

EXERCICES

EXERCICES D'AUTOMATISATION

Ex 1 – Cinq minutes chrono !!

Recopier en complétant avec un ou plusieurs mots.

- 1 Un composé solide ionique est un empilement régulier dans l'espace d'..... et de
- 2 Les interactions entre les molécules qui assurent la cohésion des solides moléculaires sont les interactions de, Dans des cas particuliers, comme entre les molécules d'eau, la cohésion est renforcée par des
- 3 Une solution aqueuse peut être obtenue par d'un composé solide ionique dans de l'eau.
- 4 Une extraction liquide-liquide se pratique habituellement dans une
- 5 Les entités formant les savons ont une partie hydrophile et une partie lipophile, elles sont dites

Indiquer la réponse exacte.

- 6 Il existe une interaction attractive :
 - a. entre deux anions.
 - b. entre deux cations.
 - c. entre un cation et un anion.

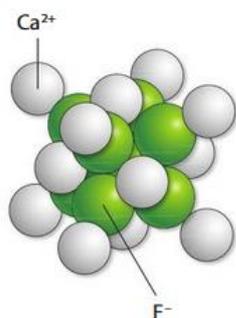
- 7 Un solide ionique se dissout dans un solvant :
 - a. polaire.
 - b. apolaire.
 - c. hydrophobe.
- 8 L'équation de dissolution du fluorure de calcium CaF_2 solide dans l'eau s'écrit :
 - a. $\text{CaF}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{F}^{-}(\text{aq})$
 - b. $\text{CaF}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{F}^{-}(\text{aq})$
 - c. $\text{CaF}_2(\text{s}) \rightarrow 2 \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{F}^{-}(\text{aq})$
- 9 On prépare un échantillon de volume $V = 100 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de chlorure de sodium par dissolution d'une quantité $n = 0,10 \text{ mol}$ de chlorure de sodium solide $\text{NaCl}(\text{s})$. Alors :
 - a. $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
 - b. $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = 2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
 - c. $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- 10 Lors d'une extraction liquide-liquide, le solvant extracteur est choisi de telle sorte que l'espèce à extraire y soit :
 - a. la plus soluble possible.
 - b. très peu soluble.
 - c. non soluble.

Dans l'ordre : anions/cations/Van der Waals/ liaisons hydrogène/ dissolution/ ampoule à décanter/ amphiphiles/c./a./b./a./a.

Ex 2- Expliquer la cohésion d'un solide

Le fluorure de calcium $\text{CaF}_2(\text{s})$ est un composé solide dont le modèle ci-contre représente l'agencement de ses entités constitutives.

- Déterminer le type d'interaction assurant la cohésion de cette espèce chimique.



CaF_2 est composé d'ions Ca^{2+} et F^{-} : c'est un solide ionique. L'interaction électrostatique attractive assure la cohésion.

Ex 3 – Associer une interaction à un solide

Associer à chaque espèce chimique, la (ou les) interaction(s) qui assure(nt) sa cohésion à l'état solide :

Sulfate de cuivre (II) CuSO_4 • • Interaction de van der Waals.
 Iodure d'hydrogène HI • • Liaison hydrogène.
 Eau H_2O • • Interaction électrostatique.

Données

- Électronégativités : $\chi(\text{H}) = 2,2$; $\chi(\text{O}) = 3,4$; $\chi(\text{I}) = 2,7$.
- Schémas de Lewis :

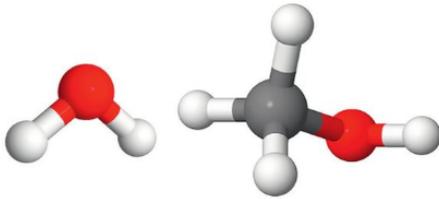


- Le sulfate de cuivre CuSO_4 est composé d'ions cuivre (II) Cu^{2+} et d'ions sulfate SO_4^{2-} .

Sulfate de cuivre (II) CuSO_4 : interaction électrostatique.
 Iodure d'hydrogène HI : interaction de van der Waals et liaison hydrogène.
 Eau : interaction de van der Waals et liaison hydrogène.

Ex 4 – Justifier une solubilité

Les modèles des molécules d'eau et de méthanol sont donnés, respectivement, ci-dessous :



1. La molécule de méthanol est-elle polaire ?
2. Justifier la très grande solubilité du méthanol dans l'eau. Préciser la nature des interactions mises en jeu.

Données

- Électronégativités :
 $\chi(\text{H}) = 2,2$; $\chi(\text{C}) = 2,6$; $\chi(\text{O}) = 3,4$.

1. La différence d'électronégativité entre C et H étant faible, on considère les liaisons C-H non polarisées. En revanche, les liaisons C-O et O-H sont polarisées. Vu la géométrie coudée de la molécule autour de l'oxygène, le barycentre des charges partielles positives ne coïncide pas avec celui des charges négatives donc la molécule est polaire.

2. L'eau est un solvant polaire donc le méthanol polaire sera très soluble dans l'eau. Les interactions entre l'eau et le méthanol sont des interactions de van der Waals et des liaisons hydrogène.

Ex 6 – Ecrire des équations de réaction de dissolution

Le sulfate de baryum $\text{BaSO}_4(\text{s})$ est composé d'ions baryum et d'ions sulfate SO_4^{2-} .

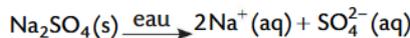
Le sulfate d'argent $\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{s})$ est composé d'ions argent et d'ions sulfate SO_4^{2-} .

- Écrire les équations des réactions de dissolution de chacun de ces solides.



Ex 7 – Déterminer les concentrations en quantité de matière des ions d'une solution

On prépare un volume $V_{\text{solution}} = 100,0 \text{ mL}$ par dissolution d'une quantité $n_0 = 2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ de sulfate de sodium $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$. L'équation de la réaction de dissolution du sulfate de sodium dans l'eau s'écrit :



1. Déterminer les quantités $n(\text{Na}^+)$ en ions sodium et $n(\text{SO}_4^{2-})$ en ions sulfate dans la solution.
2. En déduire les concentrations en quantité de matière $[\text{Na}^+]$ des ions sodium et $[\text{SO}_4^{2-}]$ des ions sulfate dans la solution.

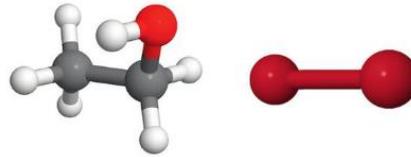
Equation chimique		$\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) \rightarrow 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$		
Etat du système	Avancement	Quantité de matière		
		$n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$	$n(\text{Na}^+)$	$n(\text{SO}_4^{2-})$
Etat initial	$x = 0$	n_0	0	
Etat final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	$2 x_{\text{max}}$	x_{max}

$$[\text{Na}^+] = \frac{n(\text{Na}^+)}{V_{\text{solution}}} = \frac{2x_{\text{max}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{2n_0}{V_{\text{solution}}} = 4,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{n(\text{SO}_4^{2-})}{V_{\text{solution}}} = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{n_0}{V_{\text{solution}}} = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Ex 5 – Prévoir une solubilité

Les modèles des molécules d'éthanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ et de dibrome Br_2 sont donnés, respectivement, ci-dessous :



- De l'éthanol ou du dibrome, identifier quelle espèce est la plus soluble dans le cyclohexane de formule C_6H_{12} . Justifier.

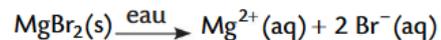
Données

- Électronégativités :
 $\chi(\text{H}) = 2,2$; $\chi(\text{C}) = 2,6$; $\chi(\text{O}) = 3,4$; $\chi(\text{Br}) = 2,9$.

L'éthanol est polaire alors que le dibrome ne l'est pas. Le cyclohexane étant apolaire, le dibrome sera le plus soluble dans le cyclohexane.

Ex 8 – Calculer une quantité de solide à dissoudre

Le bromure de magnésium $\text{MgBr}_2(\text{s})$ est un solide ionique. La concentration en quantité de matière des ions bromure $\text{Br}^-(\text{aq})$, dans une solution aqueuse S de bromure de magnésium est égale à $3,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. L'équation de la réaction de dissolution s'écrit :



Calculer la quantité n_0 de bromure de magnésium à dissoudre pour préparer un volume $V_{\text{solution}} = 100,0 \text{ mL}$ de solution S.

Equation chimique		$\text{MgBr}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Br}^-(\text{aq})$		
Etat du système	Avancement	Quantités de matière		
		$n(\text{MgBr}_2)$	$n(\text{Mg}^{2+})$	$n(\text{Br}^-)$
Etat initial	$x = 0$	n_0	0	0
Etat final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	x_{max}	$2 x_{\text{max}}$

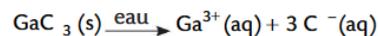
$$[\text{Br}^-] = \frac{n(\text{Br}^-)}{V_{\text{solution}}} = \frac{2x_{\text{max}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{2n_0}{V_{\text{solution}}}$$

$$\text{donc } n_0 = \frac{[\text{Br}^-] \times V_{\text{solution}}}{2} = 1,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Ex 9 – Calculer la concentration d'un ion à partir d'une masse de solide

Une solution aqueuse de volume $V_{\text{solution}} = 150,0 \text{ mL}$ est préparée en dissolvant 500 mg de chlorure de gallium (III), $\text{GaCl}_3(\text{s})$, dans de l'eau.

L'équation de la réaction de dissolution est :



1. Calculer la quantité de chlorure de gallium (III) dissoute.
2. Déterminer les quantités $n(\text{Ga}^{3+})$ d'ions gallium et $n(\text{Cl}^-)$ d'ions chlorure contenus dans la solution.
3. Déterminer les concentrations en quantité de matière $[\text{Ga}^{3+}]$ des ions gallium et $[\text{Cl}^-]$ des ions chlorure dans la solution.

Données

- Masses molaires :
 $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Ga}) = 69,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$1. M(\text{GaCl}_3) = M(\text{Ga}) + 3 \times M(\text{Cl}) = 176,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$n(\text{GaCl}_3) = \frac{m}{M} = \frac{0,500}{176,2} = 2,84 \times 10^{-3} \text{ mol} = n_0.$$

2.

Équation chimique		$\text{GaCl}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Ga}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Cl}^-(\text{aq})$		
État du système	Avancement	Quantités de matière		
		$n(\text{GaCl}_3)$		$n(\text{Cl}^-)$
État initial	$x = 0$	n_0	0	0
État final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	x_{max}	$3 x_{\text{max}}$

$$n(\text{Ga}^{3+}) = x_{\text{max}} = n_0 = 2,84 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

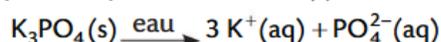
$$n(\text{Cl}^-) = 3x_{\text{max}} = 3n_0 = 8,52 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

$$3. [\text{Ga}^{3+}] = \frac{n(\text{Ga}^{3+})}{V_{\text{solution}}} = 1,89 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V_{\text{solution}}} = 5,68 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Ex 10 – Calculer une masse de solide à dissoudre

On veut préparer un volume $V_{\text{solution}} = 50,0 \text{ mL}$ d'une solution de phosphate de potassium dont la concentration en quantité de matière des ions potassium est $[\text{K}^+] = 0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. L'équation de la réaction de dissolution du phosphate de potassium $\text{K}_3\text{PO}_4(\text{s})$ dans l'eau s'écrit :



1. Calculer la quantité $n(\text{K}^+)$ contenue dans cette solution.

2. En déduire la quantité n_0 de phosphate de potassium à dissoudre pour préparer la solution.

3. En déduire la masse m_0 correspondante.

Données

- Masses molaires : $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
 $M(\text{P}) = 31,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{K}) = 39,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$1. n(\text{K}^+) = [\text{K}^+] \times V_{\text{solution}} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

2.

Equation chimique		$\text{K}_3\text{PO}_4(\text{s}) \rightarrow 3\text{K}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{2-}(\text{aq})$		
Etat du système	Avancement	Quantités de matière		
		$n(\text{K}_3\text{PO}_4)$	$n(\text{K}^+)$	$n(\text{PO}_4^{2-})$
Etat initial	$x = 0$	n_0	0	0
Etat final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	$3 x_{\text{max}}$	x_{max}

$$n(\text{K}^+) = 3 x_{\text{max}} = 3 n_0 \text{ donc } n_0 = \frac{n(\text{K}^+)}{3} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

$$3. m_0 = n_0 \times M(\text{K}_3\text{PO}_4) = 1,06 \text{ g}$$

Ex 11 – Qualifier la structure d'un ion carboxylate

Choisir, parmi les propriétés suivantes, celles qui sont associées au groupe carboxylate $-\text{CO}_2^-$ et au groupe alkyle $\text{R}-$ d'un ion carboxylate $\text{R}-\text{CO}_2^-$:

lipophile • lipophobe • hydrophile • hydrophobe.

$-\text{CO}_2^-$: hydrophile et lipophobe ; $-\text{R}$: hydrophobe et lipophile

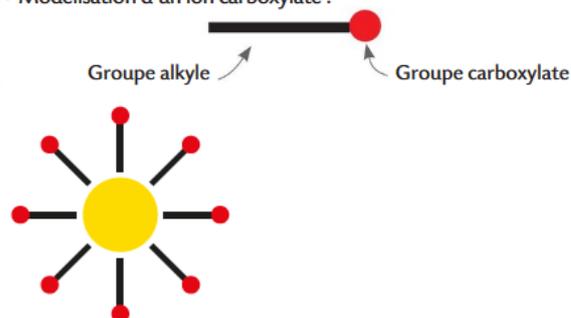
Ex 12 – Schématiser une goutte d'huile dans une émulsion

Une émulsion est obtenue en introduisant de l'huile dans une solution aqueuse de savon et en agitant.

- Schématiser une goutte d'huile dans l'émulsion.

Donnée

- Modélisation d'un ion carboxylate :



Ex 13 – Choisir un solvant d'extraction adapté

On dispose d'une solution aqueuse de diiode $\text{I}_2(\text{aq})$ photographiée ci-contre.



- Déterminer, en justifiant, le solvant le plus adapté pour réaliser l'extraction du diiode de la solution aqueuse.

Données

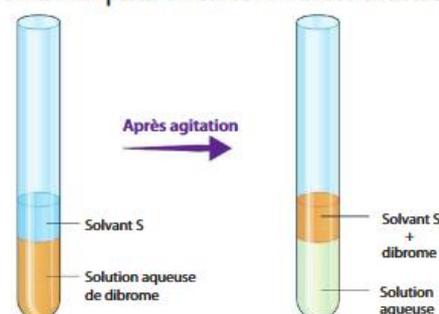
- Solvants mis à disposition :

Solvant	Eau	Éthanol	Cyclohexane
Solubilité du diiode	Peu soluble	Soluble	Soluble
Miscibilité avec l'eau	-	Oui	Non

Pour extraire le diiode de la solution aqueuse, il faut trouver un solvant dans lequel le diiode est très soluble, et qui soit non miscible avec l'eau. Le meilleur solvant parmi les propositions est donc le cyclohexane.

Ex 14 – Expliquer le résultat d'une extraction

On extrait le dibrome Br_2 d'une solution aqueuse à l'aide d'un solvant S. La manipulation est schématisée ci-dessous.



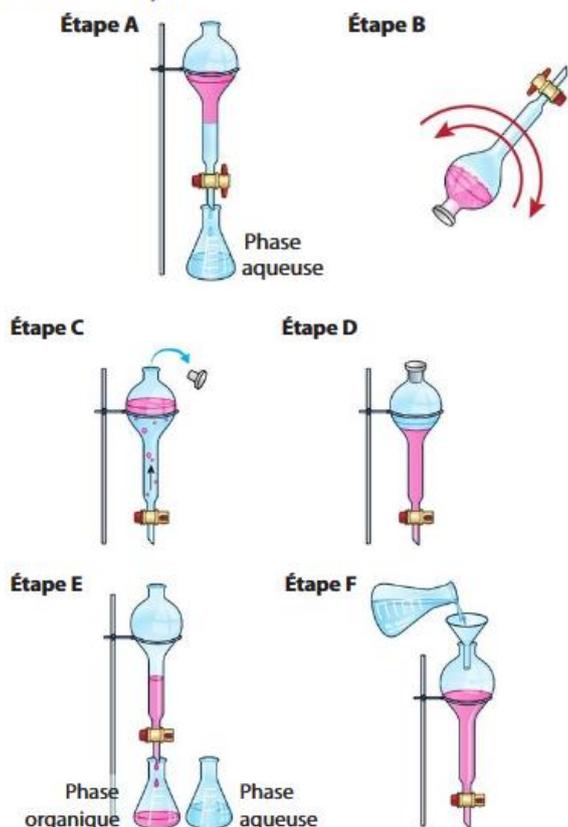
- Émettre une hypothèse sur le caractère polaire ou apolaire du solvant S.

Le dibrome est une molécule diatomique avec deux atomes identiques. Il n'y a donc pas de charge partielle sur les atomes. La molécule est donc apolaire. Le dibrome étant facilement extrait par le solvant S, on peut supposer que S est un solvant apolaire.

Ex 15 – Les étapes d’une extraction liquide-liquide

On réalise l’extraction d’une espèce chimique colorée, initialement dissoute dans de l’eau.

- Classer par ordre chronologique les étapes de l’extraction présentée ci-après.



F ; D ; B ; C ; A ; E.

Ex 16 – Légèder le contenu d’une ampoule à décanter

On dispose de trois solvants et d’une solution aqueuse contenant une espèce chimique colorée à extraire. On réalise l’extraction de cette espèce avec l’un des trois solvants proposés ci-après.



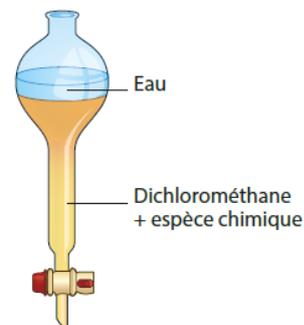
> Schéma de l’ampoule à décanter après extraction.

1. Reproduire le schéma ci-dessus en précisant la composition de chacune des deux phases. Justifier.
2. Le solvant choisi est-il le plus approprié ?

Données

Solvants à disposition	Éthanol	Cyclohexane	Dichlorométhane
Solubilité de l’espèce chimique	Peu soluble	Soluble	Soluble
Miscibilité avec l’eau	Oui	Non	Non
Densité	0,79	0,78	1,33
Pictogramme(s) de danger			

1.



Le dichlorométhane est plus dense que l’eau, il occupe donc la phase inférieure.

2. On aurait pu choisir le cyclohexane qui comporte moins de risques sur la santé.

EXERCICES D'ANALYSE

Ex 17 – Mode d'action d'un tensioactif

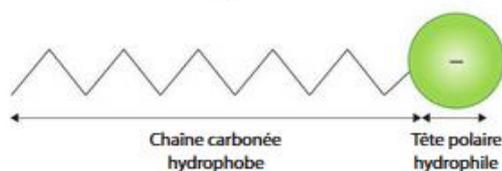
Un adolescent dépose dans le bac à linge un T-shirt particulièrement sale.



- Comment une lessive contenant des tensioactifs enlève-t-elle toutes ces taches ? Justifier à l'aide de schémas.

A Structure d'un tensioactif

Un tensioactif possède une tête hydrophile, et une longue chaîne carbonée, lipophile et hydrophobe. Son action est identique à celle d'un savon.

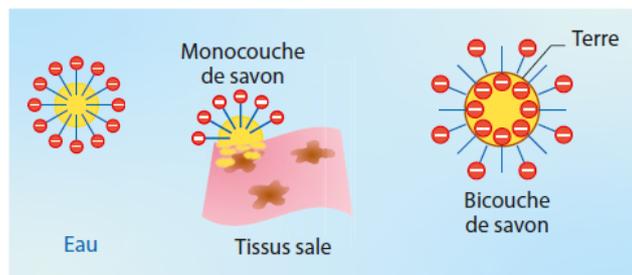


B Les constituants des taches

Les salissures d'origine organique (huiles, graisses, etc.) sont composées essentiellement d'espèces chimiques contenant les éléments chimiques carbone C et hydrogène H.

Les salissures d'origine minérale (terre, rouille) contiennent essentiellement de l'eau H_2O et des ions tels que les ions calcium Ca^{2+} , sodium Na^+ , hydroxyde OH^- , fer (II) Fe^{2+} ou nitrate NO_3^- .

Le tensioactif, grâce à sa tête hydrophile et sa chaîne carbonée lipophile, peut enlever les taches de graisse ou d'huile en formant une monocouche et celles de rouille ou de terre, en formant une bicouche (voir schéma suivant).



Une monocouche de savon entoure une goutte d'huile (hydrophobe)
Une bicouche de savon entoure une salissure de terre (hydrophile)

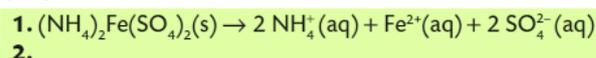
Ex 18 – Préparation d'une solution de sel de Mohr

On souhaite préparer un volume $V_{\text{solution}} = 250,0 \text{ mL}$ d'une solution contenant des ions ammonium à la concentration $[NH_4^+] = 0,40 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ en dissolvant, dans l'eau, du sel de Mohr.

Données

- Le sel de Mohr est un solide ionique hydraté de formule chimique $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$.
- Masse molaire du sel de Mohr : $M = 392,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Déterminer la masse de sel de Mohr nécessaire pour préparer la solution désirée.



Équation chimique		$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2(s) \rightarrow 2 NH_4^+(aq) + Fe^{2+}(aq) + 2 SO_4^{2-}(aq)$			
État du système	Avancement	Quantités de matière			
		$n((NH_4)_2Fe(SO_4)_2)$	$n(NH_4^+)$	$n(Fe^{2+})$	$n(SO_4^{2-})$
État initial	$x = 0$	n_0	0	0	0
État final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	$2x_{\text{max}}$	x_{max}	$2x_{\text{max}}$

3.

$$[NH_4^+] = \frac{n(NH_4^+)}{V_{\text{solution}}} = \frac{2x_{\text{max}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{2n_0}{V_{\text{solution}}}$$

$$\text{donc } n_0 = \frac{[NH_4^+] \times V_{\text{solution}}}{2}$$

$$4. m_0 = n_0 \times M = \frac{[NH_4^+] \times V_{\text{solution}} \times M}{2} = 20 \text{ g.}$$

Ex 19 – Un traitement de la vigne

Le mildiou est une maladie de la vigne provoquée par un champignon microscopique.

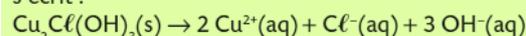
L'oxychlorure de cuivre a des propriétés fongicides, dues à l'élément cuivre, qui permettent de lutter efficacement contre le mildiou. C'est un solide ionique qui s'emploie en solution aqueuse, en traitement préventif du mildiou. Il faut, durant tout le cycle de végétation qui dure environ neuf mois, pulvériser une solution aqueuse d'oxychlorure de cuivre tous les quinze jours sur la vigne. Pour traiter ses vignes, un viticulteur prépare une solution de volume $V_{\text{solution}} = 500 \text{ L}$ en dissolvant une masse $m_0 = 5,00 \text{ kg}$ d'oxychlorure de cuivre $Cu_2Cl(OH)_3$. Ce dernier utilise cette solution pour traiter une surface de 10,0 hectares (ha).

- En agriculture biologique, le maximum toléré est une masse maximale apportée en cuivre égale à 6 kg/ha/an. Le viticulteur peut-il avoir le label « Bio » ?

Données

- $M(Cu_2Cl(OH)_3) = 213,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- $M(Cu) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Formule de l'ion hydroxyde : OH^- .

L'équation de la réaction de dissolution de l'oxychlorure de cuivre s'écrit :



La quantité d'oxychlorure de cuivre :

$$n_0 = \frac{m_0}{M} = \frac{5,00 \times 10^3}{213,5} = 23,4 \text{ mol.}$$

On calcule la concentration molaire en ion cuivre (II) :

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{n(\text{Cu}^{2+})}{V_{\text{solution}}} = \frac{2n_0}{V_{\text{solution}}} = 9,36 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

On en déduit la concentration en masse :

$$t(\text{Cu}^{2+}) = [\text{Cu}^{2+}] \times M(\text{Cu}) = 5,94 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le vigneron utilise une solution de 500 L ce qui représente une masse :

$$m(\text{Cu}^{2+}) = t \times V = 2,97 \times 10^3 = 2,97 \text{ kg pour 10 ha à chaque traitement.}$$

Au cours d'une année, le viticulteur pulvérise tous les 15 jours pendant 9 mois, soit 18 fois. La masse d'ions cuivre (II) pulvérisée par hectare de vigne sur un an est:

$$\frac{2,97 \times 18}{10} = 5,35 \text{ kg/ha/an}$$

La quantité pulvérisée est inférieure au maximum toléré : il peut avoir le label Bio

Ex 20 – Concentrations molaires effectives

On considère une solution aqueuse S_1 de sulfate de potassium K_2SO_4 et une solution aqueuse S_2 de phosphate de potassium K_3PO_4 . Les deux solutions ont même concentration molaire effective en ion potassium $\text{K}^+(\text{aq})$:

$$[\text{K}^+] = 0,60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

1. Ecrire les équations de dissolution dans l'eau des deux composés ioniques $\text{K}_2\text{SO}_4(\text{s})$ et $\text{K}_3\text{PO}_4(\text{s})$
2. Calculer les concentrations molaires des deux solutions en soluté apporté
3. En déduire les concentrations molaires effectives des anions dans les deux solutions

$$1. \text{K}_2\text{SO}_4(\text{s}) \rightarrow 2\text{K}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \text{ et } \text{K}_3\text{PO}_4(\text{s}) \rightarrow 3\text{K}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$$

Equation		$\text{K}_2\text{SO}_4(\text{s})$	$\xrightarrow{\text{eau}}$	$2\text{K}^+(\text{aq})$	+	$\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
Etat du système	Avancement (en mol)	Quantité de matière (en mol)				
Etat initial	$x = 0$	n_0		0		0
Etat final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$		$2x_{\text{max}} = 2n_0$		$x_{\text{max}} = n_0$

Equation		$\text{K}_3\text{PO}_4(\text{s})$	$\xrightarrow{\text{eau}}$	$3\text{K}^+(\text{aq})$	+	$\text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$
Etat du système	Avancement (en mol)	Quantité de matière (en mol)				
Etat initial	$x = 0$	n_0		0		0
Etat final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$		$3x_{\text{max}} = 3n_0$		$x_{\text{max}} = n_0$

2. D'après les tableaux d'avancement on peut écrire les relations suivantes :

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{n(\text{K}^+)}{2} = n(\text{K}_2\text{SO}_4) \text{ donc } [\text{SO}_4^{2-}] = \frac{[\text{K}^+]}{2} = C(\text{K}_2\text{SO}_4)$$

$$\text{Donc } C(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{[\text{K}^+]}{2} = \frac{0,60}{2} = 0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$n(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{n(\text{K}^+)}{3} = n(\text{K}_3\text{PO}_4) \text{ donc } [\text{PO}_4^{3-}] = \frac{[\text{K}^+]}{3} = C(\text{K}_3\text{PO}_4)$$

$$\text{Donc } C(\text{K}_3\text{PO}_4) = \frac{[\text{K}^+]}{3} = \frac{0,60}{3} = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$3. [\text{SO}_4^{2-}] = C(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ et } [\text{PO}_4^{3-}] = C(\text{K}_3\text{PO}_4) = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

EXERCICES D'APPROFONDISSEMENT

Ex 21 – Traiter une carence en calcium

Le chlorure de calcium $\text{CaCl}_2(\text{s})$ est un solide ionique composé d'ions calcium Ca^{2+} et d'ions chlorure Cl^- . On l'utilise en solution aqueuse pour traiter l'hypocalcémie qui correspond à une carence en calcium dans l'organisme.



- Justifier la charge portée par chacun des ions.
- Préciser l'interaction responsable de la cohésion du solide. Justifier.
- Établir l'équation de la réaction de dissolution du chlorure de calcium dans l'eau.
- Déterminer les concentrations en quantité de matière de chacun des ions dans la solution.
- En déduire la concentration en masse $t(\text{Ca}^{2+})$ des ions calcium dans la solution injectable.

- Ca^{2+} est obtenu en enlevant deux électrons à l'atome : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$. Il possède une structure stable en octet, celle de l'argon. Cl^- est obtenu en ajoutant un électron à l'atome : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$. Il possède une structure stable en octet, celle de l'argon.
- L'interaction attractive électrostatique entre les cations et les anions est responsable de la cohésion.
- $\text{CaCl}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$

4.

Équation chimique		$\text{CaCl}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$		
État du système	Avancement	Quantités de matière		
		$n(\text{CaCl}_2)$	$n(\text{Ca}^{2+})$	$n(\text{Cl}^-)$
État initial	$x = 0$	n_0	0	0
État final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	x_{max}	$2x_{\text{max}}$

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V_{\text{solution}}} = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{n_0}{V_{\text{solution}}}$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V_{\text{solution}}} = \frac{2x_{\text{max}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{2n_0}{V_{\text{solution}}}$$

$$M(\text{CaCl}_2) = M(\text{Ca}) + 2 \times M(\text{Cl}) = 111,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{CaCl}_2) = n_0 = \frac{m}{M} = \frac{0,50682}{111,1} = 4,562 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 4,562 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; [\text{Cl}^-] = 9,124 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$5. t(\text{Ca}^{2+}) = [\text{Ca}^{2+}] \times M(\text{Ca}) = 18,29 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

6. 6 ampoules contiennent une masse d'ions calcium égale à $t(\text{Ca}^{2+}) \times 0,060 = 1,098 \text{ g}$.

On ramène cette quantité à un jour : $\frac{1098 \times 24}{36} = 732 \text{ mg} < 800 \text{ mg}$: la posologie a été respectée.

6. Un infirmier a injecté, en perfusion à un patient, six ampoules de chlorure de calcium pendant 36 heures. La posologie a-t-elle été respectée ?

A Extrait d'une notice de chlorure de calcium injectable

- Dénomination du médicament : chlorure de calcium, solution injectable en ampoule de 10 mL.
- Composition quantitative : masse de chlorure de calcium (pour 10 millilitres) égale à 506,82 mg.
- Indication thérapeutique : hypocalcémie.
- Posologie : les hypocalcémies sévères sont traitées par perfusion d'au maximum 800 mg de calcium par jour.

Données

Atome	Configuration électronique	Masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
Chlore Cl	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	35,5
Calcium Ca	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$	40,1

Ex 22 – Etude de deux polluants

Doc. 1 Extraction de pesticides organochlorés

Lors du contrôle de la qualité d'une eau de rivière, on recherche la présence de polluants, tels que les pesticides. Pour identifier un polluant et déterminer sa concentration, il faut tout d'abord l'extraire d'un échantillon d'eau de rivière. Une extraction liquide/liquide peut être utilisée. Dans ce cas, on transfère les polluants de l'eau vers un solvant organique adapté tel que l'hexane. La SPE (*Solid Phase Extraction*) est également une méthode très utilisée. Elle met en jeu une extraction liquide/solide. L'échantillon à analyser percole à travers une poudre compacte qui fixe les polluants. Ces derniers sont ensuite extraits de la cartouche par un solvant approprié. Cette méthode est plus coûteuse que l'extraction liquide/liquide, mais utilise de faibles quantités de solvants.

Doc. 2 Extraction de polluants d'une eau usée

La présence des phosphates dans les eaux usées est une cause majeure de la dégradation des milieux aquatiques : elle entraîne la prolifération d'algues qui consomment tout le dioxygène nécessaire à la vie de l'écosystème (eutrophisation).



Dans certaines stations d'épuration, l'extraction des phosphates contenus dans les eaux usées peut se faire par un procédé de coagulation-floculation : l'ajout d'une solution de sulfate d'aluminium permet de former un précipité de phosphate d'aluminium, AlPO_4 (s).

Données

• Masses molaires :

$M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{S}) = 32,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{P}) = 31,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

• Électronégativités (échelle de Pauling) : $\chi(\text{H}) = 2,2$ $\chi(\text{C}) = 2,6$ $\chi(\text{O}) = 3,4$

• Noms et formules de quelques ions : ion aluminium (III) Al^{3+} , ion sulfate SO_4^{2-} , ion phosphate PO_4^{3-}

• Informations sur l'aldrine, l'hexane et l'eau :

	Aldrine (molécule très peu polaire)	Hexane	Eau
Formule chimique/modèle numérique	$\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_6$	C_6H_{14}	
Pictogramme de sécurité			

1. L'eau est-elle un solvant polaire ? L'hexane est-il un solvant polaire ? Justifier
2. L'aldrine est un pesticide non biodégradable. Expliquer pourquoi il est important de contrôler sa présence dans les eaux de rivière et justifier le choix du solvant utilisé pour l'extraire
3. Citer un avantage et un inconvénient de l'extraction solide/liquide d'un pesticide organochloré par rapport à son extraction liquide/liquide

Les ions phosphate contenus dans une eau usée peuvent être extraits à l'aide d'une solution S de sulfate d'aluminium dont la concentration en ions aluminium est $[\text{Al}^{3+}] = 2,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

4. Pourquoi est-il nécessaire d'extraire les ions phosphates des eaux usées ?
5. Ecrire l'équation de dissolution dans l'eau du sulfate d'aluminium hydraté de formule $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}(s)$
6. Proposer un protocole expérimental permettant de préparer un volume $V = 1,00 \text{ L}$ de solution S à partir de sulfate d'aluminium hydraté

7. On veut traiter 100 m^3 d'une eau usée dont la concentration massique en ions phosphate est $t = 2,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Quel volume de solution S doit-on utiliser pour extraire la quasi-totalité de ces ions ?
8. Proposer une méthode permettant de séparer le précipité formé
1. L'eau est un solvant polaire. En effet, les molécules d'eau possèdent des liaisons O–H polarisées en raison de la différence d'électronégativité entre l'atome d'oxygène et l'atome d'hydrogène. De plus, la géométrie coudée de la molécule d'eau implique que les barycentres des charges partielles positives et négatives ne soient pas confondus. L'hexane est un solvant apolaire car il est constitué de molécules qui ne possèdent que des liaisons C–C, non polarisées, ou C–H, très faiblement polarisées.
 2. Les pictogrammes de sécurité montrent que l'aldrine est un polluant majeur qui altère l'environnement et présente un danger réel pour tous les organismes vivants en cas d'ingestion. Après l'avoir identifiée, on peut l'extraire avec de l'hexane, solvant apolaire, qui convient pour cette molécule très peu polaire.
 3. L'extraction par SPE est plus respectueuse de l'environnement : en effet, la cartouche qui fixe les polluants est isolée pour être traitée séparément par un solvant approprié et utilise en faible quantité. L'extraction directe liquide/liquide par un solvant utilise davantage de solvant, ce qui peut présenter un risque de pollution de l'environnement. Cependant, la technique SPE (liquide/solide) est plus couteuse que l'extraction directe liquide/liquide.
 4. Les ions phosphate sont des polluants qui entraînent une eutrophisation des eaux.
 5. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 (s) \rightarrow 2\text{Al}^{3+}(aq) + 3\text{SO}_4^{2-}(aq)$

Equation		$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 (s)$	\rightarrow	$2\text{Al}^{3+}(aq)$	$+$	$3\text{SO}_4^{2-}(aq)$
Etat du système	Avancement (en mol)	Quantité de matière (en mol)				
Etat initial	$x = 0$	no		0		0
Etat final	$x = x_{\max}$	$\text{no} - x_{\max} = 0$		$2x_{\max} = 2\text{no}$		$3x_{\max} = 3\text{no}$

6. D'après les tableaux d'avancement on peut écrire les relations suivantes :

$$\frac{n(\text{SO}_4^{2-})}{3} = \frac{n(\text{Al}^{3+})}{2} = n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) \text{ donc } \frac{[\text{Al}^{3+}]}{2} = \frac{[\text{K}^+]}{2} = C(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$$

$$\text{Donc } C(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{[\text{Al}^{3+}]}{2} = \frac{2,00}{2} = 1,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = C(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) \times V(\text{solution}) \times M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}(s))$$

$$\text{donc } m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 1,00 \times 1,00 \times 666,3 = 666 \text{ g}$$

Protocole de dissolution

$$7. t = \frac{m}{V(\text{sol})} \text{ donc } m = t \times V(\text{sol}) \text{ donc } m(\text{PO}_4^{3-}) = t(\text{PO}_4^{3-}) \times V(\text{sol})$$

$$m(\text{PO}_4^{3-}) = 2,1 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^3 = 2,1 \times 10^2 \text{ g}$$

$$\text{Cela correspond à une quantité de matière en ions phosphate : } n(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{m(\text{PO}_4^{3-})}{M(\text{PO}_4^{3-})}$$

$$n(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{2,1 \times 10^2}{95,0} = 2,2 \text{ mol}$$

Equation		$\text{PO}_4^{3-}(aq)$	$+$	$\text{Al}^{3+}(aq)$	\rightarrow	$\text{AlPO}_4(s)$
Etat du système	Avancement (en mol)	Quantité de matière (en mol)				
Etat initial	$x = 0$	no		no		0
Etat final	$x = x_{\max}$	$\text{no} - x_{\max} = 0$		$\text{no} - x_{\max} = 0$		$x_{\max} = \text{no}$

Il faut une quantité égale d'ions aluminium (II) pour éliminer cette quantité d'ions phosphate sous forme de précipité (quantité stœchiométrique). Donc $n(\text{Al}^{3+}) = 2,2 \text{ mol}$

$$[\text{Al}^{3+}] = \frac{n(\text{Al}^{3+})}{V(\text{solution})} \text{ donc } V(\text{solution}) = \frac{n(\text{Al}^{3+})}{[\text{Al}^{3+}]} = \frac{2,2}{2,00} = 1,1 \text{ L}$$

8. En laboratoire, on peut réaliser une filtration simple. En pratique, ce sont des bassins de décantation qui permettent d'éliminer le précipité (après sédimentation) de l'eau traitée