



## **Olympiades académiques 2020**

### **Épreuve de présélection**

#### **QCM de CHIMIE – Sujet 2020**

*Durée de l'épreuve : 1h*

#### **NOTES IMPORTANTES**

- Les candidats sont totalement responsables de la gestion du temps, de l'organisation de leur travail.
- Une fois une réponse validée, ils ne pourront plus revenir sur la question précédente.
- Pour les questions à choix multiples, plusieurs réponses peuvent être possibles et seule la totalité des réponses justes cochées sera comptabilisée.
- Aucun document n'est autorisé.
- Seule la calculatrice de l'ordinateur est autorisée.

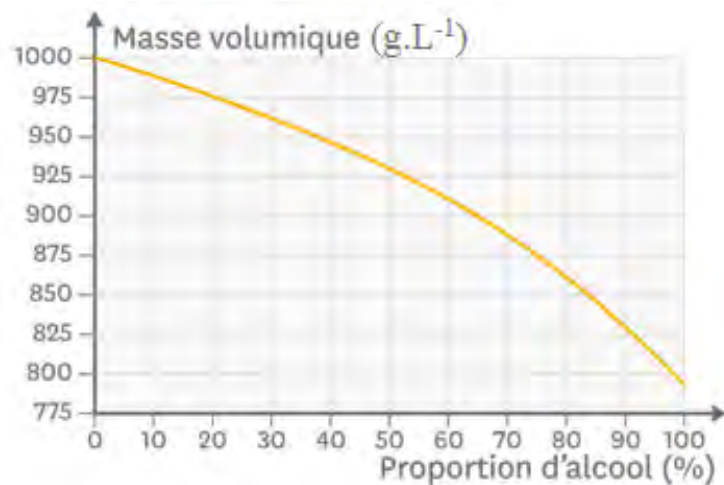
## 1 - Mélanges

L'huile de colza a une masse volumique  $\rho_h = 915 \text{ g.L}^{-1}$ . Elle n'est pas miscible avec l'eau et l'alcool. L'eau et l'alcool, quant à eux, forment un mélange homogène, dont la masse volumique dépend de la proportion d'alcool.

Photo d'un bécher contenant un mélange d'eau, d'alcool et d'huile



Courbe représentant la masse volumique d'un mélange eau + alcool en fonction de la proportion d'alcool



**QCM 1 :** La masse volumique d'un mélange contenant 40 % d'alcool et 60 % d'eau est :

- 975 g.L<sup>-1</sup> ;
- 950 g.L<sup>-1</sup> ;
- 910 g.L<sup>-1</sup>.

**QCM 2 :** Quelle est la masse volumique de l'alcool pur ?

- 1000 g.L<sup>-1</sup> ;
- 795 g.L<sup>-1</sup> ;
- 775 g.L<sup>-1</sup>.

**QCM 3 :** Dans un tube à essai, on verse de l'huile et de l'eau. Cocher la ou les bonne(s) réponse(s) :

- Le mélange est hétérogène ;
- Le mélange est homogène ;
- L'huile se situe en dessous ;
- L'huile se situe au-dessus.

**QCM 4 :** Pour réaliser la photo ci-contre, on a introduit de l'huile de colza dans un verre contenant un mélange d'eau et d'alcool ayant la même masse volumique que l'huile. Quelle proportion d'alcool a-t-on utilisée pour ce mélange ?

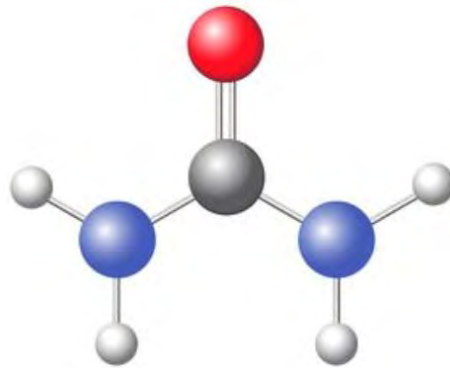
- 40 % d'alcool et 60 % d'eau ;
- 60 % d'alcool et 40 % d'eau ;
- 50 % d'alcool et 50 % d'eau.

**QCM 5 :** De l'huile de colza est contenue dans une bouteille de volume  $V = 33 \text{ cL}$ . La masse d'huile correspondante est :

- 302 g ;
- 28 g ;
- 0,18 kg.

## 2 - Molécules

L'urée joue un rôle important dans le métabolisme des composés azotés chez les animaux et est la principale substance contenant de l'azote dans l'urine des mammifères. C'est un solide incolore et inodore, hautement soluble dans l'eau, et pratiquement non toxique (DL50 de 15 g/kg chez le rat). Dissoute dans l'eau, elle n'est ni acide ni basique. Dans le corps humain, elle intervient dans de nombreux processus métaboliques, notamment pour l'excrétion d'azote. Elle est synthétisée dans le foie par la combinaison de deux molécules d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) avec une molécule de  $\text{CO}_2$  dans le cycle de l'urée. (Wikipédia)



Modèle moléculaire de l'urée

### Données :

#### Masses molaires atomiques :

$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g/mol}$ .

**QCM 6 :** Comment appelle-t-on la molécule  $\text{CO}_2$ .

- dioxyde de carbone ;
- gaz carbonique ;
- dioxygène.

**QCM 7 :** Quel test permet de mettre en évidence le  $\text{CO}_2$  :

- test à l'eau de chaux ;
- test à la flamme ;
- test au sulfate de cuivre anhydre ;
- test avec une bûchette incandescente.

**QCM 8 :** La formule brute de cette molécule s'écrit :

- $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$  ;
- $\text{CH}_4\text{ON}_2$  ;
- $\text{N}_2\text{HO}_4\text{C}$  ;
- $\text{C}_2\text{HN}_4\text{O}$ .

**QCM 9 :** La plus petite sphère en blanc représente :

- l'oxygène ;
- le carbone ;
- l'hydrogène.

**QCM 10 :** La masse molaire de cette molécule est :

- 97 g/mol ;
- 60 g/mol ;
- 105 g/mol ;
- 56 g/mol.

**QCM 11 :** Cette molécule contient :

- au moins un groupe hydroxyle ;
- au moins un groupe amino ;
- au moins un groupe carbonyle.

### 3 - Solutions

La soude caustique est une substance dangereuse, pouvant entraîner à de fortes brûlures et irritations sur l'Homme. Côté environnement, elle peut nuire à la flore aquatique et à la faune en augmentant le pH de l'eau.

Sur l'étiquette d'un litre de solution de soude, il est indiqué :

Formule brute du soluté : **NaOH**, soude caustique,  $M_{\text{NaOH}} = 39,9971 \text{ g.mol}^{-1}$  ;

**d = 1,33** (densité) à 20 °C ;

**p = 30 %** (pourcentage massique) ;



#### Données :

Densité de l'eau :  $d_{\text{eau}} = 1,00$ .

Températures de changement d'état de la soude caustique (pure) :

$\theta_{\text{fusion}} = 318 \text{ °C}$

$\theta_{\text{ébullition}} = 1390 \text{ °C}$

**QCM 12 :** NaOH signifie :

- nitrate d'hydroxyde ;
- hydroxyde de sodium ;
- oxyde d'azote.

**QCM 13 :** Cette solution est :

- basique ;
- acide ;
- neutre.

**QCM 14 :** Le pictogramme apposé sur l'étiquette de cette solution signifie que cette solution est :

- dangereuse pour l'environnement ;
- dangereuse pour la santé ;
- toxique ;
- corrosive.

**QCM 15 :** A 25 °C, sous quel état physique se trouve la soude caustique pure (NaOH) ?

- gazeux ;
- liquide ;
- solide.

**QCM 16 :** 1 L de cette solution a une masse de :

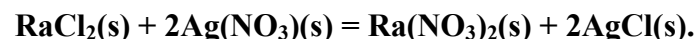
- 1,33 kg ;
- 2,1 kg ;
- 0,399 kg.

**QCM 17 :** La masse de NaOH contenue dans cette solution est :

- 1,33 kg ;
- 2,1 kg ;
- 0,399 kg.

#### 4 – Réaction chimique – Bilan de matière

Pierre et Marie Curie découvrirent en 1898 deux nouveaux éléments : le polonium et le radium. La fiche cartonnée (ci-dessous) datant de 1900 montre comment ils ont réussi à trouver la masse atomique du radium. Le bilan de la transformation chimique étudiée est :



Cette transformation est supposée totale.

Lors de cette transformation, la disparition d'1 mole de  $\text{RaCl}_2$  forme 2 moles de  $\text{AgCl}$ .

#### Données :

- **Masses initiales des réactifs de la réaction :**

$$m(\text{RaCl}_2)_i = 0,11005 \text{ g ;}$$

$$m(\text{Ag}(\text{NO}_3))_i = 0,14628 \text{ g ;}$$

- **Masses finales des produits de réaction :**

$$m(\text{AgCl})_f = 0,10654 \text{ g ;}$$

$$m(\text{Ra}(\text{NO}_3)_2)_f = 0,12899 \text{ g.}$$

#### Masses molaires atomiques :

$$M(\text{RaCl}_2) = 296,094 \text{ g.mol}^{-1}, M(\text{AgNO}_3) = 169,87 \text{ g.mol}^{-1},$$

$$M(\text{Ra}(\text{NO}_3)_2) = 349,196 \text{ g.mol}^{-1}, M(\text{AgCl}) = 143,32 \text{ g.mol}^{-1},$$

$$M(\text{Cl}) = 35,453 \text{ g.mol}^{-1}.$$

**OCM 18 :** Pierre et Marie Curie ont eu un prix Nobel pour :

- pour leurs recherches sur les radiations ;
- pour leurs travaux sur le polonium et le radium ;
- pour leurs travaux sur les réactions chimiques.

**OCM 19 :** Le radium existe dans la nature sous différentes formes symbolisées :

${}^{224}_{86}\text{Ra}$ ,  ${}^{226}_{86}\text{Ra}$ ,  ${}^{227}_{86}\text{Ra}$ . Ces trois noyaux sont ;

- des isomères ;
- des isotopes ;
- des isocèles.

**OCM 20 :** Les quantités de matière initiales sont :

- $n(\text{AgNO}_3)_i = 8,6113 \times 10^{-4} \text{ mol ;}$
- $n(\text{AgNO}_3)_i = 2,8317 \times 10^{-4} \text{ mol ;}$
- $n(\text{RaCl}_2)_i = 3,7168 \times 10^{-4} \text{ mol ;}$
- $n(\text{RaCl}_2)_i = 1,2222 \times 10^{-4} \text{ mol.}$

**OCM 21 :** Le réactif limitant est :

- $\text{AgCl}$  ;
- $\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$  ;
- $\text{AgNO}_3$  ;
- $\text{RaCl}_2$ .

**OCM 22 :** La quantité de matière de  $\text{AgCl}$  formé est:

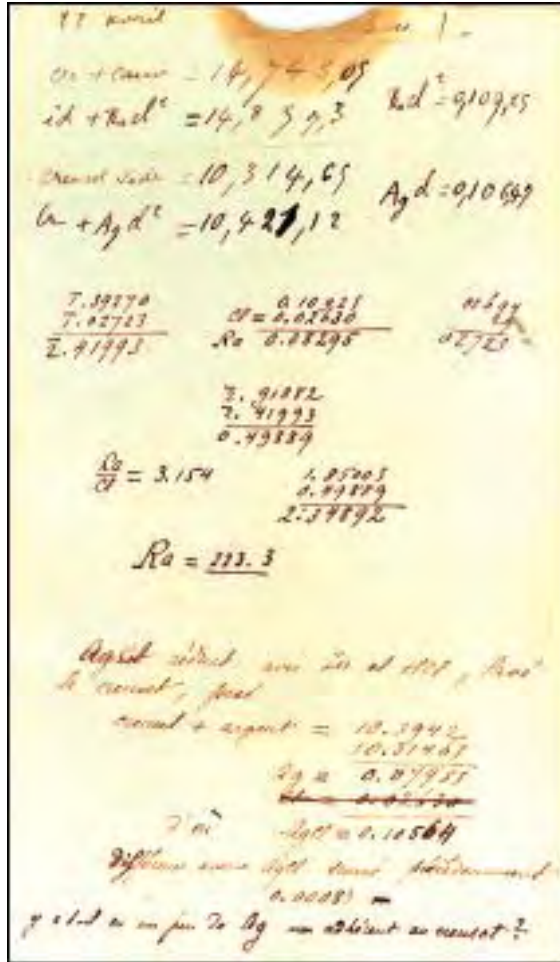
- $n(\text{AgCl})_f = 7,4336 \times 10^{-4} \text{ mol ;}$
- $n(\text{AgCl})_f = 2,4444 \times 10^{-4} \text{ mol ;}$
- $n(\text{AgCl})_f = 3,7168 \times 10^{-4} \text{ mol ;}$
- $n(\text{AgCl})_f = 1,2222 \times 10^{-4} \text{ mol.}$

**OCM 23 :** La masse de  $\text{AgCl}$  formé est :

- $m(\text{AgCl})_f = 0,11005 \text{ g ;}$
- $m(\text{AgCl})_f = 2,0053 \text{ mg ;}$
- $m(\text{AgCl})_f = 0,10654 \text{ g ;}$
- $m(\text{AgCl})_f = 0 \text{ g.}$

Notes de travail sur la radioactivité rédigées par Pierre et Marie Curie (1092)

Cette page est toujours radioactive : elle fait crépiter un compteur Geiger.



**QCM 24 :** La masse de  $RaCl_2$  ayant réagi est :

- $m(RaCl_2)_{réagi} = 0,11005$  g ;
- $m(RaCl_2)_{réagi} = 2,0053$  mg ;
- $m(RaCl_2)_{réagi} = 0,10654$  g ;
- $m(RaCl_2)_{réagi} = 0$  g.

**QCM 25 :** La masse de  $RaCl_2$  à l'état final est :

- $m(RaCl_2)_f = 0,11005$  g ;
- $m(RaCl_2)_f = 2,0053$  mg ;
- $m(RaCl_2)_f = 0,10654$  g ;
- $m(RaCl_2)_f = 0$  g.

**QCM 26 :** La quantité de matière de  $RaCl_2$  ayant réagi :

- $n(RaCl_2)_{réagi} = 7,4336 \times 10^{-4}$  mol ;
- $n(RaCl_2)_{réagi} = 2,4444 \times 10^{-4}$  mol ;
- $n(RaCl_2)_{réagi} = 3,7168 \times 10^{-4}$  mol ;
- $n(RaCl_2)_{réagi} = 1,2222 \times 10^{-4}$  mol.

**QCM 27 :** La masse molaire du radium Ra est :

- $M(Ra) = 225,18$  g.mol<sup>-1</sup> ;
- $M(Ra) = 125,15$  g.mol<sup>-1</sup> ;
- $M(Ra) = 196,18$  g.mol<sup>-1</sup>.

## 5 – Solutions - concentrations

On dissout dans l'eau une masse de 5,6 g de sel de Mohr de formule  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  pour obtenir 50 cL de solution.

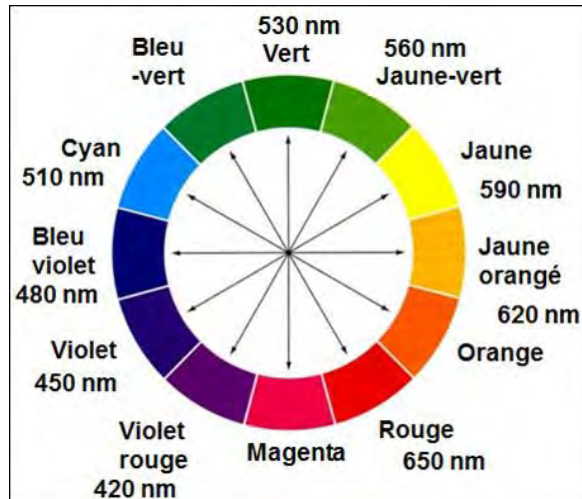
La solution obtenue est vert-pâle.

### Masses molaires atomiques :

$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;

$M(\text{S}) = 32,1 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$  .

### Cercle chromatique :



**QCM 28 :** Le sel de Mohr est un solide :

- ionique ;
- moléculaire ;
- hexahydraté.

**QCM 29 :** La solution obtenue absorbe donc :

- dans le visible ;
- dans les UV ;
- dans le magenta ;
- dans le rouge.

**QCM 30 :** La masse molaire de ce sel vaut :

- 374,0  $\text{g.mol}^{-1}$  ;
- 284,0  $\text{g.mol}^{-1}$  ;
- 392,0  $\text{g.mol}^{-1}$ .

**QCM 31 :** La concentration molaire de la solution en soluté est égale à :

- 0,1592  $\text{mol.L}^{-1}$  ;
- 0,0796  $\text{mol.L}^{-1}$  ;
- 0,3184  $\text{mol.L}^{-1}$ .

**QCM 32 :** La concentration molaire en ions sulfate est égale à :

- 0,1592  $\text{mol.L}^{-1}$  ;
- 0,0796  $\text{mol.L}^{-1}$  ;
- 0,3184  $\text{mol.L}^{-1}$ .

**QCM 33 :** La concentration en masse de solide est :

- 31,2  $\text{g.L}^{-1}$  ;
- 312  $\text{g.L}^{-1}$ .

## 6 – Dilution

On souhaite diluer 20 fois une solution commerciale de soude à  $(10 \pm 1) \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

On dispose de :

- Un bécher de  $(250 \pm 5) \text{ mL}$  ;
- Une fiole jaugée de  $(200,0 \pm 0,2) \text{ mL}$  ;
- Une fiole jaugée de  $(100,0 \pm 0,2) \text{ mL}$  ;
- Une pipette jaugée de  $(10,00 \pm 0,04) \text{ mL}$  ;
- Une pipette jaugée de  $(20,00 \pm 0,04) \text{ mL}$  ;
- Une éprouvette graduée de  $(20 \pm 2) \text{ mL}$  ;
- Une éprouvette graduée de  $(10 \pm 1) \text{ mL}$  ;
- Une pipette graduée de  $(20,0 \pm 0,4) \text{ mL}$  ;
- Une pipette graduée de  $(10,0 \pm 0,4) \text{ mL}$  ;
- Une pipette graduée de  $(5,0 \pm 0,2) \text{ mL}$ .

L'incertitude sur la concentration de la solution fille  $U(C_{\text{mfil}})$  est donnée par la relation suivante :

$$U(C_{\text{mfil}}) = C_{\text{mfil}} \times \sqrt{\left(\frac{U(C_{\text{mmère}})}{C_{\text{mmère}}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{\text{mère}})}{V_{\text{mère}}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{\text{fil}})}{V_{\text{fil}}}\right)^2}$$

**QCM 34 :** Diluer 20 fois une solution signifie que :

- la solution obtenue est 20 fois plus concentrée ;
- la solution obtenue est 20 fois moins concentrée.

**QCM 35 :** Quelle verrerie est la plus précise ?

- la pipette graduée ;
- l'éprouvette graduée ;
- la pipette jaugée.

**QCM 36 :** Lors d'une dilution quelle grandeur ne varie pas ?

- la concentration apportée en soluté ;
- la masse de soluté ;
- la quantité de matière de soluté ;
- le nombre de moles de soluté ;
- le volume de la solution.

**QCM 37 :** quelle verrerie doit-on choisir pour effectuer cette dilution le plus précisément possible ?

- Un bécher de  $(250 \pm 5) \text{ mL}$  ;
- Une fiole jaugée de  $(200,0 \pm 0,2) \text{ mL}$  ;
- Une fiole jaugée de  $(100,0 \pm 0,2) \text{ mL}$  ;
- Une pipette jaugée de  $(10,00 \pm 0,04) \text{ mL}$  ;
- Une pipette jaugée de  $(20,00 \pm 0,04) \text{ mL}$  ;
- Une éprouvette graduée de  $(20 \pm 2) \text{ mL}$  ;
- Une éprouvette graduée de  $(10 \pm 1) \text{ mL}$  ;
- Une pipette graduée de  $(20,0 \pm 0,4) \text{ mL}$  ;
- Une pipette graduée de  $(10,0 \pm 0,4) \text{ mL}$  ;
- Une pipette graduée de  $(5,0 \pm 0,2) \text{ mL}$ .



**QCM 38 :** Que vaut la concentration en masse de soude dans la solution fille ?

- 0,50 g.L<sup>-1</sup> ;
- 5,0 g.L<sup>-1</sup> ;
- 20 g.L<sup>-1</sup> ;
- 10 g.L<sup>-1</sup>.

**QCM 39 :** Calculer  $U(C_{\text{mfil}})$  si on utilise la pipette jaugée de 10,00 mL avec la fiole jaugée de 200,0 mL.

- 0,06 ;
- 2 g.L<sup>-1</sup> ;
- 0,06 g.L<sup>-1</sup> ;
- 2.

**QCM 40 :** Dans ces conditions, donner un encadrement pour  $C_{\text{mfil}}$ .

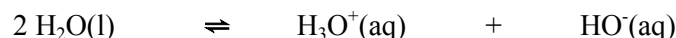
## 7 – Acide/base – pH

Le pH (potentiel hydrogène) permet de quantifier l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il est défini par la relation :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]_f \quad \text{ou} \quad [\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-\text{pH}}$$

Où  $[\text{H}_3\text{O}^+]_f$  est la concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  en  $\text{mol.L}^{-1}$ .

L'eau étant neutre, elle contient la même quantité, en proportion très faible, d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{HO}^-$ . Dans l'eau et dans toute solution aqueuse se produit une transformation limitée appelée autoprotolyse de l'eau, dont l'équation chimique est la suivante :



Cette réaction explique la formation des ions oxonium et hydroxyde dans l'eau pure et permet de relier leurs concentrations par une équation vraie pour toute solution aqueuse :

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f \times [\text{HO}^-]_f = 1 \times 10^{-14} = K_e \text{ à } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$K_e$  est appelé produit ionique de l'eau, il est sans unité et toujours égal à  $10^{-14}$  à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$K_e$  est le produit de la concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  et de la concentration en ions hydroxyde  $\text{HO}^-$ .

$K_e$  ne dépend que de la température et n'a pas d'unité.

Soit, à  $25^\circ\text{C}$ , une solution d'acide éthanóique (acide faible) à un  $\text{pH} = 4,5$ .

**QCM 41 :** Cette solution est :

- acide ;
- neutre ;
- basique.

**QCM 42 :** Quelle est l'équation de mise en solution de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  correcte ?

- $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$
- $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$

**QCM 43 :** Quelle est la concentration en ions oxonium de cette solution ?

- $3,2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$  ;
- $1,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  ;
- $6,3 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**QCM 44 :** Quelle est la valeur de la concentration en ions hydroxyde de cette solution ?

- $1,6 \cdot 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$  ;
- $1,0 \cdot 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$  ;
- $3,2 \cdot 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$ .

## **8 – Gaz parfait**

Les solutions d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ) sont obtenues par dissolution dans l'eau du gaz, chlorure d'hydrogène ( $\text{HCl}(\text{g})$ ).

On prépare une solution d'acide chlorhydrique en mettant au contact dans 0,5 L d'eau, le chlorure d'hydrogène contenu dans un récipient de 7L à la pression de 0,8 bars et à la température de 5° C. La totalité du chlorure d'hydrogène  $\text{HCl}(\text{g})$  est dissoute en solution.

On considèrera que lors de la dissolution du gaz, le volume de la solution ne change pas et que la température est constante.

### **Donnée :**

La loi des gaz parfait est définie par la relation :  $p \times V = n \times R \times T$

Avec :

- n la quantité de matière de gaz en mole (mol)
- p la pression en Pascal (Pa)
- V le volume en mètre cube ( $\text{m}^3$ )
- T la température absolue en Kelvin (K)
- $R = 8,314$  Joule par mole par Kelvin ( $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) : R est la constante des gaz parfait.

Elle n'est valable que pour de faibles pressions.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

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

$$1 \text{ dm}^3 = 1\text{L}$$

**QCM 45 :** La loi des gaz parfaits n'est valable que pour les faibles pressions. Cela signifie que les interactions entre les molécules constitutives du gaz sont :

- très faibles ;
- très fortes.

**QCM 46 :** Une température de 25 °C correspond à une température absolue de :

- 248,15 K ;
- 298,15 K ;
- 273,15 K.

**QCM 47 :** Calculer la quantité de matière de  $\text{HCl}(\text{g})$  dissous dans l'eau :

- 0,00123 mol ;
- 1,23 mol ;
- 1230 mol.

**QCM 48 :** Quelle est la concentration en  $\text{HCl}$  de la solution obtenue ?

- $8,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ;
- $0,82 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ;
- $820 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .