)

Elles n'apparaissent que lorsque les atomes sont très proches. Elles proviennent de dipôles infinitésimaux produits dans les atomes par le mouvement des électrons autour de leur noyau chargé positivement.

Ces forces représentent donc l'attraction électrostatique entre le noyau d'un atome et les électrons d'un autre atome.

(<http://ead.univ-angers.fr/~jaspard/Page2/COURS>)

Questions :

- 1- Quels sont les trois états de la matière ?
- 2- Faire une description microscopique de ces trois états.
- 3- Comment appelle-t-on les liaisons chimiques au sein des molécules ?
- 4- Qu'appelle-t-on « liaison de Van der Waals » ?
- 5- Rappeler les conditions usuelles de température et de pression sur terre.
- 6- Donner la représentation de Lewis des trois molécules citées dans le texte.
- 7- Pourquoi l'eau existe-t-elle principalement sous forme liquide sur terre, alors que l'ammoniac et le méthane, dans les mêmes conditions, sont sous forme gazeuse ?
- 8- Quelle est l'influence de la température sur les liaisons de Van der Waals ?

### Problème 3

La distance entre la terre et la lune est de 384 000 km en moyenne.

Le rapport des masses des 2 planètes est  $M_t/M_l=81,5$ .

Le satellite géostationnaire Eutelsat, de masse  $m=985$  kg, gravite à 42 000 km du centre de la terre et se trouve entre la terre et la lune.

$G=6,67 \cdot 10^{-11}$  U.S.I.

1. Exprimer la force d'interaction  $F_{\text{terre/sat}}$  entre la Terre et le satellite.
2. Exprimer la force d'interaction  $F_{\text{Lune/sat}}$  entre la Lune et le satellite.
3. En déduire la valeur du rapport de ces forces de gravitation exercées par la terre et la lune sur ce satellite :  $F_{\text{terre/sat}} / F_{\text{Lune/sat}}$ .
4. On place un objet de masse  $m = 1,0$  Kg à la surface de la Lune.
  - 4.1. Exprimer le poids de cet objet sur la Lune. Le champ de pesanteur sur la lune:  $g_0=1,6$  N/kg;
  - 4.2. Exprimer la force d'interaction entre le Lune et cet objet placé à la surface de la Lune.
  - 4.3. En déduire la valeur de la masse de la lune connaissant : le rayon de la lune  $R=1740$  km ; le champ de pesanteur sur la lune:  $g_0=1,6$  N/kg;

Question bonus

5. Déterminer le champ de pesanteur  $g$  créé par la lune à l'altitude  $z$  ; on exprimera  $g$  en fonction de  $g_0$ ,  $R$  et  $z$ .  
Faire l'application numérique pour  $z = 2R$ .

**Problème 1**

- a)  $\text{CaCl}_{2(s)}$  : Chlorure de calcium  
 b)  $\text{K}_2\text{SO}_{4(s)}$  : Sulfate de potassium  
 c)  $\text{FeS}_{(s)}$  : Sulfure de fer  
 d)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_{3(s)}$  : Sulfate de fer (III)

**2. Solution en perfusion :**

- a) On calcule tout d'abord la quantité de matière de chlorure de calcium hexahydraté :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{3.28}{(40.1 + 2 * 35.5 + 12 * 1.00 + 6 * 16.0)} = 1.50 * 10^{-2} \text{ mol}$$

Puis on calcule la concentration de la solution :

$$c = \frac{n}{V} = \frac{1.50 * 10^{-2}}{250 * 10^{-3}} = 6.00 * 10^{-2} \text{ mol/L}$$

- b) Equation de dissolution :  $\text{CaCl}_2, 6 \text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Cl}^{-}_{(aq)} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

- c) D'après les coefficients stœchiométriques de l'équation, on a :

$$[\text{Ca}^{2+}_{(aq)}] = 6.00 * 10^{-2} \text{ mol/L} \text{ et } [\text{Cl}^{-}_{(aq)}] = 12.0 * 10^{-2} \text{ mol/L}$$

- d) Lors d'une dilution, nous savons que la quantité de matière reste la même d'où :  $[ ]_i * V' = [ ]_f * V_1$

Pour les ions calcium :

$$[\text{Ca}^{2+}_{(aq)}]_f = \frac{[\text{Ca}^{2+}_{(aq)}]_i * V'}{V_1} = \frac{6.00 * 10^{-2} * 20.0 * 10^{-3}}{500 * 10^{-3}} = 2.40 * 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Pour les ions chlorure :

$$[\text{Cl}^{-}_{(aq)}]_f = \frac{[\text{Cl}^{-}_{(aq)}]_i * V'}{V_1} = \frac{12.0 * 10^{-2} * 20.0 * 10^{-3}}{500 * 10^{-3}} = 4.80 * 10^{-3} \text{ mol/L}$$

**3. Solubilité, cohésion d'un solide et polarité d'une molécule**

1) L'eau est un solvant polaire. Le chlorure de sodium est un cristal ionique. Il va exister des interactions coulombiennes entre les ions du cristal et les pôles de la molécule d'eau qui vont expliquer sa dissolution. Le cyclohexane est un hydrocarbure dont les atomes ne présentent aucune différence d'électronégativité donc apolaire et donc il ne se produira aucune interaction avec NaCl.

2) a. chlorure de sodium : interaction coulombienne (ou électrostatique ou électromagnétique)

b. cyclohexane : interaction de van der Waals

3) Les électronégatives de H et C sont similaires : pas de polarisation de cette liaison. Par contre, N est plus électronégatif que C et il va donc se créer, par déplacement des électrons de la liaison entre C et N, un excès de charge  $\delta^+$  sur C et  $\delta^-$  sur N, la géométrie de la molécule distingue les  $\delta^+$  et  $\delta^-$ , la molécule est polaire.

4) La liaison H existe entre un atome d'hydrogène relié à un atome très électronégatif et un autre atome très électronégatif appartenant à une autre molécule. Elle renforce la cohésion d'un solide, provoque l'augmentation des températures de changement d'état par rapport aux homologues.

- 4) Une maille élémentaire du chlorure de sodium est représenté ci-dessous.

4.1. liaison ionique

4.2. 6 atomes de chlore.

## Problème 2 (James) Van der Waals & les agrégats

- 1- Quels sont les trois états de la matière ? **solide- liquide - gazeux**
- 2- Faire une description microscopique de ces trois états.  
**solide : état ordonné de la matière**  
**liquide : état désordonné**  
**gazeux : état**
- 3- Comment appelle-t-on les liaisons chimiques au sein des molécules ?  
**liaison covalente entre deux atomes**
- 4- Qu'appelle-t-on « liaison de Van der Waals » ?  
**Ces forces représentent donc l'attraction électrostatique entre le noyau d'un atome et les électrons d'un autre atome.**  
**Liaisons *inter*-moléculaires plus faibles que les liaisons, leur intensité dépendra l'état d'un corps.**
- 5- Rappeler les conditions usuelles de température et de pression sur terre.  
**P = 1bar et T = 20°C**
- 6- Donner la représentation de Lewis des trois molécules citées dans le texte.
  
- 7- Pourquoi l'eau existe-t-elle principalement sous forme liquide sur terre, alors que l'ammoniac et le méthane, dans les mêmes conditions, sont sous forme gazeuse ?  
**C'est parce que l'interaction entre deux molécules d'eau est plus forte que celle entre deux molécules de méthane.**
- 8- Quelle est l'influence de la température sur les liaisons de Van der Waals ?  
**Lorsqu'on chauffe un liquide, on détruit ces liaisons.**

### Problème 3

$$1. F_{\text{Terre/sat}} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{d_{T/S}^2}$$

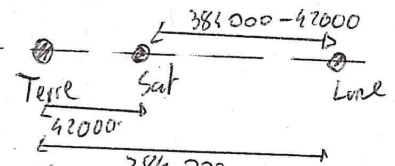
$$2. F_{\text{Lune/sat}} = G \cdot \frac{M_L \cdot m}{d_{L/S}^2}$$

4

on peut laisser en km car on fait le rapport de 2 distances en km.  
(pas d'unité pour le rapport)

$$3. \frac{F_{T/sat}}{F_{L/sat}} = \frac{G \frac{M_T \cdot m}{d_{T/S}^2}}{G \frac{M_L \cdot m}{d_{L/S}^2}} = \frac{M_T}{M_L} \left( \frac{d_{L/S}}{d_{T/S}} \right)^2$$

$$\frac{F_{T/sat}}{F_{L/sat}} = 81,5 \cdot \left( \frac{384\,000 - 42\,000}{42\,000} \right)^2 = 5,40 \cdot 10^3$$



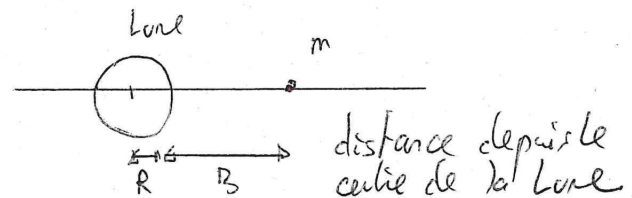
le satellite subit une force 5404 fois  
⊕ importante de la part de la Terre

$$4.1. P = m \cdot g_0 = 1,0 \cdot 1,6 = 1,6 \text{ N}$$

$$4.2. F = G \frac{M_L \cdot m}{R^2} \quad F = P$$

$$4.3. M_L = \frac{F \cdot R^2}{G \cdot m} = \frac{m \cdot g_0 R^2}{G \cdot m} = \frac{g_0 R^2}{G} = \frac{1,6 \cdot (1740 \cdot 10^3)^2}{6,67 \cdot 10^{-11}} = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$$

$$5. P = \left[ m \cdot g = G \frac{M_L \cdot m}{(R+B)^2} \right]$$



$$\text{or } \begin{cases} g = \frac{G M_L}{(R+B)^2} \\ g_0 = \frac{G M_L}{R^2} \quad (\text{prendre } B=0 \text{ m}) \end{cases}$$

$$\text{donc } \frac{g}{g_0} = \frac{\frac{G M_L}{(R+B)^2}}{\frac{G M_L}{R^2}} = \left( \frac{R}{R+B} \right)^2$$

$$\text{soit } g = g_0 \left( \frac{R}{R+B} \right)^2$$

$$g = 1,6 \cdot \left( \frac{R}{R+B} \right)^2 = \frac{1,6}{1,1} = 0,18 \text{ N/kg}$$