Programme de colle

Semaine 14 (du 05/01 au 09/01)

Les colles se déroulent en trois parties : une (au moins, il peut y en avoir plusieures) question de cours tirée de la liste ci–dessous, puis un exercice imposé parmi ceux listés et enfin, si le temps le permet, un exercice au choix du colleur.

Partie 1 – Questions de cours

Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs

- Donner les hypothèses permettant la modélisation microscopique d'un conducteur
- Établir l'expression de la densité volumique de courant et de la conductivité d'un conducteur
- Établir l'équation de propagation des champs en **régime lentement variable**, puis la relation de dispersion
- Donner la forme des ondes EM dans un conducteur, exprimer l'épaisseur de peau, définir l'effet de peau, cas de la limite du conducteur parfait
- Réfléxion sur un métal conducteur parfait en incidence normale (relations de passage non exigibles) : poser le problème, déterminer l'onde réfléchie puis l'onde résultante, énoncer les propriétés de cette onde
- Onde EM dans une cavité $1D$: exprimer les champs, déterminer les modes possibles, traiter les aspects énergétiques

Rayonnement dipolaire électrique

- Nommer et énoncer les approximations utiles pour l'étude du rayonnement dipolaire électrique
- Donner la forme des champs produits par un dipôle oscillant par une analyse des symétries et invariances, donner la relation de structure
- Aspects énergétiques (champs fournis) : calculer le vecteur de Poynting, la puissance rayonnée, définir puis tracer l'indicatrice de rayonnement

⚠ **Les phénomènes de corrosion ainsi que l'étude cinétique des piles et électrolyseurs ne sont pas au programme cette semaine.**

Partie 2 – Exercices imposés

Exercice 1 Antenne demi-onde

Une antenne filiforme, colinéire à (Oz), de longueur $\ell = \dfrac{\lambda}{2}$, centrée à l'origine, est le siège d'un courant sinusoïdal de la forme :

$$\underline{I}(z,t) = I_0 \cos\left(2\pi \frac{z}{\lambda}\right) e^{i\omega t}$$

avec $\omega = \dfrac{2\pi c}{\lambda}$.

Un point M est repéré par ses coordonnées sphériques (r, θ, φ) d'origine O et d'axe (Oz). On se place dans la zone de rayonnement $r \gg \lambda$. On admet que le champ magnétique total rayonné est :

$$\underline{\vec{B}}(M,t) = \frac{i\mu_0 I_0}{2\pi r \sin\theta} \cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right) \exp\left[i\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)\right] \vec{u}_\varphi$$

et que localement, ce champ électromagnétique a la structure d'une onde plane progressive de direction de propagation $\vec{u}_r$.

1. Calculer la valeur moyenne du vecteur de Poynting en M.
2. Dans quelle direction cette antenne rayonne-t-elle le maximum d'énergie ? Représenter l'indicatrice de rayonnement.
3. Calculer la puissance moyenne $\mathcal{P}$ rayonnée par l'antenne à travers une sphère de rayon r.
4. En déduire la résistance de rayonnement R de l'antenne, définie par $\mathcal{P} = RI_{eff}^2$ (I_{eff} est la valeur efficace du courant circulant dans l'antenne). Faire l'application numérique.

Formulaire : $\displaystyle\int_0^\pi \frac{\cos^2\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta}\mathrm{d}\theta = 1,22.$

Exercice 2 Incidence de Brewster

Un dioptre plan sépare l'air d'indice égal à $n_{air} = 1,00$ d'un autre milieu d'indice n. Un rayon lumineux arrive avec un angle d'incidence i sur ce dioptre.

1. En quoi consiste l'approximation de l'optique géométrique ?
2. Exprimer en fonction de i et de l'angle de réfraction i' l'angle α formé par le rayon partiellement réfléchi avec le rayon réfracté.
3. En déduire en fonction de n l'expression de l'angle d'incidence i_b tel que le rayon partiellement réfléchi soit perpendiculaire au rayon réfracté.

Exercice 3 Latitude de mise au point

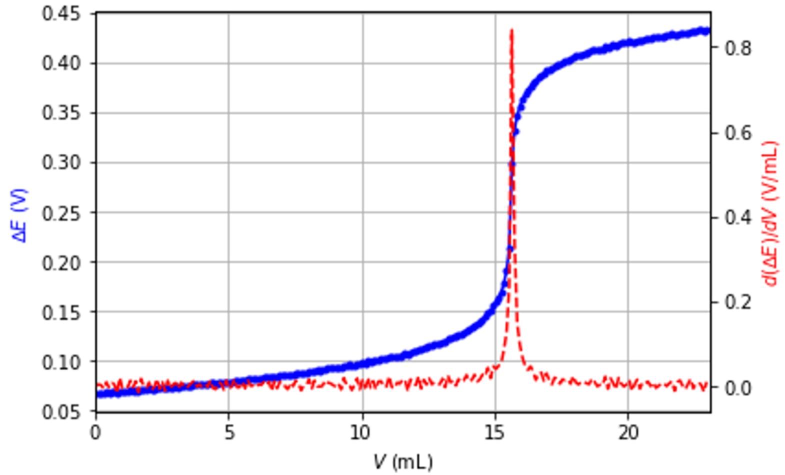
On admettra que les distances maximale et minimale de vision distincte de l'œil emmetrope sont $P_R = +\infty$ et $P_P = 25{,}0\,\mathrm{cm}$.

Une loupe est constituée par une lentille mince convergente, de distance focale $f' = 40\,\mathrm{mm}$ et de centre O. L'œil de l'observateur placé au foyer image F' de cette loupe, ne peut voir nettement à travers la loupe que les objets situés entre deux positions A_1 et A_2, de l'axe.

1. Calculer la latitude de mise au point $\Delta = A_1A_2$ de cette loupe.
2. Un petit objet AB à la distance p ($p < f'$) du centre de la loupe, est vu sous l'angle α à l'œil nu et sous l'angle α' à travers la loupe.
   a) Exprimer, en fonction de f' et p, la puissance $P = \dfrac{\alpha'}{AB}$ et le grossissement $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$ de cette loupe.
   b) On prend $AB = 200\,\mu\mathrm{m}$. Calculer α'. Entre quelles limites G_1 et G_2 peut varier G lorsque l'œil accommode ?

Exercice 4 Dosage du serum physiologique

On veut vérifier la teneur en chlorure d'un sérum physiologique. Pour cela, on ajoute progressivement une solution de nitrate d'argent de concentration molaire $C = 0{,}100\,\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$ à un volume $V_0 = 50{,}0\,\mathrm{mL}$ d'une solution S préparée par dilution d'un facteur 5 du sérum étudié. On note l'apparition d'un précipité de chlorure d'argent dès les premières gouttes de titrant versées. On suit l'évolution de la différence de potentiel ΔE entre une électrode d'argent et une électrode au calomel saturé (ECS). La courbe est donnée ci-dessous.



1. Donner l'expression du potentiel de l'ECS. Pourquoi est-il constant à température donnée tout au long du titrage ?
2. Quelle précaution faut-il prendre avec l'ECS lorsqu'on réalise un tel titrage ?
3. Expliquer pourquoi l'utilisation d'une électrode d'argent permet de suivre la concentration en ions argent (+I) au cours du titrage ?
4. Déterminer la concentration en ions chlorure dans la solution S, puis dans le sérum. Comparer avec l'étiquette du produit : 0,9% en masse de chlorure de sodium.
5. À l'aide de la courbe, déterminer le produit de solubilité K_s du chlorure d'argent.

On donne à $298\,\mathrm{K}$ **:**

$E_2^\circ = 0{,}27\,\mathrm{V}$ pour le couple $Hg_2Cl_2(s)(aq)\,/Hg(\ell)$

$E_1^\circ = 0{,}80\,\mathrm{V}$ pour le couple $Ag^+(aq)\,/Ag(s)$

$\dfrac{RT}{\mathcal{F}}\ln(10) \simeq 0{,}059\,\mathrm{V}$

$E_{ECS} = 0{,}25\,\mathrm{V}$

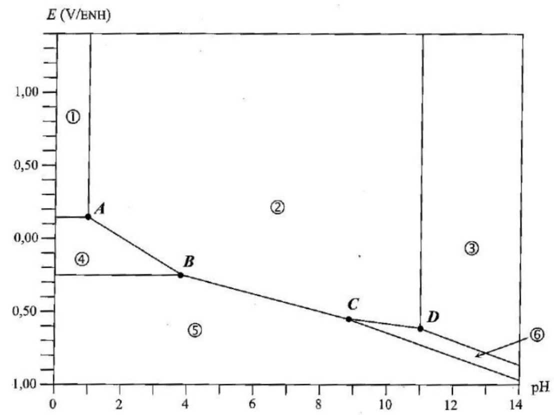
Densité du sérum $1{,}01\,\mathrm{g\cdot mL^{-1}}$

$M_{\mathrm{NaCl}} = 58{,}5\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$

Exercice 5 Diagramme potentiel-pH de l'étain

Un diagramme E-pH simplifié de l'étain est représenté ci-dessous. Les espèces prises en compte sont Sn(s), SnO_2(s), $HSnO_2{}^-$(aq) , $SnO_3{}^{2-}$(aq) , Sn^{2+}(aq) et Sn^{4+}(aq) . Le diagramme est tracé pour une concentration totale en espèces dissoutes de $c_0 = 1\,\mathrm{mmol\cdot L^{-1}}$. La convention aux frontières établit l'égalité des concentrations des espèces en solution aqueuse à la frontière.

On donne : $E^\circ(Sn^{2+}(aq)\,/Sn(s)) = -0{,}14\,\mathrm{V}$ et $E^\circ(SnO_2(s)/Sn^{2+}(aq)\,) = 0{,}14\,\mathrm{V}$ à $298\,\mathrm{K}$.



1. Attribuer à chaque espèce son domaine de stabilité.
2. Déterminer, à l'aide du diagramme, le potentiel standard du couple Sn^{4+}/Sn^{2+} et déterminer la pente de la droite AB.
3. Retrouver par le calcul la valeur du pH en B. Qu'observe-t-on en ce point ? Écrire l'équation de la réaction correspondante.
4. Montrer que le couple $SnO_2(s)/SnO_3{}^{2-}(aq)$ est un couple acide–base. Déduire du diagramme la valeur de sa constante d'acidité K_a puis son pK_a, exprimés pour un proton echangé.

Partie 3 – Exercices supplémentaires

Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs

- Calculs de champs EM
- Exploitation du phénomène d'effet de peau
- Ondes stationnaires, cavités
- Guides d'ondes
- Bilans énergétiques

Rayonnement dipolaire électrique

- Étude d'antennes
- Analyse de champs fournis
- Modèles atomiques classiques
- Bilans énergétiques