

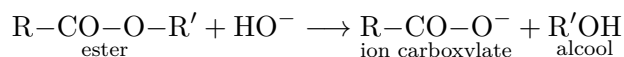
BACCALAURÉAT — SÉRIE C
Physique-Chimie — Session 2016
Corrigé détaillé

CHIMIE 8 points

Partie A : vérification des connaissances

1. Vrai ou faux

1. a. Vrai. La saponification résulte de l'action de l'ion hydroxyde HO^- sur un ester ; elle conduit à un alcool et à un ion carboxylate (base conjuguée d'un acide carboxylique) :



La réaction de saponification est **lente** et **totale**.

1. b. Faux. Pour un acide faible de concentration C : $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log C)$. Après dilution d'un facteur $N > 1$ ($C' = C/N$, $\text{p}K_a$ inchangé) :

$$\text{pH}' = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log C') = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log C + \log N) = \text{pH} + \frac{1}{2} \log N.$$

On en déduit $\text{pH}' > \text{pH}$.

2. Texte à trous

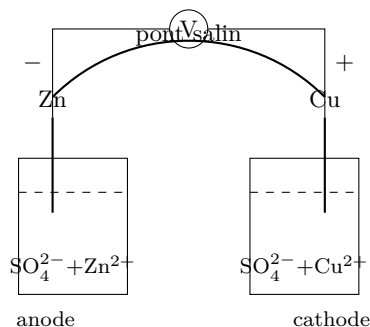
Une réaction d'oxydoréduction est une réaction de *transfert* d'électrons au cours de laquelle il y a simultanément *oxydation* du réducteur et *réduction* de l'oxydant.

3. Appariement

a₁ = b₃ : énergie nécessaire pour ioniser un atome d'hydrogène depuis son niveau fondamental (arracher un électron), valant 13,6 eV.

a₂ = b₂ : toute particule de masse m au repos possède une énergie $E_0 = mc^2$ (équivalence masse-énergie).

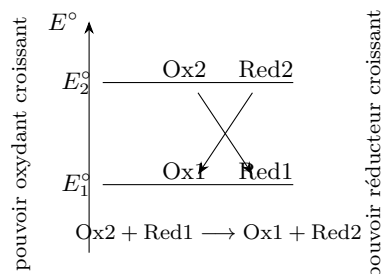
a₃ = b₄ : la pile Daniell cuivre-zinc est constituée de deux demi-piles reliées par un pont salin (ici nitrate d'ammonium).



Demi-pile de gauche (oxydation) : $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$; les ions NO_3^- migrent vers cette solution.
Demi-pile de droite (réduction) : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$; les ions NH_4^+ migrent vers cette solution

(dépôt de cuivre). Le zinc s'oxyde (pôle négatif, anode) ; le cuivre se réduit (pôle positif, cathode).
F.é.m. : $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$.

$\mathbf{a_4 = b_1}$: le potentiel redox $E^0(\text{Ox}/\text{Red})$, exprimé en volts, caractérise la force d'un oxydant/réducteur en conditions standard. Plus E^0 est élevé, plus le pouvoir oxydant de Ox est grand (et plus le pouvoir réducteur de Red est faible).



Partie B : application des connaissances

1. a.

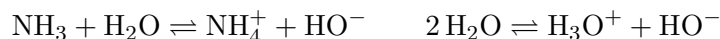
Le nombre de moles de NH_3 dans V_1 (C.N.T.P.) égale celui dans la solution S_1 ($V_{S_1} = 2 \text{ L}$) :

$$n = \frac{V_1}{V_m} = C_{S_1} \times V_{S_1}, \text{ d'où } V_1 = V_m \times C_{S_1} \times V_{S_1}.$$

A.N. : $V_1 = 22,4 \times 2,08 \cdot 10^{-4} \times 2 = 9,3 \cdot 10^{-3} \approx 10^{-2} \text{ L}$.

b. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$.

c. L'ammoniaque est une base faible (dissociation limitée) ; l'eau en excès est le siège de l'autoprotolyse :



Espèces présentes : ions H_3O^+ , HO^- , NH_4^+ ; molécules NH_3 , H_2O .

- $[\text{H}_2\text{O}] = \frac{\rho_{\text{eau}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1000}{18} = 55,6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-9,7} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- $[\text{HO}^-] = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-10}} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Électroneutralité : $[\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{NH}_4^+] = [\text{HO}^-]$; comme $[\text{H}_3\text{O}^+] \ll [\text{HO}^-]$, $[\text{NH}_4^+] = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Conservation : $C_{S_1} = [\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+]$, d'où $[\text{NH}_3] = 2,08 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5} = 1,58 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Méthode. Inventaire des concentrations d'une solution : toujours le même enchaînement — **1**) $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$; **2**) $[\text{HO}^-] = K_e/[\text{H}_3\text{O}^+]$; **3**) *électroneutralité* (somme des charges + = somme des charges -), en négligeant l'espèce très minoritaire ; **4**) *conservation de la matière* pour la dernière espèce.

d. $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{base}]}{[\text{acide}]}$ donne $\text{p}K_a = \text{pH} - \log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 9,7 - \log \frac{1,58 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-5}} = 9,2$.

2. a.

Comme $\text{pH} = \text{p}K_a$, les formes acide et basique ont la même concentration : S_2 est une **solution tampon**. L'ajout d'un peu de HCl ($\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) est neutralisé par NH_3 en excès ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$) : le pH reste quasi constant.

b. À la demi-équivalence, $\text{pH} = \text{p}K_a$ et $C_{\text{HCl}} \times V = \frac{C_{S_1} \times V'_{S_1}}{2}$ avec $V'_{S_1} = 20 \text{ mL}$. D'où

$$V = \frac{C_{S_1} \times V'_{S_1}}{2 C_{\text{HCl}}} = \frac{2,08 \cdot 10^{-4} \times 20 \cdot 10^{-3}}{2 \times 4,16 \cdot 10^{-4}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 5 \text{ mL}.$$

Rappel de cours. Solution tampon : mélange équimolaire d'un acide faible et de sa base conjuguée, obtenu notamment à la *demi-équivalence* d'un dosage — où $\text{pH} = \text{p}K_a$. Son pH varie peu par ajout modéré d'acide ou de base, et il est insensible à une dilution modérée.

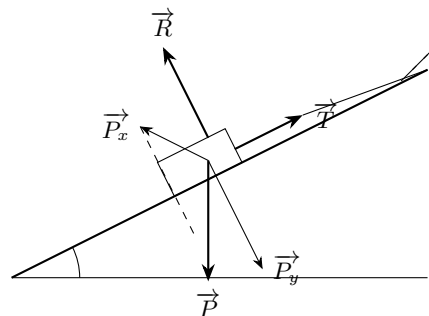
PHYSIQUE 12 points

Partie A : vérification des connaissances

1. Question à réponse courte

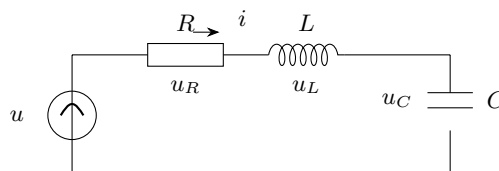
Dans un phénomène d'interférence, l'**interfrange** est la distance constante qui sépare deux franges brillantes (ou sombres) consécutives.

2. Schéma à compléter



3. Réarrangement

Dans un circuit *capacitif*, l'impédance du condensateur est supérieure à celle de la bobine. L'impédance d'un circuit (R, L, C) série vaut $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$; le circuit est capacitif si $X_C > X_L$, inductif si $X_L > X_C$.



Partie B : application des connaissances

1. a.

De $u(t) = 220\sqrt{2} \cos(100\pi t)$ (V), $U_{\text{max}} = 220\sqrt{2} \text{ V}$, d'où $U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = 220 \text{ V}$. Or $U_{\text{eff}} = Z I_{\text{eff}}$, donc $Z = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = \frac{220}{2} = 110 \Omega$.

b. $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (L\omega)^2}$ donne $r = \sqrt{Z^2 - (L\omega)^2} - R = \sqrt{110^2 - (0,25 \times 100\pi)^2} - 50 = 27 \Omega$.

c. $P_{\text{moy}} = (R + r)I_{\text{eff}}^2 = (50 + 27) \times 2^2 = 308 \text{ W}$.

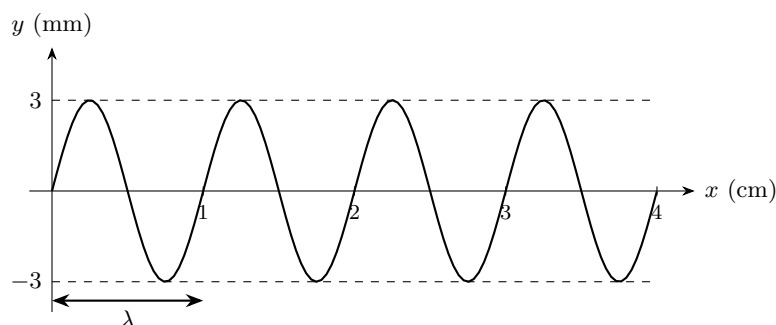
2. a.

I_{eff} est maximale quand $Z = \sqrt{(R + r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ est minimale : c'est la **résonance**, $L\omega = \frac{1}{C\omega}$, soit $C = \frac{1}{L\omega^2} = \frac{1}{0,25 \times (100\pi)^2} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ F}$.

b. À la résonance $Z = R + r = 77 \Omega$.

c. À la résonance i et u sont en phase : $i(t) = \frac{U_{\text{eff}}}{R + r} \sqrt{2} \cos(100\pi t) = \frac{220}{77} \sqrt{2} \cos(100\pi t) = 2,86\sqrt{2} \cos(100\pi t)$.

Partie C : résolution d'un problème



1. a.

Par lecture, l'amplitude $a = 3 \text{ mm} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

b. $\lambda = 2 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

c. $c = \lambda N = 2 \cdot 10^{-2} \times 50 = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2.

$y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi) = 3 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t + \varphi)$. Comme $y_S(0) = 0$, $\sin \varphi = 0$: $\varphi = 0$ ou π . Le point S partant vers les élongations positives, $y'_S(0) > 0$: seul $\varphi = 0$ convient. D'où $y_S(t) = 3 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t)$.

3. a.

P reproduit le mouvement de S avec un retard $t_P = \frac{d}{c} = \frac{4,5 \cdot 10^{-2}}{1} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ s}$:

$$y_P(t) = y_S(t - t_P) = 3 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t - 4,5\pi) = 3 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t - \frac{\pi}{2}) .$$

Méthode. Onde progressive : un point P situé à la distance d de la source reproduit son mouvement avec le retard $t_P = d/c$, d'où $y_P(t) = y_S(t - d/c)$. Le déphasage correspondant vaut $\Delta\varphi = -\frac{2\pi d}{\lambda}$; réduire ensuite modulo 2π pour l'interpréter (en phase, en opposition, en quadrature).

b. $\Delta\varphi = \varphi_P - \varphi_S = -\frac{\pi}{2}$: P est en retard de phase ($\Delta\varphi < 0$) et en quadrature ($|\Delta\varphi| = \frac{\pi}{2}$) par rapport à S . Quand S passe par $(0, 0)$ en croissant, P passe par son minimum, au point $(4,5; -3)$.