PHYSIQUE-CHIMIE

09

Solutions aqueuses et concentration

Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique-Chimie – Chimie | Solutions, concentration, dilution, titrage

Objectifs du chapitre

- Distinguer soluté, solvant et solution
- Calculer la masse molaire moléculaire
- Calculer une concentration en masse C_m et en quantité de matière C
- Réaliser une dissolution et une dilution de concentration donnée
- Utiliser les relations $n = \dfrac{m}{M}$ et $C = \dfrac{n}{V}$
- Comprendre le principe d'un titrage et déterminer le point d'équivalence

Technicien : Emma, technicienne de maintenance énergétique en 1re année de Bac Pro

Entreprise : HydroClim Solutions — maintenance de circuits de chauffage et de climatisation

Mission : Emma doit préparer une solution antigel (mono-propylène glycol) à la bonne concentration pour protéger un circuit de chauffage contre le gel jusqu'à -15 °C. Elle doit aussi analyser la dureté de l'eau du circuit (teneur en calcaire) par titrage.

Questions d'Emma :

1. Quelle masse d'antigel faut-il dissoudre pour obtenir la concentration voulue ?
2. Comment préparer une solution diluée à partir d'un produit concentré ?
3. Comment mesurer la concentration en calcaire de l'eau par titrage ?

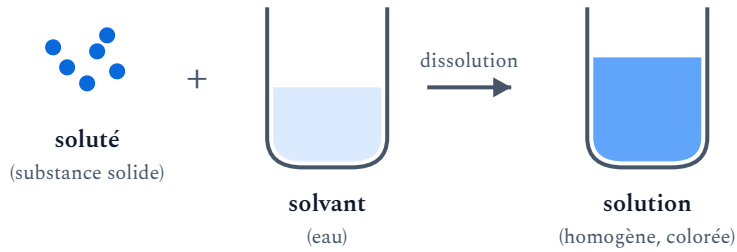
Ces questions trouveront une réponse complète au fil de ce chapitre.

I. Solutions aqueuses

1. Vocabulaire

DÉFINITION

- **Solvant :** liquide dans lequel on dissout une substance. Quand le solvant est l'eau, on parle de **solution aqueuse**.
- **Soluté :** substance dissoute dans le solvant (peut être solide, liquide ou gazeux).
- **Solution :** mélange homogène obtenu en dissolvant un soluté dans un solvant.



Un **soluté** dissous dans un **solvant** (l'eau) donne une **solution** : un mélange homogène où le soluté n'est plus visible.

EXEMPLES PROFESSIONNELS

- **Antigel :** soluté = propylène glycol (liquide) ; solvant = eau ; solution = fluide caloporteur
- **Désembouant :** soluté = acide citrique (solide) ; solvant = eau ; solution = produit de nettoyage du circuit
- **Eau de javel :** soluté = hypochlorite de sodium ; solvant = eau ; solution = désinfectant

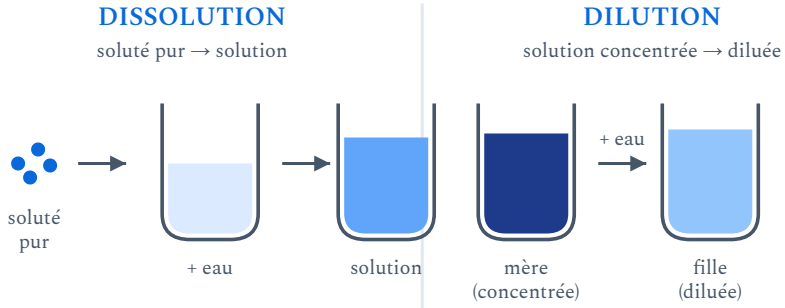
2. Dissolution et dilution

DÉFINITION

- **Dissolution :** on dissout un soluté **pur** (solide, liquide ou gazeux) dans un solvant pour obtenir une solution.
- **Dilution :** on ajoute du solvant à une solution déjà préparée pour **diminuer sa concentration**.

ATTENTION Ne pas confondre dissolution et dilution !

- **Dissolution :** on part du soluté pur (ex. : peser 50 g de glycol et les dissoudre dans 1 L d'eau)
- **Dilution :** on part d'une solution concentrée (ex. : prélever 100 mL de solution mère et ajouter de l'eau)



Dissolution : on crée la solution. Dilution : on affaiblit une solution existante.

APPLICATION

Un technicien de maintenance énergétique ajoute 200 mL d'eau à une solution d'antigel déjà préparée. S'agit-il d'une dissolution ou d'une dilution ? Justifier.

II. Masse molaire moléculaire

DÉFINITION La **masse molaire moléculaire** M d'une espèce chimique est la masse d'une mole de cette espèce. Elle s'exprime en **g/mol** (ou g.mol^{-1}).
Elle se calcule en additionnant les masses molaires atomiques de tous les atomes de la molécule.

Masses molaires atomiques courantes

Atome	H	C	N	O	Na	Cl	Ca	S
M (g/mol)	1	12	14	16	23	35,5	40	32

MÉTHODE – CALCULER UNE MASSE MOLAIRE MOLÉCULAIRE

Pour la molécule de **propylène glycol** $C_3H_8O_2$:

$$M = 3 \times M_C + 8 \times M_H + 2 \times M_O = 3 \times 12 + 8 \times 1 + 2 \times 16 = 36 + 8 + 32 = 76 \text{ g/mol}$$

EXEMPLES

- Eau H_2O : $M = 2 \times 1 + 16 = 18$ g/mol
- Chlorure de sodium NaCl : $M = 23 + 35{,}5 = 58{,}5$ g/mol
- Carbonate de calcium $CaCO_3$: $M = 40 + 12 + 3 \times 16 = 100$ g/mol
- Acide chlorhydrique HCl : $M = 1 + 35{,}5 = 36{,}5$ g/mol

III. Quantité de matière et relation n = m/M

DÉFINITION La **quantité de matière** n représente le nombre de moles d'une espèce chimique. Elle s'exprime en **mol**.

$$n = \frac{m}{M}$$

- n : quantité de matière en **mol**
- m : masse du soluté en **g**
- M : masse molaire moléculaire en **g/mol**

Trois formules à connaître

$$n = \frac{m}{M} \qquad m = n \times M \qquad M = \frac{m}{n}$$

EXEMPLE On dispose de 152 g de propylène glycol ($M = 76$ g/mol).

$$n = \frac{m}{M} = \frac{152}{76} = 2 \text{ mol}$$

APPLICATION

Calculer la quantité de matière correspondant à 58,5 g de chlorure de sodium NaCl ($M = 58{,}5$ g/mol).

IV. Concentration d'une solution

1. Concentration en masse

DÉFINITION La **concentration en masse** C_m d'une solution est la masse de soluté dissoute par litre de solution :

$$C_m = \frac{m}{V}$$

- C_m : concentration en masse en **g/L** (ou g.L^{-1})
- m : masse de soluté en **g**
- V : volume de solution en **L**

2. Concentration en quantité de matière (concentration molaire)

DÉFINITION La **concentration en quantité de matière** (ou concentration molaire) C est le nombre de moles de soluté par litre de solution :

$$C = \frac{n}{V}$$

- C : concentration molaire en **mol/L** (ou mol.L^{-1})
- n : quantité de matière en **mol**
- V : volume de solution en **L**

PROPRIÉTÉ – LIEN ENTRE LES DEUX CONCENTRATIONS

$$C_m = C \times M$$

La concentration en masse est égale à la concentration molaire multipliée par la masse molaire.

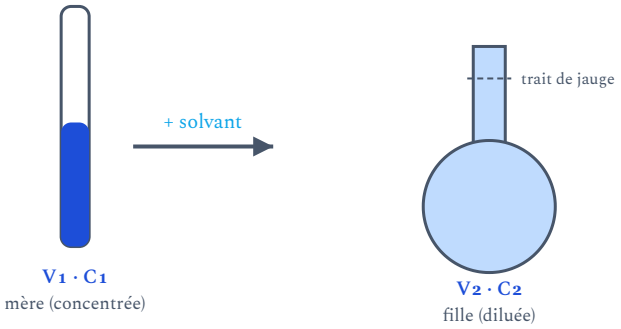
MÉTHODE – PRÉPARER UNE SOLUTION PAR DISSOLUTION

Pour préparer 2 L de solution de NaCl à $C_m = 10$ g/L :

1. Calculer la masse de soluté : $m = C_m \times V = 10 \times 2 = 20$ g
2. Peser 20 g de NaCl sur la balance
3. Dissoudre dans un peu d'eau dans une fiole jaugée de 2 L
4. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge
5. Homogénéiser en retournant la fiole

V. La dilution

DÉFINITION Diluer une solution, c'est ajouter du solvant pour diminuer la concentration du soluté. La quantité de matière de soluté ne change pas lors d'une dilution.



On prélève V_1 de solution mère et on complète avec du solvant jusqu'à V_2 : la quantité de soluté est conservée, donc $C_1V_1 = C_2V_2$.

Relation de dilution

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

- C_1, V_1 : concentration et volume de la solution mère (concentrée)
- C_2, V_2 : concentration et volume de la solution fille (diluée)

Le **facteur de dilution** est : $F = \dfrac{C_1}{C_2} = \dfrac{V_2}{V_1}$

MÉTHODE – PRÉPARER UNE SOLUTION PAR DILUTION

On dispose d'une solution mère d'antigel à $C_1 = 500$ g/L. On veut préparer 5 L de solution à $C_2 = 100$ g/L.

1. Calculer le volume de solution mère à prélever :

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1} = \frac{100 \times 5}{500} = 1 \text{ L}$$

2. Prélever 1 L de solution mère
3. Verser dans un récipient gradué de 5 L
4. Compléter avec de l'eau jusqu'à 5 L
5. Homogénéiser

APPLICATION

Un installateur thermique dissout 90 g de glycol ($M = 76$ g/mol) dans de l'eau pour obtenir 2 L de solution. Calculer la concentration en masse C_m et la concentration molaire C.

APPLICATION PROFESSIONNELLE

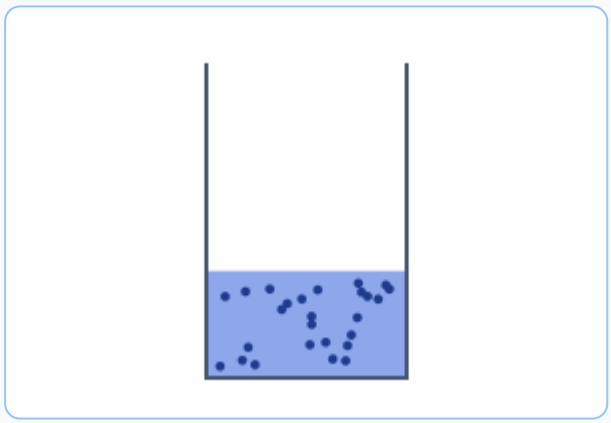
Un technicien chauffagiste doit préparer 20 L de fluide caloporteur à 30 % de glycol (concentration en masse : 300 g/L) à partir d'un bidon de glycol pur ($\rho_{\text{glycol}} = 1\,036$ g/L, soit une concentration en masse de 1 036 g/L).

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1} = \frac{300 \times 20}{1\,036} = 5{,}8 \text{ L}$$

Il doit prélever **5,8 L de glycol pur** et compléter avec de l'eau jusqu'à obtenir 20 L de solution.

Animation — diluer une solution

Ajoute du solvant (augmente le volume final) et observe : la couleur s'éclaircit car la concentration diminue, alors que la quantité de soluté reste la même.



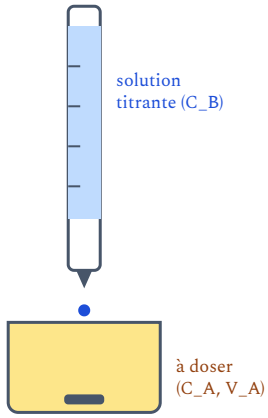
Volume final V :

V = 100 mL → C = 1.00 mol/L (n soluté = 0.100 mol, constant)

VI. Le titrage

1. Principe

DÉFINITION Un **titrage** (ou dosage) est une technique expérimentale qui permet de déterminer la **concentration inconnue** d'une solution. On fait réagir la solution à doser avec une solution de concentration connue (solution titrante) jusqu'au **point d'équivalence**.



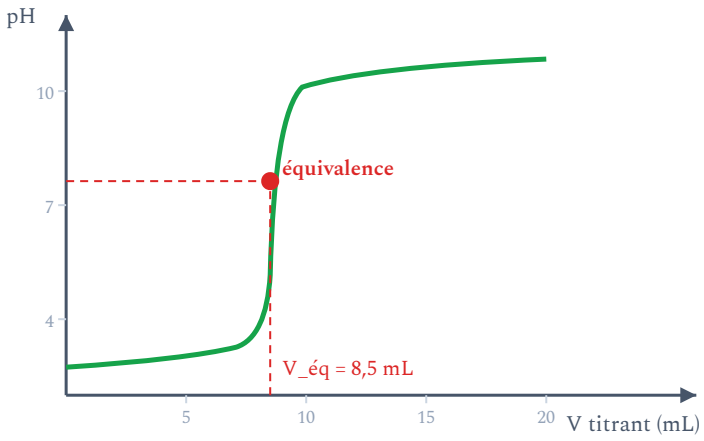
Montage de titrage : à l'**équivalence**, le virage de l'indicateur signale que $C_A V_A = C_B V_{B,\text{éq}}$.

2. Point d'équivalence

DÉFINITION Le **point d'équivalence** est atteint lorsque les réactifs ont été mélangés en **proportions stoechiométriques** : il ne reste plus ni excès de réactif titré, ni excès de réactif titrant.

Le point d'équivalence peut être repéré de deux manières :

- **Indicateur coloré :** le changement de couleur de l'indicateur (ex. : phénolphtaléine, bleu de bromothymol) signale l'équivalence
- **Courbe de titrage :** en traçant une grandeur (pH, conductivité) en fonction du volume de solution titrante ajouté, le point d'équivalence correspond à un changement brutal de la courbe



Courbe de titrage : le pH est presque stable, puis **saute brutalement** autour du volume versé à l'équivalence. Le point d'équivalence se repère au milieu de ce saut.

3. Exploitation du titrage

MÉTHODE – EXPLOITER UN TITRAGE

Au point d'équivalence (pour une réaction 1:1) :

$$n_{\text{titré}} = n_{\text{titrant}}$$

$$C_A \times V_A = C_B \times V_{B,\text{éq}}$$

- C_A, V_A : concentration et volume de la solution à doser
- C_B : concentration de la solution titrante (connue)
- $V_{B,\text{éq}}$: volume de solution titrante versé à l'équivalence (lu sur la burette)

On en déduit : $C_A = \dfrac{C_B \times V_{B,\text{éq}}}{V_A}$

APPLICATION – ANALYSE DE L'EAU D'UN CIRCUIT

Un technicien de maintenance énergétique titre l'acidité de l'eau d'un circuit de chauffage. Il prélève $V_A = 20$ mL d'eau du circuit et la titre avec une solution de soude (NaOH) à $C_B = 0{,}10$ mol/L. L'indicateur coloré change de couleur pour $V_{B,\text{éq}} = 8{,}5$ mL.

$$C_A = \frac{C_B \times V_{B,\text{éq}}}{V_A} = \frac{0{,}10 \times 8{,}5}{20} = 0{,}0425 \text{ mol/L}$$

La concentration en acide dans l'eau du circuit est de $0{,}0425$ mol/L.

L'essentiel à retenir

- Une **solution aqueuse** = soluté dissous dans de l'eau (solvant)
- **Masse molaire :** somme des masses molaires atomiques. Ex : $M(\text{NaCl}) = 23 + 35{,}5 = 58{,}5$ g/mol
- **Quantité de matière :** $n = \frac{m}{M}$ (en mol)
- **Concentration en masse :** $C_m = \frac{m}{V}$ (en g/L)
- **Concentration molaire :** $C = \frac{n}{V}$ (en mol/L)
- **Dilution :** $C_1V_1 = C_2V_2$ (la quantité de matière se conserve) *(formule fournie en évaluation)*
- **Titrage :** à l'équivalence, $C_AV_A = C_BV_{B,\text{éq}}$ *(formule fournie en évaluation)*

VII. Erreurs fréquentes

ERREUR 1

Confondre dissolution et dilution

La dissolution consiste à dissoudre un soluté pur dans un solvant (on part de zéro). La dilution consiste à ajouter du solvant à une solution déjà préparée pour l'affaiblir. Dans les deux cas, la formule utilisée est différente : $m = C_m \times V$ pour une dissolution, $C_1V_1 = C_2V_2$ pour une dilution.

ERREUR 2

Mélanger les unités de volume (L et mL) dans les formules

Dans $C = n/V$, le volume doit être en litres pour obtenir une concentration en mol/L. Si le volume est donné en mL, il faut convertir : $V_{(\text{L})} = V_{(\text{mL})}/1\,000$. Même règle pour $C_m = m/V$ et la relation de dilution.

ERREUR 3

Oublier que la dilution conserve la quantité de matière

Lors d'une dilution, on ajoute du solvant : le volume augmente, la concentration diminue, mais la quantité de matière de soluté (n) reste inchangée. C'est le fondement de la relation $C_1V_1 = C_2V_2$.

ERREUR 4

Calculer la masse molaire en oubliant de multiplier par le nombre d'atomes

Pour la molécule CaCO_3, on doit calculer $M = 40 + 12 + 3 \times 16 = 100$ g/mol et non $M = 40 + 12 + 16 = 68$. Le coefficient 3 devant O signifie 3 atomes d'oxygène, chacun contribuant 16 g/mol.

Simulation interactive

Solutions chimiques et concentration

PHYSIQUE-CHIMIE

09

Solutions aqueuses et concentration

Exercices | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Concentration, dilution, masse molaire, titrage

Socle | Standard | Approfondissement | Tout voir

🎯 Objectifs du chapitre — cliquer pour développer

Rappels du cours

- **Quantité de matière :** $n = \dfrac{m}{M}$ (mol)
- **Concentration en masse :** $C_m = \dfrac{m}{V}$ (g/L)
- **Concentration molaire :** $C = \dfrac{n}{V}$ (mol/L) | $C_m = C \times M$
- **Dilution :** $C_1 V_1 = C_2 V_2$
- **Titrage :** à l'équivalence, $C_A V_A = C_B V_{B,\text{éq}}$

Masses molaires atomiques : H = 1 ; C = 12 ; N = 14 ; O = 16 ; Na = 23 ; Cl = 35,5 ; Ca = 40 ; S = 32

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Masse molaire – Calcul guidé SOCLE

Calculer la masse molaire des espèces suivantes en complétant :

1. Chlorure de sodium $NaCl$:

$M = M_{Na} + M_{Cl} = \ldots + \ldots = \ldots$ g/mol

2. Eau H_2O :

$M = 2 \times M_H + M_O = 2 \times \ldots + \ldots = \ldots$ g/mol

3. Carbonate de calcium $CaCO_3$:

$M = M_{Ca} + M_C + 3 \times M_O = \ldots + \ldots + 3 \times \ldots = \ldots$ g/mol

Mes calculs :

EXERCICE 2 **Concentration en masse – Calcul guidé** SOCLE

Un installateur thermique dissout 30 g de sel (NaCl) dans 2 L d'eau pour tester un adoucisseur.

1. Calculer la concentration en masse :
$C_m = \dfrac{m}{V} = \dfrac{\dots}{\dots} = \dots$ g/L

2. Calculer la quantité de matière de NaCl ($M = 58{,}5$ g/mol) :
$n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{\dots}{\dots} = \dots$ mol

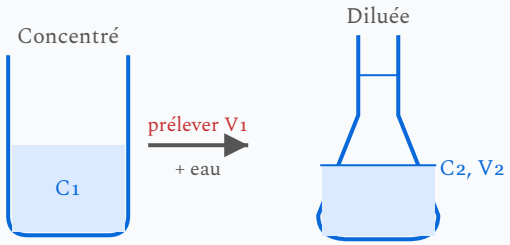
3. Calculer la concentration molaire :
$C = \dfrac{n}{V} = \dfrac{\dots}{\dots} = \dots$ mol/L

4. Vérifier que $C_m = C \times M$.

Mes calculs :

EXERCICE 3 Dilution guidée SOCLE

On dispose d'une solution d'antigel concentrée à $C_1 = 400$ g/L. On veut préparer $V_2 = 10$ L de solution à $C_2 = 100$ g/L.



Principe de la dilution : on prélève un volume V_1 de solution concentrée, puis on complète avec de l'eau jusqu'au volume V_2.

1. Écrire la relation de dilution : $C_1 \times V_1 = \ldots \times \ldots$

2. Isoler V_1 : $V_1 = \dfrac{\ldots \times \ldots}{\ldots}$

3. Calculer : $V_1 = \ldots$ L

4. Quel volume d'eau faut-il ajouter ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 4 Préparation d'un fluide caloporteur STANDARD

Un technicien chauffagiste doit préparer 50 L de fluide caloporteur contenant du mono-propylène glycol ($C_3H_8O_2$) à une concentration en masse de 350 g/L pour protéger un circuit contre le gel.

1. Calculer la masse molaire du propylène glycol.

2. Calculer la masse totale de glycol nécessaire.

3. Calculer la quantité de matière correspondante.

4. Calculer la concentration molaire de la solution.

5. Le bidon de glycol pur pèse 25 kg. Combien de bidons faut-il commander ?

Mes calculs :

EXERCICE 5 Dilution d'un produit désembouant STANDARD

Un plombier chauffagiste utilise un produit désembouant concentré à $C_1 = 800$ g/L. La notice indique de le diluer à $C_2 = 50$ g/L avant utilisation. Il a besoin de 30 L de solution diluée.

1. Calculer le volume de produit concentré à prélever.

2. Calculer le facteur de dilution.

3. Quel volume d'eau doit-il ajouter ?

4. Si le flacon de produit concentré contient 500 mL, combien de litres de solution diluée peut-on préparer au maximum ?

Mes calculs :

EXERCICE 6 Titrage de l'acidité de l'eau d'un circuit STANDARD

Un technicien de maintenance énergétique analyse l'eau d'un circuit de chauffage pour vérifier son acidité. Il prélève $V_A = 25\ \text{mL}$ d'eau du circuit et la titre avec une solution de soude (NaOH) de concentration $C_B = 0{,}050\ \text{mol/L}$. Le changement de couleur de l'indicateur (phénolphtaléine) a lieu pour $V_{B,\text{éq}} = 12{,}0\ \text{mL}$.

1. Écrire la relation à l'équivalence.

2. Calculer la concentration molaire en acide de l'eau du circuit.

3. On considère que l'acide est l'acide chlorhydrique HCl ($M = 36{,}5\ \text{g/mol}$). Calculer la concentration en masse.

4. La norme recommande $C_m < 2\ \text{g/L}$. L'eau est-elle conforme ?

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 7 Formulation complète d'un fluide caloporteur APPROFONDISSEMENT

Un installateur thermique doit préparer le fluide caloporteur d'une installation géothermique. Le circuit contient 120 L. Le fluide doit contenir :

- 30 % en masse de mono-propylène glycol ($C_3H_8O_2$)
- Un inhibiteur de corrosion : nitrite de sodium $NaNO_2$ à la concentration de 2 g/L

1. Calculer la masse molaire du propylène glycol et du nitrite de sodium.

2. Sachant que la masse volumique du mélange final est d'environ 1 030 g/L, calculer la masse totale du fluide, puis la masse de glycol nécessaire.

3. Calculer la quantité de matière de glycol et sa concentration molaire dans le mélange.

4. Calculer la masse de nitrite de sodium nécessaire et la quantité de matière correspondante.

5. Le glycol est vendu en bidons de 20 L ($\rho = 1\,036$ g/L). Combien de bidons faut-il ?

Mes calculs :

EXERCICE 8 Titrage de la dureté de l'eau APPROFONDISSEMENT

Un technicien chauffagiste mesure la dureté de l'eau (teneur en ions calcium $\mathrm{Ca^{2+}}$) qui alimente un circuit de chauffage. Il titre un échantillon de $V_A = 100\ \mathrm{mL}$ avec une solution d'EDTA de concentration $C_B = 0{,}010\ \mathrm{mol/L}$. Le changement de couleur de l'indicateur (NET) a lieu pour $V_{B,\text{éq}} = 15{,}2\ \mathrm{mL}$.

La réaction de titrage est : $\mathrm{Ca^{2+}} + \mathrm{EDTA} \rightarrow$ complexe (rapport 1:1)

1. Calculer la concentration molaire en ions $\mathrm{Ca^{2+}}$ dans l'eau.

2. Calculer la concentration en masse en ions $\mathrm{Ca^{2+}}$ ($M_{\mathrm{Ca}} = 40\ \mathrm{g/mol}$).

3. La dureté se mesure en degrés français (°f). 1 °f correspond à 4 mg/L de $\mathrm{Ca^{2+}}$. Calculer la dureté de cette eau.

4. Une eau est considérée comme dure au-dessus de 25 °f. Faut-il installer un adoucisseur sur ce circuit ? Justifier.

Mes calculs :

EXERCICE 9 **Dilutions successives** APPROFONDISSEMENT

Un laboratoire d'analyse reçoit un échantillon d'eau de circuit de chauffage très concentrée en inhibiteur de corrosion. Pour l'analyser, il faut réaliser deux dilutions successives.

Données :

- Solution initiale S0 : concentration inconnue C_0
- Dilution 1 : on prélève 10 mL de S0 et on complète à 100 mL → solution S1
- Dilution 2 : on prélève 5 mL de S1 et on complète à 50 mL → solution S2
- L'analyse de S2 donne une concentration de $C_2 = 0{,}025\ \text{mol/L}$

1. Calculer le facteur de dilution de chaque étape, puis le facteur de dilution total.

2. Remonter à la concentration C_1 de S1.

3. En déduire la concentration initiale C_0 de S0.

4. L'inhibiteur a une masse molaire de 122 g/mol. Calculer la concentration en masse de l'échantillon initial.

Mes calculs :

PHYSIQUE-CHIMIE

09

Solutions aqueuses et concentration

Solutions aqueuses et concentration | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1)

Socle | Standard | Approfondissement | Tout voir

🎯 Objectifs du chapitre — cliquer pour développer

Durée
55 minutes

Barème
20 points

Documents
Non autorisés

Calculatrice
Autorisée

DONNÉES Masses molaires atomiques : H = 1 ; C = 12 ; N = 14 ; O = 16 ; Na = 23 ; Cl = 35,5 ; Ca = 40 ; S = 32

SOCLE

EXERCICE 1 — Masse molaire et quantité de matière — 7 points

Un technicien chauffagiste utilise du chlorure de sodium (NaCl) pour régénérer un adoucisseur d'eau. Il pèse 117 g de sel.

1. Calculer la masse molaire de NaCl : *(1,5 pt)*

$$M = M_{\text{Na}} + M_{\text{Cl}} = \ldots + \ldots = \ldots \text{ g/mol}$$

2. Calculer la quantité de matière : *(2 pts)*

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\ldots}{\ldots} = \ldots \text{ mol}$$

3. Il dissout ce sel dans 5 L d'eau. Calculer la concentration en masse : *(1,5 pt)*

$$C_m = \frac{m}{V} = \frac{\ldots}{\ldots} = \ldots \text{ g/L}$$

4. Calculer la concentration molaire : *(2 pts)*

$$C = \frac{n}{V} = \frac{\ldots}{\ldots} = \ldots \text{ mol/L}$$

EXERCICE 2 Dilution d'un produit antigel — 6 points

On dispose d'un bidon d'antigel concentré à $C_1 = 500$ g/L. On veut préparer $V_2 = 20$ L de solution à $C_2 = 200$ g/L.
Relation de dilution : $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

1. Calculer le volume de solution concentrée à prélever : *(2 pts)*

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1} = \frac{\ldots \times \ldots}{\ldots} = \ldots \text{ L}$$

2. Calculer le facteur de dilution. *(1,5 pt)*

3. Quel volume d'eau faut-il ajouter ? *(1,5 pt)*

4. Décrire les étapes pratiques de la préparation. *(1 pt)*

EXERCICE 3 QCM 7 points

(1 pt par question)

1. Dans une solution aqueuse, le solvant est :

a) le sel b) l'eau c) le sucre

2. La concentration en masse s'exprime en :

a) mol/L b) g/L c) kg

3. La quantité de matière s'exprime en :

a) gramme b) litre c) mole

4. Diluer une solution, c'est :

a) ajouter du soluté b) ajouter du solvant c) chauffer

5. La masse molaire de H_2O vaut :

a) 16 g/mol b) 18 g/mol c) 20 g/mol

6. Lors d'une dilution, la quantité de matière :

a) augmente b) diminue c) reste constante

7. Un titrage permet de déterminer :

a) la température b) la concentration c) le volume

Total : 20 points

STANDARD

EXERCICE 1 — Préparation d'un fluide caloporteur — 8 points

Un plombier chauffagiste prépare 40 L de fluide caloporteur avec du mono-propylène glycol ($C_3H_8O_2$) à une concentration en masse de 300 g/L.

1. Calculer la masse molaire du propylène glycol. *(1,5 pt)*

2. Calculer la masse de glycol à utiliser. *(1,5 pt)*

3. Calculer la quantité de matière correspondante. *(1,5 pt)*

4. Calculer la concentration molaire. *(1,5 pt)*

5. Vérifier que $C_m = C \times M$. *(1 pt)*

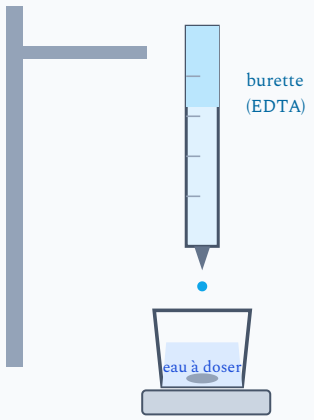
6. Le technicien dilue ensuite 5 L de cette solution avec de l'eau pour obtenir 20 L de solution finale. Quelle est la nouvelle concentration en masse ? *(1 pt)*

EXERCICE 2 Titrage – Analyse de l'eau 7 points

Un technicien CVC analyse la dureté de l'eau alimentant une chaudière. Il prélève $V_A = 50$ mL d'eau et la titre avec une solution d'EDTA de concentration $C_B = 0{,}020$ mol/L. L'équivalence est atteinte pour $V_{B,\text{éq}} = 18{,}5$ mL.

Réaction : $Ca^{2+} + \text{EDTA} \rightarrow$ complexe (rapport 1:1)

$M_{Ca} = 40$ g/mol | 1 °f = 4 mg/L de Ca^{2+}



1. Écrire la relation à l'équivalence. *(1 pt)*

2. Calculer la concentration molaire en Ca^{2+}. *(1,5 pt)*

3. Calculer la concentration en masse en Ca^{2+} (en mg/L). *(1,5 pt)*

4. En déduire la dureté de l'eau en °f. *(1 pt)*

5. Une eau est dure au-dessus de 25 °f et douce en dessous de 15 °f. Qualifier cette eau et indiquer si un traitement est nécessaire pour la chaudière. *(2 pts)*

EXERCICE 3 Questions de cours — 5 points

1. Quelle est la différence entre dissolution et dilution ? *(2 pts)*

2. Donner les formules de la concentration en masse et de la concentration molaire avec les unités. *(2 pts)*

3. Qu'est-ce que le point d'équivalence d'un titrage ? *(1 pt)*

Total : 20 points

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 1 Formulation et dilution d'un fluide caloporteur — 10 points

Un installateur thermique doit remplir un circuit de plancher chauffant de 80 L avec un fluide caloporteur. Le fabricant recommande une concentration en masse de glycol ($C_3H_8O_2$) de 250 g/L pour une protection antigel jusqu'à -12 °C. Il dispose d'un bidon de glycol pur ($\rho_{\text{glycol}} = 1\,036$ g/L).

1. Calculer la masse molaire du glycol. *(1 pt)*

2. Calculer la masse totale de glycol nécessaire. *(1,5 pt)*

3. Calculer le volume de glycol pur à prélever. *(1,5 pt)*

4. Calculer la concentration molaire du glycol dans la solution finale. *(2 pts)*

5. Après un an de fonctionnement, on prélève un échantillon de 100 mL du circuit et on titre le glycol. On trouve une concentration de 230 g/L. Le circuit contient-il toujours assez de glycol pour protéger contre le gel à -12 °C ? Calculer le pourcentage de perte. *(2 pts)*

6. Quel volume de glycol pur faut-il ajouter pour ramener les 80 L du circuit à 250 g/L ? *(2 pts)*

EXERCICE 2 Titrage et analyse complète — 6 points

Un technicien de maintenance énergétique analyse l'eau d'un circuit de chauffage. Il réalise deux titrages sur le même prélèvement de $V_A = 25$ mL :

- **Titrage 1** (acidité) : avec NaOH à $C_1 = 0{,}10$ mol/L, équivalence à $V_1 = 5{,}0$ mL
- **Titrage 2** (dureté calcique) : avec EDTA à $C_2 = 0{,}020$ mol/L, équivalence à $V_2 = 22{,}5$ mL

Réactions 1:1 dans les deux cas. $M_{Ca} = 40$ g/mol. 1 °f = 4 mg/L de Ca^{2+}.

1. Calculer la concentration molaire en acide dans l'eau du circuit. *(1,5 pt)*

2. Calculer la concentration molaire en Ca^{2+} et en déduire la dureté en °f. *(2,5 pt)*

3. Conclure sur l'état du circuit et proposer des actions correctives si nécessaire. *(2 pts)*

EXERCICE 3 Questions de synthèse — 4 points

1. Démontrer que $C_m = C \times M$ à partir des définitions de C_m, C et n. *(2 pts)*

2. Expliquer pourquoi la relation $C_1V_1 = C_2V_2$ est valable lors d'une dilution. Sur quel principe physique repose-t-elle ? *(2 pts)*

Total : 20 points