

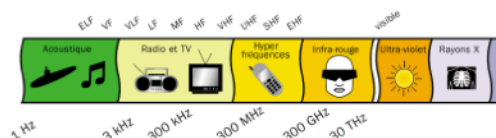
TP K : Ondes EM polarisées rectilignement

Vous utiliserez deux plans de travail différents :

- l'un pour étudier la polarisation des ondes hyperfréquences (SHF : Super High Frequency) appelées communément ondes « centimétriques » (cornets émetteur et récepteur)
- l'autre pour l'onde lumineuse émise par un LASER dont l'intensité sera mesurée avec un CCD Caliens™ (Vous aurez d'ailleurs intérêt à vous répartir les tâches pour prendre du temps pour les différentes mesures)

I. Les ondes « centimétriques »

Cette gamme de fréquence est celle des porteuses téléphoniques (GSM) et des fours micro-ondes (2,45 GHz).



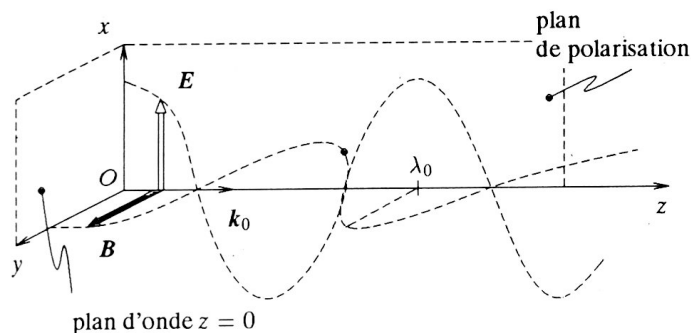
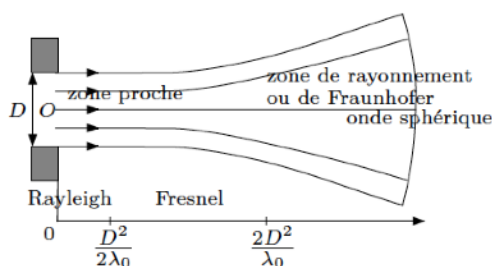
Fréquence ν	λ_0	Dénomination	Exemples d'applications
0,3-3 GHz	10-100 cm	UHF (Ultra High Frequency)	radar, TV, GPS, GSM
1-2 GHz		bande L	GPS
2-4 GHz		bande S	four à micro-ondes (2,45 GHz)
3-30 GHz	1-10 cm	SHF (Super High Frequency)	radar, communications satellites
4-8 GHz		bande C	
8-12 GHz		bande X	
12-18 GHz		bande K _u	
18-27 GHz		bande K	
30-300 GHz	1-10 mm	EHF (Extremely High Frequency)	radar
27-40 GHz		bande K _a	
40-60 GHz		bande U	
60-80 GHz		bande V	
80-100 GHz		bande W	
0,3-1 THz	0,3-1 mm	sub-millimétrique	astronomie, météorologie

Un émetteur est constitué d'une diode à effet GUNN placée dans la partie postérieure du cornet émetteur (réalisant une cavité résonante) et alimentée au sein d'un circuit électrique oscillant de fréquence de résonance voisine de 10 GHz. Un cornet diffuseur prolonge l'émetteur (à la manière d'un pavillon pour des ondes sonores)

Heureusement pour vous, les puissances délivrées par une diode GUNN sont de l'ordre de quelques mW en fonctionnement continu (à comparer aux 900W du four micro-ondes)

Le cornet récepteur contient quant à lui une diode détectrice hyperfréquence « à pointe » en arrière du cornet. Cette diode présente alors une différence de potentiel sensiblement proportionnelle à la puissance (tension amplifiée par le boîtier électronique : à condition de ne pas approcher la saturation ($\approx 12,5$ V) sans quoi il n'y a plus du tout proportionnalité (ne pas dépasser 10V de tension après amplification))

L'onde EM émise est sensiblement plane à l'entrée du cornet émetteur pour devenir **progressivement sphérique** en sortie (zone de diffraction de Fresnel à celle de Fraunhofer) . Elle est également **polarisée rectilignement** dans la direction parallèle au « petit » côté du cornet : le champ E alternatif oscille donc dans un plan vertical.

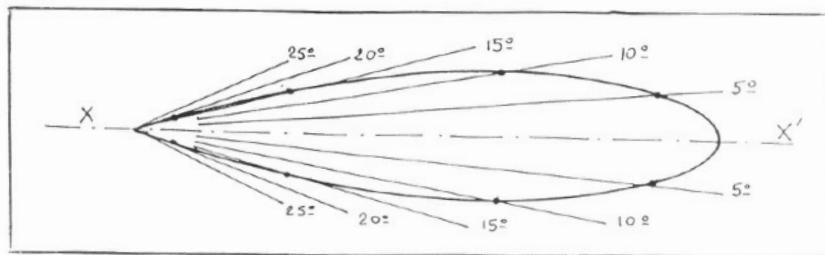


a- Une onde vraiment sphérique ?

Une onde sphérique rayonne depuis un point source de telle façon que ses **surfaces équiphasés** soient des sphères centrées sur ce point. L'isotropie des propriétés électromagnétiques de l'espace « vide de charges » autour de ce point induit alors des champs E et B dont la décroissance d'amplitude est en $1/r$ conformément à une puissance rayonnée conservatrice au fur et à mesure de la propagation de sphère en sphère (puissance surfacique en $1/r^2$).

Notre cornet récepteur focalise la puissance « récoltée » sur la section rectangulaire $S=l.h$ d'entrée dans le cornet et on pourra vérifier rapidement la forme de l'indicatrice de rayonnement de l'émetteur (donnée ci-dessous) traduisant le caractère anisotrope de l'onde émise.

EXEMPLE DE DIAGRAMME D'ANTENNE REALISE A L'AIDE DU MATERIEL



Vous justifierez alors la courbe d'évolution de la tension (image de la puissance reçue par le cornet récepteur) pour des distances d'éloignement dont on précisera les repères de position pertinents.

Vous éloignerez les embouchures de cornets de 10 cm à 1 m environ en prenant une douzaine de valeurs.

[On aura veillé à faire le zéro du voltmètre en l'absence d'émission, on évitera tout obstacle dans l'environnement immédiat (surtout de la taille de quelques centimètres) et on vérifiera que l'expérimentateur ne perturbe pas les mesures (en les répétant)]

b- Une onde polarisée rectilignement

1. Expérience qualitative

Après avoir choisi une distance d'éloignement entre les cornets (entre 30 et 50 cm), on interpose un « peigne métallique » que l'on présente horizontalement puis verticalement. Observations expérimentales.

En supposant que le champ électrique pénètre les tiges conductrices, en rappelant la loi d'ohm locale dans un conducteur électrique et l'expression de la puissance cédée aux charges par unité de volume, justifiez vos observations. (Une réflexion basée sur les ordres de grandeur sera bienvenue)

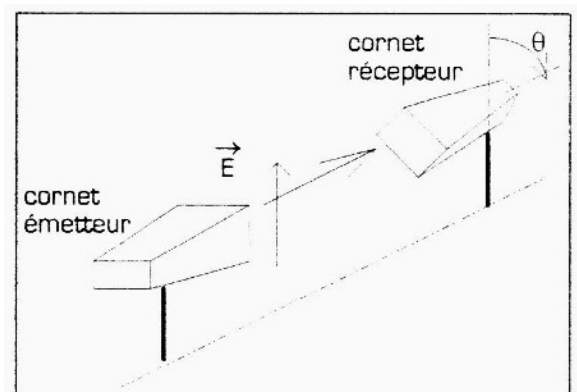
2. Vérification de la loi de Malus (?)

Si le récepteur n'est sensible qu'à la projection du champ émis dans sa propre direction de « polarisation » et qu'il s'agit d'un détecteur de puissance (soit une proportionnalité à la forme quadratique de E détecté), alors on attend une loi de Malus

lorsque l'on fait varier l'angle θ :
$$U(\theta) = K \cdot \cos^2(\theta) + U_{90^\circ}$$

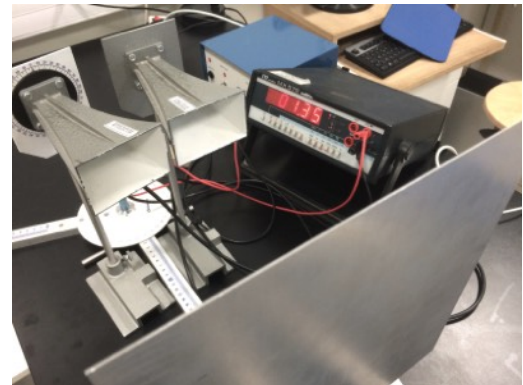
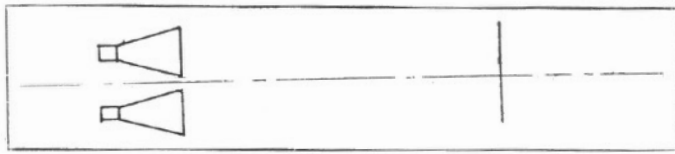
Confirmez (ou pas !) une loi de Malus en faisant tourner le cornet récepteur de -120° à $+120^\circ$ par pas de 20° et en rajoutant les mesures effectuées à $-90,0$ et 90° .

(Si vous avez le temps, refaites-le à différents éloignements)



b- Mesure de longueur d'onde dans le vide par les ondes stationnaires

On positionne les deux émetteurs sensiblement parallèles et orientés vers une plaque métallique placée à environ 30 cm (figure ci-dessous).



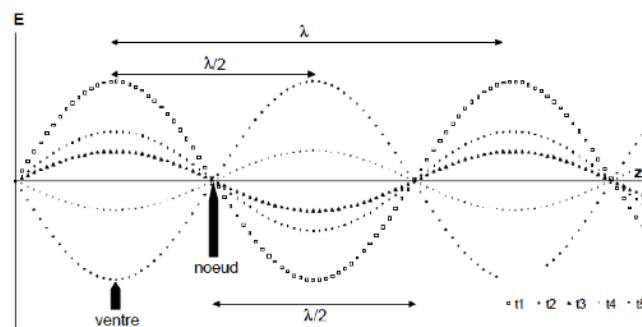
Déplacer alors la plaque (éloignement par exemple) et relever les positions d'une série d'une dizaine de maxima de tension mesurée au détecteur. Confirmer la périodicité et donner une évaluation moyenne de la distance séparant deux maxima successifs.

Réitérer l'expérience sur les minima.

Interprétez par la production d'une onde stationnaire par réflexion sur un métal.

Estimer la longueur d'onde et la fréquence (avec évaluation (même grossière) d'incertitude)

Pourquoi ne pouvait-on pas avoir de véritables noeuds de champ E (tension mesurée nulle) ?

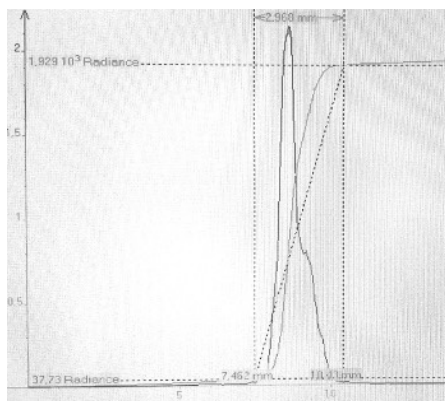


II. Polarisation dans le domaine des fréquences visibles

Cette fois, la source est un LASER (vert : 532 nm)

Le détecteur de puissance lumineuse sera une barrette Caliens™ (avec deux filtres neutres installés DO 3 + DO 0,9)

Vous disposez de deux « polaroïds » qui seront également installés sur le banc d'optique. (soignez votre alignement)



Vous devrez confirmer (ou pas !) une loi de Malus par des mesures d'intensité lumineuse en fonction de l'angle relatif entre le polaroïd « analyseur » et le polaroïd « polariseur ».

Observant un pic d'intensité de forme variable sur la barrette lors de la rotation relative Polariseur-Analyseur, **on évitera de travailler avec la valeur du maximum** (valeur que vous pouvez relever tout de même) . Ainsi vous exporterez (**pour chaque valeur d'angle !**) la courbe d'intensité sous format REGRESSI™ pour y réaliser une intégration.

Expliquez-en l'intérêt. Et si le spot LASER était plus large que la hauteur de la barrette CCD ?

Mesurez pour des angles répartis sur 360°.

Tracez la courbe d'évolution avec l'angle. Vérifiez que le faisceau LASER était en fait polarisé rectilignement.

(Deux expériences qualitatives de polarisation de lumière naturelle par réflexion de BREWSTER et par diffusion sont à observer dans la salle de TP)