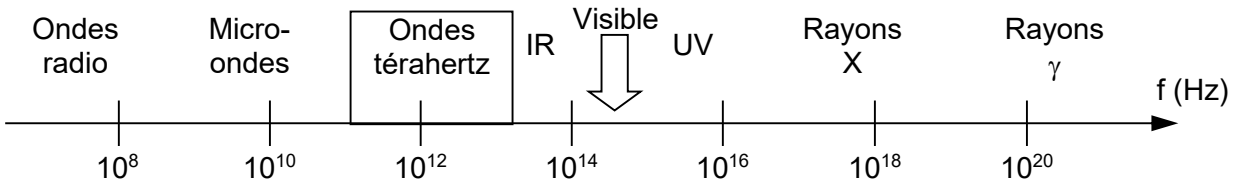
EXERCICE I : L'UNIVERS DU TÉRAHERTZ (6 points)

Chacun connaît les rayons X, mais il existe aussi des rayons T.
Découverts depuis plus d'un siècle, les rayonnements térahertz ou rayons T sont restés longtemps une portion inexplorée du spectre électromagnétique. Il était en effet difficile de les détecter et de les produire.
Grâce aux avancées récentes de la technologie, ils connaissent aujourd'hui un engouement certain dans le domaine de l'imagerie médicale, la sécurité, la télécommunication à très haut débit, …

Domaine des rayonnements électromagnétiques :



Données :

- Les fréquences des rayons térahertz sont comprises entre 0,1 THz et 30 THz.
- 1 THz = 10^{12} Hz
- Célérité de la lumière : $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m.s^{-1}
- Constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s
- Électron-volt : 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J

1. Térahertz et scanner.

Les ondes térahertz possèdent des propriétés tout à fait remarquables. De part leur nature même, à la frontière de l'optique et des micro-ondes, leurs propriétés cumulent les avantages des deux mondes :

- elles peuvent pénétrer certains matériaux opaques au rayonnement visible tels que le carton, les tissus, le bois ou les matières plastiques ;
- elles interagissent peu avec la matière, ce qui permet de les utiliser dans des applications d'imagerie pénétrante sans toutefois présenter de danger pour les organismes vivants.

Les scanners à rayons X sont d'un usage courant. Dans les laboratoires, les chercheurs conçoivent de nouveaux types de scanner faisant appel aux rayons T.

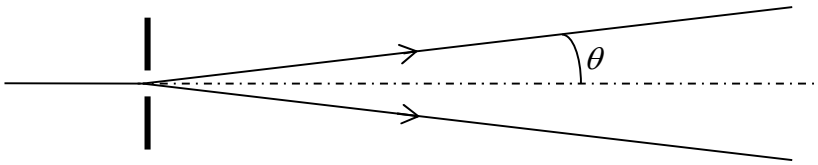
1.1. Certains rayonnements sont dits ionisants. Leur énergie, supérieure à 10 eV, est suffisante pour transformer les atomes en ions. Ces rayonnements ionisants peuvent être nocifs pour les organismes vivants si la quantité d'énergie reçue est trop élevée.

1.1.1. Calculer l'énergie en eV :
- d'un photon associé à un rayonnement X de fréquence égale à $1{,}0 \times 10^{17}$ Hz ;
- d'un photon associé à un rayonnement T de fréquence égale à 1,5 THz.

1.1.2. Comparer l'impact sur les organismes vivants d'un scanner à rayons X et d'un scanner à rayons T. Justifier la réponse.

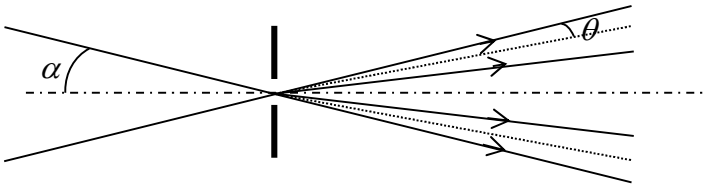
1.2. Le pouvoir de résolution d'un système d'observation, est sa capacité à séparer deux points distincts pour qu'ils soient correctement discernés par l'observateur. Il est lié à la diffraction de l'onde, de longueur d'onde λ, lorsque l'onde traverse le système d'observation.

1.2.1. On éclaire une fente de largeur *a* par un laser de longueur d'onde λ.



Rappeler l'expression reliant l'angle θ aux grandeurs *a* et λ.

1.2.2. Cette fente est maintenant éclairée par deux faisceaux laser faisant un angle α avec l'axe de la fente. On suppose que l'ouverture θ du faisceau liée à la diffraction a la même expression que lorsque l'axe du faisceau arrive perpendiculairement à la fente.



Montrer que si l'angle α est petit, il est impossible de séparer les deux faisceaux à la sortie de la fente. Donner l'expression de la valeur limite de α.

1.3. Plus le diamètre *D* de l'objectif de la caméra qui équipe le scanner est grand plus les détails observés sont petits. Un objet étant positionné est à une distance *L* de la caméra, on distingue deux points A et B de l'objet séparés d'une distance *d* si le diamètre D_{min} de l'objectif de la caméra est au minimum de :

$$D_{min} = 1{,}22.\lambda.\frac{L}{d}$$

1.3.1. Pour un objet situé à 12 cm de la caméra térahertz, sensible au rayonnement de fréquence égale à 1,5 THz, montrer que deux points séparés de 0,20 mm ne peuvent pas être distingués avec un objectif de diamètre 10 cm.

1.3.2. Comment modifier la valeur de la fréquence des ondes térahertz afin de visualiser distinctement ces deux points ?

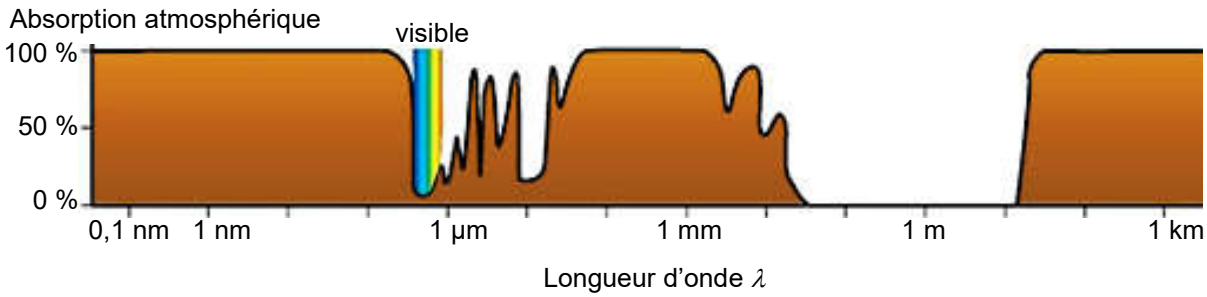
2. Térahertz et étude de l'Univers

D'après les modèles construits par les chercheurs en astrophysique, la naissance de l'Univers s'est accompagnée de l'émission d'un intense rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement nous parvient, atténué, après avoir cheminé des milliards d'années dans l'espace. Provenant de toutes les directions de l'Univers, ce « rayonnement fossile » apparaît homogène et se comporte comme le rayonnement d'un corps noir à la température de 3 kelvins.

Données

- Loi de Wien : $\lambda_{max} \cdot T = 2{,}90.10^{-3}$ m.K
  avec λ_{max} la longueur d'onde majoritairement émise (exprimée en m) dans le spectre d'émission d'un corps noir porté à une température T (exprimée en kelvin).

- Absorption de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique



2.1. Montrer que le « rayonnement fossile » peut être considéré comme un rayonnement térahertz.

2.2. Le rayonnement fossile peut-il être directement étudié avec des instruments au sol ou nécessite-t-il l'utilisation d'un satellite ? Justifier votre réponse.