Royaume du Maroc

Ministère de l'Education Nationale
de la Formation Professionnelle
de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

CENTRE REGIONAL DES METIERS DE L'EDUCATION ET DE LA FORMATION
Marrakech-Safi

CONCOURS D'ACCES A LA PREMIERE ANNEE DU CYCLE DE PREPARATION A L'AGRÉGATION

DE SCIENCES PHYSIQUES

OPTION : PHYSIQUE

Session : septembre 2021

Epreuve : physique 2

Durée : 4 heures **Coefficient : 2**

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 1/17

Préambule

Ce sujet comporte trois parties indépendantes :

La première partie porte sur quelques aspects fondamentaux de l'électromagnétisme, notamment sur l'approximation des régimes quasi-stationnaires et porte aussi sur les phénomènes de propagation dans le vide et dans un milieu diélectrique linéaire homogène et isotrope.

La deuxième partie est dédiée à l'étude de quelques systèmes optique.

La troisième partie est consacrée à l'étude d'un système interférométrique.

Chaque partie comporte de nombreuses questions indépendantes. Le candidat peut utiliser un résultat donné par le texte même s'il n'a pas été démontré

La plus grande importance sera donnée à la qualité de la rédaction et de la présentation.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

FORMULAIRE

Opérateurs vectoriels

$$\overrightarrow{rot}\left(\overrightarrow{rot}\vec{C}\right) = \overrightarrow{grad}\left(div\vec{C}\right) - \Delta\vec{C}$$

Opérateurs vectoriels en coordonnées cylindriques

$$div\vec{C} = \frac{1}{r}\frac{\partial(rC_r)}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial C_\theta}{\partial\theta} + \frac{\partial C_z}{\partial z}$$

$$\overrightarrow{rot}\vec{C} = \left(\frac{1}{r}\frac{\partial C_z}{\partial\theta} - \frac{\partial C_\theta}{\partial z}\right)\vec{u}_r + \left(\frac{\partial C_r}{\partial z} - \frac{\partial C_z}{\partial r}\right)\vec{u}_\theta + \frac{1}{r}\left(\frac{\partial(rC_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial C_r}{\partial\theta}\right)\vec{u}_z$$

$$\Delta f = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial f}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 f}{\partial\theta^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 2/17

Partie 1 : ELECTROMAGNETISME

Quelques aspects fondamentaux de l'électromagnétisme

A- Des équations de Maxwell.

I. Voici quelques-uns des plus éminents artisans de l'électromagnétisme classique : Coulomb, Ampère, Faraday, Maxwell, Hertz, Lorentz.
Rappeler **brièvement** une des contributions de chacun à la construction de l'électromagnétisme.

II. Enoncer les équations de Maxwell dans le vide en présence de charges et de courants. Pour chacune d'entre elles, en donner la forme intégrale. Suffisent-elles à rendre compte de tous les phénomènes électromagnétiques ? Si non, que faut-il leur adjoindre ?

B- De l'Approximation des Régimes Quasi-Stationnaires

L'objet de cette partie est de dégager précisément ce que recouvre l'approximation des régimes quasi-stationnaires en électromagnétisme (notée dorénavant ARQS). On commence par l'étude d'un exemple simple : la détermination du champ électromagnétique dans un condensateur plan en régime sinusoïdal forcé.

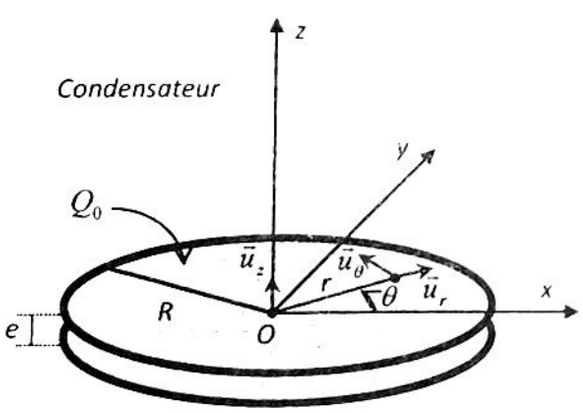


Figure 1. a

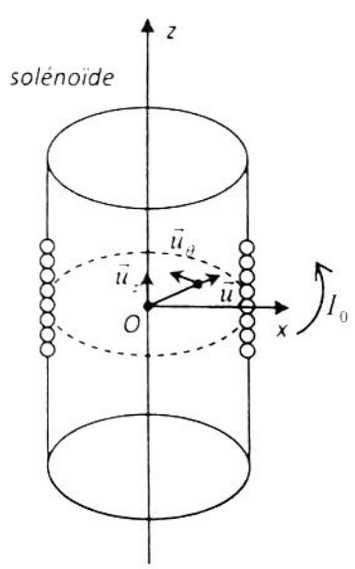


Figure 1. b

I. Condensateur plan en régime sinusoïdal forcé : première approche.

On considère un condensateur plan constitué de deux armatures planes de forme circulaire, d'axe *Oz* et de rayon *R*, distantes de *e* (figure 1. a). L'espace interarmatures est vide et la charge totale stockée sur l'armature supérieure du condensateur est donnée par :

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 3/17

$Q(t) = Q_0 \exp(i\omega t)$, en notation complexe ($Q_0$ réel positif). On suppose que $R >> e$, de sorte que l'on négligera tout effet de bord. Vu la géométrie du problème, on travaille en coordonnées cylindriques (r,θ,z) d'axe Oz.

On s'intéresse ici à un régime non stationnaire de fonctionnement, en l'occurrence un régime sinusoidal forcé de pulsation ω. On se propose ici de déterminer le champ électromagnétique $[\vec{E},\vec{B}]$ dans le condensateur par résolution directe d'une équation dans laquelle le couplage entre le champ électrique $\vec{E}$ et le champ magnétique $\vec{B}$ a disparu.

1. ***a***. Par une analyse des symétries et invariances du problème, déterminer la forme a priori du champ électromagnétique $[\vec{E},\vec{B}]$ entre les armatures.

Evaluer l'ordre de grandeur du rapport $\left|\frac{E_r}{E_z}\right|$ en supposant momentanément et en première approximation que $\overrightarrow{rot}\,\vec{E} = \vec{0}$.

Le fait de « négliger les effets de bords » signifie ici que $\left|\frac{E_r}{E_z}\right| << 1$, ce qu'on supposera dorénavant.

b. Justifier qu'il est légitime, compte tenu des hypothèses faites, de chercher le champ électromagnétique $[\vec{E},\vec{B}]$ sous la forme : $\begin{cases}\vec{E} = E(r,t)\overrightarrow{u_z} \\ \vec{B} = B(r,t)\overrightarrow{u_\theta}\end{cases}$.

2. Montrer à partir des équations de Maxwell que la fonction $E(r,t)$ vérifie entre les armatures l'équation : $\frac{\partial^2 E}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial E}{\partial r} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$.

3. On cherche des solutions complexes de la forme : $\underline{E}(r,t) = E_0 e(r)\exp(i\omega t)$, où ω est la pulsation des oscillations et $e(0) = 1$. Etablir l'expression du champ du champ magnétique complexe $\underline{B}(r,t)$ en fonction de $e(r)$ en utilisant l'équation de Maxwell appropriée.

4. On définit la variable réelle $u = \frac{\omega r}{c}$. Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit $e(u)$, **qu'on ne cherchera pas à résoudre**. La solution de cette équation s'écrit :

$$e(u) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(k!)^2}\left(\frac{u}{2}\right)^{2k}.$$

5. On désire maintenant trouver le développement perturbatif du champ électromagnétique $[\vec{E},\vec{B}]$ à l'intérieur du condensateur. Alors que précédemment, nous sommes partis d'une équation aux dérivées partielles éliminant le couplage entre $\vec{E}$ et $\vec{B}$, nous cherchons ici une solution faisant apparaître ce couplage comme le cœur du problème. Bien évidemment, la

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 4/17

forme du champ électromagnétique $[\vec{E},\vec{B}]$ est la même que précédemment (voir B.I.1b), puisque les hypothèses sont les mêmes. En particulier, les effets de bord sont négligés. Pour plus de commodité nous travaillons, comme ci-dessus, en notation complexe. L'idée fondamentale du traitement est la suivante : à l'ordre le plus bas le champ électrique entre les armatures est approximativement uniforme (comme en électrostatique) soit en notation complexe : $\underline{\vec{E}_0} = E_0 \exp(i\omega t)\vec{u}_z$, où E_0 est réel. Mais ce champ $\underline{\vec{E}_0} = E_0 \exp(i\omega t)\vec{u}_z$ varie au cours du temps ; par conséquent, il crée un champ magnétique : $\underline{\vec{B}_1} = \underline{B}_1(r,t)\vec{u}_\theta$. Ce champ $\underline{\vec{B}_1} = \underline{B}_1(r,t)\vec{u}_\theta$ engendre à son tour un champ électrique $\underline{\vec{E}_2} = \underline{E}_2(r,t)\vec{u}_z$, qui crée lui-même un champ magnétique $\underline{\vec{B}_3} = \underline{B}_3(r,t)\vec{u}_\theta$ qui engendre $\underline{\vec{E}_4} = \underline{E}_4(r,t)\vec{u}_z$ ...etc.. . Les termes de rang plus élevé sont des termes correctifs par rapport aux termes de rang plus bas : cette méthode itérative est qualifiée de « perturbative ».

a. Partant de la première expression approchée du champ électrique $\underline{\vec{E}_0} = E_0 \exp(i\omega t)\vec{u}_z$, calculer le champ magnétique $\underline{\vec{B}_1} = \underline{B}_1(r,t)\vec{u}_\theta$ par application de l'équation de Maxwell-Ampère.

b. La présence du champ magnétique modifie le champ électrique : le champ magnétique $\underline{\vec{B}_1} = \underline{B}_1(r,t)\vec{u}_\theta$ engendre un terme correctif $\underline{\vec{E}_2} = \underline{E}_2(r,t)\vec{u}_z$ pour le champ électrique. De quel phénomène s'agit-il ? A l'aide de l'équation de Maxwell appropriée, calculer ce terme correctif $\underline{\vec{E}_2} = \underline{E}_2(r,t)\vec{u}_z$. On ne retiendra que la solution nulle sur l'axe : pourquoi ?

c. Réitérer ce développement pour aboutir à $\underline{\vec{B}_3} = \underline{B}_3(r,t)\vec{u}_\theta$ puis $\underline{\vec{E}_4} = \underline{E}_4(r,t)\vec{u}_z$.

d. Montrer alors que l'expression du champ électrique complexe $\underline{E}(r,t)$ à l'ordre 4 en $\frac{\omega r}{c}$ est donnée par : $\underline{E}(r,t) = E_0\left(1 - \frac{1}{4}\left(\frac{\omega r}{c}\right)^2 + \frac{1}{64}\left(\frac{\omega r}{c}\right)^4 + \ldots\right)\exp(i\omega t)$ et en déduire le développement limité de la fonction $e(u)$ à l'ordre 4.

e. Montrer que l'expression du champ magnétique complexe $\underline{B}(r,t)$ à l'ordre 3 en $\frac{\omega r}{c}$ est :

$$\underline{B}(r,t) = iB_0\left(\frac{\omega r}{2c} - \frac{1}{16}\left(\frac{\omega r}{c}\right)^3 + \ldots\right)\exp(i\omega t).$$

f. Etablir les expressions des amplitudes réelles E_0 et B_0 en fonction des paramètres du condensateur et les contraintes appliquées.

g. Commenter les expressions de $\underline{E}(r,t)$ et $\underline{B}(r,t)$ obtenues aux questions ***d.*** et ***e.*** en lien e résultat de la question ***4.***

II. Solénoïde infini en régime sinusoïdal forcé.

On cherche ici à déterminer le champ électromagnétique $[\vec{E},\vec{B}]$ créé par un solénoïde infini parcouru par une intensité $\underline{I}(t) = I_0 \exp(i\omega t)$ en notation complexe (I_0 réel positif), comportant n spires jointives par unité de longueur, de section circulaire (figure 1.b).

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 5/17

1. Qu'entend-on par l'expression « solénoïde infini » ? Justifier qu'il est légitime, compte tenu des hypothèses faites, de chercher le champ électromagnétique $\left[\vec{E},\vec{B}\right]$ sous la forme :

$$\begin{cases}\vec{E} = E(r,t)\vec{u_\theta} \\ \vec{B} = B(r,t)\vec{u_z}\end{cases}.$$

2. Trouver l'équation à laquelle obéit $B(r,t)$ et montrer qu'elle est analogue à celle obtenue pour $E(r,t)$ dans le cas du condensateur (B.I.2.) .
3. Déduire sans calcul de la partie I que $\underline{B}(r,t) = B_0 e(u)\exp(i\omega t)$ ainsi que les expressions approchées des champs électromagnétiques complexes $\underline{B}(r,t)$ et $\underline{E}(r,t)$.
4. Etablir l'expression de B_0 et de E_0 en fonction de I_0, E_0 étant l'amplitude réelle du champ électrique.

III. Considérations énergétiques en régime lentement variable

On fait maintenant l'hypothèse d'un régime « lentement variable », c'est-à-dire que l'on suppose que $\frac{\omega r}{c} << 1$ dans toutes les expressions calculées ci-dessus. On supposera négligeables tous les termes d'ordre supérieur ou égal à 2 dans l'expression des champs.

1. Evaluer en ordre de grandeur le domaine de fréquences correspondant à cette approximation pour les composants utilisés usuellement en montage d'électricité ou d'électronique.
2. Donner l'expression du champ électromagnétique $\left[\vec{E},\vec{B}\right]$ à l'ordre le plus bas en $\frac{\omega r}{c}$ pour le condensateur d'une part, et pour le solénoïde d'autre part. Que peut-on dire, en ordre de grandeur, du rapport $\left|\frac{E}{cB}\right|$ pour $\frac{\omega r}{c} << 1$ dans le condensateur et le solénoïde ? Quel est le sens physique de ce résultat ?
3. Dans chacun de ces deux cas, donner l'expression de la densité volumique instantanée d'énergie électromagnétique $u_{em}(r,t)$ pour $\frac{\omega r}{c} << 1$. Quelle approximation est-il légitime de faire dans l'expression de $u_{em}(r,t)$, selon qu'il s'agit d'un condensateur ou à un solénoïde ? En comparant les expressions obtenues au cas de la densité d'énergie d'une onde électromagnétique dans le vide progressive plane, harmonique de pulsation ω, lequel des deux systèmes, parmi le condensateur et le solénoïde, qualifieriez-vous de système à dominante électrique ? magnétique ?
4. Calculer le vecteur de Poynting $\vec{\Pi}(r,t)$ dans le condensateur et dans le solénoïde, toujours pour $\frac{\omega r}{c} << 1$.
5. Effectuer un bilan énergétique global sur la zone d'espace correspondant à l'intérieur du condensateur d'une part, du solénoïde d'autre part. Commenter

C- Généralités sur les phénomènes de propagation :

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

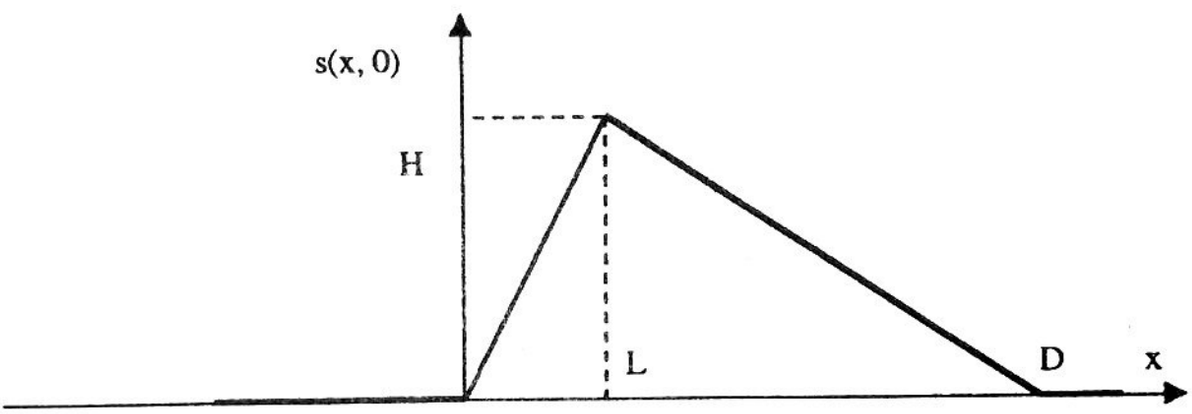
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 6/17

c-1 Définir le phénomène de propagation d'une grandeur physique ondulatoire, scalaire s(M,t) ou vectorielle $\overrightarrow{s}$ (M,t) de façon purement qualitative et en s'appuyant sur des exemples.

c-2 Ecrire l'équation de propagation sans amortissement (équation de D'Alembert) satisfaite par une grandeur physique.

c-3 Dans le cas d'un problème unidimensionnel où la grandeur s (x,t) ne dépend spatialement que d'une coordonnée cartésienne, pourquoi parle-t-on d'onde plane ? Quelle est alors la forme générale de cette grandeur solution de l'équation de D'Alembert ? Commenter.

c-4 Une onde plane progressive s(x,t) se déplaçant à la célérité c dans le sens des x positifs, représentée à la date t=0 en fonction de x, a la forme suivante :



Représenter la fonction s(x,t_0) en fonction de x à la date t_0, et la fonction s(x_0,t) en fonction de t à l'abscisse $x_0=ct_0$.

D-Propagation des ondes électromagnétique dans le vide :

D -1 Rappeler les expressions des Champs $\vec{E}$, $\vec{B}$ en fonction des potentiels vecteur $\vec{A}$ et scalaire V et justifier l'existence de ces potentiels.

D -2 En déduire le système de deux équations aux dérivées partielles liant $\vec{A}$, V, $\vec{J}$ et ρ.

D -3 On admet que l'on peut imposer la condition de jauge de Lorentz : $div\overrightarrow{A} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial V}{\partial t} = 0$.

Ecrire, dans ce cas les deux équations aux dérivées partielles liant $\vec{A}$, V, $\vec{J}$ et ρ.

D -4 Etablir l'équation de propagation vérifier par le champ électrique dans le cas d'absence des charges.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 7/17

Considérons une onde électromagnétique plane, monochromatique, polarisée rectilignement selon Oy, qui se propage dans le vide dans le sens des x croissant, tel que le champ électrique s'écrit sous la forme $\vec{E} = E_0 \cos(wt - \vec{k}.\vec{r})\vec{e}_y$.

D -5-1. Exprimer le vecteur d'onde $\vec{k}$ en fonction de la pulsation w de l'onde.

D -5-2. Rappeler les relations liant le champ électrique $\vec{E}$, le champ magnétique $\vec{B}$ et le vecteur d'onde $\vec{K}$ d'une onde électromagnétique plane progressive sinusoïdale dans le vide. Donner alors l'expression du champ magnétique $\vec{B}(\vec{r},t)$.

D -5-3. Rappeler l'expression dans le cas général de la densité volumique d'énergie électromagnétique e du vide et du vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ en fonction du champ électrique $\vec{E}$ et du champ magnétique $\vec{B}$. En déduire en fonction de E_0, ε_0 et c, les valeurs moyennes temporelles <e> et $<\Pi>$ de la densité volumique d'énergie électromagnétique associée à l'onde considérée et du flux surfacique d'énergie électromagnétique.

E-Propagation dans un milieu diélectrique non magnétique

E-1 Expliquer ce qu'on entend par « charges libres » et « charges liées » dans un milieu matériel.

E-2 Définir un milieu diélectrique et le vecteur polarisation $\vec{P}$ en un point de ce milieu (on n'omettra pas de donner l'unité de cette grandeur).

E-3 Dans un milieu diélectrique non magnétique, rappeler sans justification les relations qui relient le vecteur polarisation $\vec{P}$ et les densités volumiques de charges et de courants liés (notés respectivement $\rho_{liées}$ et $\vec{j}_{liées}$ en un point de ce milieu.

E-4 Rappeler les équations de Maxwell dans un tel milieu en introduisant le vecteur déplacement électrique $\vec{D}$ dont on donnera la définition et l'unité.

E-5 On considère deux milieux diélectriques non magnétiques, séparés par une surface Σ. Ecrire sans démonstration les relations de passage entre ces deux milieux, concernant les champs électrique $\vec{E}$, magnétique $\vec{B}$ et le vecteur $\vec{D}$.

F- Cas particulier d'un milieu diélectrique parfaitement isolant, non magnétique, linéaire, homogène et isotrope

Dans toute la suite, on appellera (M) un tel milieu.

Un milieu est dit parfaitement isolant si les densités de charges et de courants libres sont nulles en tout point et pour tout temps : $\rho_{libres}=0$, $\vec{j}_{libres} = \vec{0}$.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 8/17

F-1 Donner la signification de chacun des termes « linéaire », « homogène » et « isotrope ». Pourquoi est-il judicieux d'étudier un tel milieu en réponse sinusoïdale, en utilisant la notation complexe ?

F-2 Donner la définition et l'unité de la susceptibilité diélectrique complexe χ(ω) et de la permittivité diélectrique complexe ε(ω) à la pulsation ω. Quelle relation relie ces deux grandeurs ?

G-Propagation des ondes électromagnétiques dans (M)

Nous allons nous intéresser ici à la propagation, dans (M) de permittivité diélectrique complexe ε(ω), d'une onde électromagnétique plane progressive harmonique décrite en notation complexe par les champs électrique $\underline{\vec{E}} = \underline{\overrightarrow{E_0}}(\mathrm{M})\exp(-iwt)$ et magnétique $\underline{\vec{B}} = \underline{\overrightarrow{B_0}}(\mathrm{M})\exp(-iwt)$ en un point M du milieu et à l'instant t. On rappelle que $i^2 = -1$.

G-1 Déterminer les équations de propagation des champs complexes $\underline{\vec{E}}(M,t)$ et $\underline{\vec{B}}(M,t)$ dans ce milieu (équations découplées vérifiées séparément par $\underline{\vec{E}}(M,t)$ et $\underline{\vec{B}}(M,t)$).

G-2 En déduire, en précisant la forme choisie pour les fonctions $\underline{\overrightarrow{E_0}}(M)$ et $\underline{\overrightarrow{B_0}}(M)$, la relation de dispersion dans ce milieu (on introduira un vecteur d'onde $\underline{\vec{K}}$ a priori complexe). Définir l'indice complexe $\underline{n}(w) = n_r(w) + in_i(w)$. Donner l'interprétation physique de $n_r(w)$et de $n_i(w)$. Caractériser les zones du spectres où (M) est transparent.

G-3 Quelle est la structure du champ électromagnétique dans le milieu ? $\underline{\vec{E}}(M,t)$ et $\underline{\vec{B}}(M,t)$ sont-ils nécessairement en phase ?

G-4 Déterminer la valeur moyenne temporelle du vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ dans ce milieu. Commenter le résultat obtenu.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 9/17

Partie 2 : OPTIQUE GEOMETRIQUE

I-Définitions :

1. Systèmes optiques.

a. Qu'appelle-t-on système optique centré ?

b. Qu'est-ce qu'un système optique catoptrique ?

2. Stigmatisme.

a. Qu'appelle-t-on stigmatisme rigoureux pour un point A à travers un système optique ?

b. Citez un système optique rigoureusement stigmatique pour tous les points de l'espace.

3. Aplanétisme.

a. Soit (A, A') un couple de points conjugués, par un système optique centré (S). Le point A est situé sur l'axe optique. On considère un point B, voisin de A, tel que AB soit transverse, c'est-à-dire situé dans un plan de front. A quelle propriété doit satisfaire B', image de B à travers (S), pour conduire à un aplanétisme rigoureux du couple (A, A') ?

b. Citez un système optique rigoureusement aplanétique pour tous les points de l'espace.

4. Approximation de Gauss.

a. Enoncer les conditions qui permettent de réaliser l'approximation de Gauss.

b. Quelle conséquence l'approximation de Gauss a-t-elle sur le stigmatisme ?

II- étude de différents systèmes optiques :

1.1. Un dioptre plan sépare deux milieux d'indices respectifs n et n' tel que n'< n (figure 1).

Des rayons lumineux sont émis d'un point A, source ponctuelle.

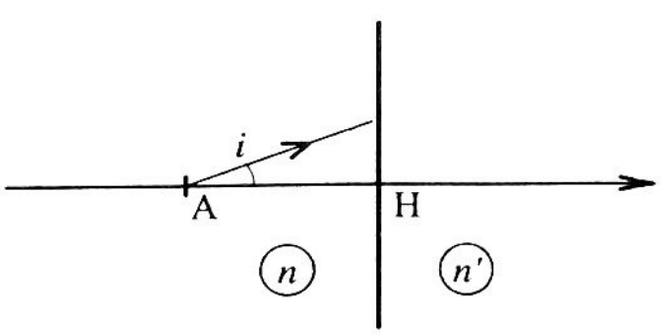


Figure n°1

1.1.1. Déterminer l'image A' de A à travers le dioptre.

1.1.2. Exprimer $\overline{A'H}$ en fonction des angles d'incidence i, de réfraction i' et de $\overline{AH}$.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 10/17

1.1.3. En déduire, dans les conditions de gauss, l'invariant du dioptre plan : $\frac{n}{\overline{AH}} = cte.$

On se place désormais dans les conditions de Gauss.

1.2. Un appareil photographique est constitué d'un objectif que l'on assimilera à une lentille mince, convergente, de distance focale f ' = 10,5 cm et d'une plaque photographique située à une distance réglable derrière la lentille.

1.2.1. On se propose de photographier un petit objet ponctuel situé à 4,5 m du centre optique O de la lentille. A quelle distance doit-on placer la pellicule ?

1.2.2. L'objet est maintenant un poisson de même longueur que l'objet précédent, situé à la même distance, mais recouvert par 1,6 m d'eau, d'indice n = 1,33. L'appareil et le poisson sont situés sensiblement sur la même verticale.

1.2.2.1. Faire un schéma légendé, indiquant la position des divers éléments.

1.2.2.2. Faut-il modifier la position de la pellicule ? Si oui, dans quel sens ? Justifier.

1.3. Un objet ponctuel A, éclaire une lame à faces parallèles d'indice n et d'épaisseur e, plongée dans l'air d'indice égal à 1 (figure 2).

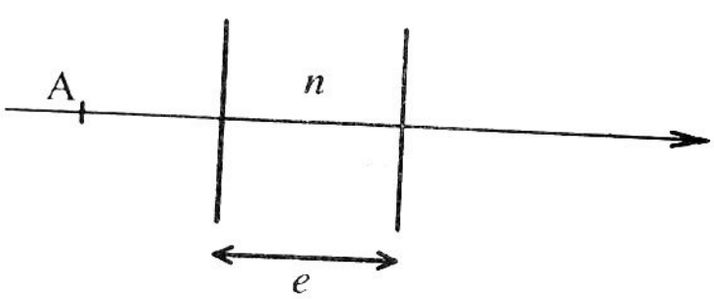


Figure n°2

Montrer que le déplacement $\overline{AA'}$ où A' est l'image de A à travers la lame s'écrit :

$$\overline{AA'} = e\left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

1.4. On considère une lentille mince, convergente, de distance focale inconnue f'.

Pour la déterminer on utilise la méthode de Bessel. Sur un banc optique on place, dans l'ordre, un objet lumineux AB, la lentille et un écran (E). L'objet et l'écran sont fixes et distants de D.

1.4.1. Montrer que si D > 4 f', il existe deux positions de la lentille, distantes de d, pour lesquelles il y a une image nette sur l'écran.

1.4.2. En déduire l'expression de f' en fonction de D et d.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 11/17

1.4.3. Déterminer la valeur de la distance focale f', pour les valeurs mesurées expérimentalement suivantes : D = 1,5 m et d = 86 cm.

1.5. On place une cuve de verre parallélépipédique entre un point objet P et la lentille précédente (figure 3).

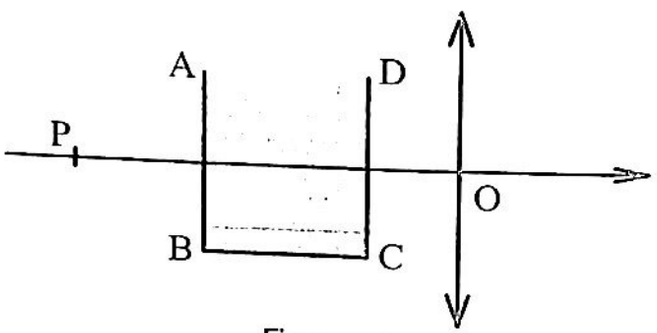


Figure n°3

Les caractéristiques du système sont :

- épaisseur de la cuve : BC = 20 cm ;
- épaisseurs des deux faces AB et CD négligeables ;
- distance entre DC et le centre optique O de la lentille : 5 cm ;
- distance du point P au centre optique O : OP = 50 cm ;
- distance focale de la lentille : f' = 25 cm.

1.5.1. La cuve étant initialement « vide », déterminer la position P' de l'image du point lumineux P donnée par le système optique (cuve, lentille).

1.5.2. La cuve est remplie d'un liquide transparent. On constate que l'image P'' du point P occupe désormais une position telle que P'P'' = 6,25 cm. En déduire la valeur de l'indice du liquide.

Partie 3 : OPTIQUE ONDULATOIRE

1-Interférences de deux sources ponctuelles

L'espace est rapporté à un repère orthonormé direct R=(O,xyz). Des interférences lumineuses sont obtenues à l'aide d'un dispositif interférentiel permettant de créer deux sources ponctuelles cohérentes S_1 et S_2 à partir d'une même source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde dans l'air λ. Les deux sources S1 et S2, distantes de a, émettent des ondes lumineuses sphériques en phase et de même intensité (ou éclairement) I_0. Le milieu S du segment S_1S_2 est situé sur l'axe Ox. L'écran d'observation est placé dans le plan yOz à la

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 12/17

distance d de S. Le dispositif interférentiel est placé dans l'air d'indice 1. Il permet d'orienter l'axe des sources, soit parallèlement à l'écran selon l'axe Oz (figure 4), soit perpendiculairement à l'écran selon l'axe Ox (figure 5).

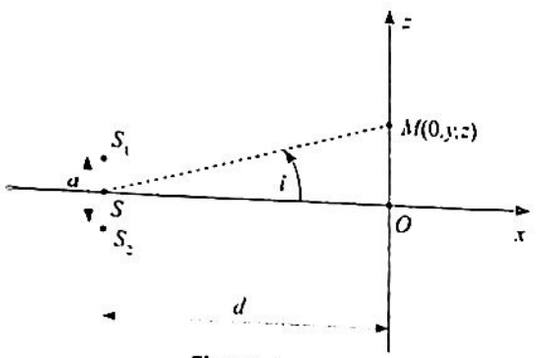


Figure 4

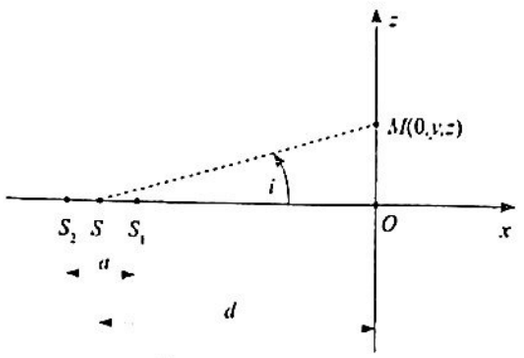


Figure 5

1.1. Exprimer l'intensité lumineuse (ou l'éclairement) I(M) en un point M (0, y, z) de l'écran en fonction de l'intensité I_0 de chacune des sources et du déphasage $\Delta\phi(M)$ au point M entre les deux ondes issues de S_1 et S_2.

1.2. Relier $\Delta\phi(M)$ à la différence de marche géométrique $\Delta L(M)$ au point M entre les deux ondes lumineuses provenant des sources S_1 et S_2 et atteignant M.

1.3. On se place dans le cas où l'axe des deux sources est parallèle au plan de l'écran (figure 4). Pour observer des interférences, le dispositif interférenciel est éclairé une source monochromatique de longueur d'onde λ=500 nm et réglé de façon à obtenir une figure d'interférence dont les dimensions sont de l'ordre du centimètr =1 mm et d=1m.

1.3.1. En fonction des réglages imposés au dispositif interférentiel, exprimer la différence de marche $\Delta L(M)$ en fonction de a, d et de la position du point M.

1.3.2. Exprimer l'intensité I(M) sur l'écran d'observation en fonction de la position du point M.

1.3.3. Calculer l'ordre d'interférence p_0 au point O. Commenter.

1.3.4. Décrire l'allure de la figure d'interférence observée sur l'écran. Déterminer en fonction de a, λ et d la distance d_1 entre deux franges brillantes.

1.3.5. Application numérique : calculer la position du premier maximum d'intensité lumineuse situé en dehors du centre O de l'écran.

1.4. On se place maintenant dans le cas où l'axe des deux sources est perpendiculaire au plan de l'écran (figure 5). Le dispositif est toujours éclair même source et il est réglé de façon à obtenir une figure d'interférence dont les dimensions sont de l'ordre du centimètr a=1 mm et d=1m.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 13/17

1.4.1. En fonction des réglages imposés au dispositif interférentiel, montrer que la différence de marche ΔL(M) au point M s'exprime en fonction de a et de l'angle i, formé entre le segment SM et l'axe Ox par la relation : ΔL(M)= acosi.

1.4.2. D'après les dimensions de la figure d'interférence, l'angle i est voision de 0. Exprimer la différence de marche ΔL(M) au point M en fonction de a, d et de la position du point M.

1.4.3. Donner l'expression de l'intensité I (M) sur l'écran d'observation en fonction de la distance ρ=OM.

1.4.4. Application numérique : calculer l'ordre d'interférence p_0 au point O. Commenter.

1.4.5. Représenter, en la justifiant, l'allure de la figure d'interférence observée sur l'écran.

1.4.6. Evaluer approximativement la position du premier maximum d'intensité lumineuse situé en dehors du centre O de l'écran.

1.5. Comment faut-il modifier le système pour observer les figures d'interférences localisées à l'infini ?

2-Miroir de Lloyd.

On considère le dispositif interférentiel du_ miroir de Lloyd composé d'un miroir plan AB, de largeur l et d'un écran placé en B, orthogonal au plan du miroir. Une source ponctuelle S, située à une hauteur h au-dessus du plan du miroir et à une distance d de l'extrémité A du miroir, éclaire celui-ci sous incidence rasante (h<<d+l), d'une lumière de longueur d'onde λ. Les faisceaux, direct et réfléchi par le miroir, contribuent aux interférences observées en un point M de l'écran (figure 6).

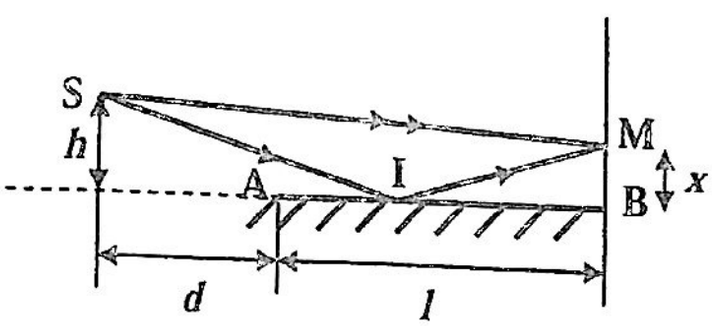


Figure 6

2.1. Ce dispositif est-il à division du front d'onde ou à division d'amplitude ? Quelle est la conséquence sur les intensités I1 et I2 des faisceaux issus des sources secondaires S1 et S2 ?

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 14/17

2.2. Positionner les sources secondaires S1 et S2 dans ce dispositif interférentiel et délimiter le champ d'interférences dans le plan de de la figure 6. Contrairement au rayon directe, le rayon réfléchi subit, lors de la réflexion, un déphasage de π. Ces sources secondaires sont-elles cohérentes ? synchrones ? en phase ?

2.3. Déterminer la différence de marche optique ΔL(M) et l'ordre d'interference p au point M(BM=x) en fonction de λ, h, l, d et x.

2.4. En déduire l'expression I(x) en M. Quelle est la forme des franges obtenus ? Déterminer la position et la nature de la frange centrale.

2.5. Exprimer l'interfrange i et en déduire le nombre N de franges que l'on peur observer sur l'écran en fonction de λ, h, l, d.

Application numérique : Calculer i et NB, nombre de franges brillantes, sachant que :

λ= 632.8nm, h=1 mm, l=30cm et d= 50 cm.

2.6. Application : Un bateau en mer à 10 Km de la coté veut capter une émission radio FM de fréquence 100 MHz. Le faisceau parallèle, provenant de l'émetteur situé sur la côte, se réfléchit en partie sur la mer et le dispositif s'identifie à celui du miroir de Lloyd (figure7).

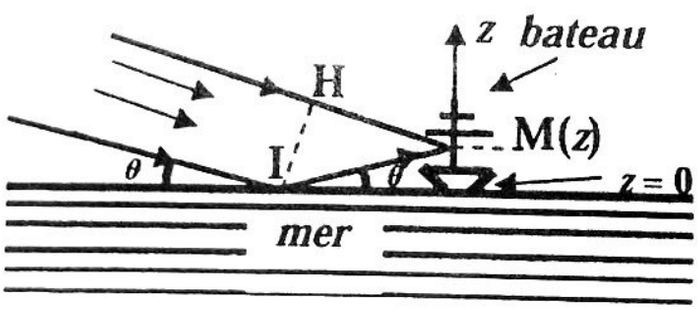


Figure 7

2.6.1. Par mer calme, celle-ci se comporte comme un miroir parfait : pour quelle raison l'émission de radio est-elle mal perçue quand l'émetteur est situé à une hauteur de 10 m et la perception bien meilleure quand celui-ci se trouve sur une colline à une hauteur de 700m ? on justifiera la réponse en calculant l'interfrange i' au niveau du bateau qui fait office d'écran. Ce calcul nécessite celui de la différence de marche géométrique Δ'=2z sinθ (à démontrer), de la différence de marche optique δ', de l'ordre d'interférence p'(z) et éventuellement celui de l'intensité vibratoire I'(z). L'interfrange i' s'exprimera en fonction de la longueur d'onde émettrice λ' et de l'angle θ indiqué sur figure7.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 15/17

2.6.2 Par mer agitée, celle -ci se comporte comme un miroir imparfait : la vibration propagée par le faisceau parallèle est perpendiculaire au plan d'incidence ın facteur de réflexion du miroir imparfait R_1 =80 %. Exprimer en fonction de I'_1 (intensité de faisceau directe) et I'_2 (intensité du faisceau réfléchi) puis en fonction de R_1 , le contraste $C=\frac{I'max-I'min}{I'max+I'min}$.

Calculer C pour R_1=80%. La perception des ondes est-elle bien contrastée quand l'antenne réceptrice se déplace le long du mât du bateau ?

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/4269 - Wadifa Info - page 16/17

Wadifa Info

www.wadifa-info.com

Le sujet suivant à préparer — **النموذج التالي للتحضير**

نموذج مباراة ولوج مسلك تكوين أطر الإدارة التربوية - اختبار في علوم التربية - دورة 2025

Modèle : Concours d'accès à la filière de formation des cadres de l'administration pédagogique - épreuve de sciences de

www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1329

Chaîne WhatsApp — **قناة واتساب**

المباريات الجديدة والنتائج كل يوم

Nouveaux concours et résultats chaque jour

wadifa-info.com/wa

Chaîne YouTube — **قناة يوتيوب**

امتحانات تجريبية بالتصحيح، بالدارجة

Examens blancs corrigés, expliqués en darija

youtube.com/@wadifainfo

Envoyer à un ami — **أرسل النموذج لصديق**

شارك هذا النموذج على واتساب مع من يحضّر معك

Partagez ce sujet sur WhatsApp

wa.me