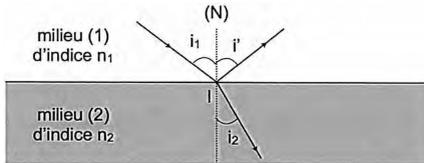


PSI Physique-chimie 2024 : corrigé

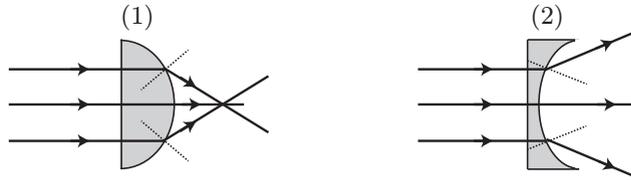
Partie I - Observation du Fort

1. Selon les lois de Snell-Descartes,



- le rayon réfracté appartient au plan d'incidence, défini par le rayon incident et la normale (N) au dioptre ;
- $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.

2. Les rayons ne sont pas déviés au dioptre air/verre car ils arrivent en incidence normale : $i_1 = 0$ donc $i_2 = 0$ d'après la loi de Snell-Descartes. Au dioptre verre/air, l'angle de réfraction est plus grand que l'angle d'incidence car l'indice de l'air est plus faible que celui du verre (on suppose qu'il n'y a pas de réflexion totale sur ce second dioptre). Les normales au dioptre sont représentées en pointillés sur la figure ci-dessous :



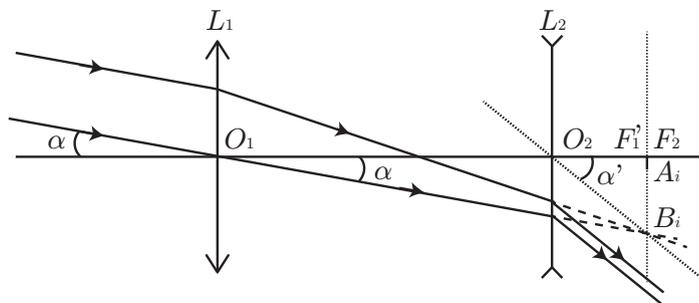
3. La lentille plan convexe (1) fait converger les rayons, **elle est donc convergente**. La lentille plan concave (2) fait diverger les rayons, **elle est donc divergente**.
4. Pour que la lunette donne d'un objet à l'infini une image à l'infini, il faut que le foyer principal image de la lentille convergente et le foyer principal objet de la lentille divergente soient confondus : $F'_1 \equiv F_2$. L'encombrement s'écrit alors

$$\ell = \overline{O_1 F'_1} + \overline{F'_1 O_2} = \overline{O_1 F'_1} + \overline{F_2 O_2}$$

Comme $\overline{O_1 F'_1} = f'_1$ et $\overline{F_2 O_2} = \overline{O_2 F'_2} = f'_2$, il vient

$$\ell = f'_1 + f'_2 = f'_1 - |f'_2|$$

5. Les rayons incidents semblent converger vers un même foyer secondaire image situé dans le plan focal image de (L_1) (et donc dans le plan focal objet de (L_2)). On poursuit leur trajet à travers la lentille divergente (L_2) en utilisant un rayon auxiliaire passant par ce même foyer secondaire et O_2 . Ce rayon auxiliaire n'est pas dévié par (L_2). Les deux autres rayons sont parallèles à ce rayon auxiliaire puisque l'image finale est à l'infini.



6. En utilisant le tracé de rayons précédent, on constate qu'en sortie de lunette, les rayons sont dirigés vers le bas, comme les rayons incidents. L'image observée avec les jumelles est donc dans le même sens que l'image observée sans les jumelles : **l'image est droite**.
7. Notons A_iB_i l'image intermédiaire formée dans le plan focal image de (L_1) . À l'aide du tracé de rayons ci-dessus, on peut écrire dans le triangle rectangle $O_2A_iB_i$

$$\tan \alpha' = \frac{A_iB_i}{O_2A_i} = \frac{A_iB_i}{|f'_2|}$$

De même dans le triangle rectangle $O_1A_iB_i$,

$$\tan \alpha = \frac{A_iB_i}{O_1A_i} = \frac{A_iB_i}{f'_1}$$

Dans les conditions de Gauss, on peut écrire $\tan \alpha' \simeq \alpha'$ et $\tan \alpha \simeq \alpha$ (angles petits). De fait, le grossissement $G = \alpha'/\alpha$ de la lunette peut s'écrire

$$G = \frac{A_iB_i/|f'_2|}{A_iB_i/f'_1} = \frac{f'_1}{|f'_2|}$$

8. Avec $G = f'_1/|f'_2| = 20$ et $\ell = f'_1 - |f'_2| = 25$ cm, il vient le système suivant :

$$\begin{cases} f'_1 = 20|f'_2| \\ f'_1 - |f'_2| = 25 \end{cases}$$

En combinant les deux équations, $19|f'_2| = 25$ soit

$$f'_2 = -\frac{25}{19} = -1,3 \text{ cm} \quad \text{puis} \quad f'_1 = 20|f'_2| = 26 \text{ cm}$$

9. Par des considérations trigonométriques, $\tan \alpha = h/d$ d'où

$$\alpha = \arctan\left(\frac{h}{d}\right) = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

Puis, en appliquant le grossissement de la lunette, $\alpha' = G\alpha = 1,3 \cdot 10^{-1} \text{ rad}$. On vérifie que les angles restent raisonnablement petits, conformément à l'hypothèse utilisée plus haut.

Partie II - Mesure du temps : la clepsydre

10. Pour un écoulement **parfait, stationnaire, homogène et incompressible**, on peut écrire, entre deux points 1 et 2 d'une même ligne de courant,

$$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g z_1 = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g z_2$$

11. Appliquons la relation de Bernoulli entre un point en amont du récipient, au contact de la surface libre eau/air, et un point au niveau de l'orifice, également à la surface libre eau/air :

$$P_0 + \frac{\rho V^2}{2} + \rho g h = P_0 + \frac{\rho v^2}{2}$$

$$V^2 + 2gh = v^2$$

L'incompressibilité implique la conservation du débit volumique entre les points 1 et 2 : $VS = vs$. Avec l'hypothèse $s \ll S$, il vient $v \gg V$; la relation précédente donne alors

$$v(t) = \sqrt{2gh(t)}$$

12. Par incompressibilité de l'écoulement,

$$V(t) = \frac{sv(t)}{S} = \frac{s\sqrt{2gh(t)}}{S}$$

Au cours de la vidange, $h(t)$ décroît donc $V(t)$ **décroît**.

13. L'incompressibilité de l'écoulement entre l'amont et l'aval de la clepsydre s'écrit

$$VS(h) = vs = \sqrt{2ghs}$$

Or, $V = -dh/dt$ et $S(h) = \pi r^2(h) = \pi K^2 h^{2/n}$. En injectant ces résultats, il vient

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{s\sqrt{2g}}{\pi K^2} \frac{\sqrt{h}}{h^{2/n}}$$

14. D'après l'équation différentielle, la quantité dh/dt ne dépend pas du temps à condition que

$$\frac{1}{2} - \frac{2}{n} = 0$$

soit $n = 4$. D'après l'expression de $r(z)$, K s'exprime alors en $\text{m}^{3/4}$.

15. Dans l'hypothèse précédente, il vient

$$\left| \frac{dh}{dt} \right| = \frac{s\sqrt{2g}}{\pi K^2}$$

Il reste à isoler K :

$$K = \sqrt{\frac{s\sqrt{2g}}{\pi |dh/dt|}} = 0,38 \text{ m}^{3/4}$$

Partie III - L'épreuve de la cloche

16. Le mouvement du point M étant circulaire de rayon ℓ_0 , $\overrightarrow{OM} = \ell_0 \vec{u}_r$. Par dérivation,

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \ell_0 \dot{\theta} \vec{u}_\theta$$

En dérivant une seconde fois,

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -\ell_0 \dot{\theta}^2 \vec{u}_r + \ell_0 \ddot{\theta} \vec{u}_\theta$$

17. L'axe OX étant descendant, l'énergie potentielle de pesanteur du point M s'exprime, à une constante additive près, $E_p = -mgx$. En respectant la convention $E_p(\theta = \pi/2) = 0$,

$$E_p(\theta) = -mg\ell_0 \cos \theta$$

18. Le point M est soumis à son poids et à la tension du fil. Appliquons-lui la 2^{ème} loi de Newton dans le référentiel terrestre supposé galiléen ; en projection selon \vec{u}_θ ,

$$m\ell_0 \ddot{\theta} = -mg \sin \theta$$

$$\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin \theta = 0 \quad \text{avec} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell_0}}$$

19. Aux petits angles, l'équation différentielle s'apparente à celle d'un oscillateur harmonique

$$\ddot{\theta} + \omega_0^2 \theta = 0$$

Sa solution est de la forme $\theta(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$. En exploitant les conditions initiales $\theta(0) = \theta_0$ et $\dot{\theta}(0) = 0$, il vient

$$\boxed{\theta(t) = \theta_0 \cos(\omega_0 t)}$$

La période du mouvement s'exprime

$$\boxed{T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell_0}{g}} = 5,3 \text{ s}}$$

20. Le moment cinétique du point M par rapport au point O s'exprime

$$\vec{\sigma}_O = m \overrightarrow{OM} \wedge \vec{v} = m\ell(t)^2 \dot{\theta} \vec{u}_z$$

Le moment de la tension du fil est nul (bras de levier nul), et celui du poids vaut

$$\vec{\mathcal{M}}_O(\vec{P}) = \overrightarrow{OM} \wedge m\vec{g} = mg\ell(t)\vec{u}_r \wedge \vec{u}_x = -mg\ell(t) \sin \theta \vec{u}_z$$

Appliquons alors le théorème du moment cinétique au point M, projeté selon \vec{u}_z :

$$\frac{d[m\ell(t)^2 \dot{\theta}]}{dt} = -mg\ell(t) \sin \theta$$

$$\ell(t)^2 \ddot{\theta} + 2\ell(t)\dot{\ell}(t)\dot{\theta} = -g\ell(t) \sin \theta$$

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{2\dot{\ell}(t)}{\ell(t)}\dot{\theta} + \frac{g}{\ell(t)} \sin \theta = 0}$$

21. Entre les points $M_{n,1}$ et $M_{n,2}$, le mobile est soumis à une force conservative (son poids) et à une force ne travaillant pas (la tension du fil) : **son énergie mécanique est donc conservée**. Par définition de l'énergie mécanique,

$$E_c(M_{n,1}) + E_p(M_{n,1}) = E_c(M_{n,2}) + E_p(M_{n,2})$$

$$0 - mg\ell_0(1 + \alpha) \cos \theta_n = \frac{1}{2}mv_{n,2}^2 - mg\ell_0(1 + \alpha)$$

$$g\ell_0(1 + \alpha)(1 - \cos \theta_n) = \frac{1}{2}v_{n,2}^2$$

$$\boxed{v_{n,2} = \sqrt{2g\ell_0(1 + \alpha)(1 - \cos \theta_n)}}$$

On en déduit $\boxed{\beta = 1 + \alpha}$ et $\boxed{\gamma = 1/2}$.

22. La conservation du moment cinétique entre les points $M_{n,2}$ et $M_{n,3}$ s'écrit

$$m\ell_0(1 + \alpha)v_{n,2} = m\ell_0(1 - \alpha)v_{n,3}$$

$$\boxed{v_{n,3} = \frac{1 + \alpha}{1 - \alpha}v_{n,2} = \frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \sqrt{2g\ell_0(1 + \alpha)(1 - \cos \theta_n)}}$$

23. Comme à la question 21, l'énergie mécanique se conserve entre les points $M_{n,3}$ et $M_{n,4}$:

$$E_c(M_{n,3}) + E_p(M_{n,3}) = E_c(M_{n,4}) + E_p(M_{n,4})$$

$$\frac{1}{2}mv_{n,3}^2 - mg\ell_0(1 - \alpha) = 0 - mg\ell_0(1 - \alpha) \cos \theta_{n+1}$$

Injectons l'expression de $v_{n,3}$ issue de la question précédente :

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^2 2g\ell_0(1 + \alpha)(1 - \cos \theta_n) - g\ell_0(1 - \alpha) = -g\ell_0(1 - \alpha) \cos \theta_{n+1}$$

$$\left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^3 (1 - \cos \theta_n) - 1 = -\cos \theta_{n+1}$$

$$\boxed{1 - \cos \theta_{n+1} = \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^3 (1 - \cos \theta_n)}$$

On en déduit $\boxed{\delta = 3}$.

24. Puisque $0 < \alpha < 1$, on a $[(1 + \alpha)/(1 - \alpha)]^3 > 1$; ainsi,

$$1 - \cos \theta_{n+1} > 1 - \cos \theta_n$$

soit $\cos \theta_{n+1} < \cos \theta_n$. La fonction \cos étant décroissante sur l'intervalle $[0, \pi/2]$, cela implique $\boxed{\theta_{n+1} > \theta_n}$: **l'amplitude des balancements augmente.**

25. La suite étant géométrique de raison $[(1 + \alpha)/(1 - \alpha)]^3$,

$$1 - \cos \theta_n = \left[\left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^3 \right]^n (1 - \cos \theta_0)$$

Cherchons n tel que $\theta_n = \pi/2$, soit $\cos \theta_n = 0$:

$$1 = \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^{3n} (1 - \cos \theta_0)$$

En prenant le \ln ,

$$3n \ln \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right) = -\ln(1 - \cos \theta_0)$$

$$n = -\frac{\ln(1 - \cos \theta_0)}{3 \ln[(1 + \alpha)/(1 - \alpha)]} = 9,3$$

Le candidat attrape donc l'indice au cours de la dixième demi-oscillation, ce qui correspond à $\boxed{N = 5}$ allers-retours.

Partie IV - Utilisation d'un colorant : la fluorescéine

26. La section du canal est $S = \ell h$. La vitesse débitante vaut donc

$$v_m = \frac{Q}{S} = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$$

Par définition du nombre de Reynolds,

$$\mathcal{R}e = \frac{\rho v_m L}{\eta}$$

avec L une taille caractéristique de l'écoulement. Pour L , on choisit généralement la plus petite taille entre ℓ et h bien qu'ici, elles soient du même ordre de grandeur. Ainsi,

$$\mathcal{R}e = \frac{\rho v_m h}{\eta} \simeq 2$$

Puisque $\mathcal{R}e \ll 2 \cdot 10^3$, l'écoulement est laminaire.

27. On considère une tranche liquide élémentaire de volume Sdx . On réalise un bilan de molécules de fluorescéine sur ce système entre les instants t et $t + dt$:

$$[C(x, t + dt) - C(x, t)]Sdx = j(x, t)Sdt - j(x + dx, t)Sdt$$

En faisant tendre dt et dx vers 0, on obtient, après simplification par $Sdxdt$,

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial j}{\partial x}$$

En injectant la loi de Fick $j = -D\partial C/\partial x$, il vient

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

28. Les conditions initiales imposent $C(x > 0, 0) = C_0$ et $C(x < 0, 0) = 0$, conduisant aux relations

$$A + B \int_0^{+\infty} e^{-s^2} ds = C_0 \quad \text{et} \quad A + B \int_0^{-\infty} e^{-s^2} ds = 0$$

Avec le formulaire,

$$A + B \frac{\sqrt{\pi}}{2} = C_0 \quad \text{et} \quad A - B \frac{\sqrt{\pi}}{2} = 0$$

La résolution de ce système linéaire donne

$$A = \frac{C_0}{2} \quad \text{et} \quad B = \frac{C_0}{\sqrt{\pi}}$$

On en déduit, en $x = 0$ et pour $t > 0$,

$$C(0, t) = \frac{C_0}{2} + \frac{C_0}{\sqrt{\pi}} \int_0^0 e^{-s^2} ds = \frac{C_0}{2}$$

29. L'écoulement étant stationnaire, $y = v_m t$. Notons t^* l'instant pour lequel les particules ont diffusé sur toute la largeur ℓ du canal. Par la loi d'échelle du processus de diffusion, $t^* \simeq \ell^2/D$. Avec la relation d'équivalence entre y et t , on en déduit la longueur de mélange y^* dans le canal :

$$y^* = v_m t^* = \frac{v_m \ell^2}{D}$$

Augmenter le débit revient à augmenter v_m , ce qui conduit à **augmenter la longueur de mélange**.

Partie V - Explosion de la cartouche

30. Les milieux ferromagnétiques linéaires doux ont un faible champ coercitif $H_c \leq 10^2 \text{ A.m}^{-1}$ et un cycle d'hystérésis étroit en comparaison avec un ferromagnétique dur. Dans l'approximation linéaire, les vecteurs champ magnétique et excitation magnétique sont liés par

$$\boxed{\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}}$$

31. On suppose μ_r suffisamment élevée pour pouvoir négliger les fuites de champ. On suppose également $\ell \gg \sqrt{S}$. La conservation du flux de \vec{B} ($\text{div } \vec{B} = 0$) entraîne $B_{\text{fer}} S = B_{\text{air}} S$, soit $B_{\text{fer}} = B_{\text{air}} = B(x)$. On applique le théorème d'Ampère sur la ligne de champ \mathcal{L} en pointillés sur la figure 14 :

$$\oint_{\mathcal{L}} \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = NI$$

$$\ell H_{\text{fer}} + 2x H_{\text{air}} = NI$$

Avec $B(x) = \mu_0 \mu_r H_{\text{fer}} = \mu_0 H_{\text{air}}$, il vient

$$\boxed{B(x) = \frac{NI}{\ell/\mu_0 \mu_r + 2x/\mu_0} = \frac{\mu_0 \mu_r NI}{\ell + 2\mu_r x}}$$

32. On note $V_{\text{fer}} = S\ell$ le volume du milieu ferromagnétique et $V_{\text{air}} = 2Sx$ le volume de l'entrefer. L'énergie magnétique de l'ensemble s'écrit

$$\boxed{\mathcal{E}_{\text{mag}}(x) = \iiint_{V_{\text{fer}}} \frac{B(x)^2}{2\mu_0 \mu_r} dV + \iiint_{V_{\text{air}}} \frac{B(x)^2}{2\mu_0} dV}$$

Ainsi,

$$\mathcal{E}_{\text{mag}}(x) = \left(\frac{\mu_0 \mu_r NI}{\ell + 2\mu_r x} \right)^2 \left(\frac{S\ell}{2\mu_0 \mu_r} + \frac{2Sx}{2\mu_0} \right) = \left(\frac{\mu_0 \mu_r NI}{\ell + 2\mu_r x} \right)^2 \frac{\ell + 2\mu_r x}{2\mu_0 \mu_r} S$$

$$\boxed{\mathcal{E}_{\text{mag}}(x) = \frac{\mu_0 \mu_r (NI)^2 S}{2(\ell + 2\mu_r x)}}$$

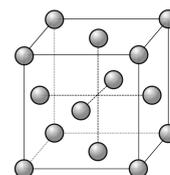
33. On applique la formule fournie :

$$\boxed{\vec{F} = \left(\frac{\partial \mathcal{E}_{\text{mag}}}{\partial x} \right)_I \vec{u}_x = - \frac{\mu_0 \mu_r^2 (NI)^2 S}{(\ell + 2\mu_r x)^2} \vec{u}_x}$$

La force est orientée selon $[-\vec{u}_x]$: l'application d'un courant I permet d'amener la partie mobile du noyau au contact de la partie fixe.

Partie VI - Composition chimique du gong

34. La maille conventionnelle cfc du cuivre est représentée ci-contre. Le nombre d'atomes par maille vaut



$$N = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$$

Les atomes de cuivre sont en contact selon la diagonale d'une face : on en déduit la relation

$$4R_{\text{Cu}} = a\sqrt{2}$$

35. La masse volumique du cuivre s'écrit

$$\rho = \frac{m_{\text{maille}}}{V_{\text{maille}}} = \frac{4M_{\text{Cu}}}{N_{\text{A}}a^3}$$

Numériquement, $a = 4R_{\text{Cu}}/\sqrt{2} = 362 \text{ pm}$ puis $\rho = 8,89 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

36. Les sites octaédriques dans une structure cfc se situent **au centre du cube et au milieu des arêtes**. Leur nombre est

$$N_{\text{o}} = 1 + 12 \times \frac{1}{4} = 4$$

Lors de l'occupation d'un site octaédrique par un atome étranger de rayon maximal R_{o} , il y a contact selon l'arête :

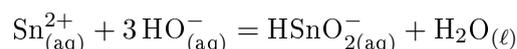
$$R_{\text{Cu}} + 2R_{\text{o}} + R_{\text{Cu}} = a$$

$$R_{\text{o}} = \frac{a}{2} - R_{\text{Cu}} = 53 \text{ pm}$$

37. On constate que $R_{\text{Sn}} > R_{\text{o}}$: le rayon métallique de l'étain est bien trop grand pour entrer dans un site octaédrique de la structure du cuivre, il s'agit donc d'un **alliage de substitution**.
38. Le plus souvent, $\text{NO}(\text{O}) = -2$ et $\text{NO}(\text{H}) = +1$. On utilise ces nombres d'oxydation et le fait que la somme des NO des éléments est égale à la charge de chaque espèce, pour en déduire le NO de l'élément Sn dans les différentes espèces :

Espèce	$\text{SnO}_{2(\text{s})}$	$\text{Sn}_{(\text{s})}$	$\text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+}$	$\text{Sn}_{(\text{aq})}^{4+}$	$\text{SnO}_{3(\text{aq})}^{2-}$	$\text{HSnO}_{2(\text{aq})}^{-}$
NO(Sn)	+4	0	+2	+4	+4	+2

On classe les espèces par NO(Sn) croissant, de bas en haut dans le diagramme E -pH. Par ailleurs, on écrit les réactions acido-basiques entre espèces ayant le même NO(Sn). Pour $\text{NO}(\text{Sn})=2$,



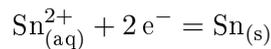
Ainsi, $\text{HSnO}_{2(\text{aq})}^{-}$ est « plus basique » que $\text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+}$. De même pour $\text{NO}(\text{Sn})=4$,



Ainsi, $\text{SnO}_{3(\text{aq})}^{2-}$ est « plus basique » que $\text{SnO}_{2(\text{s})}$, lui-même étant « plus basique » que $\text{Sn}_{(\text{aq})}^{4+}$. On en déduit finalement les domaines d'existence/prédominance correspondants :

Espèce	$\text{SnO}_{2(\text{s})}$	$\text{Sn}_{(\text{s})}$	$\text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+}$	$\text{Sn}_{(\text{aq})}^{4+}$	$\text{SnO}_{3(\text{aq})}^{2-}$	$\text{HSnO}_{2(\text{aq})}^{-}$
Domaine	III	IV	II	I	VI	V

39. Écrivons la demi-équation électronique du couple $\text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+}/\text{Sn}_{(\text{s})}$:



La relation de Nernst s'écrit, à $T = 298 \text{ K}$,

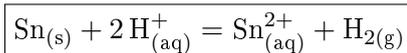
$$E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}} = E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^\circ + \frac{0,06}{2} \log[\text{Sn}^{2+}]$$

À la frontière, $[\text{Sn}^{2+}] = c_T$ et on lit sur le diagramme $E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}} = -0,23 \text{ V}$. On en déduit

$$E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^\circ = -0,23 - 0,03 \log(c_T) = -0,14 \text{ V}$$

Cette valeur est en accord avec la valeur tabulée.

40. On note que les domaines de stabilité de $\text{Sn}_{(\text{s})}$ et $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$ sont **disjoints** : ces deux espèces ne peuvent donc pas coexister et vont réagir ensemble. L'étain solide étant réducteur, il va réagir avec l'eau en tant qu'oxydant du couple $\text{H}_{(\text{aq})}^+/\text{H}_{2(\text{g})}$, selon l'équation de réaction équilibrée en milieu acide



Le gaz dégagé quand on plonge l'échantillon d'étain est du **dihydrogène**.

41. L'équation d'état des gaz parfaits s'écrit $PV = nRT$; ainsi,

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{RT}{P}$$

À $T = 293 \text{ K}$ et $P = 1,013 \text{ bar}$, on trouve $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

42. En plongeant l'échantillon de gong dans la solution aqueuse d'acide chlorhydrique, l'étain contenu dans le bronze réagit selon l'équation écrite à la question 40. Posons un bilan de quantité de matière :

Quantités de matière (mol)	$\text{Sn}_{(\text{s})} + 2 \text{H}_{(\text{aq})}^+ = \text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{H}_{2(\text{g})}$			
État initial ($\xi = 0$)	n_0	CV	0	0
État final (ξ_f)	$n_0 - \xi_f$	$CV - 2\xi_f$	ξ_f	ξ_f

La quantité de matière initiale d'ions H^+ vaut $CV = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$. La quantité de matière finale de dihydrogène dégagé vaut

$$\xi_f = \frac{V_f}{V_m} = 6,38 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

En supposant la réaction totale, le fait que $CV - 2\xi_f > 0$ implique que le réactif limitant est l'étain. On en déduit la quantité d'étain contenue dans l'échantillon de bronze : $n_0 = \xi_f = 6,38 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. La masse d'étain dans le bronze étudié est donc

$$m_{\text{Sn}} = n_0 M_{\text{Sn}} = 0,757 \text{ g}$$

Le pourcentage d'étain dans le bronze est donc

$$w_{\text{Sn}} = \frac{m_{\text{Sn}}}{m} = 25,2 \%$$