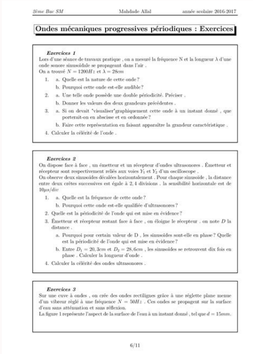
[PDF] Partie 3 : Les ondes électromagnétiques dans le vide21 août 2017 · Partie 3: OND">

I'm not robot
reCAPTCHA
Continue

# Polarisation des ondes électromagnétiques exercices corrigés pdf

id="43138">[PDF] Partie 3 : Les ondes électromagnétiques dans le vide21 août 2017 · Partie 3: ONDES ELECTROMAGNETIQUES DANS LE VIDE Dans cette section, les propriétés de polarisation des ondes électromagnétiques sont  3_EM.pdf id="73629">[PDF] TD corrigés sur les ondes - Unisciel29 oct 2011 · Le but de cet exercice est de présenter de manière classique l'effet Doppler puis On a l'onde électromagnétique dans le vide : TD-ondes-c.pdf id="25008">[PDF] Lumière, polarisation et magnétochiralité Corrigé - IRPHECorrigé I – Polarisation de la lumière I 1 – Préliminaire 1 – Une onde est le phénomène physique I 2 – Onde électromagnétique polarisée dans le vide cpc16.pdf id="70898">[PDF] Corrigé : Propagation d'une onde dans le domaine optique - IRPHECorrigé : Propagation d'une onde dans réagit par l'apparition d'une polarisation P II-A-3- Propagation des ondes électromagnétiques dans (M) ccp07.pdf id="17858">[PDF] cours_electromagnetismepdf - univ-ustodzDensité volumique de charges de polarisation Exercices corrigés Chapitre 5 : Propagation des ondes électromagnétiques dans le vide cours_electromagnetisme.pdf id="96566">[PDF] CORRIGE TD n°9 : Polarisation des ondes lumineusesPolarisation des ondes lumineuses EXERCICE 1 : Polariseur et Analyseur On considère le champ électrique d'une onde électromagnétique plane ( ), corrige_TD_polarisation.pdf id="11022">[PDF] Chapitre 5 Propagation des ondes électromagnétiques dans le vide– Préciser – le sens et la vitesse de propagation, – la nature de la polarisation de E – Déterminer B Exercice 4 : Soit une onde électromagnétique plane et  6_propagation_oem_vide.pdf id="66421">[PDF] CORRIGE ondes électromagnétiques non planes émises dans le videCorrigé TD Ondes Edepolarisant est le champ créé par les dipôles électriques (c'est à dire la polarisation) une fois alignés Il dépend de l'amplitude et  corrige2008.pdf id="80613">[PDF] Exercices chap1 ondes4- Considérons une onde plane électromagnétique (unités SI) dont le champ électrique phase à l'origine et la direction de polarisation de cette onde ? exercices.pdf Résumé de cours Exercices Annales Résumé de cours sur les ondes électromagnétiques dans le vide Partie 1. Équation de d'Alembert Méthode 1 : écriture des équations de Maxwell dans le vide. Dans le vide de charge et de courants On en déduit les équations de Maxwell-Gauss et de Maxwell-Thomson et les équations de Maxwell-Faraday et de Maxwell-Ampère et Méthode 2 : établissement de l'équation de d'Alembert On utilise 1. La relation d'analyse vectorielle 2.

Le théorème de Schwartz qui permet de permuter un opérateur de dérivation spatial et l'opérateur de dérivation temporelle. On en déduit que et vérifient la même équation de d'Alembert avec Exemple.  Établir l'EDA pour Partie 2. Solution OPPH PR Méthode 1 : expliciter la solution OPPH PR en grandeurs réelles. La solution Onde Plane Progressive Harmonique Polarisée Rectilignement s'écrit, pour le champ électrique Son vecteur d'onde est La relation de dispersion s'écrit Elle est polarisée selon Le champ magnétique vibre en phase avec le champ électrique avec forme un trièdre orthogonal direct La relation de structure s'écrit Exemple.  1.
Vérifier la transversalité de l'onde. 2.


3ème Bac SM — Mahfoudi Alfid — année scolaire 2016-2017

**Ondes mécaniques progressives périodiques : Exercices**

***Exercice 1***
Lors d'une séance de travaux pratique , on a mesuré la fréquence N et la longueur λ d'une onde sonore sinusoïdale se propageant dans l'air .
On a trouvé $N = 1200Hz$ et $\lambda = 28cm$

1. a. Quelle est la nature de cette onde ?
   b. Pourquoi cette onde est-elle audible ?
2. a. Une telle onde possède une double périodicité. Préciser .
   b. Donner les valeurs des deux grandeurs périodiques .
3. a. Si on devait "visualiser"graphiquement cette onde à un instant donné , que porterait-on en abscisse et en ordonnée ?
   b. Faire cette représentation en faisant apparaître la grandeur caractéristique .
4. Calculer la célérité de l'onde .

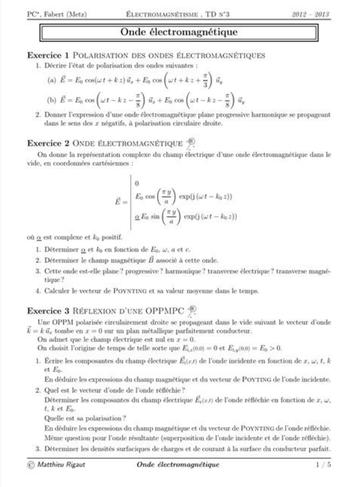
***Exercice 2***
On dispose face à face , un émetteur et un récepteur d'ondes ultrasonores : Émetteur et récepteur sont respectivement reliés aux voies $Y_1$ et $Y_2$ d'un oscilloscope .
On observe deux sinusoïdes décalées horizontalement . Pour chaque sinusoïde , la distance entre deux crêtes successives est égale à 2, 4 divisions . la sensibilité horizontale est de $10\mu s/div$

1. a. Quelle est la fréquence de cette onde ?
   b. Pourquoi cette onde est-elle qualifiée d'ultrasonores ?
2. Quelle est la périodicité de l'onde qui est mise en évidence ?
3. Émetteur et récepteur restant face à face , on éloigne le récepteur , on note $D$ la distance .
   a. Pourquoi pour certain valeur de D , les sinusoïdes sont-elle en phase ? Quelle est la périodicité de l'onde qui est mise en évidence ?
   b. Entre $D_1 = 20,5cm$ et $D_2 = 28,5cm$ , les sinusoïdes se retrouvent dix fois en phase . Calculer la longueur d'onde .
4. Calculer la célérité des ondes ultrasonores .

***Exercice 3***
Sur une cuve à ondes , on crée des ondes rectilignes grâce à une réglette plane mesme d'un vibreur réglé à une fréquence $N = 50Hz$ ; Ces ondes se propagent sur la surface d'eau sans atténuation et sans réflexion .
La figure 1 représente l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné , tel que $d = 15mm$.

6/11

Vérifier la relation de dispersion. Méthode 2 : expliciter la solution OPPH PR en grandeurs complexes. On écrit En grandeurs complexes En injectant dans les équations de Maxwell, on en déduit * la transversalité des champs électrique et magnétique * la relation de structure * la relation de dispersion. Exemple.  Démontrer la relation de structure en grandeurs complexes. Méthode 3 : expliciter les propriétés énergétiques de l'OPPH. Le vecteur de Poynting vaut Il a la direction et le sens de propagation de l'onde. Sa valeur moyenne dans le temps vaut Il est exprimé en joules par mètre carré et par seconde. Son flux est égal à la puissance traversant la surface considérée. Exemple.  Donner la valeur moyenne du vecteur de Poynting en fonction de et indépendamment de Partie 3.
Ondes stationnaires, ondes guidées Méthode 1 : conditions aux limites pour les OEM. La présence de plaques métalliques conductrices parfaites impose des CL. Le champ électrique est nul dans ces plaques. La composante tangentielle du champ électrique est toujours continue. S'il y a nullité des charges surfaciques, il y a continuité complète du champ électrique. La composante normale du champ magnétique est toujours continue. S'il y a nullité des courants surfaciques, il y a continuité complète du champ magnétique. Exemple.  Montrer que le champ électrique à la surface d'une plaque parfaitement conductrice vaut avec densité surfacique de charge et vecteur normal dirigé de la plaque vers l'extérieur. Méthode 2 : expliciter l'onde stationnaire entre deux plaques. On cherche une solution de l'EDA dans le vide entre deux plaques parallèles métalliques parfaitement conductrices en et en sous la forme d'une onde stationnaire, produit d'une fonction de l'espace par une fonction du temps On établit par séparation des variables que l'onde stationnaire est nécessairement harmonique avec la même relation de dispersion que pour la solution progressive Il y a quantification de la pulsation temporelle et de la pulsation spatiale , en particulier avec entier naturel non nul.


PC*, Fabert (Metz) — ÉLECTROMAGNÉTISME , TD n°3 — 2012 – 2013

**Onde électromagnétique**

**Exercice 1** POLARISATION DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES
1. Décrire l'état de polarisation des ondes suivantes :
   (a) $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t + k\,z)\,\vec{u}_x + E_0 \cos\left(\omega t + k\,z + \frac{\pi}{3}\right)\,\vec{u}_y$
   (b) $\vec{E} = E_0 \cos\left(\omega t - k\,z - \frac{\pi}{8}\right)\,\vec{u}_x + E_0 \cos\left(\omega t - k\,z - \frac{\pi}{8}\right)\,\vec{u}_y$
2. Donner l'expression d'une onde électromagnétique plane progressive harmonique se propageant dans le sens des $x$ négatifs, à polarisation circulaire droite.

**Exercice 2** ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

On donne la représentation complexe du champ électrique d'une onde électromagnétique dans le vide, en coordonnées cartésiennes :

$$\underline{\vec{E}} = \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_0 \cos\left(\frac{\pi y}{a}\right) \exp(\mathrm{j}\,(\omega t - k_0\, z)) \\ \underline{\alpha}\, E_0 \sin\left(\frac{\pi y}{a}\right) \exp(\mathrm{j}\,(\omega t - k_0\, z)) \end{array} \right.$$

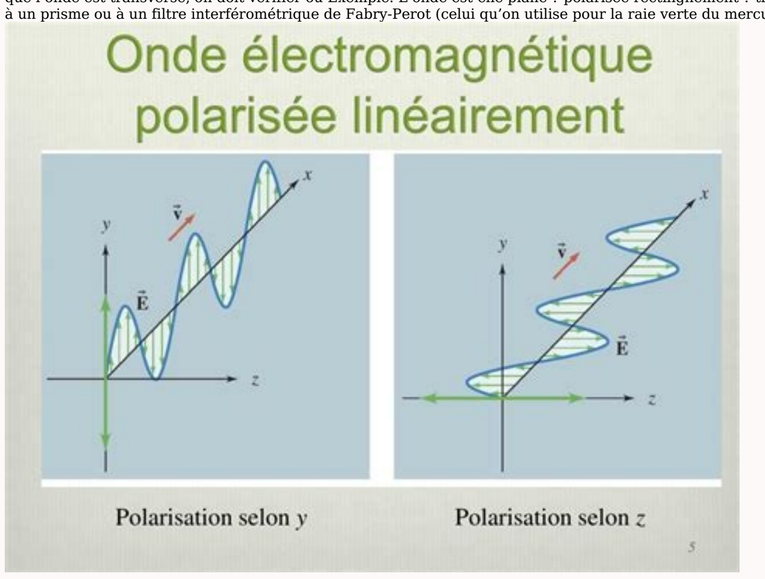
où $\underline{\alpha}$ est complexe et $k_0$ positif.
1. Déterminer $\underline{\alpha}$ et $k_0$ en fonction de $E_0$, $\omega$, $a$ et $c$.
2. Déterminer le champ magnétique $\underline{\vec{B}}$ associé à cette onde.
3. Cette onde est-elle plane ? progressive ? harmonique ? transverse électrique ? transverse magnétique ?
4. Calculer le vecteur de POYNTING et sa valeur moyenne dans le temps.

**Exercice 3** RÉFLEXION D'UNE OPPMPC

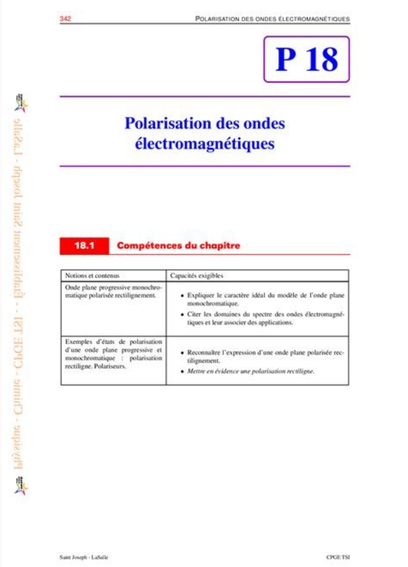
Une OPPM polarisée circulairement droite se propageant dans le vide suivant le vecteur d'onde $\vec{k} = k\,\vec{u}_z$ tombe en $x = 0$ sur un plan métallique parfaitement conducteur.
On admet que le champ électrique est nul en $x = 0$.
On choisit l'origine de temps de telle sorte que $E_{0,y}(t,0) = 0$ et $E_{0,y}(t,0) = E_0 > 0$.
1. Écrire les composantes du champ électrique $\vec{E}_0(x,t)$ de l'onde incidente en fonction de $x$, $\omega$, $t$, $k$ et $E_0$.
   En déduire les expressions du champ magnétique et du vecteur de POYTING de l'onde incidente.
2. Quel est le vecteur d'onde de l'onde réfléchie ?
   Déterminer les composantes du champ électrique $\vec{E}_r(x,t)$ de l'onde réfléchie en fonction de $x$, $\omega$, $t$, $k$ et $E_0$.
   Quelle est sa polarisation ?
   En déduire les expressions du champ magnétique et du vecteur de POYNTING de l'onde réfléchie.
   Même question pour l'onde résultante (superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie).
3. Déterminer les densités surfaciques de charges et de courant à la surface du conducteur parfait.

© Matthieu Rigaut — Onde électromagnétique — 1 / 5

Exemple.  Donner les expressions de et de cohérentes avec les CL Méthode 3 : étudier une solution du type propagation guidée. Entre deux plaques parallèles métalliques parfaitement conductrices, ou entre les armatures cylindriques d'une ligne coaxiale, on peut chercher une solution du type onde guidée. 1. On injecte la solution proposée dans les équations de Maxwell. Attention ! le formalisme complexe n'est en général pas adapté car ce n'est pas une OPPH. 2. On injecte la solution proposée dans l'EDA et on en déduit après simplification une équation différentielle qu'on résout en prenant en compte les CL imposées par les plaques métalliques. 3. On en déduit les ondes électrique et magnétique, puis le vecteur de Poynting. 4. En calculant le flux du vecteur de Poynting à travers une surface de référence, on en déduit l'énergie transportée par l'onde. Exemple. Entre les plaques métalliques parfaitement conductrices et on cherche une OEM sous la forme Quelle est l'équation différentielle vérifiée par ? Partie 4. Polarisation rectiligne Méthode 1 : identifier mathématiquement une onde polarisée rectilignement. L'OPPH PR peut être difficile à identifier dans une base cartésienne quelconque. 1. Pour savoir si une onde est polarisée rectilignement (PR), on doit vérifier que la direction du champ électrique est constante. 2. On peut alors écrire et on en déduit 2. Pour vérifier que l'onde est transverse, on doit vérifier ou Exemple. L'onde est-elle plane ? polarisée rectilignement ? transverse ? Méthode 2 : former une quasi OPPH PR au laboratoire.  1. Le H de l'acronyme signifie « harmonique », l'onde doit donc être monochromatique, on peut donc sélectionner une longueur d'onde d'une lampe spectrale, par exemple grâce à un prisme ou à un filtre interférométrique de Fabry-Perot (celui qu'on utilise pour la raie verte du mercure). On obtient ainsi une onde quasi monochromatique.




2. On forme ensuite une source quasi-ponctuelle en concentrant la lumière vers un diaphragme grâce à un condenseur. 3. On place ensuite le diaphragme au foyer objet d'une lentille CV et on obtient un faisceau quasi cylindrique de lumière quasi-monochromatique, le vecteur d'onde est où est le vecteur unitaire selon l'axe optique.
4. On place un polariseur orthogonalement au faisceau. Exemple.  Pourquoi le faisceau obtenu forme une quasi-onde plane ? Méthode 3 : détecter une lumière PR au laboratoire. 1. On place un polariseur orthogonalement au faisceau (supposé cylindrique) de lumière. Le polariseur est alors appelé un analyseur. 2. On fait pivoter la lame dans son plan. Si on observe une extinction complète dans une certaine direction, alors la lumière est PR dans la direction orthogonale à l'axe de l'analyseur. 3. Dans ce cas, on peut vérifier la loi de Malus : en notant l'angle entre la direction de polarisation et celle de l'analyseur, et l'intensité lumineuse détectée Exemple. En projetant sur les axes orthogonaux (direction de polarisation de l'analyseur, axe transparent) et (direction orthogonale dans le plan de la lame, axe opaque), démontrer la loi de Malus.
Le programme de physique-chimie est en accès libre via les cours en ligne de physique-chimie en MP, les cours en ligne de physique-chimie en PSI ou encore les cours en ligne de physique-chimie en PT. Pour la filière PC, les cours sont scindés en 2 parties, à savoir, les cours en ligne de physique en PC et les cours en ligne de chimie en PC. Partie 5. Rayonnement du dipôle oscillant Méthode : décrire les caractéristiques de l'onde rayonnée par le dipôle oscillant.  On se place dans l'approximation dipolaire 1. L'expression n'est pas à mémoriser. L'onde est décrit en coordonnées sphériques. Le vecteur d'onde est selon le champ électrique selon et le champ magnétique selon 2. L'amplitude des deux champs est proportionnelle à L'onde est donc anisotrope, elle est nulle dans l'axe du dipôle. 3. L'amplitude des deux champs varie en L'amplitude du vecteur de Poynting est donc en 4. L'amplitude des deux champs est proportionnelle à la dérivée seconde par rapport à du moment dipolaire, donc en régime sinusoïdal à 5. Elle a une structure d'onde plane locale? Comme l'OPPH PR dans le vide a. b. forme un trièdre orthogonal direct. Exemple.  On donne le moment dipolaire avec Quelle est l'expression du vecteur de Poynting ? Quelques exercices sur les ondes électromagnétiques dans le vide Partie 1. Équation de d'Alembert Exercice 1.1. Équation de d'Alembert pour la ligne électrique bifilaire. Un tronçon de ligne électrique de longueur est assimilée à une association d'une inductance où est l'inductance linéique et d'une capacité où est la capacité linéique. 1. Établir le système d'équations différentielles reliant et d'une part, et d'autre part. 2. Par application du théorème de Schwartz, en déduire l'équation de d'Alembert vérifiée par et celle vérifiée par .
3. Exprimer la célérité en fonction de et de . Exercice 1.2. Équation de d'Alembert pour la corde vibrante.  Une corde tendue à l'horizontale (on néglige tous les effets du poids dans cet exercice) a pour tension . On étudie une onde transversale dans le plan vertical exprimée par l'élongation . On note l'angle (supposé petit) d'inclinaison entre la tangente à la corde et l'horizontale. On note la norme de la tension. La pente de la tangente à la courbe vaut On note la masse linéique de la corde. 1. En projetant le PFD sur , montrer que 2.


342 — POLARISATION DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

**P 18**

**Polarisation des ondes électromagnétiques**

**18.1 Compétences du chapitre**

| Notions et contenus | Capacités exigibles |
|---|---|
| Onde plane progressive monochromatique polarisée rectilignement. | • Expliquer le caractère idéal du modèle de l'onde plane monochromatique.<br>• Citer les domaines du spectre des ondes électromagnétiques et leur associer des applications. |
| Exemples d'états de polarisation d'une onde plane progressive et monochromatique : polarisation rectiligne. Polariseurs. | • Reconnaître l'expression d'une onde plane polarisée rectilignement.<br>• *Mettre en évidence une polarisation rectiligne.* |

Saint Joseph - Lahalle — CPGE TSI

En projetant le PFD sur , établir l'EDA vérifiée par 3. Donner l'expression de la célérité en fonction de et Exercice 1.3. Homogénéité. L'EDA électromagnétique dans le vide prouve que avec et Vérifier l'homogénéité de l'expression de Partie 2. Solution OPPH PR Exercice 2.1. Relation de structure et équation de dispersion en formalisme complexe.  1. Traduire les équations de Maxwell dans le vide en formalisme complexe pour l'OPPH 2. En déduire la relation de structure entre , , et 3. En déduire l'équation de dispersion entre et On donne la formule du double produit vectoriel Exercice 2.2. On somme les deux OPPH PR suivantes Exercice 2.3. On somme les deux OPPH PR suivantes Exercice 2.4. On somme les deux OPPH PR suivantes Exercice 2.5. On considère l'onde Exercice 2.6. Calcul d'amplitude du champ à partir de la puissance. Une OPPH PR donne une puissance moyenne sur une surface Calculer les amplitudes et On donne Partie 3. Ondes stationnaires, ondes guidées Exercice 3.1. Harmonicité de la solution stationnaire.  Une onde stationnaire est solution de l'EDA Montrer que et sont nécessairement sinusoïdales. Exercice 3.2. Mode d'ordre 3.  Dans une cavité délimité par les plans métalliques parfaitement conducteurs et , on insère une pointe métallique en , qui provoque l'apparition d'un noeud de vibration pour le champ électrique. 1. Montrer que le mode 3 de vibration peut être observé. 2. En déduire l'expression de la pulsation de l'onde.
3. Un mode non multiple de 3 est-il compatible avec ces conditions ?
Exercice 3.3. Propagation guidée entre deux plans. Dans l'espace vide délimité par deux plaques métalliques parfaitement conductrices et , on cherche une onde progressive harmonique polarisée rectilignement sous la forme . 1. Est-ce une onde plane ? 2. Quelles sont les CL ? 3. Établir l'équation différentielle vérifiée par . 4.
Montrer l'existence d'une pulsation de coupure et la quantification de l'onde. Exercice 3.4. Onde électromagnétique dans un câble coaxial. Dans l'espace vide situé entre deux cylindres de même axe et de rayons et avec , on cherche une OEM sous la forme On utilisera les expressions d'analyse vectorielle en géométrie cylindrique. 1. On pose Déterminer et . 2. Est-ce une onde plane ? 3. Établir l'équation de dispersion. Partie 4. Polarisation rectiligne Exercice 4.1. Non commutativité de l'ordre des polariseurs. On place trois polariseurs sur un même axe , selon laquelle se propage une OPPH. L'axe transparent du premier est . L'ordre dans lequel on place les deux autres polariseurs change-t-il l'intensité lumineuse en sortie ? Partie 5. Rayonnement du dipôle oscillant Exercice 5.1. Formule de Larmor. À partir des expressions du champ électrique et du champ magnétique rayonnés par le dipôle oscillant en coordonnées sphériques, on déduit la valeur moyenne du vecteur de Poynting En déduire la puissance moyenne rayonnée à travers une sphère de rayon Exercice 5.2. Bleu du ciel.  La formule de Larmor (voir exercice 5.1) permet d'exprimer la puissance moyenne rayonnée par un dipôle oscillant de pulsation sous la forme Le jour, les molécules de l'atmosphère excitées par le rayonnement solaire, se comportent comme des dipôles oscillants dont les pulsations couvrent tout le spectre solaire.  Pourquoi la lumière diffusée par l'atmosphère est-elle à dominante bleu-violet ? (La sensibilité de l'oeil humain décroît fortement entre 600 nm et 400 nm, et la couleur perçue est bleue). Exercice 5.3. Abandon du modèle planétaire de l'atome.  Dans le modèle planétaire de l'atome d'hydrogène, l'électron est en mouvement circulaire uniforme autour du proton. Pourquoi ce modèle entraîne-t-il une perte énergétique du système par rayonnement ? Exercice 5.4. Polarisation rectiligne par diffusion Rayleigh.  Une molécule de l'atmosphère se comporte comme un dipôle oscillant dont la direction du moment dipolaire est celle du champ électrique excitateur, associé à l'onde électromagnétique solaire. Ainsi, sous l'action de la molécule placée en a pour moment dipolaire On observe le ciel dans une direction orthogonale à celle du Soleil. 1. Quelle est la direction de pour la lumière solaire arrivant en ? 2. Quels sont les deux directions cardinales pour la polarisation de la lumière solaire en . 3. Que peut-on dire de l'OEM rayonnée par le dipôle oscillant selon l'une de ces deux directions, vue depuis la position de l'observateur ? 4. En déduire que l'onde issue de , vue depuis la position de l'observateur, est polarisée rectilignement. Comment mettre en évidence cette polarisation ?
Annales sur les ondes électromagnétiques dans le videe en maths spé Toutes les annales de Maths spé sont disponibles gratuitement sur le site. Si vous souhaitez prendre de l'avance sur programme, rendez-vous dès maintenant sur les autre chapitres du programme : Une page de Wikiversité, la communauté pédagogique libre. < Ondes électromagnétiques Aller à la navigation Aller à la recherche En raison de limitations techniques, la typographie souhaitable du titre, « Exercice : PolarisationOndes électromagnétiques/Exercices/Polarisation  », n'a pu être restituée correctement ci-dessus. Exercice[modifier | modifier le wikicode] Partie 1[modifier | modifier le wikicode] Décrire l'état de polarisation de chacune des 3 ondes représentées par les champs électriques suivants : E → 0 = E 0 cos  ( α ) cos  ( ω t − k z ) E 0 sin  ( α ) cos  ( ω t − k z ) 0 {\displaystyle {\vec {E}}_{0}={\begin{array}{|l}E_{0}\cos(\alpha )\cos(\omega t-kz)\\E_{0}\sin(\alpha )\cos(\omega t-kz)\\0\end{array}}} E → 1 = E 1 cos  ( ω ( t − z c ) ) E 1 sin  ( ω ( t − z c ) ) 0 {\displaystyle {\vec {E}}_{1}={\begin{array}{|l}E_{1}\cos \left(\omega \left(t-{\frac {z}{c}}\right)\right)\\E_{1}\sin \left(\omega \left(t-{\frac {z}{c}}\right)\right)\\0\end{array}}} E → 2 = E 2 cos  ( ω ( t − z c ) ) − E 2 sin  ( ω ( t − z c ) ) 0 {\displaystyle {\vec {E}}_{2}={\begin{array}{|l}E_{2}\cos \left(\omega \left(t-{\frac {z}{c}}\right)\right)\\-E_{2}\sin \left(\omega \left(t-{\frac {z}{c}}\right)\right)\\0\end{array}}} Quel est l'état de polarisation de l'onde dont le champ électrique est E → = E → 1 + E → 2 {\displaystyle {\vec {E}}={\vec {E}}_{1}+{\vec {E}}_{2}} en supposant E1=E2 ? Partie 2[modifier | modifier le wikicode] On associe à tout vecteur V → V x V y V z = 0 {\displaystyle {\vec {V}}{\begin{array}{|l}V_{x}\\V_{y}\\V_{z}=0\end{array}}} de l'espace la grandeur complexe V _ = V x + i V y {\displaystyle {\underline {V}}=V_{x}+iV_{y}} . Quelles sont les amplitudes complexes e1 et e2 associées aux champs électriques E → 1 {\displaystyle {\vec {E}}_{1}} et E → 2 {\displaystyle {\vec {E}}_{2}}  ? Montrer que la quantité complexe associée au champ E → 0 {\displaystyle {\vec {E}}_{0}} est de la forme E _ 1 = e _ 1 e j ω t + e _ 2 e − j ω t {\displaystyle {\underline {E}}_{1}={\underline {e}}_{1}\,e^{j\omega t}+{\underline {e}}_{2}\,e^{-j\omega t}} .
Exprimer les amplitudes complexes e1 et e2. Conclure Exprimer l'angle entre E → 0 {\displaystyle {\vec {E}}_{0}} et ( O , x → ) {\displaystyle (O,{\vec {x}})} en fonction de arg  ( e _ 1 · e _ 2 ) {\displaystyle \arg({\underline {e}}_{1}\cdot {\underline {e}}_{2})} Ondes électromagnétiques Onde sphérique Propagation dans un plasma