

Préparation aux oraux

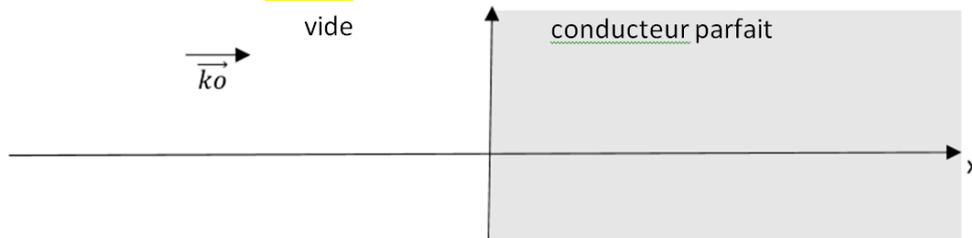
TD3 – Electromagnétisme & Chimie des solutions

0 Notions et contenus – Capacités exigibles

1 ➤ Question de cours **CCMP** : Dipôle électrostatique

Déterminer le champ et le potentiel électrostatiques produit par un dipôle électrostatique.

2 ➤ Exercice « académique » **CCINP Galot 2023** : Réflexion sur un conducteur parfait

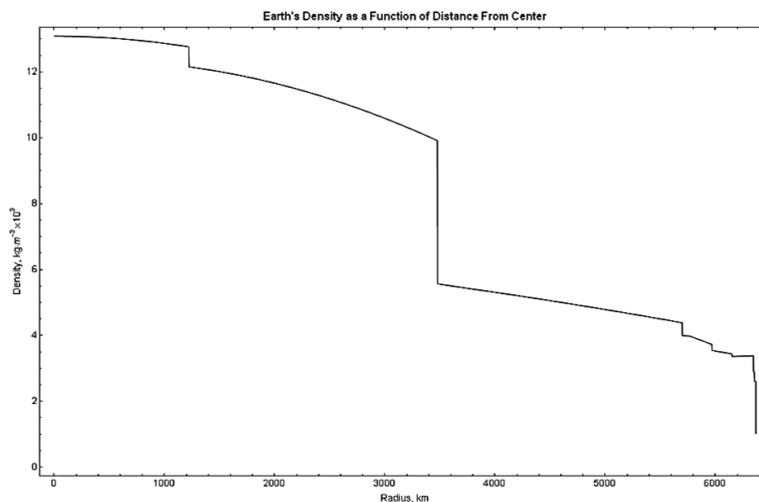


On considère une onde plane progressive monochromatique se propageant dans du vide.

- 1) Définissez un conducteur parfait. Que vaut le champ électromagnétique dans ce milieu ?
- 2) Que peut-on dire des composantes tangentielles du champ électrique au niveau du plan $x = 0$ qui sépare le vide du conducteur parfait ? Même question pour la composante normale du champ électrique.
- 3) Une onde électromagnétique $\vec{E}_i = E_0 \cdot \cos(k_0 x - \omega t) \cdot \vec{e}_y$ se propage dans le vide. Déterminez l'expression de l'onde réfléchie.
- 4) Déterminez le champ électromagnétique (\vec{E}, \vec{B}) dans l'espace.
- 5) Représentez le champ électromagnétique. Que peut-on en dire ? Justifiez.

3 ➤ Exercice « académique » : Variation du champ de pesanteur sous la surface terrestre

Le modèle PREM (Preliminary Earth Model) est un modèle de la structure interne de la Terre, basé sur l'étude des temps de parcours des ondes sismiques. Il permet notamment d'établir un profil de densité moyenne en fonction de la profondeur :



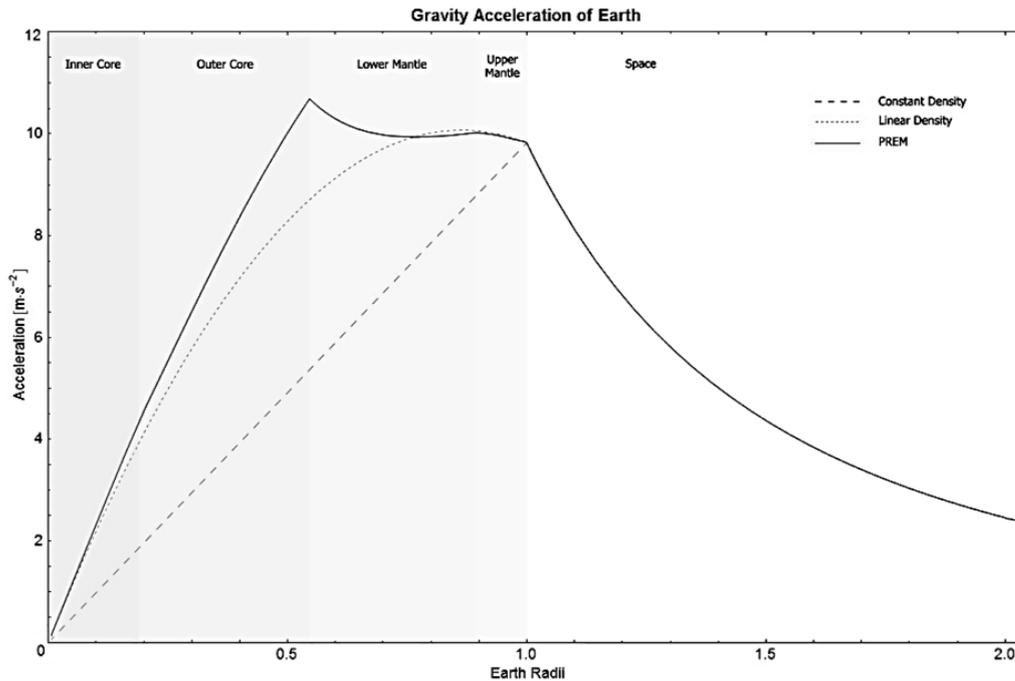
Densité en fonction de la profondeur d'après le modèle PREM (modèle basé sur l'analyse des temps de parcours des ondes sismiques).

Il est possible, à partir de la connaissance de ce profil $\rho(r)$, de calculer l'intensité du champ de pesanteur $g(r)$ en fonction du rayon. On va, pour illustrer la méthode, considérer que la masse volumique est donnée par $\rho(r) = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{R_0}\right)$. On note R_T le rayon de la Terre.

2.a – Que doit-on prendre pour ρ_0 et R_0 si on souhaite avoir, comme suggéré par le modèle PREM, les valeurs $\rho(r = 0) = 13 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et $\rho(R_T) = 3,5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = \rho_s$? On exprimera R_0 en fonction de ρ_0 , ρ_s et R_T .

2.b – Déterminer l'expression du champ gravitationnel $g(r)$ à l'intérieur de la Terre.

2.c – En étudiant la figure ci-dessous, que dire de la précision de notre modèle simplifié de profil $\rho(r)$?



Trait plein : intensité de la pesanteur en fonction de la profondeur d'après le modèle PREM .

Traits pointillés : intensité de la pesanteur en supposant une masse volumique qui décroît linéairement depuis le centre de la Terre vers l'extérieur.

Traits longs : intensité de la pesanteur en supposant une masse volumique constante dans la Terre.

2.d – Vérifier que l'expression trouvée en 2.b donne bien un vecteur \vec{g} toujours orienté vers le centre de la Terre.

4 Exercice « académique » : Floculation d'une suspension colloïdale

On s'intéresse aux mécanismes de traitement des eaux usées, et plus particulièrement à la floculation des particules colloïdales en solution aqueuse.

Document 1 : Phénomène de floculation

Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels : d'une part, leur rayon est très faible (de 10 nm à 1 μm) ; et d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées négativement, ce qui engendre des forces de répulsions inter-colloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible.

La floculation est le processus physico-chimique au cours duquel des particules colloïdales en suspension dans un liquide s'agglomèrent pour former des particules plus grosses, généralement très poreuses, nommées floccs. Les floccs sédimentent généralement beaucoup plus rapidement que les particules primaires dont ils sont formés, ce qui est utilisé dans le traitement des eaux usées.

Adapté de Wikipédia

On souhaite étudier l'effet de l'ajout de sels ioniques à la suspension. On raisonne sur une particule colloïdale sphérique, de centre O , de rayon R et de charge $Q < 0$. Les densités volumiques des ions sont $N_+(r) = N_0 e^{-zeV(r)/k_B T}$ pour les cations (charge $+ze$, $z = 2$ ou 3 en pratique) et $N_-(r) = N_0 e^{+zeV(r)/k_B T}$ pour les anions (charge $-ze$), avec N_0 une constante, V le potentiel électrostatique, k_B la constante de Boltzmann et T la température. On suppose $|zeV(r)| \ll k_B T$.

Donnée : laplacien d'une fonction $V(r)$ à symétrie sphérique

$$\Delta V = \frac{1}{r} \frac{d^2}{dr^2} (rV) .$$

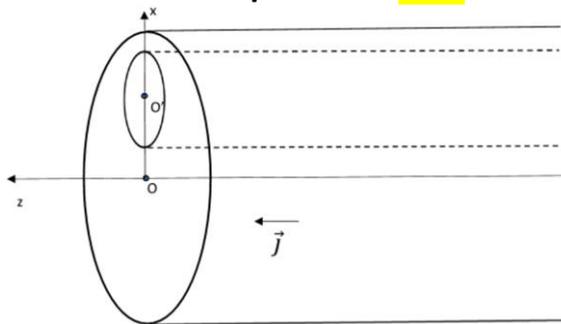
- 1 - Pourquoi peut-on considérer les ions comme ponctuels ?
- 2 - Déterminer la densité volumique de charge $\rho(r)$ autour du colloïde étudié.
- 3 - Déterminer une expression du potentiel électrostatique V .
- 4 - Montrer que le champ électrique est de la forme

$$E(r) = \frac{K}{r^2} \left(1 + \frac{r}{\delta} \right) e^{-r/\delta} .$$

Déterminer K en appliquant le théorème de Gauss à une surface bien choisie.

- 5 - Décrire l'effet des ions sur le champ électrique entre deux particules colloïdales. Conclure.

5 Résolution de problème CMT Galot 2023 : Champ magnétique dans une cavité



On considère un cylindre infini de rayon R_1 , d'axe (Oz) , parcouru par une densité volumique de courant \vec{j} uniforme.

On creuse une cavité cylindrique de rayon $R_2 < R_1$, d'axe $(O'z)$.

➤ Déterminer le champ magnétostatique dans la cavité.

6 Résolution de problème CMT : Champ électromagnétique d'un LASER

On dispose d'un LASER d'une puissance de 1 mW.

➤ Estimer les amplitudes des champs électrique et magnétique associés.

7 Problème CMT : Image radio du ciel

Une analyse attentive de différents clichés du ciel réalisés par des radiotélescopes révèle que l'image radio du ciel n'est pas rigoureusement identique le jour et la nuit.

➤ Sachant que la conductivité complexe du plasma s'écrit $\underline{\gamma} = \frac{-i n e^2}{\omega m}$ avec ω la pulsation de l'onde, n la densité particulaire de l'ionosphère, e la charge élémentaire et m la masse d'un électron, proposer une analyse permettant de rendre compte de cette observation.

Donnée :

Entre le jour et la nuit, la diminution du rayonnement solaire ionisant fait diminuer la densité particulaire de l'ionosphère de $n_j \approx 10^{12} \text{ m}^{-3}$ à $n_n \approx 10^{10} \text{ m}^{-3}$

8 ➤ CCS1 : Crampes musculaires

Le but de cet exercice est d'expliquer, de façon très simplifiée, les processus mis en jeu lors de l'apparition d'une crampe pendant un exercice physique violent.

Le pH du sang est principalement imposé par le couple $\text{CO}_2(\text{aq})/\text{HCO}_3^-$.

Dans le sang d'une personne au repos, les concentrations en $\text{CO}_2(\text{aq})$ et en HCO_3^- sont respectivement de $2,2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ et de $22 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

1. D'où proviennent les espèces carbonées présentes dans le sang ?

Calculer le pH du sang d'une personne au repos.

Montrer que l'espèce CO_3^{2-} est négligeable à ce pH.

2. Au cours d'efforts physiques importants, il se forme, dans les muscles, de l'acide lactique, noté HA. Cet acide passe dans le sang où, pour être éliminé, il doit être transformé en ions lactate, notés A^- , par :



(H_2CO_3 est en fait $\text{CO}_2(\text{aq})$...)

Pourquoi est-ce presque exclusivement la **réaction 1** qui permet de transformer HA en A^- ? Calculer sa constante d'équilibre ; conclure.

3. Après un effort violent, l'acide lactique passe dans le sang à raison d'environ $3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. Une accumulation trop importante de cet acide lactique est responsable du phénomène de crampe.

Indiquer intuitivement le sens de variation du pH dans le sang ; calculer ensuite précisément ce pH du sang après l'effort.

4. Proposer une méthode permettant d'accéder à la quantité d'acide lactique passée dans le sang pendant l'effort ($3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ donnés ci-dessus).

Données

Constantes d'acidité relatives aux couples faisant intervenir les espèces issues de $\text{CO}_2(\text{aq})$:

$$K_{A1} = 4,0 \times 10^{-7} \quad \text{et} \quad K_{A2} = 5,0 \times 10^{-11}$$

L'acide lactique $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{COOH}$ est un monoacide faible de constante d'acidité $K_{A3} = 1,4 \times 10^{-4}$.

9 ➤ Exercice « académique » CCMP : Influence du pH sur la solubilité

La solubilité de l'hydroxyde ferreux $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dans l'eau vaut $S = 1,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ à 25°C .

1 - Calculer le produit de solubilité et le pH à saturation.

2 - Prévoir comment évolue la solubilité dans une solution de soude à $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, puis la calculer.

Données : masses molaires $M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{O}} = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{H}} = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.



Rapports

Électromagnétisme

CCINP 2023

a) Electrostatique – Magnétostatique

Les propriétés de symétrie et invariance sont en général bien appliquées. En revanche, les propriétés de **parité (ou d'imparité)** du champ électrostatique ou magnétostatique ne sont que très rarement établies alors qu'elles peuvent être utiles pour la suite du raisonnement.

Attention à **ne pas confondre** les notions de **flux** et de **circulation**.

En géométrie unidimensionnelle cartésienne, il vaut mieux travailler directement sur l'équation de Maxwell-Gauss/Maxwell-Ampère, après examen des symétries, plutôt que sur le théorème de Gauss/d'Ampère. La solution est obtenue beaucoup plus rapidement.

b) Propagation

La **planéité ou non** de l'onde progressive n'est pas comprise le plus souvent et les candidats tombent dans le **piège en appliquant une relation de structure non appropriée entre E et B**. L'étude de la **nature de l'onde** (TE, TM, TEM) pose également problème.

Attention à **ne pas confondre l'énergie électromagnétique** avec la **densité volumique d'énergie électromagnétique**.

CCS 2022

Le **lien** entre les aspects **électromagnétique** et **optique** de l'**intensité énergétique** d'une **onde** électromagnétique, tout comme l'**aspect corpusculaire** d'une même onde, sont mal connus.

Quelques incontournables

- champs magnétiques créés par un **fil infini** ou un **solénoïde infini** ;
- capacité d'un **condensateur plan** ;
- **vecteur de Poynting moyen** associé à une **onde plane progressive dans le vide**.

CCMP

Les situations classiques de calcul des champs électrique et magnétique sont globalement maîtrisées.

Certains candidats vont néanmoins trop vite et ne proposent pas d'**analyse des invariances et symétries** car ils connaissent déjà le « bon » contour d'Ampère ou la « bonne » surface de Gauss.

Toutes les ondes étudiées ne sont pas planes et les candidats doivent néanmoins pouvoir proposer une étude du phénomène en **repartant des équations de Maxwell**. Les expressions des **vitesse de phase et de groupe** sont généralement connues mais pas forcément leur **interprétation physique**.

Le **tracé du champ électromagnétique** dans le cas de l'**effet de peau** dans un conducteur ohmique donne lieu à des courbes qui ne prennent pas en compte les valeurs relatives de la **pseudo-période** et de la **distance d'atténuation**.

Chimie des solutions

CCINP 2023

Voici les principaux défauts qui ont été relevés :

Le programme de première année est souvent moins bien appliqué, en particulier les problèmes de **précipitation** ainsi que l'**allure des courbes de dosage** qui ont pourtant été vues dans le secondaire et ont été certainement tracées en travaux pratiques.

CCS 2022

Alors qu'ils semblent en mesure de traiter des problèmes plus complexes, certains candidats sont inexplicablement gênés par des questions simples, comme le rôle de la **dilution** ou de la **stœchiométrie dans un dosage**. Le jury a également remarqué une fréquente confusion dans l'esprit des étudiants entre **exprimer une constante thermodynamique d'équilibre** (en fonction de la **composition du milieu réactionnel**) et **calculer** celle-ci, en fonction des **données thermodynamiques**.