

0. Citer plusieurs exemples de rayonnements électromagnétiques :
Rayonnements visibles, UV, IR, X, gamma, micro-ondes, radio ...

Les rayonnements électromagnétiques peuvent être appréhendés à l'aide du modèle ondulatoire et du modèle corpusculaire. Dans ce chapitre, nous allons utiliser uniquement le modèle ondulatoire afin de comprendre les phénomènes électromagnétiques.

Dans la suite, on suppose que l'air est un milieu transparent, homogène et isotrope pour les rayonnements électromagnétiques.

1. Rappeler la définition des mots « transparent, homogène et isotrope » pour un milieu :

Milieu transparent signifie qu'il y a absence d'absorption des rayonnements par le milieu : la puissance transportée par le rayonnement est constante

Milieu homogène signifie que les propriétés physiques du milieu sont identiques en tout point de l'espace.

Milieu isotrope signifie que les propriétés physiques du milieu sont identiques dans toutes les directions de l'espace (il n'y a pas de direction de propagation privilégiée dans le milieu).

I. Rayonnements et ondes électromagnétiques :

A. Pourquoi utilise-t-on le terme rayonnement « électromagnétique » ?

Le professeur introduit un aimant droit dans une bobine de fil de conducteur, reliée à un voltmètre. Puis il retire l'aimant droit.

2. Noter vos observations :

L'introduction de l'aimant à proximité de la bobine de fil engendre une tension aux bornes de la bobine. Lorsque l'on retire l'aimant, la tension change de signe.

3. Interpréter vos observations :

La variation du champ magnétique autour de la bobine crée un champ électrique aux bornes de la bobine.

Le sens de variation du champ magnétique joue un rôle sur le signe de la tension électrique, donc sur le sens du champ électrique.

Le professeur dispose une aiguille aimantée à proximité d'un fil conducteur. Il impose une tension (à l'aide d'un champ électrique) au sein du fil conducteur. Il déplace ensuite l'aiguille aimantée autour du fil. Enfin, il impose une tension de signe opposé au sein du fil conducteur.

4. Noter vos observations :

L'aiguille aimantée s'oriente dans une direction et un sens nouveaux, lorsque la tension apparaît au sein du conducteur. Lorsque le signe de la tension change, le sens d'orientation s'inverse.

5. Interpréter vos observations :

Le champ électrique (délivré par le générateur) engendre un champ magnétique autour du conducteur. Le champ magnétique est caractérisé par une direction et un sens.

Conclure en complétant le paragraphe IV.A du Chapitre 11

B. Pourquoi modéliser un rayonnement électromagnétique par une onde ?

❖ Des observations expérimentales liées aux phénomènes ondulatoires en mécanique :

Pour le prof : à diffuser

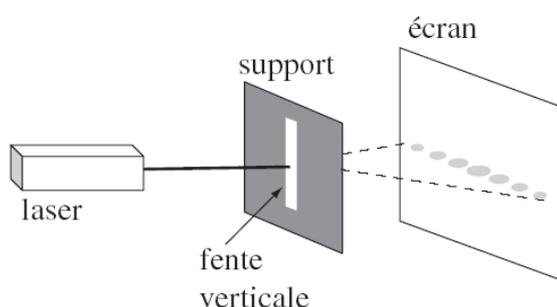
Lire la vidéo TP24_01_diff_int_meca.mp4

A retenir pour comprendre la suite :

Lorsque « l'objet étudié » permet d'observer le phénomène de diffraction et le phénomène d'interférence, on peut modéliser « cet objet » comme une onde.

❖ Pour les rayonnements électromagnétiques appartenant au domaine visible :

Première expérience professeur :



On place un LASER devant un obstacle, une fente de largeur a . On diminue cette largeur a petit-à-petit et on observe sur un écran, la lumière issue de la fente.

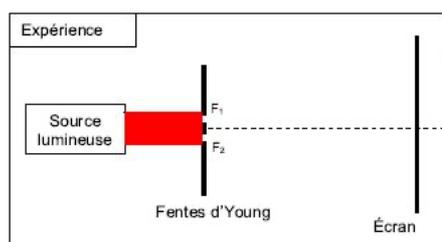
6. Noter vos observations :

Lorsque a est faible, on observe que les rayonnements visibles atteignent des zones derrière l'obstacle, qui géométriquement devrait être noire.

7. Quel est le nom du phénomène observé ici pour les rayonnements électromagnétiques appartenant au domaine visible ?

On observe le phénomène de diffraction des rayonnements électromagnétiques appartenant au domaine visible.

Deuxième expérience professeur :

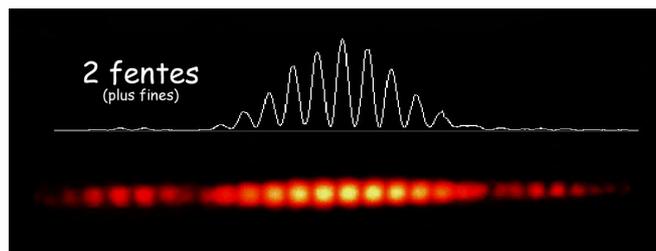


On place un LASER devant un obstacle, deux fentes de largeur a . On observe sur un écran, la lumière issue de cet obstacle.

8. Noter vos observations :

On observe des franges sombres et des franges lumineuses au sein de la tâche centrale.

Allure de la figure observée sur l'écran :



L'intensité lumineuse varie en fonction de la position M sur l'écran. Elle ne correspond pas à la somme de l'intensité des deux sources : $I \neq I_1 + I_2$

9. Quel est le nom du phénomène observé ici pour les rayonnements électromagnétiques appartenant au domaine visible ?

On observe le phénomène d'interférences des rayonnements électromagnétiques appartenant au domaine visible.

10. Conclure.

Les rayonnements électromagnétiques appartenant au domaine visible (ou « lumière ») peuvent-être modélisés comme une onde.

Dans la suite de ce chapitre, les rayonnements électromagnétiques sont modélisés par des ondes électromagnétiques (ce modèle est validé par des observations de diffraction et d'interférences des rayonnements électromagnétiques).

II. Formation/réception des rayonnement électromagnétique et puissance :

A. Simulation d'émission et de réception de rayonnements électromagnétiques :

Une antenne est un conducteur électrique constitué d'atomes : lorsqu'ils sont soumis à un champ électrique (issu du signal d'entrée imposé à l'antenne), le nuage électronique de ces atomes est déformé. Cette déformation du nuage électronique engendre un rayonnement électromagnétique autour de l'antenne.

Première simulation :

Ouvrir le fichier TP24_antenne_champ_EM.jar, puis mettre sur MANUEL/COURBE AVEC VECTEURS/CHAMP ELECTRIQUE/CHAMP RAYONNE.

A l'aide de la souris, simuler cette déformation du nuage électronique sur la plus grande des antennes. Seul le champ électrique est représenté en vert. Le champ magnétique n'est pas représenté pour alléger la simulation.

11. Noter vos observations :

La perturbation de la position de l'électron engendre une perturbation du champ électrique et du champ magnétique autour de l'antenne.

L'amplitude de la perturbation des champs diminue lorsque la distance parcourue par cette perturbation augmente.

12. Comment expliquer que l'amplitude de la perturbation des champs diminue lorsque la distance parcourue par cette perturbation augmente ?

La diminution est due aux pertes en espace libre et non pas à l'absorption (l'air est un milieu transparent).

13. L'onde électromagnétique est-elle transverse ou longitudinale ? Justifier votre réponse.

L'onde électromagnétique est transverse car la direction de propagation (parallèle au sol) est perpendiculaire à la direction de la perturbation du champ électrique \vec{E} (perpendiculaire au sol).

Pour les ondes EM, on utilise le mot « transverse ».

14. L'onde électromagnétique est-elle progressive ou stationnaire ? Justifier votre réponse.

L'onde EM est progressive car ses surfaces d'ondes progressent dans l'espace (absence de nœuds)

15. L'onde est-elle plane ? Justifier votre réponse.

L'onde n'est pas plane :

- elle ne se propage pas que dans une seule direction (même si la simulation actuelle le laisse penser).
- Son amplitude diminue lorsqu'elle s'éloigne : une onde plane progressive se déplace sans déformation dans un MTHI

Deuxième simulation :

Mettre sur MANUEL/CHAMP COMPLET/CHAMP ELECTRIQUE/CHAMP RAYONNE.

16. L'antenne (se comportant comme un doublet) émet-elle de façon isotrope ?

On observe que selon l'axe de l'antenne, la perturbation du champ électrique est nul : on dit que l'émission n'est pas isotrope.

17. Dans combien de dimensions se propagent l'onde ? Quelle est l'allure des surfaces d'ondes ?

L'onde se propage selon 3 dimensions. Pourtant, les surface d'ondes ne sont pas des sphères
Ce sont des « portions de sphères ». Cela provient du fait que l'antenne n'émette pas de façon isotrope.

18. L'antenne étant relativement directive, dans quelle direction se propage **principalement** l'onde électromagnétique émise par un doublet ?

L'onde électromagnétique émise par un doublet se propage principalement perpendiculairement à ce doublet : le rayonnement est nul suivant l'axe du doublet et maximal dans le plan perpendiculaire au doublet.

19. La valeur du champ électrique \vec{E} est-elle maximale lorsque le champ électrique est parallèle ou perpendiculaire au doublet ?

Le vecteur champ électrique \vec{E} émis par un doublet est principalement parallèle à ce doublet : sa valeur est maximale lorsqu'il est parallèle au doublet.

Troisième simulation :

Pour simplifier notre raisonnement, nous allons faire une approximation. Nous allons supposer que l'antenne est isotrope. L'onde électromagnétique se propage donc de façon identique selon les 3 directions.

20. Quelle est l'allure des surfaces d'ondes si l'antenne émet de façon isotrope ?

L'onde électromagnétique est alors sphérique : ses surfaces d'ondes sont des sphères.

21. Sélectionner « Oscillant » puis mettre une haute fréquence et une amplitude faible : à proximité de l'antenne réceptrice, caractériser à l'aide du vocabulaire usuel, l'onde électromagnétique générée avec l'antenne (sans justifier).

L'onde EM est transverse, sphérique, progressive, harmonique.

22. A proximité de l'antenne réceptrice, c'est-à-dire loin du point source, quelle est l'allure de la surface d'onde ?

Loin du point source, l'onde EM sphérique peut être considérée plane.

Pour simuler notre approximation d'OEMPPH, mettre la simulation sur « Courbe avec vecteurs ».

23. Qu'observez-vous concernant l'électron de l'antenne réceptrice ?

Il oscille autour de sa position d'équilibre à la même fréquence que l'onde EM (l'antenne réceptrice a donc ses bornes une tension électrique, image de celle ayant excité l'électron de l'antenne émettrice) : une antenne est donc un dispositif réversible.

Conclure en complétant le paragraphe IV.B du Chapitre 11

B. Puissance surfacique rayonnée par une antenne isotrope :

Un téléphone portable (autour de 1 GHz) émet une puissance de $P_e = 1,00 \text{ W}$ de façon isotrope dans l'espace.

24. Calculer la puissance surfacique moyenne rayonnée par cette antenne à 10 cm, notée p_{iso} :

$$p_{iso} = \frac{P_e}{4 \pi d^2} = \frac{1,00}{4 \pi (0,10)^2} = 8,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Un laser hélium-néon délivre une puissance de $P_e = 1,00 \text{ mW}$ focalisée dans un faisceau lumineux cylindrique de rayon $r = 1,00 \text{ mm}$.

25. Déterminer la valeur de la puissance surfacique moyenne rayonnée, notée p :

$$p = \frac{P_e}{S} = \frac{P_e}{\pi r^2} = \frac{1,00 \cdot 10^{-3}}{\pi (1,00 \cdot 10^{-3})^2} = 318 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

La puissance surfacique moyenne reçue sur Terre au niveau du sol terrestre si on néglige l'absorption par l'atmosphère est $1,400 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ (en tenant compte de l'absorption par l'atmosphère : $0,90 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$)

26. Retrouvez la puissance moyenne rayonnée par le soleil, notée P_e , sachant que la lumière met 8,0 min pour nous parvenir :

$$d = c \times \Delta t$$

$$P_e = p_{iso} \times S = p_{iso} \times 4 \pi d^2 = p_{iso} \times 4 \pi (c \times \Delta t)^2$$

$$P_e = 1400 \times 4 \pi (3,00 \times 10^8 \times 8,00 \times 60)^2 = 3,6 \times 10^{26} \text{ W}$$

C. Expériences avec le « Kit Ondes centimétriques » :

❖ **Première expérience : ondes progressives ou ondes stationnaires ? pour le prof voir doc joint pour réglages**

Sur un rail gradué, on place une antenne conique, émettant des ondes électromagnétiques transverses progressives sinusoïdales de fréquences $f = 9,4 \text{ GHz}$.

L'antenne conique réceptrice est placée sur le même rail, à faible distance de l'antenne émettrice. L'antenne conique réceptrice est reliée à un voltmètre (en mode DC) : on mesure une tension proportionnelle à la puissance moyenne surfacique reçue de l'onde.

27. Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier si l'onde émise est plane.

Il faut augmenter la distance entre les deux antennes : si la tension mesurée est constante quand d augmente, alors il n'y a pas de pertes en espace libre. L'onde progressive est alors plane.

28. Mettre ce protocole en œuvre et conclure.

En augmentant la distance entre les deux antennes, la tension mesurée diminue : il y a des pertes en espace libre. L'onde progressive n'est pas plane.

❖ Deuxième expérience : observations d'ondes stationnaires

Placer l'antenne réceptrice à proximité de l'onde émettrice, puis interposer une plaque métallique entre les deux antennes.

29. Interpréter vos observations :

Le métal réfléchit « parfaitement » les rayonnements électromagnétiques. Le coefficient de réflexion en amplitude à la surface du métal est $r = 1$ ou $r = -1$.

Placer la plaque métallique sur son support, perpendiculaire à la direction privilégiée de propagation de l'onde. A la place de l'antenne réceptrice précédente, on utilise une sonde au silicium : cette sonde mesure la puissance moyenne surfacique de l'onde en un point de l'espace. A l'aide d'un voltmètre (en mode DC), on mesure une tension proportionnelle à la puissance moyenne surfacique de l'onde.

30. Augmenter la distance entre la sonde et l'antenne émettrice : qu'observez-vous ?

Il y a présence de minimums et de maximum d'amplitude de vibrations. L'onde est un mélange d'OS et d'OP.

31. Mesurer la période spatiale λ_{exp} de l'onde et en déduire la valeur expérimentale de fréquence de l'onde.
Conclure.

Deux nœuds sont séparés d'une distance $\frac{\lambda}{2}$

$$\frac{\lambda}{2} = 1,6 \text{ cm donc } \lambda = 3,2 \text{ cm} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8}{3,2 \times 10^{-2}} = 9,4 \text{ GHz}$$

On retrouve la fréquence « constructeur ».

32. A l'aide de la sonde, déterminer le signe du coefficient de réflexion en amplitude à la surface du métal :

On colle la sonde à proximité de la plaque métallique : on se trouve à un minimum de vibration. Le coefficient de réflexion en amplitude est donc $r = -1$.

Compléter le paragraphe IV.C du Chapitre 11

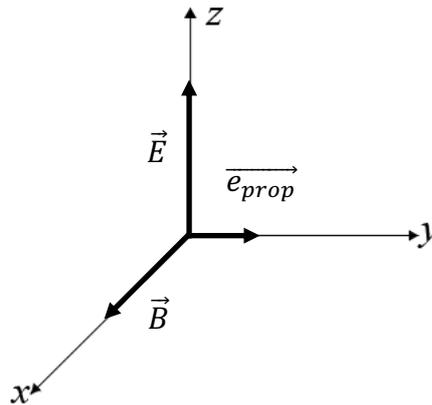
III. Le modèle de l'onde électromagnétique, plane, progressive et harmonique :

A. Onde EM plane progressive :

Premier exemple :

On étudie une onde électromagnétique plane progressive se propageant selon l'axe Oy et dont le champ électrique \vec{E} , à l'instant t considéré, est porté par l'axe Oz .

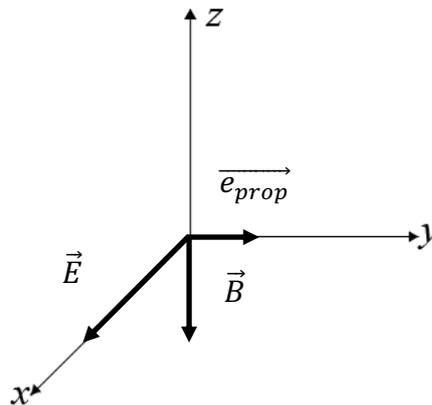
33. Tracer sur la base cartésienne ci-dessous la direction de propagation \vec{e}_{prop} ainsi que les champs \vec{E} et \vec{B} :



Deuxième exemple :

On étudie une onde électromagnétique plane progressive se propageant selon l'axe Oy et dont le champ électrique \vec{E} , à l'instant t considéré, est porté par l'axe Ox .

34. Tracer sur la base cartésienne ci-dessous la direction de propagation \vec{e}_{prop} ainsi que les champs \vec{E} et \vec{B} :



Compléter le paragraphe IV.D du Chapitre 11

B. Quelques ordres de grandeurs et applications numériques :

35. Une onde plane progressive se propage dans le vide et le champ électrique a amplitude $E_0 = 30,0 \text{ V/m}$. Déterminer la valeur de l'amplitude du champ magnétique B_0 , en Tesla :

$$B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{30,0}{3,00 \times 10^8} = 1,00 \times 10^{-7} \text{ T}$$

Le champmètre SEFRAM 9840 possède une bande passante de [50 MHz ; 3,5GHz]. On l'utilise pour mesurer l'amplitude de E_0 (en V/m) dans cette bande passante.

On donne dans le tableau ci-après quelques mesures réalisées par le champmètre RF :

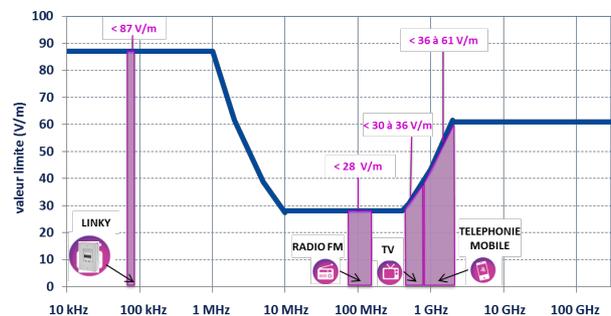
	En un point quelconque de la salle A110	Dans l'armoire en métal en-dessous de l'imprimante en salle A110	À 2 cm au-dessus de la tranche d'un téléphone portable en fonctionnement	À 2 cm au-dessus de l'écran d'un téléphone portable en fonctionnement	À 2 cm au-dessus de l'écran d'un téléphone portable en mode avion	À 2 cm d'une « box internet » (autour de 2,4 GHz)	À 2 cm d'une « montre connectée »	A 10m d'une antenne relais
Amplitude du champ électrique E_0	$600 \text{ mV} \cdot \text{m}^{-1}$	$95,7 \text{ mV} \cdot \text{m}^{-1}$	$12 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$	$18 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$	$600 \text{ mV} \cdot \text{m}^{-1}$	$8,645 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$	$1,4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$	$50 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$

36. Le smartphone émet-il de façon isotrope ?

Le smartphone n'émet pas de façon isotrope.

On donne les mesures suivantes effectuées avec un champmètre adapté à chaque bande passante des systèmes étudiés :

	Amplitude du champ électrique E_0
A 2 cm d'un compteur Linky (CPL bas débit 35,9 – 90,6 kHz)	$1,0 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$
A 2 cm d'une plaque à induction (25 kHz)	$50 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$
À proximité d'une ligne THT (50 Hz)	$1,0 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$



Valeurs limites réglementaires fixées en France par le décret du 3 mai 2002 n° 2002-775

37. La mesure à proximité de la plaque à induction dépasse-t-elle le seuil limite imposé par la loi ?

On mesure $E_0 = 50 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ pour une fréquence $f = 25 \text{ kHz}$: dans cette gamme de fréquence, le seuil autorisé est $87 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$. La mesure ne dépasse donc pas le seuil autorisé.

38. La mesure à proximité de la box internet dépasse-t-elle le seuil limite imposé par la loi ?

On mesure $E_0 = 8,645 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ pour une fréquence $f = 2,4 \text{ GHz}$: dans cette gamme de fréquence, le seuil autorisé est autour de $40 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$. La mesure ne dépasse donc pas le seuil autorisé.

Extrait de la résolution 1815 du Conseil de l'Europe (texte adopté par la Commission permanente, agissant au nom de l'Assemblée, le 27 mai 2011)

[...] l'Assemblée recommande aux États membres du Conseil de l'Europe : [...] 8.2.1. de fixer un seuil de prévention pour les niveaux d'exposition à long terme aux micro-ondes en intérieur, conformément au principe de précaution, ne dépassant pas 0,6 volt par mètre, et de le ramener à moyen terme à 0,2 volt par mètre.

39. La mesure dans la salle A110 dépasse-t-elle le seuil fixé par le principe de précaution ?

On mesure $E_0 = 600 \text{ mV} \cdot \text{m}^{-1}$: le seuil du principe de précaution est de $0,2 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$. La mesure dépasse donc ce seuil.

40. Pour le câble coaxial RG58, le constructeur indique que le coefficient de vélocité est $\gamma = 1,43$. En déduire la célérité des OEMPPH dans ce câble :

$$\gamma = \frac{c}{v} \Leftrightarrow v = \frac{c}{\gamma} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,43} = 2,10 \times 10^8 \text{ m/s}$$

La célérité c des OEMPPH dans le vide est une valeur maximale : dans les autres milieux, la célérité est soit inférieure soit égale à c .

41. En déduire que le coefficient de vélocité du milieu γ est toujours supérieur ou égal à 1 :

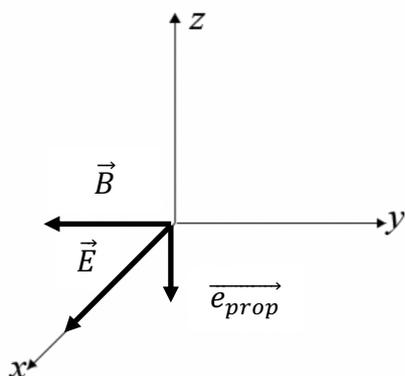
$$c \geq v \Leftrightarrow \frac{c}{v} \geq 1 \Leftrightarrow \gamma \geq 1$$

C. Propagation d'une OEMPPH dans le vide :

Premier exemple :

On note $(\vec{u}_x; \vec{u}_y; \vec{u}_z)$ les vecteurs unitaires de la base cartésienne.

On étudie une onde électromagnétique plane progressive harmonique se propageant dans le vide, dans le sens des « z décroissants » et dont le champ électrique \vec{E} , à l'instant t considéré, est porté par l'axe Ox . L'amplitude champ électrique est notée E_0 .



42. Sur la base cartésienne ci-contre, schématiser le vecteur « sens de propagation » noté \vec{e}_{prop} ainsi que le vecteur champ électrique \vec{E} .

43. Donner l'expression temporelle littérale de \vec{E} :

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t + kz + \varphi_0) \vec{u}_x$$

44. A l'aide de la règle de la main droite, tracer le vecteur champ magnétique \vec{B} .

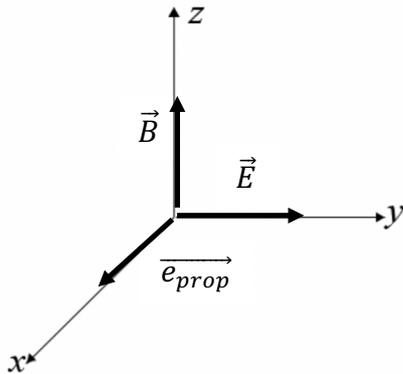
45. En déduire l'expression temporelle littérale de \vec{B} .

\vec{B} est complètement déterminé par la connaissance de \vec{E} via la relation de structure :

$$B = \frac{E}{c} = \frac{E_0}{c} \cos(\omega t + kz + \varphi_0) \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = -\frac{E_0}{c} \cos(\omega t + kz + \varphi_0) \vec{u}_y$$

Deuxième exemple :

Soit une OEMPPH se propageant suivant (+Ox) et dont le champ électrique \vec{E} , à l'instant t considéré, est porté par (Oy). L'amplitude champ électrique est E_0 .



46. Sur la base cartésienne ci-contre, schématiser le vecteur « sens de propagation » noté \vec{e}_{prop} ainsi que le vecteur champ électrique \vec{E} .

47. Donner l'expression temporelle littérale de \vec{E} :

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_0) \vec{u}_y$$

48. A l'aide de la règle de la main droite, tracer le vecteur champ magnétique \vec{B} .

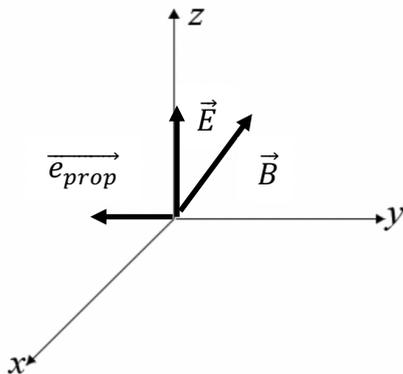
49. En déduire l'expression temporelle littérale de \vec{B} .

\vec{B} est complètement déterminé par la connaissance de \vec{E} via la relation de structure :

$$B = \frac{E}{c} = \frac{E_0}{c} \cos(\omega t - kx + \varphi_0) \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = \frac{E_0}{c} \cos(\omega t - kx + \varphi_0) \vec{u}_z$$

Troisième exemple :

Soit une OEMPPH se propageant suivant (-Oy) et dont le champ électrique \vec{E} , à l'instant t considéré, est porté par (Oz). L'amplitude champ électrique est E_0 .



50. Sur la base cartésienne ci-contre, schématiser le vecteur « sens de propagation » noté \vec{e}_{prop} ainsi que le vecteur champ électrique \vec{E} .

51. Donner l'expression temporelle littérale de \vec{E} :

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t + ky + \varphi_0) \vec{u}_z$$

52. A l'aide de la règle de la main droite, tracer le vecteur champ magnétique \vec{B} .

53. En déduire l'expression temporelle littérale de \vec{B} .

\vec{B} est complètement déterminé par la connaissance de \vec{E} via la relation de structure :

$$B = \frac{E}{c} = \frac{E_0}{c} \cos(\omega t + ky + \varphi_0) \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = -\frac{E_0}{c} \cos(\omega t + ky + \varphi_0) \vec{u}_x$$

IV. Polarisation de l'onde électromagnétique, plane, progressive, harmonique :

A. Expériences avec le kit d'ondes centimétriques :

Première expérience : pour le prof voir doc joint pour réglages

Sur un rail gradué, on place une antenne conique, émettant des ondes électromagnétiques transverses progressives sinusoïdales de fréquences $f = 9,4 \text{ GHz}$. L'antenne conique réceptrice est placée sur le deuxième rail, à faible distance de l'antenne émettrice. L'antenne conique réceptrice est reliée à un voltmètre (en mode DC) : on mesure une tension proportionnelle à la puissance moyenne surfacique reçue de l'onde. Tourner l'antenne émettrice autour de son axe, d'un angle de 90° .

54. Noter vos observations :

La tension à la sortie de l'antenne réceptrice est nulle : plus aucun rayonnement n'est reçu.

Le champ électrique est porté par une direction fixe : cette direction est la direction de polarisation de l'onde. On dit que l'onde électromagnétique est polarisée rectilignement.

Remettre l'antenne émettrice sur sa position initiale puis interposer entre les deux antennes, une grille métallique présentant des fentes parallèles. Les fentes sont placées à l'horizontale. Cette grille est appelée « polariseur ».

55. Noter vos observations :

La tension à la sortie de l'antenne réceptrice est non nulle.

Placer alors les fentes de la grille à la verticale.

56. Noter vos observations :

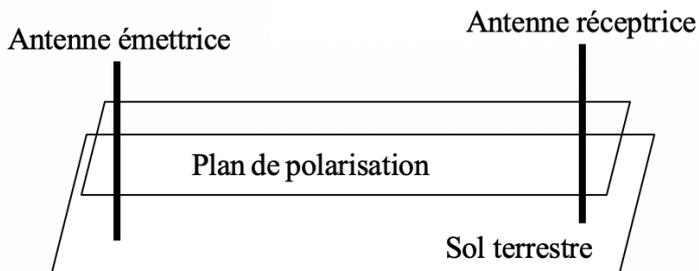
La tension à la sortie de l'antenne réceptrice est nulle.

57. Conclure sur la nature de la polarisation rectiligne du rayonnement :

La polarisation du rayonnement est rectiligne horizontal.

B. Antennes et polarisation :

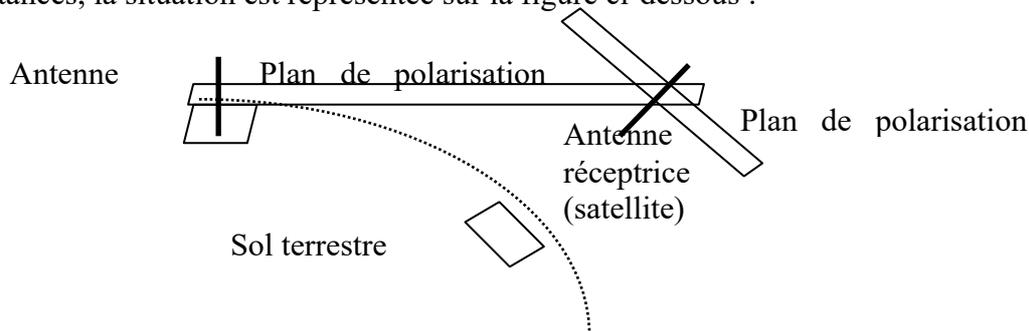
Si la distance antenne d'émission-antenne de réception est suffisamment courte pour que la Terre puisse être considérée comme plate, et si les antennes ont la même polarisation, le plan de polarisation de l'antenne de réception coïncide avec le plan de polarisation de l'antenne émission, comme montré sur la figure suivante.



58. Quel est le type de polarisation de l'OEMPPH représentée sur la figure ci-dessus ? Est-elle verticale ou horizontale ?

La polarisation rectiligne est horizontale.

Pour des longues distances, la situation est représentée sur la figure ci-dessous :



59. Dans cas, le plan de polarisation de l'antenne de réception coïncide-t-il avec le plan de polarisation de l'antenne émission ?

Ce n'est plus le cas : l'angle α est l'angle de dépointage de l'antenne du satellite par rapport à la station au sol (qui n'a aucune possibilité de le réduire).

Le tableau suivant dont les gains théoriques dus à la désadaptation entre la polarisation de l'onde reçue et celle de l'antenne de réception.

		Polarisation antenne réception					
		H	V	oblique 45° 135°			
Polarisation de l'onde	H	0 dB	$-\infty$	-3 dB	-3 dB	-3 dB	-3 dB
	V	$-\infty$	0 dB	-3 dB	-3 dB	-3 dB	-3 dB
	oblique 45°	-3 dB	-3 dB	0 dB	$-\infty$	-3 dB	-3 dB
	oblique 135°	-3 dB	-3 dB	$-\infty$	0 dB	-3 dB	-3 dB
		-3 dB	-3 dB	-3 dB	-3 dB	0 dB	$-\infty$
		-3 dB	-3 dB	-3 dB	-3 dB	$-\infty$	0 dB

60. A quelle condition la transmission est optimale ?

Le signal reçu aura une amplitude maximale quand la polarisation de l'antenne réceptrice sera exactement celle de l'onde reçue (qui n'est pas forcément celle de l'onde émise – voir plus loin).

61. Si la polarisation de l'onde reçue est circulaire avec sens inconnu, quel type d'antenne faut-il privilégier pour la réception ?

Si la polarisation de l'onde reçue est circulaire avec sens inconnu, il faut une antenne de réception polarisée rectiligne (n'importe quel angle).

62. Si la polarisation reçue est rectiligne avec un angle inconnu, quel type d'antenne faut-il privilégier pour la réception ?

Si la polarisation reçue est rectiligne avec un angle inconnu, il faut une antenne de réception à polarisation circulaire (n'importe quel sens).

Par exemple, c'est le cas rencontré pour établir une liaison radioamateur Terre – Station orbitale ISS.

Remarque : modification de la polarisation d'une onde EM lors de sa propagation

Si la propagation a lieu en espace libre, il n'y a pas de modification de la polarisation. Si l'onde subit une réflexion, il peut y avoir modification, selon l'inclinaison et la direction du plan de réflexion par rapport au plan de polarisation de l'onde incidente (réflexion sur le sol ou sur l'ionosphère).

C. Dispositif présent dans l'entreprise Centralp :

L'entreprise Centralp possède une cage de Faraday « géante » qui lui permet de tester le fonctionnement de ses cartes électroniques lorsqu'elles sont soumises à des champs électromagnétiques d'amplitudes importantes.

63. Que vaut le champ électromagnétique à l'intérieur de la cage de Faraday ?

En théorie, les champs électrique et magnétique ont une amplitude nulle à l'intérieur.

64. Quel type de polarisation permet de générer l'antenne présente dans la cage ?

Polarisation rectiligne verticale

65. On suppose que l'antenne émet une OEMPPHPR : que vaut le coefficient de réflexion à l'interface air/métal ? Quel type d'ondes peut apparaître dans la cage ?

Le coefficient de réflexion est $r = -1$: des ondes stationnaires peuvent se former dans la cage (à certaines fréquences car milieu limité des deux côtés).



66. Sur la table de la photo, on place la carte électronique testée : que risque-t-il de se passer si la carte est placée sur un nœud de champ électromagnétique ? sur un ventre ?

Sur un nœud : elle ne subira aucun champ EM et la mesure sera faussée.

Sur un ventre : elle subira un champ EM d'amplitude maximale (beaucoup plus grand que celui prévu), la mesure sera faussée.

67. Expliquer la présence de « mousse » sur les parois intérieures ?

On évite que $r = -1$: ce dispositif doit absorber l'OEM incidente afin d'éviter sa réflexion sur le métal, et la création d'une onde stationnaire.