Corrigé complet — Bac 2024 Asie Jour 1

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Ne jamais mélanger eau de Javel et acide** Diagramme de prédominance · Oxydoréduction · Titre massique et concentration · Dilution · Titrage pH-métrique · Temps de demi-réaction	9 pts	1 h 35	16 questions	p. 2
Ex 2	**Observation distante** Pouvoir séparateur de l'œil · Lunette afocale · Objectif et oculaire · Tracé de rayons · Grossissement	6 pts	1 h 03	10 questions	p. 8
Ex 3	**Au bonheur des hippocampes** Modes de transfert thermique · Résistance thermique · Flux thermique · Bilan de puissance · Évolution exponentielle de la température · Temps caractéristique	5 pts	53 min	9 questions	p. 12

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.

Ne jamais mélanger eau de Javel et acide

Bac 2024 Asie Jour 1 · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

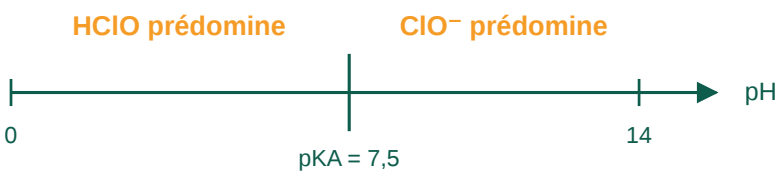
Q1 Représenter le diagramme de prédominance du couple $\mathrm{HClO/ClO^-}$.

Données utiles $pK_A(\mathrm{HClO/ClO^-}) = 7{,}5$

Sur un axe gradué en pH, la frontière est placée à $pH = pK_A = 7{,}5$: l'acide HClO prédomine en dessous, la base $\mathrm{ClO^-}$ au-dessus.

HClO prédomine pour $pH < 7{,}5$; $\mathrm{ClO^-}$ prédomine pour $pH > 7{,}5$.

MÉTHODE
L'acide est toujours du côté des pH faibles. À $pH = pK_A$, les deux espèces ont la même concentration.



Q1 · Diagramme de prédominance du couple HClO/ClO⁻

Q2 Indiquer l'espèce du couple $\mathrm{HClO/ClO^-}$ prédominante dans l'eau de Javel.

Données utiles pH de l'eau de Javel compris entre 11,5 et 12,5

Le pH de l'eau de Javel est supérieur à $pK_A = 7{,}5$: on se trouve dans le domaine de la base.

L'ion hypochlorite $\mathrm{ClO^-}$ prédomine dans l'eau de Javel.

Q3 Justifier que, dans la solution S_m, les ions hypochlorite ont presque tous été transformés en acide hypochloreux.

Données utiles $pH \approx 0$ dans S_m ; $pK_A = 7{,}5$

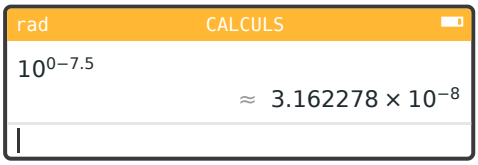
Dans S_m, $pH \approx 0$: cette valeur est très inférieure à $pK_A = 7{,}5$, donc HClO prédomine très largement.

En effet, $\dfrac{[\mathrm{ClO^-}]}{[\mathrm{HClO}]} = 10^{pH-pK_A} = 10^{-7{,}5} \approx 3 \times 10^{-8}$.

À $pH \approx 0$, $[\mathrm{ClO^-}] \ll [\mathrm{HClO}]$: les ions $\mathrm{ClO^-}$ ont quasiment tous été convertis en HClO.

COMPRENDRE
Les ions $\mathrm{H_3O^+}$ de l'acide chlorhydrique réagissent avec la base $\mathrm{ClO^-}$: $\mathrm{ClO^- + H_3O^+ \longrightarrow HClO + H_2O}$. C'est cette réaction acide-base qui fabrique HClO.

À LA CALCULATRICE



Q4 Écrire les demi-équations redox des couples $\mathrm{Cl_2/Cl^-}$ et $\mathrm{HClO/Cl_2}$ (en milieu acide).

Couple $\mathrm{Cl_2/Cl^-}$: $\mathrm{Cl_2\,(g) + 2\,e^- = 2\,Cl^-\,(aq)}$

Couple $\mathrm{HClO/Cl_2}$:
$\mathrm{2\,HClO\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^- = Cl_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l)}$

$\mathrm{Cl_2 + 2\,e^- = 2\,Cl^-}$ et $\mathrm{2\,HClO + 2\,H^+ + 2\,e^- = Cl_2 + 2\,H_2O}$

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 devant HClO : il faut deux atomes de chlore pour former une molécule $\mathrm{Cl_2}$.

MÉTHODE
Dans l'ordre : équilibrer l'élément chlore, puis l'oxygène avec $\mathrm{H_2O}$, puis l'hydrogène avec $\mathrm{H^+}$, enfin les charges avec des électrons.

Q5 En déduire l'équation globale de la réaction des ions chlorure avec l'acide hypochloreux : $Cl^- + HClO + H_3O^+ \rightleftharpoons Cl_2 + 2\,H_2O$.

Cl^- est oxydé et $HClO$ est réduit. Les deux demi-équations échangent chacune 2 électrons ; on les additionne :

$$2\,Cl^- + 2\,HClO + 2\,H^+ \longrightarrow 2\,Cl_2 + 2\,H_2O$$

On divise par 2 : $Cl^- + HClO + H^+ \longrightarrow Cl_2 + H_2O$.

En solution aqueuse, H^+ s'écrit H_3O^+ : on ajoute une molécule H_2O de chaque côté.

$Cl^-\,(aq) + HClO\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \rightleftharpoons Cl_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l)$: c'est l'équation attendue.

COMPRENDRE
Le chlore passe de deux états différents (Cl^- et $HClO$) à un seul (Cl_2). L'ion H_3O^+ est un réactif : la réaction n'a lieu qu'en milieu très acide.

Q6 Montrer que la quantité de matière de dichlore n_{Cl_2} théoriquement produite par la transformation est 0,40 mol.

Données utiles $n_{HClO} = 0{,}40$ mol ; transformation totale ; $HClO$ réactif limitant

La transformation est totale et $HClO$ est limitant : il est entièrement consommé.

D'après l'équation, une mole de $HClO$ consommée forme une mole de Cl_2 :

$$n_{Cl_2} = n_{HClO}$$

$n_{Cl_2} = 0{,}40$ mol, la valeur attendue.

PIÈGE
Ne pas diviser par 2 sous prétexte que Cl_2 contient deux atomes de chlore : l'autre atome vient de l'ion Cl^-. Seuls les nombres stœchiométriques comptent, ici 1 pour 1.

Q7 En utilisant le volume molaire, en déduire le volume V_{Cl_2} occupé par le dichlore théoriquement produit.

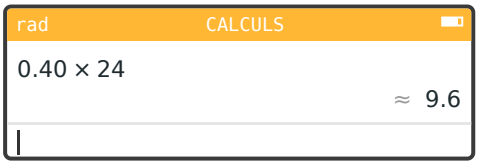
Données utiles $n_{Cl_2} = 0{,}40$ mol (Q6) ; $V_m = 24\ L \cdot mol^{-1}$

$$V_{Cl_2} = n_{Cl_2} \times V_m = 0{,}40 \times 24$$

$V_{Cl_2} = 9{,}6$ L

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme chacune des deux données. Près de dix litres d'un gaz très toxique : le danger du mélange est réel.

À LA CALCULATRICE



Q8 Montrer que, d'après l'étiquette, la concentration C_a en ions oxonium dans la solution commerciale devrait être d'environ $7\ mol \cdot L^{-1}$.

Données utiles $M(HCl) = 36{,}5\ g \cdot mol^{-1}$; $w = 23\ \%$; $\rho = 1120{,}0\ g \cdot L^{-1}$

Un volume V de solution a pour masse $m_{solution} = \rho V$ et contient $m_{HCl} = w\,\rho\,V$ de chlorure d'hydrogène.

HCl est un acide fort, totalement dissocié : $n_{H_3O^+} = n_{HCl} = \dfrac{w\,\rho\,V}{M(HCl)}$, donc

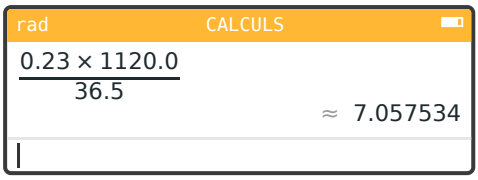
$$C_a = \frac{n_{H_3O^+}}{V} = \frac{w\,\rho}{M(HCl)} = \frac{0{,}23 \times 1120{,}0}{36{,}5}$$

$C_a = 7{,}1\ mol \cdot L^{-1}$, soit environ $7\ mol \cdot L^{-1}$.

PIÈGE
Laisser $w = 23$ dans le calcul au lieu de 0,23, ou oublier de dire que l'acide est fort : c'est ce qui permet d'écrire $[H_3O^+] = C_{HCl}$.

MÉTHODE
Sans formule littérale : 1 L de solution pèse 1120,0 g, dont 23 % de HCl, soit 257,6 g, c'est-à-dire $257{,}6 \div 36{,}5 = 7{,}1$ mol.

À LA CALCULATRICE



Q9 Écrire l'équation support du titrage entre l'ion oxonium et l'ion hydroxyde.

$\mathrm{H_3O^+\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow 2\,H_2O\,(l)}$

COMPRENDRE
Une réaction support de titrage est totale et rapide : on l'écrit avec une flèche simple. Les ions $\mathrm{Na^+}$ et $\mathrm{Cl^-}$ sont spectateurs.

Q10 Calculer le volume de solution commerciale à prélever pour préparer 1,0 L de solution S.

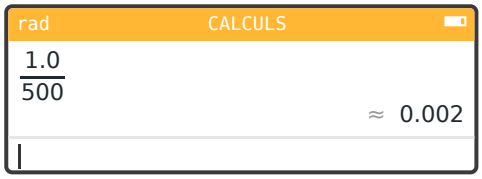
Données utiles facteur de dilution $F = 500$; $V_{\text{fille}} = 1{,}0$ L

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve :
$C_a\,V_{\text{mère}} = C_S\,V_{\text{fille}}$, avec $C_S = \dfrac{C_a}{F}$.

$$V_{\text{mère}} = \frac{V_{\text{fille}}}{F} = \frac{1{,}0}{500} = 2{,}0 \times 10^{-3}\ \text{L}$$

$V_{\text{mère}} = 2{,}0$ mL

À LA CALCULATRICE



Q11 Proposer un protocole pour préparer 1 L de solution S en précisant la verrerie utilisée (nature et volume).

Données utiles $V_{\text{mère}} = 2{,}0$ mL (Q10)

Avec gants et lunettes :

- verser un peu de solution commerciale dans un bécher ;
- prélever 2,0 mL de cette solution avec une pipette jaugée de 2,0 mL munie d'une propipette ;
- les introduire dans une fiole jaugée de 1,0 L contenant déjà de l'eau distillée ;
- ajuster le niveau au trait de jauge avec de l'eau distillée, boucher et agiter pour homogénéiser.

Verrerie : pipette jaugée de 2,0 mL et fiole jaugée de 1,0 L.

PIÈGE
Citer une éprouvette ou un bécher pour mesurer les volumes : seule la verrerie jaugée est assez précise. La nature et le volume sont tous deux attendus.

COMPRENDRE
On verse l'acide concentré dans l'eau, jamais l'inverse : la dilution dégage de la chaleur et peut provoquer des projections.

Q12 Vérifier que la concentration en ions oxonium de la solution commerciale d'acide chlorhydrique est bien celle estimée à la question Q8.

Données utiles $C_b = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_S = 20{,}0\ \text{mL}$; dilution d'un facteur 500 ; $C_a \approx 7{,}1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q8)

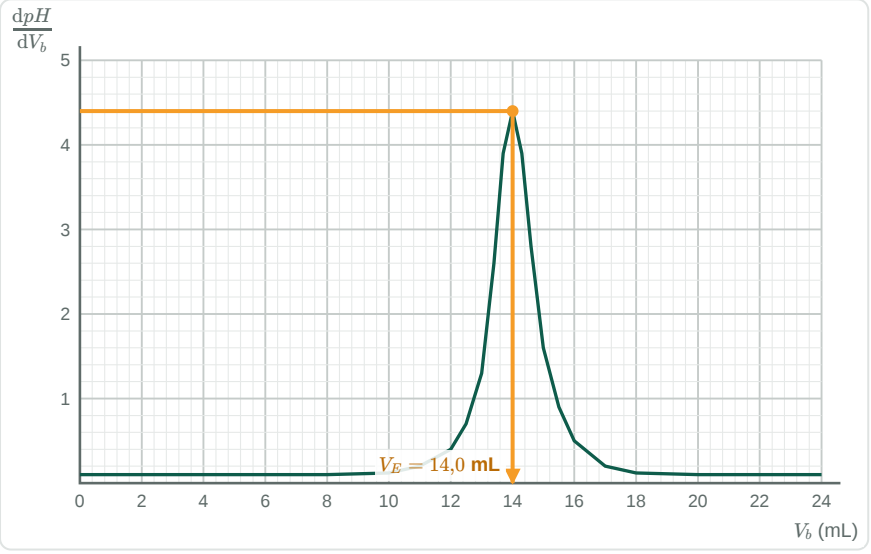
Volume à l'équivalence. L'équivalence correspond au maximum de la dérivée $\dfrac{\text{d}pH}{\text{d}V_b}$ (milieu du saut de pH). On lit sur le document 2 : $V_E = 14{,}0\ \text{mL}$.

Concentration de S. À l'équivalence, les ions H_3O^+ et HO^- sont en proportions stœchiométriques (1 pour 1) : $n_{\text{H}_3\text{O}^+}(\text{initial}) = n_{\text{HO}^-}(\text{versé})$, soit $C_S\,V_S = C_b\,V_E$.

$$C_S = \frac{C_b\,V_E}{V_S} = \frac{2{,}0 \times 10^{-2} \times 14{,}0}{20{,}0} = 1{,}4 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Solution commerciale. Elle est 500 fois plus concentrée : $C_a = 500 \times C_S = 500 \times 1{,}4 \times 10^{-2}$.

$C_a = 7{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: valeur en accord avec celle de l'étiquette ($7{,}1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, écart d'environ 1 %). L'acide n'est pas en cause.



Q12 · Dérivée du document 2 : son maximum repère l'équivalence

PIÈGE
Oublier le facteur 500 et comparer C_S à l'étiquette. Les volumes peuvent rester en mL dans le rapport V_E/V_S, à condition d'utiliser la même unité pour les deux.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer les étapes (lecture de V_E, relation à l'équivalence, dilution, comparaison). Une démarche claire rapporte des points même si le calcul n'aboutit pas.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2.0 \times 10^{-2} \times 14.0}{20.0} \approx 0.014$

$500 \times 0.014 \approx 7$

$\dfrac{7.1 - 7.0}{7.1} \approx 0.01408451$

Q13 Définir le temps de demi-réaction et expliquer comment le mesurer dans le cas particulier de la courbe « 30 °C » du document 3.

Données utiles $C_0 = 0{,}40\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale.

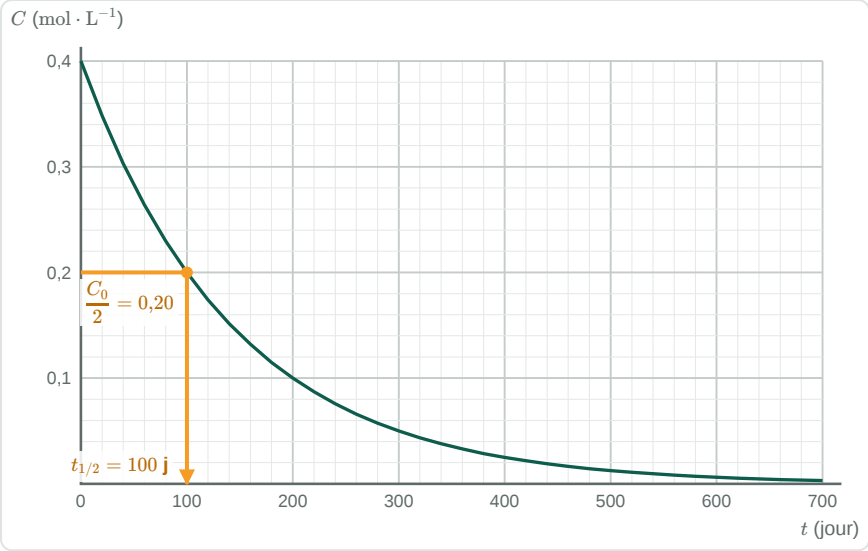
La transformation étant totale et ClO^- le seul réactif à disparaître, à $t_{1/2}$, la moitié des ions ClO^- a été consommée, donc $C(t_{1/2}) = \dfrac{C_0}{2} = 0{,}20\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Sur la courbe « 30 °C », on trace l'horizontale d'ordonnée $0{,}20\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; l'abscisse de son point d'intersection avec la courbe est $t_{1/2}$.

À 30 °C : $t_{1/2} \approx 100$ jours.

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée totale de la réaction, ou lire la concentration à la moitié de l'axe des abscisses. C'est l'ordonnée que l'on divise par 2.

COMPRENDRE
L'équation du sujet comporte $2\,\text{H}_2\text{O}$ des deux côtés : elle se simplifie en $2\,\text{ClO}^- \longrightarrow 2\,\text{Cl}^- + \text{O}_2$. L'eau n'est donc pas consommée.



Q13 · Courbe « 30 °C » du document 3, avec la lecture de $t_{1/2}$

Q14 En utilisant le temps de demi-réaction, caractériser l'influence de la température sur la cinétique de la transformation étudiée en exploitant le document 3.

On lit, pour chaque courbe, l'abscisse du point d'ordonnée $0{,}20$ mol · L^{-1} :

- à 20 °C : $t_{1/2} \approx 170$ jours ;
- à 30 °C : $t_{1/2} \approx 100$ jours ;
- à 35 °C : $t_{1/2} \approx 80$ jours.

Plus la température est élevée, plus le temps de demi-réaction est court.

La température est un facteur cinétique : quand elle augmente, la dégradation des ions $\mathrm{ClO^-}$ est plus rapide.

MÉTHODE

Pour comparer des vitesses à partir de courbes, comparer les $t_{1/2}$ avec des valeurs lues : un $t_{1/2}$ plus petit signifie une transformation plus rapide.

Q15 Justifier la recommandation « à conserver au frais ».

À basse température, la réaction de dégradation des ions hypochlorite est plus lente (Q14) : la concentration en $\mathrm{ClO^-}$, espèce active de l'eau de Javel, diminue moins vite.

Au frais, l'eau de Javel garde plus longtemps ses propriétés antiseptiques.

Q16 Justifier que la conservation de la bouteille (ouverte depuis 18 mois, à 20 °C) peut expliquer la faible quantité de gaz produite lors de l'accident.

Données utiles $C_0 = 0{,}40\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_m = 24\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$; 1 L d'eau de Javel

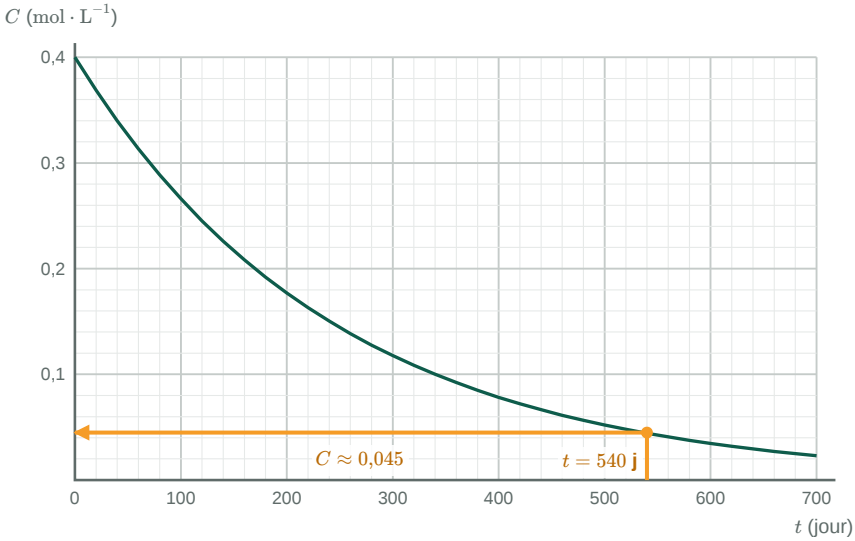
18 mois représentent environ $18 \times 30 = 540$ jours.

Sur la courbe « 20 °C » du document 3, à $t = 540$ jours, on lit $C \approx 0{,}045\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, soit environ 9 fois moins que C_0.

Le litre d'eau de Javel n'apporte plus que $0{,}045$ mol d'ions ClO^-, donc $0{,}045$ mol de HClO, le réactif limitant. Le volume de dichlore formé est au plus $0{,}045 \times 24 \approx 1{,}1$ L.

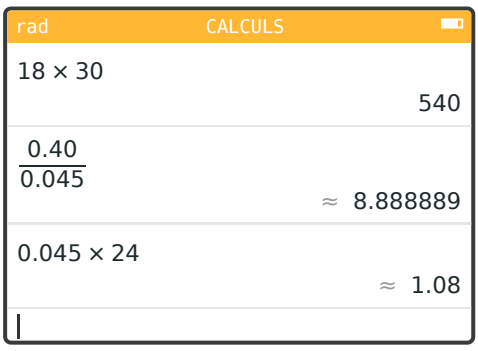
L'eau de Javel, dégradée, contenait environ 9 fois moins d'ions ClO^- : il s'est formé environ 1 L de Cl_2 au lieu de 9,6 L.

COMPRENDRE
La lecture est approximative (entre 0,04 et 0,05 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) : l'ordre de grandeur suffit pour conclure.



Q16 · Courbe « 20 °C » du document 3, lue à 18 mois

À LA CALCULATRICE



Observation distante

Bac 2024 Asie Jour 1 · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 03**

Q1 Montrer que l'angle θ sous lequel l'observateur voit une pale de l'éolienne à l'œil nu vaut $2{,}3 \times 10^{-4}$ rad.

Données utiles $D = 195$ km ; $L = 44$ m ; pour un petit angle en radian, $\tan\theta \approx \theta$

Dans le triangle rectangle en A du document 1, la pale AB de longueur L est vue depuis l'œil à la distance D :

$$\tan\theta = \frac{AB}{D} = \frac{L}{D}$$

L'angle est très petit, donc $\theta \approx \tan\theta$:

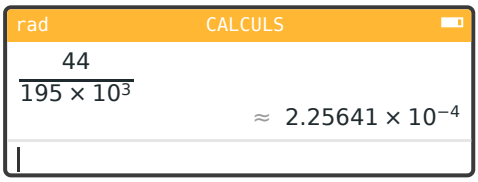
$$\theta = \frac{L}{D} = \frac{44}{195 \times 10^3} = 2{,}3 \times 10^{-4}\ \text{rad}$$

$\theta = 2{,}3 \times 10^{-4}$ rad : c'est bien la valeur annoncée.

PIÈGE
Diviser 44 par 195 sans convertir : L et D doivent être dans la même unité, ici le mètre ($D = 195 \times 10^3$ m).

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $L = 44$ m, la donnée la moins précise. Le rapport de deux longueurs donne directement un angle en radian.

À LA CALCULATRICE



Q2 Indiquer si l'observateur parvient à discerner la pale de l'éolienne à l'œil nu.

Données utiles $\theta = 2{,}3 \times 10^{-4}$ rad (Q1) ; $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad

On compare l'angle θ au pouvoir séparateur ε de l'œil : $2{,}3 \times 10^{-4}\ \text{rad} < 3{,}0 \times 10^{-4}\ \text{rad}$.

Les extrémités A et B de la pale sont donc perçues comme un seul point.

$\theta < \varepsilon$: l'observateur ne discerne pas la pale à l'œil nu.

MÉTHODE
Une réponse par oui ou non ne suffit pas : on écrit l'inégalité avec les deux valeurs, puis on conclut avec le critère de l'énoncé.

Q3 Sur le schéma de l'annexe, associer aux lentilles les termes d'objectif et d'oculaire.

La lentille L_1, tournée vers l'objet distant, reçoit la lumière en premier : c'est l'objectif.

La lentille L_2, derrière laquelle se place l'œil, est l'oculaire.

L_1 : objectif ; L_2 : oculaire (cadres remplis sur l'annexe, voir la figure de Q7).

COMPRENDRE
Les noms viennent de la position : l'objectif est du côté de l'objet, l'oculaire du côté de l'œil.

Q4 En expliquant le raisonnement, indiquer comment doit être positionné le foyer objet de l'oculaire par rapport au foyer image de l'objectif pour former une lunette afocale.

L'objet AB est à l'infini : l'objectif en donne une image intermédiaire A_1B_1 située dans son plan focal image, avec A_1 en F_1'.

Cette image A_1B_1 sert d'objet pour l'oculaire. Pour que l'image finale soit rejetée à l'infini, A_1B_1 doit se trouver dans le plan focal objet de l'oculaire, donc A_1 en F_2.

Le foyer objet F_2 de l'oculaire doit être confondu avec le foyer image F_1' de l'objectif.

PIÈGE
Affirmer « F_1' et F_2 sont confondus » sans justification : la question demande le raisonnement, en deux temps (objectif, puis oculaire).

COMPRENDRE
Image finale à l'infini : l'œil la regarde sans accommoder, donc sans fatigue. C'est l'intérêt du réglage afocal.

Q5 Placer sur le schéma de l'annexe les foyers F_2 et F_2' de la lentille L_2.

D'après Q4, F_2 est placé sur le point F_1' déjà marqué sur l'axe optique.

Les deux foyers d'une lentille mince sont symétriques par rapport à son centre optique : F_2' est placé après L_2, tel que $O_2F_2' = F_2O_2$.

F_2 confondu avec F_1' ; F_2' symétrique de F_2 par rapport à O_2 (voir la figure de Q7).

PIÈGE
Placer F_2' au jugé : on reporte la longueur F_2O_2 de l'autre côté de la lentille, à la règle ou au compas.

Q6 En déduire l'expression de la distance $d = O_1O_2$ entre les lentilles, en fonction de f_1' et f_2', pour que la lunette soit afocale.

Les points O_1, F_1' (confondu avec F_2) et O_2 sont alignés dans cet ordre sur l'axe optique :

$$d = O_1O_2 = O_1F_1' + F_2O_2$$

Or $O_1F_1' = f_1'$ et $F_2O_2 = f_2'$.

$$d = f_1' + f_2'$$

Q7 Sur le schéma de l'annexe, tracer la marche des deux rayons issus du point B lointain à travers la lunette, en faisant apparaître l'image intermédiaire A_1B_1.

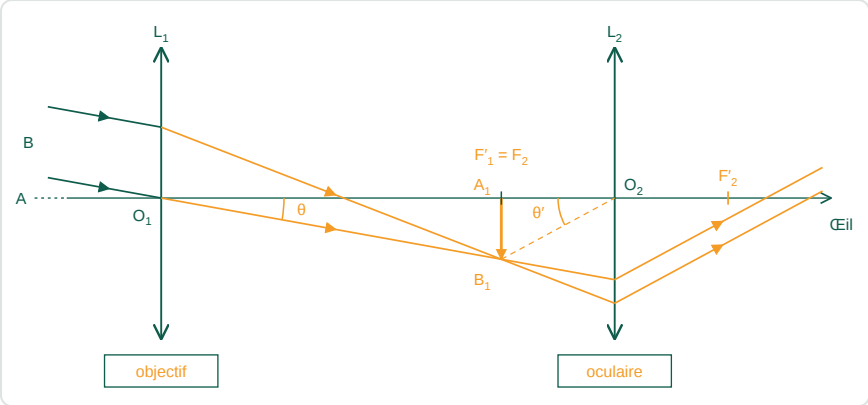
Tracé réalisé sur l'annexe, en trois étapes :

- le rayon qui passe par le centre optique O_1 n'est pas dévié ; il coupe le plan focal image de l'objectif (perpendiculaire à l'axe passant par F_1') au point B_1 ;
- les deux rayons incidents sont parallèles : après L_1, le second rayon passe lui aussi par B_1. L'image intermédiaire A_1B_1 est le segment qui joint A_1 (en F_1') à B_1 ;
- B_1 est dans le plan focal objet de l'oculaire : les deux rayons sortent de L_2 parallèles entre eux, parallèles à la droite (B_1O_2) tracée en pointillés.

A_1B_1 est dans le plan focal commun, renversée ; les rayons émergents sont parallèles à (B_1O_2).

PIÈGE
Faire converger les rayons après l'oculaire, ou les faire sortir parallèles à l'axe. L'image finale est à l'infini : rayons émergents parallèles entre eux, mais inclinés.

MÉTHODE
Pour la direction de sortie, on trace le rayon fictif qui passe par B_1 et par O_2 : il n'est pas dévié. Tous les rayons issus de B_1 ressortent parallèles à lui.



Q7 · Annexe complétée (Q3, Q5, Q7 et Q8) : en orange, ce que l'élève ajoute

Q8 Sur le schéma de l'annexe, positionner les angles θ et θ'.

L'angle θ est l'angle entre l'axe optique et les rayons incidents issus de B : on le marque en O_1, entre l'axe et le rayon non dévié (O_1B_1).

L'angle θ' est l'angle entre l'axe optique et les rayons émergents : on le marque en O_2, entre l'axe et la droite (O_2B_1), parallèle à ces rayons.

$\theta = \widehat{A_1O_1B_1}$ et $\theta' = \widehat{A_1O_2B_1}$ (voir la figure de Q7).

COMPRENDRE
Placés ainsi, les deux angles appartiennent à deux triangles rectangles qui ont le côté A_1B_1 en commun : c'est ce qui sert à la question suivante.

Q9 En exploitant le schéma obtenu, montrer que le grossissement s'écrit $G = \dfrac{f'_1}{f'_2}$.

Dans le triangle $O_1A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\theta = \dfrac{A_1B_1}{O_1A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_1}$.

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\theta' = \dfrac{A_1B_1}{A_1O_2} = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$.

Les angles sont petits : $\theta \approx \tan\theta$ et $\theta' \approx \tan\theta'$. Alors :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1}$$

$$G = \frac{f'_1}{f'_2}$$

PIÈGE
Inverser le rapport. Vérification rapide : θ' s'appuie sur la petite distance f'_2, il est le plus grand des deux angles, donc $G > 1$ si $f'_1 > f'_2$.

Q10 Proposer un choix de lentilles pour l'objectif et l'oculaire permettant à l'observateur de distinguer confortablement les pales de l'éolienne.

Données utiles focales disponibles : 5,0 cm ; 10,0 cm ; 12,5 cm ; 20,0 cm ; 30,0 cm ; $D = 195$ km ; $L = 44$ m ; $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad ; critère : $\theta' \geqslant 4\,\varepsilon$

Grossissement nécessaire. Comme $\theta' = G\,\theta$ avec $\theta = \dfrac{L}{D}$ (Q1), le critère $\theta' \geqslant 4\,\varepsilon$ s'écrit :

$$G \geqslant \frac{4\,\varepsilon}{\theta} = \frac{4\,\varepsilon\,D}{L} = \frac{4 \times 3{,}0 \times 10^{-4} \times 195 \times 10^{3}}{44} = 5{,}3$$

Choix des lentilles. D'après Q9, $G = \dfrac{f'_1}{f'_2}$: il faut la plus grande focale pour l'objectif et la plus petite pour l'oculaire. Avec $f'_1 = 30{,}0$ cm et $f'_2 = 5{,}0$ cm :

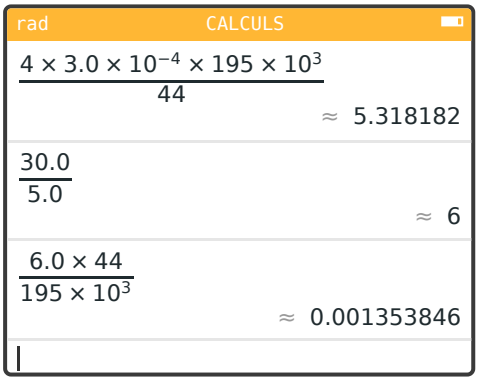
$$G = \frac{30{,}0}{5{,}0} = 6{,}0 \geqslant 5{,}3$$

Les autres couples ne conviennent pas : le meilleur suivant, 20,0 cm et 5,0 cm, donne seulement $G = 4{,}0$.

Vérification. $\theta' = G\,\theta = 6{,}0 \times \dfrac{44}{195 \times 10^{3}} = 1{,}4 \times 10^{-3}$ rad, supérieur à $4\,\varepsilon = 1{,}2 \times 10^{-3}$ rad.

Objectif : $f'_1 = 30{,}0$ cm ; oculaire : $f'_2 = 5{,}0$ cm ; $G = 6{,}0$.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE

C'est le seul couple possible parmi les cinq lentilles. La lunette mesure alors $d = f'_1 + f'_2 = 35{,}0$ cm (Q6), longueur à régler en faisant coulisser les tubes.

MÉTHODE

Question ouverte : traduire le critère en condition sur G, choisir, puis vérifier par le calcul. Chaque étape rédigée rapporte des points, même si la démarche n'aboutit pas.

Au bonheur des hippocampes

Bac 2024 Asie Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Nommer les trois modes de transfert thermique pouvant contribuer au refroidissement de l'eau de l'aquarium.

Les trois modes de transfert thermique sont la **conduction**, la **convection** et le **rayonnement**.

COMPRENDRE
Conduction à travers le plexiglass, de proche en proche et sans déplacement de matière ; convection par les mouvements de l'air le long des parois ; rayonnement émis par les parois vers la pièce.

Q2 Indiquer la température la plus basse que l'eau peut atteindre en l'absence de chauffage. Expliquer le raisonnement.

Données utiles $\theta_{\text{eau}} = 26\ ^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{air}} = 20\ ^\circ\text{C}$ (constante)

Un transfert thermique se fait spontanément du corps chaud vers le corps froid : l'eau, à 26 °C, cède de l'énergie à l'air de la pièce, à 20 °C, et sa température diminue.

Ce transfert cesse lorsque les deux températures sont égales (équilibre thermique). Comme la température de l'air reste constante, c'est l'eau qui rejoint celle de l'air.

Sans chauffage, la température de l'eau ne descend pas au-dessous de $\theta_{\text{air}} = 20\ ^\circ\text{C}$.

PIÈGE
Donner 20 °C sans justification : la question demande un raisonnement. Il faut citer le sens du transfert et l'équilibre thermique.

Q3 Montrer que la résistance thermique totale R_{th} de l'aquarium a une valeur proche de $4{,}6 \times 10^{-2}\ ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$.

Données utiles $H = 0{,}40$ m ; $L = 0{,}60$ m ; $P = 0{,}40$ m ; $e_{\text{paroi}} = 8{,}0 \times 10^{-3}$ m ; $\lambda_{\text{PMMA}} = 0{,}17\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}$

La conduction se fait par les quatre parois latérales et le couvercle, pas par le fond :

$$S_T = 2\,L\,H + 2\,P\,H + L\,P$$

$$S_T = 2 \times 0{,}60 \times 0{,}40 + 2 \times 0{,}40 \times 0{,}40 + 0{,}60 \times 0{,}40 = 1{,}04\ \text{m}^2$$

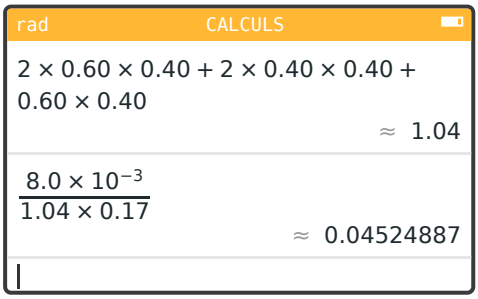
$$R_{\text{th}} = \frac{e_{\text{paroi}}}{S_T\,\lambda_{\text{PMMA}}} = \frac{8{,}0 \times 10^{-3}}{1{,}04 \times 0{,}17}$$

$R_{\text{th}} = 4{,}5 \times 10^{-2}\ ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$, valeur proche de $4{,}6 \times 10^{-2}\ ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$.

PIÈGE
Compter six faces : le fond, posé sur la table, est exclu. Garder l'épaisseur en mètres ($8{,}0 \times 10^{-3}$ m), pas en millimètres.

COMPRENDRE
Les données ont deux chiffres significatifs, le résultat aussi. On trouve $4{,}5 \times 10^{-2}$ et non $4{,}6 \times 10^{-2}$: l'énoncé dit « proche », l'écart de 2 % est accepté. On l'écrit tel quel, sans forcer le calcul.

À LA CALCULATRICE



Q4 En déduire que la puissance thermique P_{th} que le chauffage doit apporter à l'eau pour maintenir sa température vaut 130 W.

Données utiles $R_{\text{th}} = 4{,}6 \times 10^{-2}\ ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$; $\theta_{\text{eau}} = 26\ ^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{air}} = 20\ ^\circ\text{C}$

La température de l'eau reste constante si le chauffage compense exactement la puissance perdue par conduction à travers les parois :

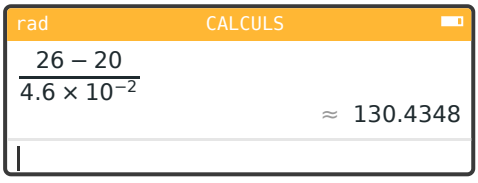
$$P_{\text{th}} = \Phi = \frac{\Delta\theta}{R_{\text{th}}} = \frac{\theta_{\text{eau}} - \theta_{\text{air}}}{R_{\text{th}}}$$

$$P_{\text{th}} = \frac{26 - 20}{4{,}6 \times 10^{-2}}$$

$P_{\text{th}} = 1{,}3 \times 10^{2}$ W, soit bien 130 W.

MÉTHODE
Température constante signifie puissance reçue égale à puissance cédée. Cette phrase de bilan doit figurer sur la copie avant le calcul : c'est elle qui justifie $P_{\text{th}} = \Phi$.

À LA CALCULATRICE



Q5 Avec le seul apport solaire (chauffage éteint), indiquer qualitativement comment évolue la température de l'eau au cours de la journée.

Données utiles $P_S = 30$ W ; $P_{\text{th}} = 130$ W (Q4)

À 26 °C, l'eau perd 130 W à travers les parois (Q4) et ne reçoit que $P_S = 30$ W du Soleil. Elle cède plus d'énergie qu'elle n'en reçoit.

La température de l'eau diminue au cours de la journée.

COMPRENDRE
La baisse ralentit peu à peu : les pertes sont proportionnelles à l'écart $\theta - \theta_{\text{air}}$, qui se réduit. La température se stabilise quand les pertes ne valent plus que 30 W.

Q6 Lister les puissances thermiques échangées par le système avec son environnement à l'instant t ; préciser pour chacune si elle est reçue ou perdue, et avec quel autre système.

Système : l'eau de l'aquarium. Le chauffage électrique est coupé.

- Puissance **reçue** du Soleil, par rayonnement : P_S.
- Puissance **perdue** vers l'air ambiant, par conduction à travers les parois et le couvercle : $\Phi = \dfrac{\theta(t) - \theta_{\text{air}}}{R_{\text{th}}}$.

Deux puissances : P_S reçue du Soleil ; $\Phi = \dfrac{\theta(t) - \theta_{\text{air}}}{R_{\text{th}}}$ perdue vers l'air ambiant.

PIÈGE
Ajouter la puissance du chauffage : il est éteint à partir de $t = 0$.

COMPRENDRE
Le premier principe donne $m\,c\,\dfrac{\text{d}\theta}{\text{d}t} = P_S - \Phi$: en remplaçant Φ, on retrouve l'équation de l'énoncé.

Q7 Estimer la valeur du temps caractéristique τ d'évolution du système.

Données utiles $m = 100$ kg ; $c = 3\,930\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}$; $R_{\text{th}} = 0{,}046\ ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$

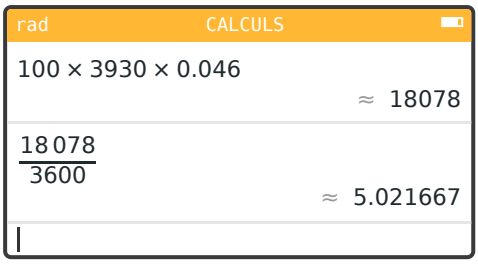
$$\tau = m\,c\,R_{\text{th}}$$

$$\tau = 100 \times 3\,930 \times 0{,}046$$

$\tau = 1{,}8 \times 10^{4}$ s, soit environ 5,0 h.

COMPRENDRE
Unité : $\text{kg} \times \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1} \times {}^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1} = \text{J} \cdot \text{W}^{-1} = \text{s}$, car $1\ \text{W} = 1\ \text{J} \cdot \text{s}^{-1}$. Deux chiffres significatifs, comme R_{th}.

À LA CALCULATRICE



Q8 Déterminer la température finale θ_f vers laquelle tend la température de l'aquarium si on attend suffisamment longtemps.

Données utiles $\theta_{\text{air}} = 20\ ^\circ\text{C}$; $R_{\text{th}} = 0{,}046\ ^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$; $P_S = 30\ \text{W}$

Quand t devient très grand devant τ, $e^{-t/\tau}$ tend vers 0. Dans la solution, le premier terme s'annule et la parenthèse $\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$ tend vers 1 :

$$\theta_f = \theta_{\text{air}} + R_{\text{th}}\, P_S$$

$\theta_f = 20 + 0{,}046 \times 30 = 21{,}4\ ^\circ\text{C}$

$\theta_f \approx 21\ ^\circ\text{C}$

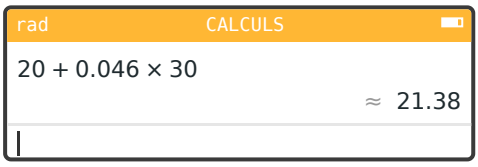
COMPRENDRE

Le Soleil ne maintient l'eau que $R_{\text{th}}\, P_S \approx 1{,}4\ ^\circ\text{C}$ au-dessus de la température de la pièce.

MÉTHODE

Autre voie : en régime permanent $\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = 0$, et l'équation différentielle donne directement $\dfrac{\theta_f}{R_{\text{th}}} = \dfrac{\theta_{\text{air}}}{R_{\text{th}}} + P_S$.

À LA CALCULATRICE



Q9 Discuter la faisabilité d'utiliser uniquement le Soleil pour maintenir la température de l'aquarium entre 24 et 28 °C dans la journée.

Données utiles $\theta_0 = 26\ ^\circ\text{C}$; $\theta_f = 21{,}4\ ^\circ\text{C}$ (Q8) ; $\tau = 1{,}8 \times 10^4$ s (Q7)

La température décroît de 26 °C vers $\theta_f \approx 21\ ^\circ\text{C}$, valeur inférieure à 24 °C : elle sort donc de l'intervalle toléré. Cherchons à quelle date.

La solution s'écrit $\theta(t) = \theta_f + (\theta_0 - \theta_f)\, e^{-t/\tau}$. On résout $\theta(t) = 24\ ^\circ\text{C}$:

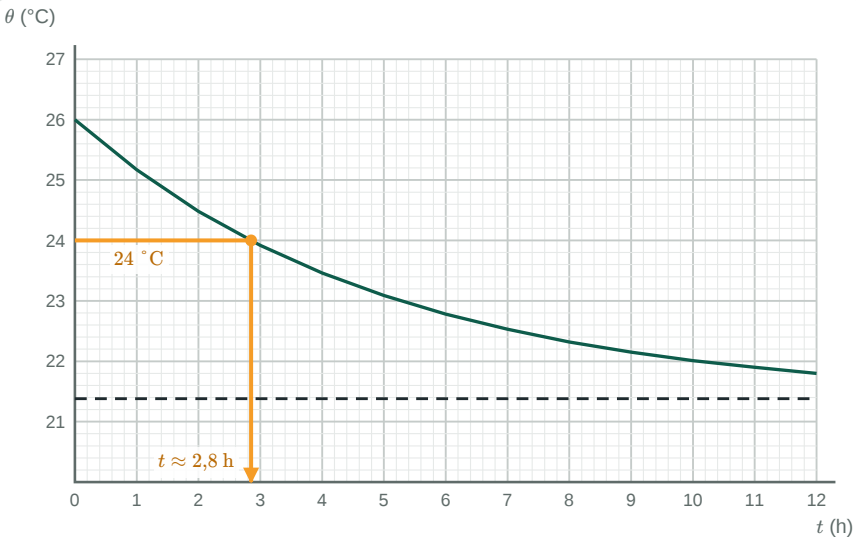
$$e^{-t/\tau} = \frac{24 - \theta_f}{\theta_0 - \theta_f} \quad \text{donc} \quad t = -\tau \ln\left(\frac{24 - \theta_f}{\theta_0 - \theta_f}\right)$$

$$t = -18\,078 \times \ln\left(\frac{24 - 21{,}38}{26 - 21{,}38}\right) = 1{,}0 \times 10^4 \text{ s, soit environ 2,8 h.}$$

Au bout d'environ 3 h, l'eau passe sous 24 °C : le Soleil seul ne suffit pas pour la journée, le chauffage électrique reste nécessaire.

PIÈGE
Se contenter de « $\theta_f < 24\ ^\circ\text{C}$ donc impossible » : θ_f n'est atteinte qu'après plusieurs τ, soit plus d'une journée. Il faut comparer la durée de passage sous 24 °C à celle d'une journée.

MÉTHODE
Sans logarithme, calculer θ à une date donnée : à $t = 8$ h, $\theta = 21{,}38 + 4{,}62 \times e^{-28\,800/18\,078} \approx 22{,}3\ ^\circ\text{C}$, déjà sous 24 °C.



Q9 · Température de l'eau au Soleil, chauffage coupé

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$(-18\,078) \times \ln\left(\frac{24 - 21.38}{26 - 21.38}\right)$

$\approx$ 10254.21