

Ondes électromagnétiques – Exercices – Devoirs

Exercice 1

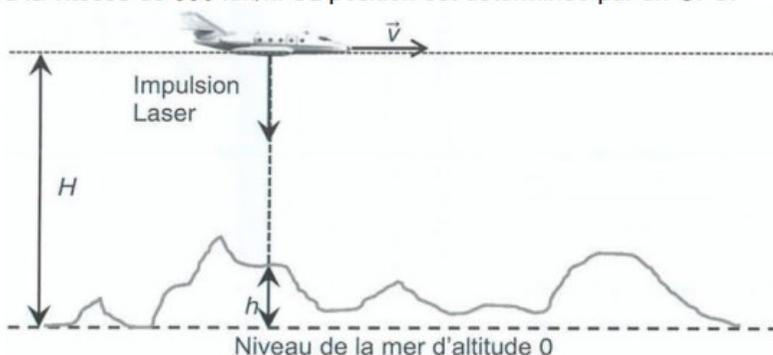
Le LiDAR, acronyme de « Light Detection And Ranging » sont des systèmes de mesure à distance utilisant généralement les propriétés des laser. On les utilise pour la télémétrie (distance Terre-Lune par exemple), la topographie (réalisation de cartes), les mesures de concentrations de gaz ou encore pour déterminer la vitesse des vents.

Données à 25°C :

Célérité en m/s	Dans l'air	Dans l'eau
Onde sonore et ultrasonore	$3,40 \cdot 10^2$	$1,48 \cdot 10^3$
Onde électromagnétique	$3,00 \cdot 10^8$	$2,26 \cdot 10^8$

1°) Le LiDAR topographique embarqué

Sur la figure ci-dessous, l'avion embarquant le LiDAR topographique vole à une altitude $H = 3,50 \text{ km}$ à la vitesse de 350 km/h . Sa position est déterminée par un GPS.

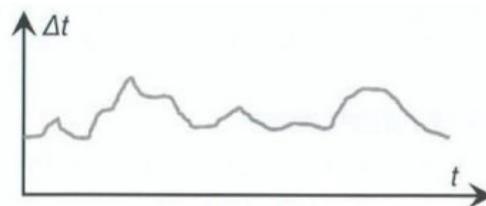


a) En faisant l'hypothèse que la distance parcourue par l'avion pendant la durée Δt est négligeable par rapport à H , montrer que la durée Δt du trajet aller-retour de l'impulsion laser en fonction de H , h et de la célérité de la lumière c est $\Delta t = 2(H-h)/c$.

b) Parmi les deux graphiques ci-dessous, indiquer celui qui correspond à la situation étudiée. Justifier brièvement la réponse.



Graphique a



Graphique b

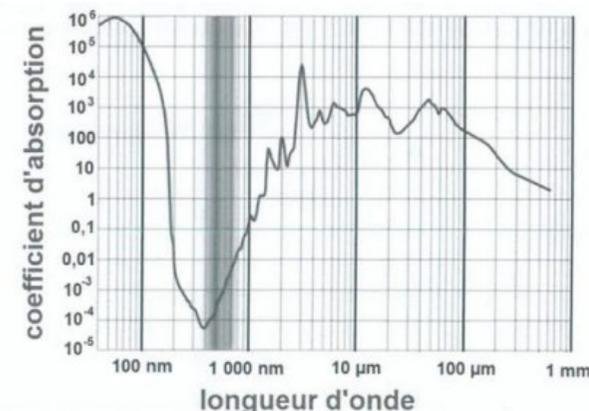
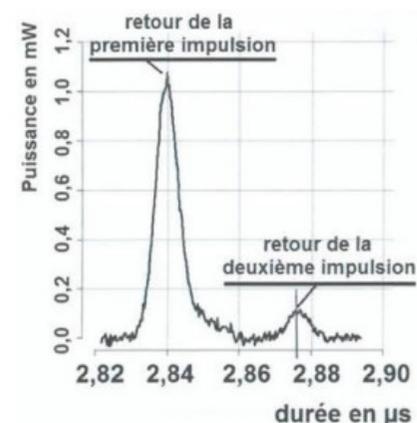
c) Lors du survol du Puy de Dôme (volcan au centre de la France), on mesure $\Delta t = 13,6 \mu\text{s}$. Estimer l'altitude du Puy de Dôme par rapport au niveau de la mer.

d) Dans le cas de la mesure de l'altitude du Puy de Dôme, l'hypothèse faite à la question a) est-elle vérifiée ?

2°) Le LiDAR bathymétrique

Les systèmes LiDAR bathymétriques aéroportés ressemblent au LiDAR topographique mais ils sont constitués de deux lasers différents : un laser infrarouge et un laser vert. Ils servent à déterminer la profondeur de l'eau. Pour cela, le LiDAR envoie deux impulsions simultanées (une impulsion verte et une impulsion infrarouge). Le rayonnement infrarouge sert à repérer la surface de l'eau. Le rayonnement vert, quant à lui, pénètre dans l'eau et est réfléchi par le fond.

En mesurant la différence entre les temps de parcours des deux impulsions laser (document n°2 ci-dessous), on peut déterminer la profondeur de l'eau.



Document n°2

Puissance lumineuse reçue par le récepteur en fonction du temps

Spectre n°1 : spectre d'absorption de l'eau

La radiation est d'autant plus absorbée que le coefficient d'absorption est élevé

a) Les longueurs d'onde des deux laser sont de 532 nm et de 1064 nm . Attribuer, en justifiant, la longueur d'onde à chacun des deux laser du LiDAR bathymétrique.

b) Expliquer pourquoi il est plus judicieux d'utiliser le laser vert plutôt que le laser infrarouge pour détecter le fond de l'eau.

c) En vous appuyant sur un schéma expliquant le principe de cette mesure, estimer la valeur de la profondeur de l'eau à l'endroit où la mesure du document n°2 a été effectuée.

Exercice 2

L'information concernant la température de l'eau est transmise grâce à une onde électromagnétique selon le procédé Sigfox. Cette technologie basse consommation permet une transmission longue distance en utilisant la bande de fréquence ISM (industrielle scientifique et médicale) de fréquence centrale 868 MHz.

Le document 4 présente les grandeurs physiques caractéristiques d'une onde électromagnétique. Le document 5 présente le spectre des ondes électromagnétiques et le document 6 présente deux types d'antenne disponibles.

L'objectif de l'étude suivante est de déterminer les caractéristiques de l'antenne adaptée à cette transmission.

3.2.1. Donner la signification et l'unité de chaque terme représentant les grandeurs physiques indiquées dans le document 4.

3.2.2. Préciser à quel domaine appartiennent les ondes électromagnétiques de la bande de fréquence ISM en utilisant le document 5.

3.2.3. Calculer la valeur de la longueur d'onde de ces ondes électromagnétiques pour la fréquence centrale de la bande ISM.

3.2.4. Justifier, à partir du tableau ci-dessous et du document 6, le choix de l'antenne qui semble la plus adaptée pour transmettre l'information.

Antenne	A	B	C	D
Type	Demi-onde	Quart d'onde	Demi-onde	Quart d'onde
Longueur	69,2 cm	17,3 cm	17,3 cm	34,6 cm

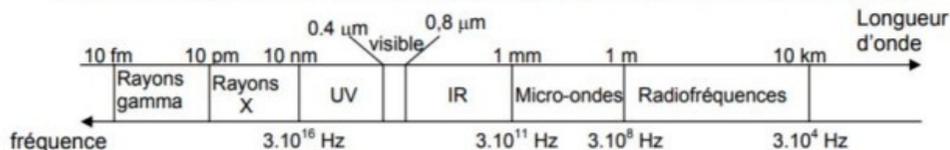
Document 4 : Grandeurs physiques caractéristiques d'une onde électromagnétique

Une onde électromagnétique est caractérisée par 3 grandeurs physiques λ , c et f .

Ces grandeurs vérifient la relation : $\lambda = \frac{c}{f}$.

Document 5 : Spectre des ondes électromagnétiques

Spectre électromagnétique. Les différents domaines regroupent des ondes aux propriétés similaires.



Document 6 : Types d'antenne disponibles

Deux types d'antennes sont disponibles :

- L'antenne dipolaire ou « dipôle demi-onde » qui est constituée d'un élément conducteur de longueur égale à la demi longueur d'onde de l'onde électromagnétique à transmettre.
- L'antenne « monopôle » ou « quart d'onde » qui est constituée d'un élément conducteur de longueur égale au quart de longueur d'onde de l'onde électromagnétique à transmettre.

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Antenne_radioélectrique

Exercice 3

A l'aide du document en annexe, répondre aux questions suivantes :

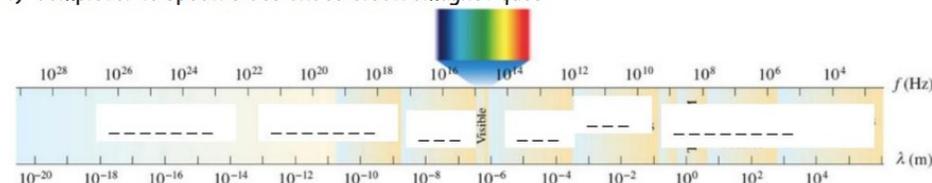
1) Après lecture du document, trouver les 3 supports de transmission mentionnés dans les exemples. Pour chaque type de support, préciser de quel type de signal il s'agit et relever les exemples et leur bande de fréquences. Refaire et remplir un tableau selon le modèle suivant :

Support de transmission 1 :	Support de transmission 2 :	Support de transmission 3 :
Les signaux sont :	Les signaux sont :	Les signaux sont :
Exemples :	Exemples :	Exemples :

2) Convertir les fréquences d'utilisation du GPS en Hz

3) Quelle est la longueur d'onde correspondant à la fréquence du Bluetooth ?

4) Compléter le spectre des ondes électromagnétiques



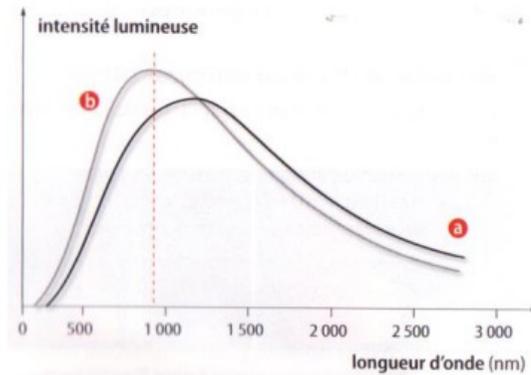
On donne : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Exercice 4

Une "lampe halogène" produit de la lumière, comme une lampe à incandescence classique, en portant à haute température un filament de tungstène, mais des gaz halogénés (iode et brome) à haute pression ont été introduits dans l'ampoule à la place du vide.

Voici les courbes d'émission de 2 lampes de même puissance électrique pour :

- courbe a : lampe classique
- courbe b : lampe halogène



On rappelle la loi de Wien :

$$T \times \lambda_{\max} = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ K.m} \quad \text{avec } T = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$$

1. Quelle est la température du filament de la lampe halogène en $^{\circ}\text{C}$?
2. Laquelle de ces deux lampes émet le plus de lumière dans le visible ? (justifiez vos réponses)
3. Laquelle de ces deux lampes possède le filament le plus chaud ?

Exercice 5

Les étoiles sont réparties en différentes classes selon la température de leur surface. La classe F correspond à des étoiles chaudes (température de l'ordre de $7,6 \cdot 10^3 \text{ K}$) alors que la classe K correspond à des étoiles plus froides (température de l'ordre de $5,1 \cdot 10^3 \text{ K}$). À une température T donnée, le maximum d'intensité lumineuse émise existe pour une longueur d'onde λ_m vérifiant la loi de Wien (fig 1) :

1. Calculer la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission des étoiles de classes F et K.
2. Quelle est la « couleur » dominante d'une étoile de classe F ? de classe K ?
3. Quelle est la température de surface d'une étoile émettant un maximum de radiations dans le bleu $\lambda_M = 500 \text{ nm}$?
4. À quelle température le maximum de rayonnement est-il à la limite de l'infrarouge ? Et à la limite de l'ultraviolet ?

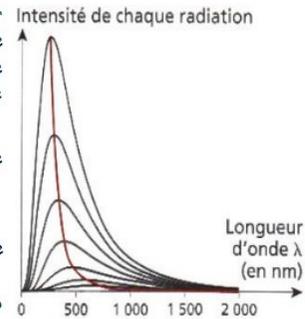


Fig. 1 Densité spectrale du corps noir (en rouge : la loi de Wien).