

## DM 8 -- Ondes – Courbes intensité-potentiel (à rendre le 27/03/2017)

### Exercice 1 : Coefficient de réflexion et de transmission de la lumière sur un dioptré (incidence normale)

- Anciennement au programme

- Compléter les lois de Descartes en déterminant les coefficients de réflexion et de transmission (réfraction) en amplitude et en puissance, mais uniquement en incidence normale

Le raisonnement est tout-à-fait similaire à celui effectué pour les ondes sonores (dioptré acoustique). On donne quelques définitions préalables à l'exercice, notamment celle permettant de relier l'indice optique au cours sur les ondes.

Définition de l'indice complexe :  $\underline{n}$

$$\underline{k} \stackrel{\text{def}}{=} \underline{n} \frac{\omega}{c}$$

*Sa partie réelle  $n'$  s'appelle l'indice de dispersion.*

*Sa partie imaginaire  $n''$  s'appelle l'indice d'absorption.*

D'après sa définition, l'indice regroupe toutes les propriétés du milieu qui le font s'écarter d'un comportement type « d'Alembert ». Il n'est donc pas surprenant que l'indice complexe du vide soit égal à 1.

**0.1.** En exprimant sa partie réelle  $n'$  en fonction de la vitesse de phase  $v_\varphi$ , mettre en évidence la cohérence de cette définition avec celle donnée en optique.

**0.2.** Justifier l'appellation 'indice d'absorption' pour sa partie imaginaire.

Définition d'un milieu transparent

*Un milieu est transparent lorsque l'indice est réel ( $n'' = 0$ ).*

*NB : L'équation de **Maxwell-Ampère** est **modifiée** par rapport à son expression dans le vide. **Ne pas l'utiliser.***

Une OPPH incidente, polarisée suivant  $\vec{u}_y$  et se propageant selon les  $x$  croissants, arrive sur un dioptré situé en  $x = 0$ . Avant le dioptré, le milieu est d'indice  $n_1$ , après le milieu est d'indice  $n_2$ . Les deux milieux sont **isolants** (pas de courants ni de charges) et transparents. On admet que tous les champs oscillent avec la même pulsation  $\omega$ .

On travaille ci-dessous en notation complexe.

**1.1.** Ecrire l'expression de  $\vec{E}_i$ .

**1.2.** Montrer que tous les champs sont transverses.

**1.3.** Grâce à la relation de passage électrique, écrire une relation entre  $\vec{E}_i$ ,  $\vec{E}_r$  et  $\vec{E}_t$  en  $x = 0$ . On rappelle qu'il n'y a pas de charges surfaciques car les deux milieux sont des isolants.

**1.4.** Ecrire la relation de passage pour le champ magnétique. Avec MFaraday, en déduire une nouvelle relation entre  $\vec{E}_i$ ,  $\vec{E}_r$  et  $\vec{E}_t$  en  $x = 0$ .

**1.5.** En déduire les expressions de  $\vec{E}_r$  et  $\vec{E}_t$ . Montrer que les ondes réfléchi et réfracté sont polarisées selon  $\vec{u}_y$

**1.6.** Déterminer les expressions des coefficients de réflexion et transmission en amplitude (électrique)

**1.7.** Discuter les phases des ondes réfléchi et transmise.

**2.0.** Grâce à MFaraday, donner les expressions complexes des champs magnétiques.

On passe en notation réelle pour les raisonnements énergétiques ci-dessous.

**2.1.** Déterminer les vecteurs de Poynting incident, réfléchi et transmis.

**2.2.** En calculant la moyenne temporelle de leur norme, déterminer les coefficients en puissance

**2.3.** Vérifier que l'énergie se conserve. Faire l'application numérique pour l'air  $n = 1$  et le verre  $n = 1,5$ .

## Exercice 2 : (chimie de CCP PSI 2015)

Le nickel est un métal de couleur gris-blanc à reflets jaunes. Présent dans le manteau terrestre essentiellement sous forme de sulfures, oxydes ou silicates ; il est exploité depuis des siècles pour la fabrication d'armes et de monnaie. Il a été isolé en 1751 par le chimiste Axel Frederik Cronstedt.

Sa haute résistance à la corrosion et à l'usure, son pouvoir lubrifiant et la régularité de l'épaisseur des dépôts le font vite adopter dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique, du nucléaire...

L'activité industrielle autour de ce produit est des plus importantes et la consommation de nickel électrolytique est beaucoup plus élevée que celle des métaux utilisés dans d'autres procédés de dépôts tels que le zinc, le cuivre ou le chrome.

On se propose ici de recouvrir d'une couche mince de nickel, une électrode de fer. On réalise pour cela l'électrolyse d'une solution de sulfate de nickel ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), de concentration égale à  $1 \text{ mol.l}^{-1}$  et de  $\text{pH} = 5$ . L'autre électrode est une électrode de platine, inattaquable. On utilise un générateur de tension de f.e.m. e.



Figure 9 - Pièce nickelée

- 32) Identifier les réactions rédox susceptibles de se produire à l'anode et à la cathode.
- 33) Faire un schéma de l'électrolyseur faisant clairement apparaître l'anode, la cathode et le générateur de tension dont on indiquera la polarité, par le fléchage de la f.e.m. e. On précisera aussi le sens de circulation du courant électrique et celui des électrons.
- 34) D'un point de vue purement thermodynamique quelle différence de potentiel minimale doit imposer le générateur pour amorcer l'électrolyse souhaitée ?
- 35) En pratique, pour un courant de  $1,8 \text{ A}$ , il faut ajouter des surtensions anodique et cathodique respectivement égales à  $0,6 \text{ V}$  et  $-0,1 \text{ V}$  en plus d'une surtension notée  $U_r = 0,15 \text{ V}$ .
- a) A quoi peut correspondre la surtension  $U_r$  ?
- b) Quelle est alors la tension délivrée par le générateur ?
- 36) En considérant le rendement faradique égal à  $100 \%$ , quelle masse de nickel peut-on déposer en une heure avec ce courant de  $1,8 \text{ A}$  ?
- 37) En réalité, la masse déposée est de  $1,75 \text{ g}$ . Quelle est la raison de la différence observée ?
- 38) La figure 10 donne l'allure des courbes intensité-potential obtenues expérimentalement.

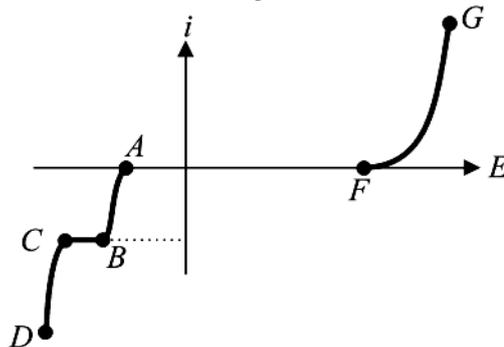


Figure 10 - Allure des courbes intensité-potential.

- a) Associer à chacune des parties AB, CD et FG une demi-équation rédox.
- b) Pour améliorer ce rendement, préconisez-vous de légèrement augmenter ou diminuer la tension délivrée par le générateur ?

### Données

Nombre d'Avogadro :  $N = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

Constante de Faraday :  $1 \text{ Faraday} = 96\,500 \text{ C.mol}^{-1} = N \cdot e$  ( $e$  = charge élémentaire d'un proton).

### Potentiels d'oxydo-réduction

$E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,000 \text{ V}$  ;  $E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}_{\text{ESH}}$  ;  $E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,23 \text{ V}_{\text{ESH}}$ .

On assimilera  $(RT/F) \ln(x)$  à  $0,06 \cdot \log(x)$ .

### Grandeurs associées à quelques corps

Masse molaire de l'hydrogène :  $1 \text{ g.mol}^{-1}$ .

Masse molaire de l'oxygène :  $16 \text{ g.mol}^{-1}$ .

Masse molaire de l'azote :  $14 \text{ g.mol}^{-1}$ .

Masse molaire du nickel :  $58,7 \text{ g.mol}^{-1}$ .