

# TP n°19 Electromagnétisme: Ondes centimétriques

## CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES EXIGIBLES:

- mettre en œuvre un dispositif permettant d'étudier une onde électromagnétique, dans le domaine des ondes centimétriques.
- Détecter une onde électromagnétique rayonnée.

## OBJECTIFS CONNEXES: ∅

INTRODUCTION: les travaux pratiques se sont limités jusqu'à présent à l'étude des ondes électromagnétiques lumineuses. On se propose ici de caractériser une source d'ondes électromagnétiques centimétriques. Pour cela, on va déterminer la longueur d'onde de l'onde émise avant de tracer le diagramme de rayonnement de la source **équipée d'un cornet d'émission**. Enfin on étudiera la polarisation de l'onde produite en sortie du cornet.

## 1 Détermination expérimentale de la longueur d'onde des ondes centimétriques.

Dans cette partie, on supposera que l'onde émise par le cornet émetteur est une onde plane progressive harmonique (OPPH) de la forme:

$$\vec{E}(x, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kx)$$

On propose de mettre en œuvre une expérience permettant de déterminer expérimentalement et avec précision la longueur d'onde des ondes centimétriques émises de fréquence 10 GHz.

### MANIPULATION:

A l'aide des documents donnés en annexe 1 et de votre (excellente!) connaissance du cours:

- **Proposer un protocole détaillé** permettant de déterminer avec précision la longueur d'onde des ondes centimétriques. Le protocole devra être accompagné d'un ou plusieurs schéma(s). Le choix du matériel utilisé devra être justifié.
- **Réaliser le protocole** après validation par le professeur.
- **conclure.**

## 2 Diagramme de Rayonnement

On veut tracer l'**indicatrice de rayonnement** de la diode Gunn émettrice **équipée de son cornet**. L'indicatrice de rayonnement **normalisée** ou diagramme de rayonnement normalisé en puissance est le tracé de la fonction normalisée  $f(\theta)$  définie par:

$$F(\theta) = \frac{\langle \|\vec{R}(\theta, t)\| \rangle}{\langle \|\vec{R}_{max}\| \rangle} \quad \text{pour une distance } r \text{ fixée}$$

### MANIPULATION:

A l'aide des documents donnés en annexe 1 et de votre (infaillible!) connaissance du cours:

- **Proposer un protocole détaillé** permettant de tracer le diagramme de rayonnement de l'ensemble émetteur (comportant la diode Gunn équipée de son cornet d'émission, indispensable à son bon fonctionnement). Un schéma du dispositif est attendu.
- **Tracer** le diagramme de rayonnement à l'aide du script python fourni en annexe 2.
- **Conclure:** le rayonnement est-il isotrope? Si non, dans quelle direction la puissance rayonnée est-elle maximale?

## 3 Pour les plus rapides (partie optionnelle): polarisation des ondes centimétriques et loi de Malus

Dans cette partie, on reprend le modèle de l'onde plane progressive monochromatique. On sait que l'onde émise par la diode Gunn avec son cornet est polarisée rectilignement mais on ignore sa direction. On propose donc de mettre en œuvre une expérience permettant de déterminer sa direction de polarisation. On vérifiera par la suite la loi de Malus dans le domaine hyperfréquence.

### MANIPULATION:

A l'aide des documents donnés en annexe 1 et de votre (absolument parfaite!) connaissance du cours:

- **Proposer un protocole détaillé** permettant de préciser la direction de polarisation des ondes centimétriques produites (grand côté ou petit côté du cornet émetteur). Le protocole sera accompagné d'un schéma, et le choix du matériel devra être justifié. Le réaliser.
- **Conclure.**

- **Proposer un protocole détaillé** accompagné de schéma(s) permettant de vérifier la loi de Malus. Le réaliser.
- Conclure: la loi de Malus est-elle vérifiée?

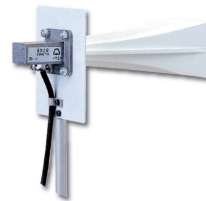
## Annexe 1: matériel disponible

### • Emetteur d'ondes centimétriques

L'émetteur d'ondes hyperfréquences est une diode Gunn placée dans une cavité résonante.

Un cornet placé à la sortie de la cavité assure l'adaptation d'impédance avec l'extérieur (indispensable pour la sécurité de la diode Gunn). L'onde centimétrique émise est polarisée rectilignement.

Cornet émetteur



### • Les récepteurs

Les récepteurs sont constitués de diodes hyperfréquences délivrant une tension continue proportionnelle à la valeur moyenne du carré du champ électrique.

Antenne réceptrice



Cornet récepteur



### • Alimentation et réglage du zéro.

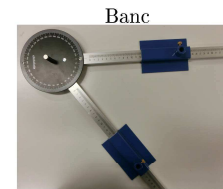
Le coffret d'alimentation contient le dispositif électronique nécessaire à l'alimentation de la diode Gunn, ainsi qu'un amplificateur pour la diode réceptrice.

Sur ce boîtier, la tension continue affichée (en Volt) est une image de la valeur moyenne du carré du champ électrique. La tension maximale délivrée par l'amplificateur vaut 12V.

Alimentation



### • Les accessoires



Banc

Écran en aluminium.



Peigne métallique



Fentes de Young



On prendra 2 cm pour la largeur des fentes de la bifente.

## Annexe 2: code python à renseigner pour le tracé du diagramme de rayonnement de l'émetteur

Listing 1: Tracé de l'indicatrice de rayonnement

```
1 from __future__ import division
2 import csv
3 import numpy as np
4 import matplotlib.pyplot as plt
5
6 #####
7 ##### Importation des données #####
8 #####
9 alpha = np.array([]) # tableau des angles
10 U = np.array([]) # tableau des valeurs mesurées
11
12 f = open("Donnees.csv", "r")
13 dialect = csv.Sniffer().sniff(f.readline()) # lecture des paramètres d'enregistrement
14 f.readline() # On saute la ligne d'en tête
15 donnees = csv.reader(f, dialect) # mise en forme automatique
16 for row in donnees:
17     alpha = np.append(alpha, [float(row[0].replace(',', '.'))]) # modif. séparat. décimal
18     U = np.append(U, [float(row[1].replace(',', '.'))])
19 f.close()
20
21 theta = (180 - alpha) / 2 # calcul pour obtenir l'angle entre l'émetteur et le récepteur
22
23 #####
24 ##### Tracé du diagramme polaire #####
25 #####
26 plt.polar(theta * np.pi / 180, U / max(U), 'o', color='g', label="points expérimentaux")
27 plt.ylim(0, 1.1)
28 plt.polar([0, 0], [-2, 2], "r") # axe de l'émetteur
29 plt.thetagrids([i for i in range(0, 190, 10)]) # grille pour la lecture
30 plt.title(u"Diagramme de rayonnement de l'émetteur (équipé de son cornet)", fontsize=16)
31 plt.legend()
32 plt.show()
```