Corrigé complet — Bac S 2004 Métropole rattrapage (ancien programme)

Physique-chimie, Bac S (épreuve écrite) **16 points** **3 h 30**

Ex 1	**Du chlore dans l'eau** Isotopes et composition du noyau · Énergie de liaison · Radioactivité β^- et lois de conservation · Décroissance radioactive et datation · Suivi cinétique par mesure de pression · Temps de demi-réaction	7 pts	1 h 31	22 questions	p. 2
Ex 2	**Mal de tête** Groupes caractéristiques · Titrage acido-basique · Équivalence · Solubilité et solution saturée · Saponification · Synthèse d'un ester	4 pts	52 min	14 questions	p. 8
Ex 3	**Spécialité : Dosage conductimétrique des ions chlorure dans le lait** Conductivité d'une solution ionique · Tableau d'avancement · Constante d'équilibre et taux d'avancement final · Équivalence d'un titrage · Titrage conductimétrique · Concentration en masse	4 pts	52 min	11 questions	p. 13
Ex 4	**Comment faire des ricochets sur l'eau** Vecteur vitesse et pointage vidéo · Vecteur accélération · Deuxième loi de Newton · Énergie mécanique · Chute libre avec vitesse initiale · Onde mécanique progressive	5 pts	1 h 05	14 questions	p. 17

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Du chlore dans l'eau

Bac S 2004 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1.1 Que désignent plus précisément les valeurs 35 et 37 pour un noyau de chlore ?

35 et 37 sont les nombres de masse A : le nombre de nucléons (protons et neutrons) du noyau.

1.2 Définir le terme « isotopes ».

Des isotopes sont des noyaux qui ont le même nombre de protons Z mais des nombres de neutrons différents (donc des nombres de masse A différents).

1.3 Donner le symbole complet du noyau de « chlore 36 » et sa composition.

Données utiles $Z = 17$ pour le chlore

Le noyau contient $Z = 17$ protons et $A - Z = 36 - 17 = 19$ neutrons.

$^{36}_{17}\text{Cl}$: 17 protons et 19 neutrons.

1.4 Calculer, en MeV, l'énergie de liaison E_{L1} d'un noyau de « chlore 36 », avec quatre chiffres significatifs.

Données utiles $m_p = 1{,}672\,62 \times 10^{-27}$ kg ; $m_n = 1{,}674\,92 \times 10^{-27}$ kg ; $m(^{36}\text{Cl}) = 59{,}711\,28 \times 10^{-27}$ kg ; $c = 2{,}998 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}602 \times 10^{-19}$ J

L'énergie de liaison est l'énergie associée au défaut de masse du noyau : $E_{L1} = \Delta m \cdot c^2$ avec $\Delta m = 17\,m_p + 19\,m_n - m(^{36}\text{Cl})$.

$\Delta m = (17 \times 1{,}672\,62 + 19 \times 1{,}674\,92 - 59{,}711\,28) \times 10^{-27} = 0{,}546\,74 \times 10^{-27}$ kg

$E_{L1} = 0{,}546\,74 \times 10^{-27} \times (2{,}998 \times 10^{8})^2 = 4{,}914 \times 10^{-11}$ J

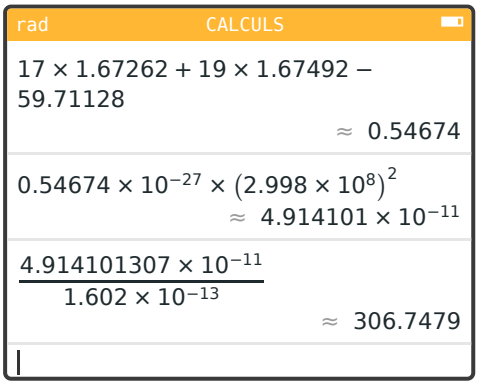
Or $1\ \text{MeV} = 1{,}602 \times 10^{-13}$ J, donc $E_{L1} = \dfrac{4{,}914 \times 10^{-11}}{1{,}602 \times 10^{-13}}$

$E_{L1} = 306{,}7$ MeV

PIÈGE
Arrondir les masses avant la soustraction : le défaut de masse ne représente que 1 % de la masse du noyau, tous les chiffres donnés sont nécessaires.

COMPRENDRE
Quatre chiffres significatifs, comme c et la valeur de l'électronvolt : on garde les résultats intermédiaires dans la calculatrice et on n'arrondit qu'à la fin.

À LA CALCULATRICE



1.5 Écrire l'équation de la désintégration d'un noyau de « chlore 36 », en indiquant les lois utilisées et le type de radioactivité.

Données utiles noyau fils : argon 36, $Z = 18$

Lois de conservation (lois de Soddy) : le nombre de masse et le nombre de charge se conservent.

${}^{36}_{17}\mathrm{Cl} \longrightarrow {}^{36}_{18}\mathrm{Ar} + {}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ avec $36 = 36 + A$, donc $A = 0$, et $17 = 18 + Z$, donc $Z = -1$: la particule émise est un électron.

${}^{36}_{17}\mathrm{Cl} \longrightarrow {}^{36}_{18}\mathrm{Ar} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$: radioactivité β^-.

COMPRENDRE
L'électron ne vient pas du cortège électronique : dans le noyau, un neutron se transforme en proton, d'où Z qui augmente de 1 à A constant.

1.6 Donner la définition du temps de « demi-vie » $t_{1/2}$ du « chlore 36 ».

La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux de chlore 36 initialement présents dans un échantillon s'est désintégrée.

COMPRENDRE
Ici $t_{1/2} = 301 \times 10^3$ ans : après cette durée il reste $N_0/2$ noyaux, après deux demi-vies $N_0/4$, et ainsi de suite.

1.7.1 Déterminer, par analyse dimensionnelle, l'unité de la constante radioactive λ dans le système international.

Données utiles $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$

$\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$; $\ln 2$ est un nombre sans dimension et $t_{1/2}$ est une durée, donc $[\lambda] = \dfrac{1}{\mathrm{T}} = \mathrm{T}^{-1}$.

λ est l'inverse d'un temps : elle s'exprime en s^{-1}.

1.7.2 Calculer la constante radioactive du « chlore 36 » dans l'unité de base du système international.

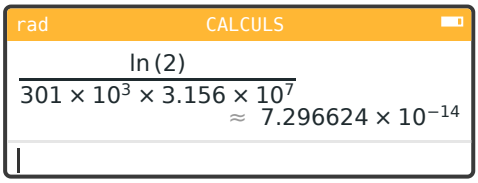
Données utiles $t_{1/2} = 301 \times 10^3$ ans ; $1\ \mathrm{an} = 3{,}156 \times 10^7$ s

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{301 \times 10^3 \times 3{,}156 \times 10^7}$$

$\lambda = 7{,}30 \times 10^{-14}\ \mathrm{s}^{-1}$

PIÈGE
Laisser la demi-vie en années : on obtiendrait λ en an^{-1}, alors que l'activité en becquerels exige des s^{-1}.

À LA CALCULATRICE



1.8.1 Calculer la quantité d'ions chlorure, en mol, dans l'eau de la bouteille.

Données utiles $V = 1{,}5\ \mathrm{L}$; $c_m = 13{,}5\ \mathrm{mg \cdot L^{-1}}$; $M(\mathrm{Cl}) = 35{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

Masse d'ions chlorure : $m = c_m \cdot V$. Quantité de matière : $n = \dfrac{m}{M(\mathrm{Cl})} = \dfrac{c_m \cdot V}{M(\mathrm{Cl})}$

$$n = \frac{13{,}5 \times 10^{-3} \times 1{,}5}{35{,}5}$$

$n = 5{,}7 \times 10^{-4}$ mol

PIÈGE
Oublier de convertir les milligrammes en grammes : la masse molaire est en $\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{13.5 \times 10^{-3} \times 1.5}{35.5} \approx 5.704225 \times 10^{-4}$

1.8.2 Montrer que le nombre de noyaux de « chlore 36 » présents dans la bouteille est $N = 2{,}4 \times 10^{8}$.

Données utiles $n = 5{,}70 \times 10^{-4}$ mol (1.8.1) ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ; rapport $\dfrac{N}{N_{\text{total}}} = 7{,}0 \times 10^{-13}$

Nombre total de noyaux de chlore dans la bouteille : $N_{\text{total}} = n \cdot N_A$.

D'après le texte, $N = 7{,}0 \times 10^{-13} \times N_{\text{total}} = 7{,}0 \times 10^{-13} \times n \cdot N_A$

$N = 7{,}0 \times 10^{-13} \times 5{,}70 \times 10^{-4} \times 6{,}02 \times 10^{23}$

$N = 2{,}4 \times 10^{8}$ noyaux : c'est la valeur attendue.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$7.0 \times 10^{-13} \times 5.704225352 \times 10^{-4} \times 6.02 \times 10^{23} \approx 2.403761 \times 10^{8}$

1.8.3 En déduire la valeur de l'activité en « chlore 36 » de l'eau de la bouteille.

Données utiles $\lambda = 7{,}30 \times 10^{-14}$ s^{-1} (1.7.2) ; $N = 2{,}4 \times 10^{8}$ (1.8.2)

$A = \lambda \cdot N = 7{,}30 \times 10^{-14} \times 2{,}4 \times 10^{8}$

$A = 1{,}8 \times 10^{-5}$ Bq

COMPRENDRE
Un becquerel correspond à une désintégration par seconde en moyenne. Cette activité est infime : il faut attendre plus de quinze heures, en moyenne, entre deux désintégrations.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$7.30 \times 10^{-14} \times 2.4 \times 10^{8} \approx 1.752 \times 10^{-5}$

1.8.4 En déduire la valeur du nombre de désintégrations de noyaux de « chlore 36 » par jour.

Données utiles $A = 1{,}75 \times 10^{-5}$ Bq (1.8.3)

L'activité est le nombre moyen de désintégrations par seconde. Sur une journée, $\Delta t = 24 \times 3600 = 86\,400$ s, elle reste pratiquement constante, donc le nombre de désintégrations est $A \cdot \Delta t$.

$A \cdot \Delta t = 1{,}75 \times 10^{-5} \times 86\,400$

Environ $1{,}5$ désintégration par jour, en moyenne.

COMPRENDRE
Le résultat n'est pas entier car c'est une moyenne. L'activité peut être supposée constante : une journée est négligeable devant la demi-vie de 301 000 ans.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.752 \times 10^{-5} \times 24 \times 3600 \approx 1.513728$

1.9.1 Écrire la loi de décroissance radioactive liant $N(t)$, N_0 et $t_{1/2}$.

Loi de décroissance : $N(t) = N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t}$ avec $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

$$N(t) = N_0 \exp\left(-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\, t\right)$$

1.9.2 En déduire l'âge d'une nappe phréatique dont l'eau ne contient plus que 38 % des noyaux de « chlore 36 » des eaux de surface. Pourquoi ne pas avoir utilisé le « carbone 14 » ?

Données utiles $\frac{N(t)}{N_0} = 0{,}38$; $t_{1/2}(^{36}\mathrm{Cl}) = 3{,}01 \times 10^5$ ans ; $t_{1/2}(^{14}\mathrm{C}) = 5{,}73 \times 10^3$ ans

$\frac{N(t)}{N_0} = \exp\left(-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}t\right)$, donc $\ln\frac{N(t)}{N_0} = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}}t$, soit $t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{N(t)}{N_0}$

$t = -\frac{3{,}01 \times 10^5}{\ln 2} \times \ln(0{,}38)$

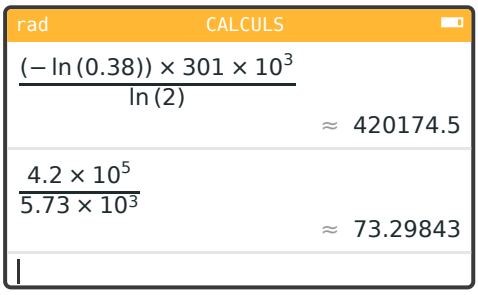
$t = 4{,}2 \times 10^5$ ans

Cet âge représente environ 73 demi-vies du carbone 14 : il ne resterait pratiquement plus aucun noyau de carbone 14 dans l'eau, donc rien de mesurable. La demi-vie du carbone 14 est trop courte pour une eau aussi ancienne.

PIÈGE
Prendre 0,62 au lieu de 0,38 : 38 % est la fraction de noyaux restants, pas celle des noyaux désintégrés.

MÉTHODE
Pour isoler t dans une exponentielle : écrire le rapport N/N_0, prendre le logarithme népérien, puis diviser. En gardant $t_{1/2}$ en années, l'âge sort directement en années.

À LA CALCULATRICE



2.1 Quels matériels, pris dans la verrerie mise à disposition, doit-on utiliser pour préparer S_1 ?

Données utiles $V = 250$ mL de S_1, dix fois moins concentrée que S_0

Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve : $c_0V_0 = c_1V$ avec $c_1 = \frac{c_0}{10}$, donc le volume de S_0 à prélever est $V_0 = \frac{V}{10} = \frac{250}{10} = 25$ mL.

Une pipette jaugée de 25 mL (prélèvement de S_0) et une fiole jaugée de 250 mL (on complète à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge).

PIÈGE
Choisir une pipette graduée ou une éprouvette : seule la verrerie jaugée garantit la précision attendue pour une dilution.

2.2.1 Compléter la dernière ligne du tableau d'évolution du système chimique (annexe).

D'après les nombres stœchiométriques de l'équation, quand l'avancement vaut x : il disparaît $2x$ mol de $\mathrm{ClO^-}$, il se forme $2x$ mol de $\mathrm{Cl^-}$ et x mol de $\mathrm{O_2}$.

$n(\mathrm{ClO^-}) = n_1 - 2x$; $n(\mathrm{Cl^-}) = n_2 + 2x$; $n(\mathrm{O_2}) = n_3 + x$

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 devant x pour $\mathrm{ClO^-}$ et $\mathrm{Cl^-}$, ou oublier n_2 et n_3 : il y a déjà des ions chlorure et du dioxygène (air du ballon) au départ.

Équation de la réaction		2 $\mathrm{ClO^-}$ (aq) =	2 $\mathrm{Cl^-}$ (aq) +	$\mathrm{O_2}$ (g)
État du système	Avancement (mol)	n($\mathrm{ClO^-}$) (mol)	n($\mathrm{Cl^-}$) (mol)	n($\mathrm{O_2}$) (mol)
État initial	0	n_1	n_2	n_3
Au cours de la transformation	x	$n_1 - 2x$	$n_2 + 2x$	$n_3 + x$

2.2.1 · Annexe : tableau d'évolution complété (dernière ligne en orange)

2.2.2 Calculer l'avancement $x(t_1)$ à la date $t_1 = 11{,}0$ min.

Données utiles $x(t) = \dfrac{[p(t) - p(t_0)]\,V_0}{RT}$; $p(t_1) = 1084 \times 10^2$ Pa ; $p(t_0) = 1020 \times 10^2$ Pa ; $V_0 = 275$ mL ; $T = 296$ K ; $R = 8{,}314$ Pa · m^3 · mol^{-1} · K^{-1}

$V_0 = 275 \text{ mL} = 275 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

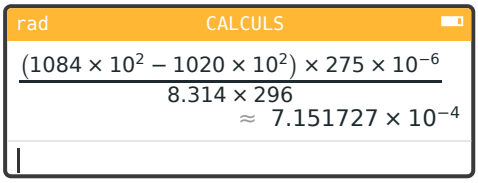
$$x(t_1) = \frac{[p(t_1) - p(t_0)]\,V_0}{RT} = \frac{(1084 \times 10^2 - 1020 \times 10^2) \times 275 \times 10^{-6}}{8{,}314 \times 296}$$

$x(t_1) = 7{,}15 \times 10^{-4}$ mol

PIÈGE
Laisser V_0 en mL ou en L : avec R en Pa · m^3 · mol^{-1} · K^{-1}, le volume doit être en m^3 ($1 \text{ mL} = 10^{-6}$ m^3). Ne pas oublier le facteur 10^2 des pressions.

COMPRENDRE
La valeur se contrôle sur la courbe de l'annexe : à 11 min, le point est bien un peu au-dessus de 7×10^{-4} mol.

À LA CALCULATRICE



2.3.1 Définir à la date t, par une relation littérale, la vitesse $v(t)$ de la réaction qui a lieu dans le ballon.

La vitesse volumique de réaction est la dérivée de l'avancement par rapport au temps, divisée par le volume de la solution :

$v(t) = \dfrac{1}{V_1}\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, avec V_1 le volume (constant) de la solution dans le ballon.

COMPRENDRE
On peut aussi raisonner sur un réactif : la vitesse volumique de disparition de ClO^- est $-\dfrac{\mathrm{d}[\mathrm{ClO}^-]}{\mathrm{d}t} = \dfrac{2}{V_1}\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, soit le double de $v(t)$.

2.3.2 Comment évolue $v(t)$ au cours du temps ? Justifier, sans calcul, à l'aide du graphique.

$\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ est le coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$ à la date t, et $v(t)$ lui est proportionnelle.
Sur le graphique, la tangente est de moins en moins inclinée au cours du temps : son coefficient directeur diminue et tend vers zéro.

La vitesse $v(t)$ diminue au cours du temps.

2.3.3 Citer le facteur cinétique responsable de l'évolution de la vitesse $v(t)$ au cours du temps.

La concentration du réactif : les ions hypochlorite ClO^- sont consommés, leur concentration diminue, donc la vitesse diminue.

COMPRENDRE
La température est maintenue constante et le catalyseur n'est pas consommé : ces deux facteurs cinétiques ne peuvent pas expliquer le ralentissement.

2.3.4 Définir le temps de demi-réaction.

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

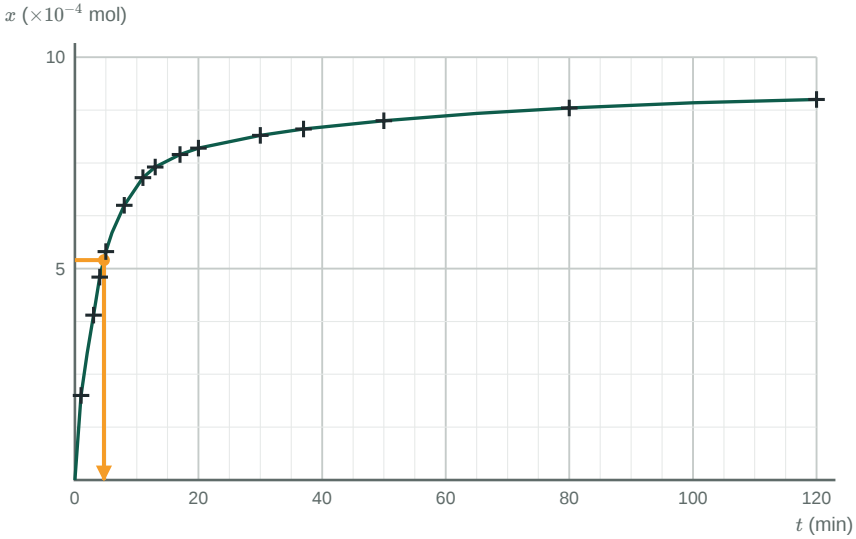
2.3.5 Avec $x_f = 1{,}04 \times 10^{-3}$ mol, déterminer graphiquement une valeur approchée du temps de demi-réaction, en faisant apparaître la méthode sur la courbe de l'annexe.

Données utiles $x_f = 1{,}04 \times 10^{-3}$ mol

$$\frac{x_f}{2} = \frac{1{,}04 \times 10^{-3}}{2} = 5{,}2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Sur l'annexe, on trace l'horizontale d'ordonnée $5{,}2 \times 10^{-4}$ mol jusqu'à la courbe, puis la verticale jusqu'à l'axe des temps : on lit l'abscisse du point d'intersection.

$t_{1/2} \approx 5$ min

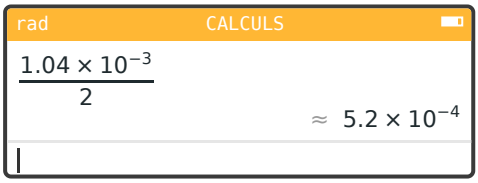


2.3.5 · Annexe complétée : l'ordonnée $x_f/2 = 5{,}2 \times 10^{-4}$ mol donne $t_{1/2} \approx 5$ min

PIÈGE
Prendre la moitié de la dernière ordonnée visible sur la courbe (9×10^{-4} mol à 120 min) : la réaction n'est pas terminée, c'est x_f donné par l'énoncé qu'il faut diviser par deux.

COMPRENDRE
Près de l'origine, 5 min ne représentent qu'un carreau : la lecture donne un ordre de grandeur, entre 4 et 5 min, pas une valeur précise.

À LA CALCULATRICE



Mal de tête

Bac S 2004 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 À quelle famille de composés correspond chacun des groupes caractéristiques notés 1 et 2 dans la formule de l'acide acétylsalicylique ?

Groupe 1 ($-COOH$) : groupe carboxyle, famille des **acides carboxyliques**.

Groupe 2 ($-O-CO-CH_3$) : groupe ester, famille des **esters**.

Groupe 1 : acide carboxylique ; groupe 2 : ester.

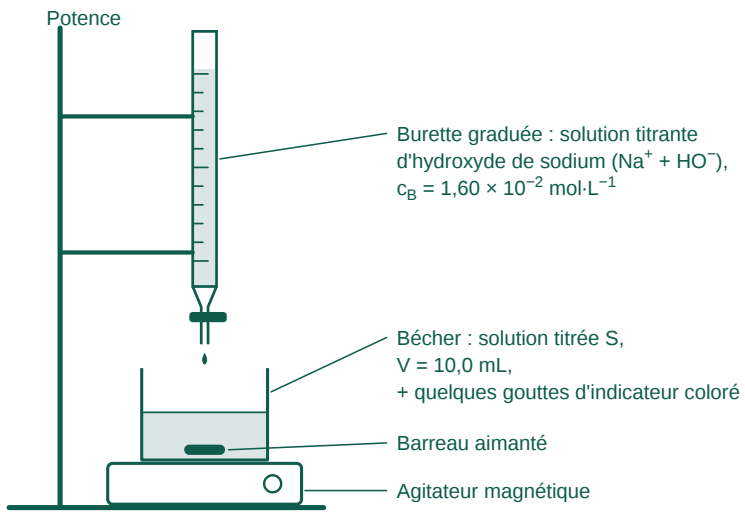
PIÈGE
Ne pas voir un second acide dans le groupe 2 : le carbone du $C{=}O$ est lié à un oxygène qui porte une chaîne carbonée (le cycle), et non un hydrogène. C'est un ester.

2.1 Faire un schéma annoté du montage réalisé pour effectuer ce titrage.

Le schéma comporte la burette graduée (solution titrante de soude), le bécher (prise d'essai de solution S et indicateur coloré) et l'agitateur magnétique avec son barreau aimanté.

Schéma annoté ci-dessous.

PIÈGE
Un schéma sans légende ne rapporte rien. Chaque solution est nommée et placée au bon endroit : la solution titrante dans la burette, la solution titrée dans le bécher.



2.1 · Montage du titrage colorimétrique

2.2 En notant AH l'acide acétylsalicylique, écrire l'équation de la réaction de titrage.

L'acide AH cède un ion H^+ à la base HO^- apportée par la soude :

$$AH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow A^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

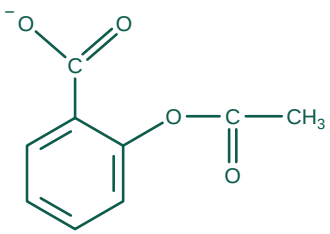
COMPRENDRE
La flèche simple traduit une transformation totale, condition indispensable pour un titrage. Les ions Na^+ sont spectateurs : ils n'apparaissent pas dans l'équation.

2.3 Donner la formule semi-développée de l'ion acétylsalicylate, base conjuguée de l'acide acétylsalicylique.

La base conjuguée s'obtient en retirant un ion H^+ au groupe carboxyle : $-COOH$ devient $-COO^-$. Le reste de la molécule est inchangé.

Ion acétylsalicylate : $CH_3-COO-C_6H_4-COO^-$ (formule ci-dessous).

PIÈGE
Oublier la charge négative, ou retirer un hydrogène au groupe CH_3 : seul l'hydrogène du groupe carboxyle est acide.



2.3 · Ion acétylsalicylate

2.4 Rappeler la définition de l'équivalence, puis calculer la concentration molaire c_A en acide acétylsalicylique apporté de la solution S.

Données utiles $V = 10{,}0$ mL ; $c_B = 1{,}60 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} ; $V_{BE} = 11{,}5$ mL

À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage : ils sont tous deux entièrement consommés.

D'après l'équation (Q2.2), une mole de AH réagit avec une mole de HO^- : $n(AH)_{initial} = n(HO^-)_{versé\ à\ l'équivalence}$, soit $c_A\,V = c_B\,V_{BE}$.

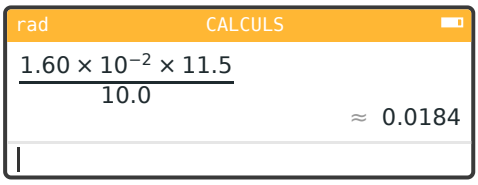
$$c_A = \frac{c_B\,V_{BE}}{V} = \frac{1{,}60 \times 10^{-2} \times 11{,}5}{10{,}0}$$

$$\boxed{c_A = 1{,}84 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

PIÈGE
Inverser les volumes. Le volume au dénominateur est celui de la prise d'essai (10,0 mL), pas le volume du verre ni le volume versé.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme chacune des données. Les deux volumes figurent dans un rapport : on peut les laisser en mL.

À LA CALCULATRICE



2.5.1 Déduire de c_A la concentration massique c_m de la solution S.

Données utiles $c_A = 1{,}84 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} (Q2.4) ; $M = 180$ g · mol^{-1}

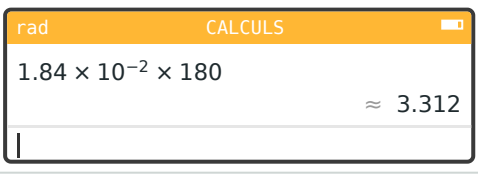
Dans un litre de solution : $m = n\,M$, donc $c_m = c_A\,M$.

$$c_m = 1{,}84 \times 10^{-2} \times 180$$

$$\boxed{c_m = 3{,}31\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}}$$

MÉTHODE
Vérifier par les unités : mol · L^{-1} × g · mol^{-1} = g · L^{-1}. On multiplie par M, on ne divise pas.

À LA CALCULATRICE



2.5.2 Montrer que la solution S est saturée.

Données utiles $s = 3{,}3\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ à 20 °C ; $c_m = 3{,}31\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q2.5.1)

La solubilité est la masse maximale d'aspirine dissoute par litre de solution à 20 °C. Or, avec la précision de la donnée s (deux chiffres significatifs), $c_m = 3{,}3\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} = s$.

Le filtrat contient donc la masse maximale d'aspirine qu'il peut dissoudre.

$c_m \approx s = 3{,}3\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$: la solution S est saturée.

COMPRENDRE
C'est cohérent avec l'observation de départ : les particules restées en suspension sont l'aspirine que l'eau du verre ne pouvait plus dissoudre.

2.5.3 Le volume de solution S bu par Sylvie est estimé à $V_S = 100$ mL. A-t-elle bien absorbé 500 mg d'aspirine ?

Données utiles $c_m = 3{,}31\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q2.5.1) ; $V_S = 0{,}100$ L

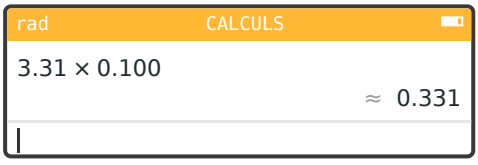
Masse d'aspirine dissoute dans le filtrat bu : $m = c_m\, V_S = 3{,}31 \times 0{,}100 = 0{,}331$ g.

$m = 331\ \text{mg} < 500\ \text{mg}$: Sylvie n'a pas absorbé la totalité du comprimé.

PIÈGE
Convertir V_S en litres avant de multiplier, puis le résultat en milligrammes pour le comparer à 500 mg.

COMPRENDRE
Le reste, environ 170 mg d'aspirine solide, est resté sur le filtre. Il aurait fallu au moins $0{,}500 \div 3{,}3 \approx 0{,}15$ L d'eau pour tout dissoudre.

À LA CALCULATRICE



2.6 Le comprimé est dissous dans un volume d'eau deux fois plus petit, puis 10,0 mL de filtrat sont titrés par la même soude. Choisir, en justifiant, le volume équivalent V'_{BE} : 5,75 mL, 11,5 mL ou 23,0 mL.

La première solution était déjà saturée. Avec deux fois moins d'eau, il reste encore plus d'aspirine non dissoute : le filtrat est toujours saturé, à la même température.

Sa concentration est donc inchangée, égale à la solubilité : $c'_A = c_A$.

Pour une même prise d'essai V et une même soude, $V'_{BE} = \dfrac{c_A\, V}{c_B} = V_{BE}$.

Proposition n°2 : $V'_{BE} = 11{,}5$ mL.

PIÈGE
Répondre 23,0 mL en pensant « deux fois moins d'eau, donc deux fois plus concentré ». Ce raisonnement ne vaut que si tout le solide est dissous, ce qui n'est pas le cas ici.

COMPRENDRE
L'énoncé note « V » dans les propositions : il s'agit bien du volume équivalent V'_{BE}.

3.1 Le groupe caractéristique commun à l'acide acétylsalicylique et à sa base conjuguée réagit avec les ions hydroxyde. Nommer cette réaction et écrire son équation avec l'ion acétylsalicylate.

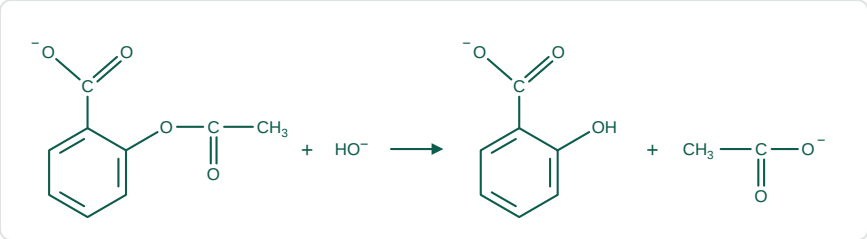
Le groupe commun est le groupe ester. Un ester réagit avec les ions hydroxyde par **saponification** (hydrolyse basique) : il se forme un ion carboxylate et un alcool, ici un groupe phénol.

$$\text{CH}_3\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^- + \text{HO}^- \longrightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^- + \text{CH}_3\text{COO}^-$$

Réaction de saponification, d'équation ci-dessus (formules semi-développées ci-dessous).

PIÈGE
Vérifier la conservation des charges : deux charges négatives à gauche, deux à droite.

COMPRENDRE
La liaison rompue est celle qui relie le carbone du C=O à l'oxygène porté par le cycle. Les produits sont l'ion salicylate et l'ion éthanoate.



3.1 · Saponification de l'ion acétylsalicylate

3.2 Lors du titrage de la solution S, on n'a pas tenu compte de cette transformation. Donner un argument justifiant ce choix.

La réaction acido-basique du titrage est rapide, alors que la saponification est lente à 20 °C (elle demande un chauffage prolongé).

Pendant la durée du titrage, la saponification n'a pas le temps de consommer une quantité notable d'ions hydroxyde : elle est négligeable.

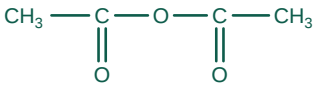
COMPRENDRE
C'est un argument cinétique. Deux réactions peuvent être possibles en même temps : la plus rapide impose le bilan observé sur une courte durée.

4.1 Donner la formule semi-développée de l'anhydride d'acide utilisé lors de la synthèse de l'aspirine.

Le groupe ester de l'aspirine porte le groupe CH_3-CO^- : il provient de l'anhydride à deux atomes de carbone par chaîne, l'anhydride éthanoïque (ou acétique).

Anhydride éthanoïque : $CH_3-CO-O-CO-CH_3$

MÉTHODE
Un anhydride d'acide s'obtient formellement en réunissant deux molécules d'acide carboxylique avec perte d'une molécule d'eau : repérer l'acide dans l'ester (CH_3COOH), puis écrire $R-CO-O-CO-R$.



4.1 · Anhydride éthanoïque

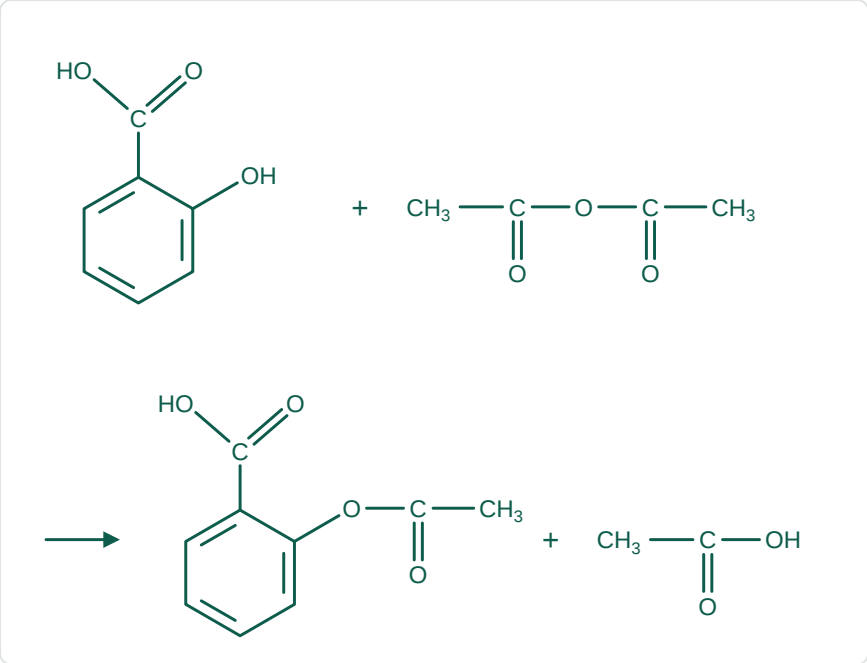
4.2 Écrire, avec les formules semi-développées, l'équation de la réaction entre l'acide salicylique et l'anhydride d'acide.

Le groupe $-OH$ porté par le cycle réagit comme un alcool : il est transformé en ester, et il se forme de l'acide éthanoïque.

$$HO-C_6H_4-COOH + (CH_3CO)_2O \longrightarrow CH_3COO-C_6H_4-COOH + CH_3COOH$$

Acide salicylique + anhydride éthanoïque $\longrightarrow$ aspirine + acide éthanoïque (formules ci-dessous).

PIÈGE
Écrire de l'eau parmi les produits. Avec un anhydride, le second produit est l'acide carboxylique correspondant, et le groupe carboxyle du cycle n'est pas modifié.



4.2 · Synthèse de l'aspirine : réactifs en haut, produits en bas

4.3 Pourquoi utilise-t-on un anhydride d'acide plutôt qu'un acide carboxylique ?

Avec un acide carboxylique, l'estérification est lente et limitée : l'eau formée hydrolyse l'ester. Avec un anhydride d'acide, il ne se forme pas d'eau : la transformation est rapide et totale.

L'anhydride d'acide donne un meilleur rendement, en moins de temps.

Spécialité : Dosage conductimétrique des ions chlorure dans le lait

Bac S 2004 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 La conductivité de la solution de chlorure de potassium change-t-elle si on augmente sa concentration à volume constant ? Si on augmente son volume à concentration c_0 constante ? Justifier.

La dissolution du chlorure de potassium est totale :
$\mathrm{KCl(s)} \longrightarrow \mathrm{K^+(aq)} + \mathrm{Cl^-(aq)}$, donc $[\mathrm{K^+}] = [\mathrm{Cl^-}] = c_0$ et

$$\sigma = \lambda_{\mathrm{K^+}}\,[\mathrm{K^+}] + \lambda_{\mathrm{Cl^-}}\,[\mathrm{Cl^-}] = (\lambda_{\mathrm{K^+}} + \lambda_{\mathrm{Cl^-}})\,c_0$$

- Si la concentration augmente, les concentrations des deux ions augmentent : σ augmente (elle est proportionnelle à c_0).
- Si le volume augmente à concentration c_0 constante, les concentrations des ions ne changent pas : σ garde la même valeur.

σ augmente avec la concentration ; elle ne dépend pas du volume de solution.

COMPRENDRE
La conductivité dépend de la nature des ions, de leurs concentrations et de la température, jamais de la quantité de solution contenue dans le bécher.

1.2.1 Compléter le tableau d'évolution du système de l'annexe, avec des expressions littérales, pour un volume V_1 de solution de nitrate d'argent ajouté.

Quantités apportées : $n_0(\mathrm{Ag^+}) = c\,V_1$ et $n_0(\mathrm{Cl^-}) = c_0\,V_0$. Les nombres stœchiométriques valent tous 1 : chaque réactif perd x, le solide gagne x.

État final : $n_f(\mathrm{Ag^+}) = c\,V_1 - x_f$; $n_f(\mathrm{Cl^-}) = c_0\,V_0 - x_f$; $n_f(\mathrm{AgCl}) = x_f$.

COMPRENDRE
La réaction support est une précipitation. Le titrage conductimétrique est au programme actuel de spécialité, mais pas le titrage par précipitation : aujourd'hui, la réaction support serait acide-base.

Équation de la réaction		$Ag^+(aq)$ +	$Cl^-(aq)$ =	$AgCl(s)$
État du système	avancement en mol	quantité de matière en mol		
État initial	0	$n_0(Ag^+) = c \cdot V_1$	$n_0(Cl^-) = c_0 \cdot V_0$	0
Au cours de la transformation	x	$c \cdot V_1 - x$	$c_0 \cdot V_0 - x$	x
État final	x_f	$c \cdot V_1 - x_f$	$c_0 \cdot V_0 - x_f$	x_f

1.2.1 · Tableau d'évolution de l'annexe, complété (en orange)

1.2.2 À partir du tableau, exprimer la constante d'équilibre K en fonction de c_0, c, V_0, V_1 et de l'avancement final x_f.

Le solide AgCl n'apparaît pas dans l'expression de K :

$$K = \frac{1}{[\mathrm{Ag^+}]_f\,[\mathrm{Cl^-}]_f}$$

Le volume du mélange est $V_0 + V_1$, donc $[\mathrm{Ag^+}]_f = \dfrac{c\,V_1 - x_f}{V_0 + V_1}$ et $[\mathrm{Cl^-}]_f = \dfrac{c_0\,V_0 - x_f}{V_0 + V_1}$.

$$K = \frac{(V_0 + V_1)^2}{(c\,V_1 - x_f)\,(c_0\,V_0 - x_f)}$$

PIÈGE
Diviser les quantités de matière par V_0 ou par V_1 seul : les ions sont dilués dans le volume total $V_0 + V_1$.

1.2.3 Sachant que $x_f = 4{,}0 \times 10^{-4}$ mol, calculer le taux d'avancement final et conclure.

Données utiles $c = 0{,}080\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_1 = 5{,}0$ mL ; $c_0 = 3{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_0 = 200{,}0$ mL

Recherche de l'avancement maximal :

- si Ag^+ est limitant : $x_{max} = c\,V_1 = 0{,}080 \times 5{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}0 \times 10^{-4}$ mol ;
- si Cl^- est limitant : $x_{max} = c_0\,V_0 = 3{,}0 \times 10^{-3} \times 0{,}2000 = 6{,}0 \times 10^{-4}$ mol.

La plus petite valeur est la bonne : Ag^+ est le réactif limitant et $x_{max} = 4{,}0 \times 10^{-4}$ mol.

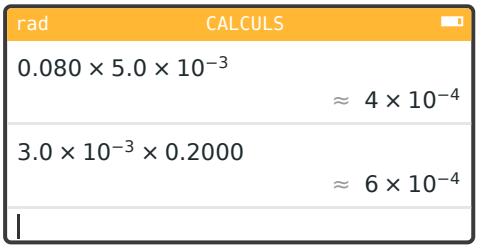
$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{4{,}0 \times 10^{-4}}{4{,}0 \times 10^{-4}} = 1{,}0$$

$\tau = 1{,}0$, soit 100 % : la transformation est totale, elle peut servir de support à un titrage.

PIÈGE
Les volumes sont à convertir en litres avant de les multiplier par des concentrations en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme c, c_0 et V_1. En toute rigueur x_f est très légèrement inférieur à x_{max} : il reste environ 4×10^{-8} mol d'ions argent, quantité négligeable.

À LA CALCULATRICE



1.3 Donner la définition de l'équivalence lors d'un titrage.

À l'équivalence, le réactif titrant et le réactif titré ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support : ils sont tous deux entièrement consommés.

Avant l'équivalence, le réactif titrant est limitant ; après, c'est le réactif titré : l'équivalence est le changement de réactif limitant.

1.4 Parmi les ions NO_3^-, K^+, Ag^+ et Cl^-, indiquer ceux présents dans la solution pour $V < V_E$, pour $V = V_E$ et pour $V > V_E$.

- Pour $V < V_E$: K^+, Cl^- et NO_3^-.
- Pour $V = V_E$: K^+ et NO_3^-.
- Pour $V > V_E$: K^+, NO_3^- et Ag^+.

K^+ et NO_3^-, spectateurs, sont toujours présents ; Cl^- seulement avant l'équivalence, Ag^+ seulement après.

COMPRENDRE
Les ions nitrate arrivent avec la solution titrante : ils sont présents dès la première goutte versée, mais pas pour $V = 0$.

1.5 Sachant que λ_1 (ions chlorure) est légèrement supérieure à λ_2 (ions nitrate) et en négligeant la variation de volume, justifier que σ diminue légèrement avant l'équivalence puis augmente après.

Avant l'équivalence : chaque ion Ag^+ versé consomme un ion Cl^- et arrive accompagné d'un ion NO_3^- ; la concentration en K^+ ne varie pas. À volume constant, des ions chlorure sont donc remplacés, un pour un, par des ions nitrate un peu moins conducteurs ($\lambda_2 < \lambda_1$) : σ diminue légèrement.

Après l'équivalence : il n'y a plus d'ions chlorure à consommer. Les ions Ag^+ et NO_3^- versés s'accumulent, leurs concentrations augmentent : σ augmente.

Avant V_E : Cl^- remplacé par NO_3^- moins conducteur, σ baisse un peu ; après V_E : ajout d'ions Ag^+ et NO_3^-, σ augmente.

MÉTHODE
Pour prévoir l'allure d'une courbe de titrage conductimétrique, faire le bilan des ions avant puis après l'équivalence : lesquels disparaissent, lesquels apparaissent, et comparer leurs conductivités molaires ioniques.

1.6 Comment peut-on déterminer graphiquement le volume équivalent ?

On trace la droite qui passe au plus près des points situés avant la rupture de pente, puis celle qui passe au plus près des points situés après.

V_E est l'abscisse du point d'intersection des deux droites.

2.1 Expliquer pourquoi il faut éviter une réaction entre les protéines du lait et les ions Ag^+ versés.

Dans un titrage, le réactif titrant ne doit réagir qu'avec l'espèce titrée. Si les protéines consommaient une partie des ions Ag^+, il faudrait en verser davantage pour atteindre l'équivalence.

Le volume V_E serait trop grand et la quantité d'ions chlorure serait surestimée : le titrage serait faussé.

2.2 En exploitant le graphique n°1 de l'annexe, calculer la quantité d'ions chlorure contenue dans le prélèvement de volume $V_0' = 20{,}0$ mL de lait.

Données utiles $c = 0{,}080\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Les deux droites tracées sur le graphique se coupent en $V_E = 6{,}6$ mL.

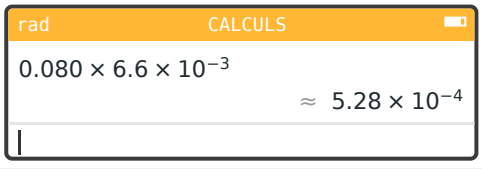
À l'équivalence, les ions argent versés et les ions chlorure du prélèvement sont en proportions stœchiométriques (1 pour 1) :

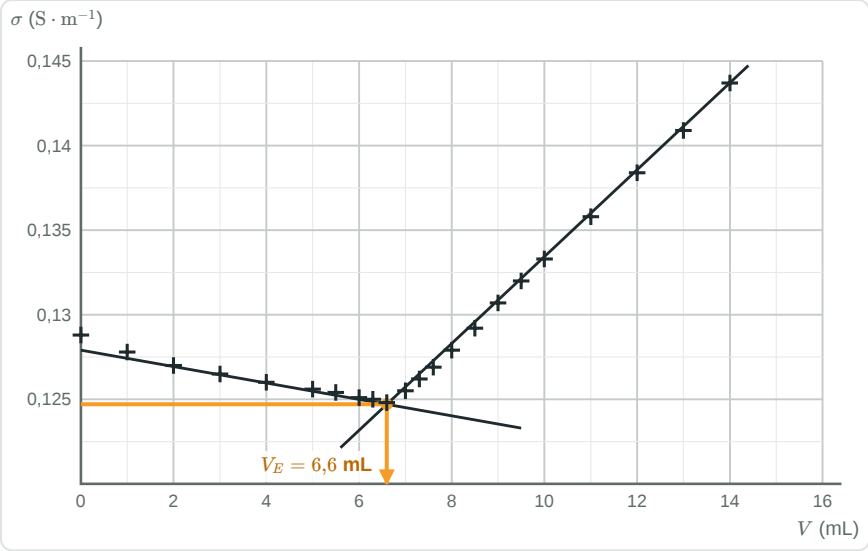
$$n(Cl^-) = n_E(Ag^+) = c\,V_E = 0{,}080 \times 6{,}6 \times 10^{-3} = 5{,}28 \times 10^{-4}\ \text{mol}$$

$n(Cl^-) = 5{,}3 \times 10^{-4}$ mol

PIÈGE
Les 250 mL d'eau distillée ajoutés ne changent pas la quantité d'ions chlorure : ce volume n'intervient dans aucun calcul.

À LA CALCULATRICE





2.2 · Graphique n°1 de l'annexe : les deux droites se coupent en $V_E = 6{,}6$ mL

2.3 En déduire la masse d'ions chlorure contenue dans un litre de lait. Le lait étudié est-il « mammiteux » ?

Données utiles $n(\mathrm{Cl}^-) = 5{,}28 \times 10^{-4}$ mol (2.2) ; $V_0' = 20{,}0$ mL ; $M(\mathrm{Cl}) = 35{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

Concentration en masse des ions chlorure dans le lait :

$$t = \frac{n(\mathrm{Cl}^-)\, M(\mathrm{Cl})}{V_0'} = \frac{5{,}28 \times 10^{-4} \times 35{,}5}{20{,}0 \times 10^{-3}} = 0{,}94\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$$

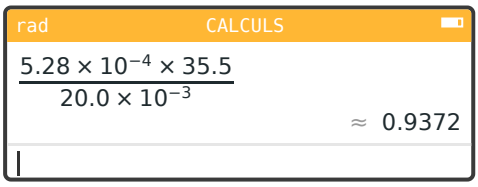
Un litre de lait contient donc 0,94 g d'ions chlorure. Cette valeur est comprise entre 0,8 et 1,2 g par litre, et nettement inférieure à 1,4 g par litre.

$m = 0{,}94$ g d'ions chlorure par litre : le lait n'est pas « mammiteux ».

COMPRENDRE

La masse d'un ion chlorure est pratiquement celle de l'atome de chlore : la masse des électrons est négligeable, on utilise donc $M(\mathrm{Cl})$.

À LA CALCULATRICE



Comment faire des ricochets sur l'eau

Bac S 2004 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 À partir du tableau, calculer les coordonnées v_x et v_z du vecteur vitesse à la date $t_2 = 0{,}080$ s.

Données utiles image 1 : $t_1 = 0{,}040$ s, $x_1 = 0{,}48$ m, $z_1 = 1{,}70$ m ; image 3 : $t_3 = 0{,}120$ s, $x_3 = 1{,}44$ m, $z_3 = 1{,}56$ m

La vitesse à la date t_2 est assimilée à la vitesse moyenne entre les images 1 et 3, qui encadrent l'image 2 :

$$v_x(t_2) = \frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} = \frac{1{,}44 - 0{,}48}{0{,}120 - 0{,}040} = 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

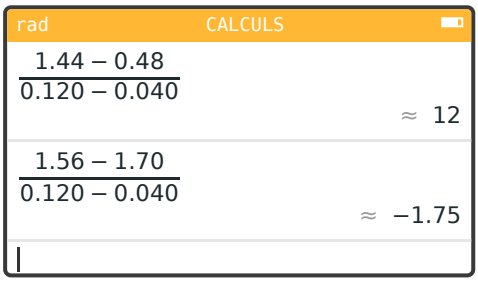
$$v_z(t_2) = \frac{z_3 - z_1}{t_3 - t_1} = \frac{1{,}56 - 1{,}70}{0{,}120 - 0{,}040} = -1{,}75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v_x(t_2) = 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_z(t_2) \approx -1{,}8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Oublier le signe de v_z : z diminue, la pierre descend, donc $v_z < 0$. Diviser par $0{,}040$ s au lieu de $t_3 - t_1 = 0{,}080$ s double le résultat.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les autres vitesses du tableau. La valeur $-1{,}8$ s'intercale bien entre $-1{,}4$ (image 1) et $-2{,}2$ (image 3).

À LA CALCULATRICE



1.2 À l'aide de la figure 2, donner la valeur de v_{0x}, coordonnée horizontale du vecteur vitesse à la date $t_0 = 0$ s.

Sur la figure 2, tous les points sont alignés sur une droite horizontale d'ordonnée $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$: v_x garde la même valeur à chaque date, donc aussi à $t_0 = 0$ s.

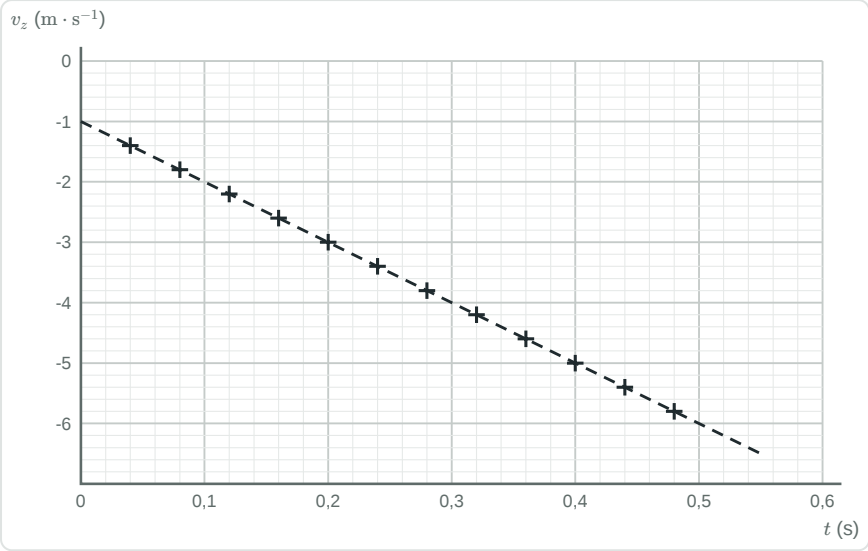
$v_{0x} = 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

1.3 Déterminer graphiquement, sur la figure 3, la valeur de v_{0z} à la date $t_0 = 0$ s.

Les points de la figure 3 sont alignés. On trace la droite qui passe par ces points et on la prolonge jusqu'à l'axe des ordonnées ($t = 0$ s) : elle le coupe en $-1{,}0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$v_{0z} = -1{,}0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Prendre la valeur du premier point ($-1{,}4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) : il correspond à l'image 1, à $t = 0{,}040$ s, et non à la date du lancer.



1.3 · Figure 3 du sujet : droite prolongée jusqu'à t = 0 s

1.4 Calculer la valeur v_0 de la vitesse initiale à la date $t_0 = 0$ s.

Données utiles $v_{0x} = 12$ m · s^{-1} (1.2) ; $v_{0z} = -1{,}0$ m · s^{-1} (1.3)

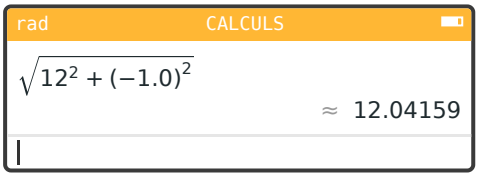
La valeur de la vitesse est la norme du vecteur $\vec{v}_0$:

$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0z}^2} = \sqrt{12^2 + (-1{,}0)^2} = 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v_0 = 12$ m · s^{-1}

COMPRENDRE
La composante verticale est si faible que $v_0 \approx v_{0x}$: la pierre est lancée presque horizontalement, légèrement vers le bas, comme le montre la figure 1.

À LA CALCULATRICE



1.5.1 Calculer la variation d'énergie mécanique ΔE de la pierre au cours du premier rebond, la pierre étant au niveau de l'eau juste avant et juste après.

Données utiles $m = 0{,}10$ kg ; $v' = 13$ m · s^{-1} (avant) ; $v'' = 11$ m · s^{-1} (après)

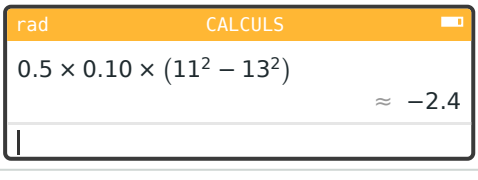
L'énergie mécanique est $E = E_c + E_{pp}$. La pierre est à la même altitude avant et après le rebond : son énergie potentielle de pesanteur ne change pas, donc $\Delta E = \Delta E_c$.

$$\Delta E = \frac{1}{2} m v''^2 - \frac{1}{2} m v'^2 = \frac{1}{2} \times 0{,}10 \times (11^2 - 13^2) = -2{,}4 \text{ J}$$

$\Delta E = -2{,}4$ J : la pierre perd de l'énergie mécanique lors du rebond.

PIÈGE
Calculer $\frac{1}{2}m(v'' - v')^2$: on soustrait les carrés des vitesses, pas les vitesses. Une variation s'écrit « état final moins état initial », d'où le signe négatif.

À LA CALCULATRICE



1.5.2 Donner l'expression de l'énergie mécanique $E(A)$ de la pierre à la date $t_0 = 0$ s (origine de l'énergie potentielle au niveau de l'eau), puis la calculer.

Données utiles $m = 0{,}10$ kg ; $g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $z_0 = h = 1{,}75$ m ; $v_0 = 12\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (1.4)

En A, la pierre a la vitesse v_0 et se trouve à l'altitude $z_0 = h$ au-dessus de l'eau :

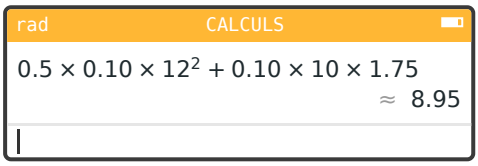
$$E(A) = E_c(A) + E_{pp}(A) = \frac{1}{2} m v_0^2 + m g h$$

$$E(A) = \frac{1}{2} \times 0{,}10 \times 12^2 + 0{,}10 \times 10 \times 1{,}75 = 7{,}2 + 1{,}75 = 8{,}95\ \text{J}$$

$$\boxed{E(A) = \frac{1}{2} m v_0^2 + m g h \approx 9{,}0\ \text{J}}$$

COMPRENDRE
L'énergie cinétique représente 80 % de l'énergie initiale : c'est surtout la vitesse du lancer, bien plus que la hauteur, qui fournit l'énergie disponible pour les rebonds.

À LA CALCULATRICE



1.5.3 En admettant que chaque choc fait perdre $|\Delta E|$ et que la pierre ne rebondit plus si son énergie est inférieure à $|\Delta E|$, calculer le nombre maximal N de rebonds.

Données utiles $E(A) = 9{,}0$ J (1.5.2) ; $|\Delta E| = 2{,}4$ J (1.5.1)

Après n rebonds, l'énergie de la pierre vaut $E_n = E(A) - n\,|\Delta E|$:

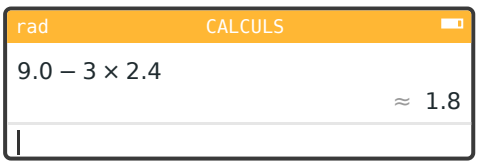
- après le 1er rebond : $E_1 = 9{,}0 - 2{,}4 = 6{,}6$ J ;
- après le 2e : $E_2 = 6{,}6 - 2{,}4 = 4{,}2$ J ;
- après le 3e : $E_3 = 4{,}2 - 2{,}4 = 1{,}8$ J.

$E_3 < |\Delta E|$: au choc suivant, la pierre ne rebondit plus.

$$\boxed{N = 3 \text{ rebonds}}$$

MÉTHODE
Plus rapide : $E(A)/|\Delta E| = 3{,}75$. Trois rebonds laissent encore $1{,}8$ J, insuffisant pour un quatrième. N est la partie entière du quotient.

À LA CALCULATRICE



2.1 Nommer les trois forces qui agissent sur la pierre au cours de son mouvement dans l'air, après le lancer.

Dans l'air, la pierre est soumise à :

- son poids $\vec{P}$, exercé par la Terre ;
- la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$, exercée par l'air ;
- la force de frottement $\vec{f}$ de l'air.

Poids, poussée d'Archimède de l'air, frottement de l'air.

PIÈGE
Citer la « force du lancer » : une fois la pierre lâchée, la main n'agit plus sur elle. Seuls la Terre et l'air exercent des forces.

2.2.1 À l'aide des figures 2 et 3, déterminer les coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération de G avant le premier rebond.

Les coordonnées de l'accélération sont les dérivées de celles de la vitesse : $a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}$ et $a_z = \dfrac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}$.

Figure 2 : v_x est constante, donc $a_x = 0\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

Figure 3 : $v_z(t)$ est une droite ; a_z est son coefficient directeur. Avec les points $(0\ ;\ -1{,}0)$ et $(0{,}40\ ;\ -5{,}0)$:

$$a_z = \frac{-5{,}0-(-1{,}0)}{0{,}40-0} = -10\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$$

$a_x = 0\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$ et $a_z = -10\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$

MÉTHODE
Pour un coefficient directeur, choisir deux points de la droite éloignés l'un de l'autre et situés sur le quadrillage : la lecture est plus précise.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\dfrac{-5.0-(-1.0)}{0.40-0}$
≈ -10

2.2.2 Vérifier que le vecteur accélération de G est égal au vecteur champ de pesanteur $\vec{g}$, aux incertitudes de lecture près.

Données utiles $g = 10\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$; a_x et a_z (2.2.1)

Le champ de pesanteur est vertical, dirigé vers le bas, de valeur g. L'axe (Oz) étant orienté vers le haut : $\vec{g}\,(g_x = 0\ ;\ g_z = -g = -10\ \mathrm{m\cdot s^{-2}})$.

On a trouvé $\vec{a}\,(a_x = 0\ ;\ a_z = -10\ \mathrm{m\cdot s^{-2}})$: les deux vecteurs ont les mêmes coordonnées.

$\vec{a} = \vec{g}$

2.2.3 En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que la valeur du poids est prépondérante devant celles des deux autres forces.

Système {pierre}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen.

Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m\,\vec{a}$.

Or $\vec{a} = \vec{g}$ (2.2.2), donc $m\,\vec{a} = m\,\vec{g} = \vec{P}$. Il reste :

$$\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = \vec{P} \quad \text{soit} \quad \vec{\Pi} + \vec{f} \approx \vec{0}$$

La poussée d'Archimède et le frottement de l'air sont négligeables devant le poids : la pierre est en chute libre.

COMPRENDRE
L'égalité $\vec{a} = \vec{g}$ n'est vraie qu'à la précision des lectures graphiques : on conclut que les deux forces sont négligeables, pas qu'elles sont rigoureusement nulles.

2.3 L'énergie mécanique étant constante entre A et le point d'impact I, en déduire la vitesse de la pierre en I et vérifier qu'elle est voisine de $v' = 13\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Données utiles $v_0 = 12\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ (1.4) ; $g = 10\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$; $h = 1{,}75\ \mathrm{m}$

Conservation de l'énergie mécanique entre A (altitude h) et I (altitude nulle, donc $E_{pp}(I) = 0$) :

$$\frac{1}{2}m\,v_I^2 = \frac{1}{2}m\,v_0^2 + m\,g\,h$$

En divisant par $\dfrac{m}{2}$: $v_I = \sqrt{v_0^2 + 2\,g\,h}$

$$v_I = \sqrt{12^2 + 2\times 10\times 1{,}75} = 13\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

$v_I = 13\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, valeur voisine de $v' = 13\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

COMPRENDRE
La masse se simplifie : la vitesse d'impact ne dépend que de v_0 et de h. On peut aussi écrire $v_I = \sqrt{2E(A)/m}$ avec $E(A)$ de la question 1.5.2.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\sqrt{12^2 + 2\times 10\times 1.75}$
≈ 13.37909

3.1 L'onde qui se propage à la surface de l'eau est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

L'onde se propage horizontalement, à la surface de l'eau, alors que la perturbation déplace l'eau verticalement (la surface monte et descend au passage d'une ride).

La direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

L'onde est transversale.

PIÈGE
Répondre sans justifier, ou justifier par la forme circulaire des rides. Le critère est la direction de la perturbation comparée à celle de la propagation.

3.2 Calculer la célérité de l'onde.

Données utiles entre les images 60 et 80, le rayon d'une ride augmente de $d = 0{,}24$ m ; $\Delta t = 40$ ms entre deux images

Entre les images 60 et 80, il s'écoule 20 intervalles : $\tau = 20\,\Delta t = 20 \times 40 \times 10^{-3} = 0{,}80$ s.

Pendant cette durée, la ride parcourt $d = 0{,}24$ m :

$$v = \frac{d}{\tau} = \frac{0{,}24}{0{,}80} = 0{,}30\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 0{,}30\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Laisser Δt en millisecondes, ou compter 21 intervalles : de l'image 60 à l'image 80 il y a $80 - 60 = 20$ durées Δt.

À LA CALCULATRICE

