

Communication dans l'habitat

Activité 1 : Faisons la lumière sur les ondes électromagnétiques

Document 1 : Rappels historiques

Maxwell et les ondes électromagnétiques :

James Clerk MAXWELL (1831 – 1879) est le théoricien de l'électromagnétisme. Il s'agit d'une branche de la physique qui étudie les interactions électriques et magnétiques. Par le calcul, Maxwell a établi que si sa théorie était juste, il pouvait exister des « ondes électromagnétiques », c'est-à-dire la vibration simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique, qui se propage dans l'espace. Pour Maxwell, les ondes électromagnétiques nécessitent un milieu pour se propager. Maxwell postule que la lumière n'est qu'un cas particulier d'onde électromagnétique.

Hertz et les ondes radio :

Heinrich Rudolf Hertz (1857, 1894), ingénieur allemand, est considéré comme celui qui a apporté la preuve expérimentale des prévisions de Maxwell. En effet, il a créé des ondes électromagnétiques à l'aide d'un dispositif appelé « oscillateur de Hertz » (et qui équivaut approximativement à ce que nous appelons aujourd'hui une antenne). Les ondes électromagnétiques générées par Hertz n'étaient pas visibles. Cependant Hertz a pu mesurer leur célérité : 300 millions de mètres par seconde dans l'air de l'atmosphère terrestre.



Document 2 : Animation météoFrance

Etudier les paragraphes 1 à 6 à l'adresse suivante :

http://files.meteofrance.com/files/education/animations/rayonnement_electro/highres/popup.html

Document 3 : Définition

L'information et la communication dans le monde actuel ont une place très importante. Les nombreux outils utilisés pour communiquer comme la radio, la télévision, le téléphone mobile etc... utilisent comme moyens de communication les ondes électromagnétiques.

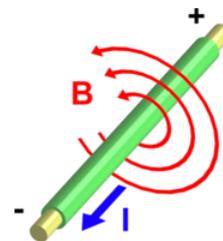
Les grandeurs caractérisant une onde sont sa période T , sa longueur d'onde λ et sa vitesse de propagation, la célérité c . Elles sont liées par la relation : $\lambda = c.T$

Bien que non perceptibles, les champs électromagnétiques sont présents partout dans l'environnement. Toute installation électrique crée dans son voisinage un champ électromagnétique, composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique.

Un champ électromagnétique apparaît dès lors que des charges électriques sont en mouvement. Ce champ résulte de la combinaison de 2 ondes (l'une électrique, l'autre magnétique) qui se propagent à la vitesse de la lumière.

Tout fil électrique sous tension produit donc un champ électrique dans son voisinage. Son intensité se mesure en volt par mètre (V/m).

Contrairement aux champs électriques, les champs magnétiques n'apparaissent que lors du passage d'un courant électrique dans un conducteur (voir figure). Son intensité se mesure en tesla (T) à l'aide d'un tesla-mètre.



Caractéristiques des ondes électromagnétiques

1. Compléter avec les mots :

distance minimale - durée - constante - électrique - énergie - fréquence - hertz (Hz) – identique - lumière - magnétique - matière - mètre (m) - mètre par seconde ($m.s^{-1}$) - période - périodiques - perpendiculaires - perturbation - perturbations - seconde - T - tesla - λ - $V.m^{-1}$ - longueur d'onde.

Une onde est la propagation d'une **perturbation**, sans transport de **matière** mais avec transport d'**énergie**

Une onde est périodique si elle se reproduit **identique** à elle-même au bout d'une **durée** toujours **identique** : la **période** notée T.

Une onde périodique est caractérisée par sa fréquence mesurée en **Herz (hz)**. Elle correspond au nombre de **perturbation par seconde**.

Pour une onde périodique, on définit la longueur d'onde : c'est la **distance** au bout de laquelle on retrouve une perturbation identique. C'est également la distance parcourue par l'onde pendant une **période**.

Une onde électromagnétique comme son nom l'indique est composée d'un champ **électrique** et d'un champ **magnétique**.

Ces deux champs :

- Ont la même **fréquence** et la même **période**
- Sont **perpendiculaire** l'un à l'autre et à la direction de propagation.
- Ont des amplitudes en rapport constant.

Le champ électrique se mesure en volt par mètre ($V.m^{-1}$) et le champ magnétique en **Tesla** (T).

Exemple d'ondes électromagnétiques : **lumière**, ondes hertziennes, rayons X etc

(Par contre, les ondes sonores sont des ondes mécaniques qui nécessitent un milieu matériel pour se propager, elles ne peuvent pas se propager dans le vide.)

c : célérité en **mètre par seconde** (m/s ou $m.s^{-1}$)

ν : **fréquence** en **Hertz** (Hz) ;

λ : **longueur d'onde** en **mètre** (m)

2. Une des prévisions de Maxwell est aujourd'hui considérée comme fautive. Laquelle ?

Oui Maxwell pensait que les ondes électromagnétiques avaient besoin d'un milieu pour se propager. C'est faux.

3. Donner la valeur de la célérité de la lumière c dans le vide.

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

4. Exprimer la fréquence ν en fonction de la période T ; puis la période en fonction de la fréquence.

$$\nu = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{\nu}$$

5. Exprimer la longueur d'onde λ en fonction de la fréquence ν .

$$\lambda = c.T = \frac{c}{\nu}$$

6. Exprimer la fréquence ν d'une onde en fonction de sa longueur d'onde λ .

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad \rightarrow \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

Pour piloter l'intensité de l'éclairage et la fermeture des volets dans sa maison, Antoine utilise une télécommande produisant une onde de fréquence 433,92 MHz.

7. Exprimer puis calculer la longueur d'onde du signal

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8}{433,92 \times 10^6} = 0,69 \text{ m} = 69 \text{ cm}$$

8. Exprimer puis calculer la période de cette onde.

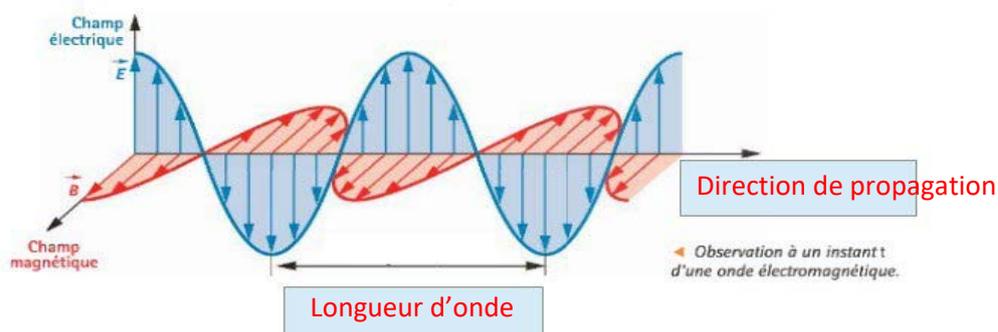
$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{433,92 \times 10^6} = 2,3 \times 10^{-9} \text{ s}$$

9. La télécommande d'une télévision produit un signal dont la longueur d'onde λ est égale à 890 nm. Exprimer puis calculer la fréquence de cette onde.

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{890 \times 10^{-9}} = 3,37 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

La représentation d'une onde électromagnétique est donnée ci-dessous :

10. Compléter le schéma en utilisant les termes « direction de propagation » et « longueur d'onde ».



11. A quel champ respectifs correspondent les symboles \vec{E} et \vec{B} ?

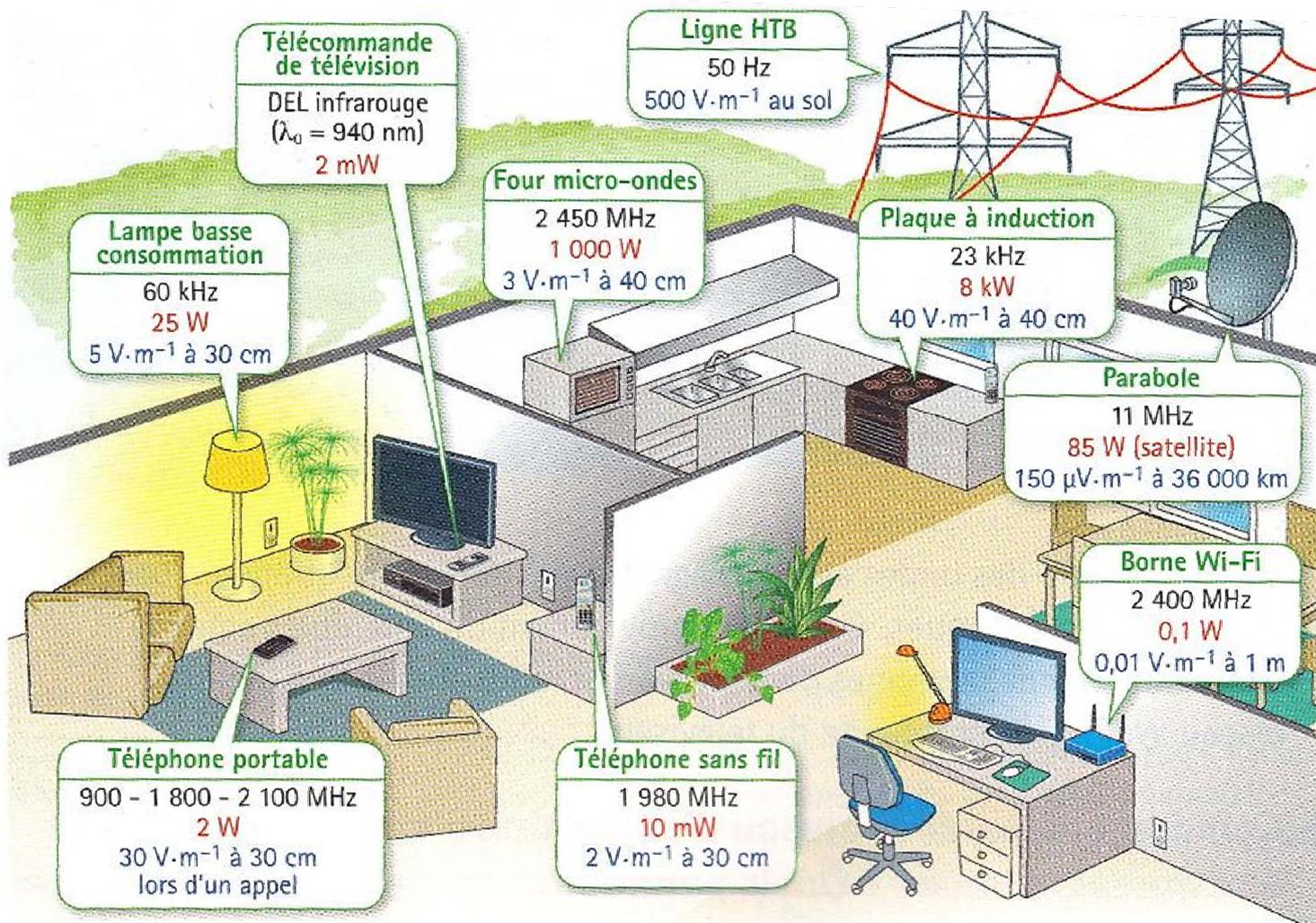
E : champ électrique (V/m)

B : champ magnétique (Tesla T)

Communication dans l'habitat

Activité 2 : Les ondes électromagnétiques au quotidien

Document 1 : Les ondes électromagnétiques au quotidien



▲ Fréquence, puissance et ordre de grandeur de l'intensité du champ électrique pour différents appareils.

Document 2 : Expérience de la cloche à vide



Les ondes électromagnétiques peuvent se propager le vide. C'est notamment ce qu'il se passe pour le rayonnement électromagnétique en provenance du Soleil qui se propage dans le vide de l'espace entre le Soleil et la Terre avant d'entrer dans notre atmosphère.

L'expérience de la cloche à vide permet de mettre en évidence ce phénomène, en plaçant un téléphone dans la cloche à vide et d'appeler ce téléphone. Le téléphone peut recevoir un appel, mais nous n'entendons pas la sonnerie. Preuve que les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide de la cloche mais que les ondes sonores elles ont besoin d'un support matériel pour se propager.

Document 3 : Les objets du quotidien émettent des ondes parfois très différentes

Regardez autour de vous. Les objets que vous voyez sont autant de sources d'ondes lumineuses, auxquelles vos yeux sont sensibles.

Cependant, un simple écart de fréquence peut nous rendre « insensibles » à ces ondes. Les ondes produites par les appareils wifi ou les téléphones portables, les ondes radio ou radar font partie des ondes électromagnétiques comme la lumière, mais leur fréquence les rend invisibles pour nous.

Toutes ces ondes nous entourent, nous percutent et peuvent nous traverser de part en part. Un téléphone portable est source de différentes ondes :

- des ondes électromagnétiques radio qui permettent de communiquer avec un autre appareil par le biais d'antenne-relai
- des ondes sonores qui permettent de l'entendre sonner
- des ondes électromagnétiques lumineuses qui permettent de voir ce qu'affiche l'écran.



1. Les ondes électromagnétiques se propagent-elles dans le vide ? Justifier.

Oui. Expérience de la cuve à onde ou bien lumière provenant du Soleil.

2. Qu'est-ce qui différencie la lumière, des ondes radio ou des rayons X ?

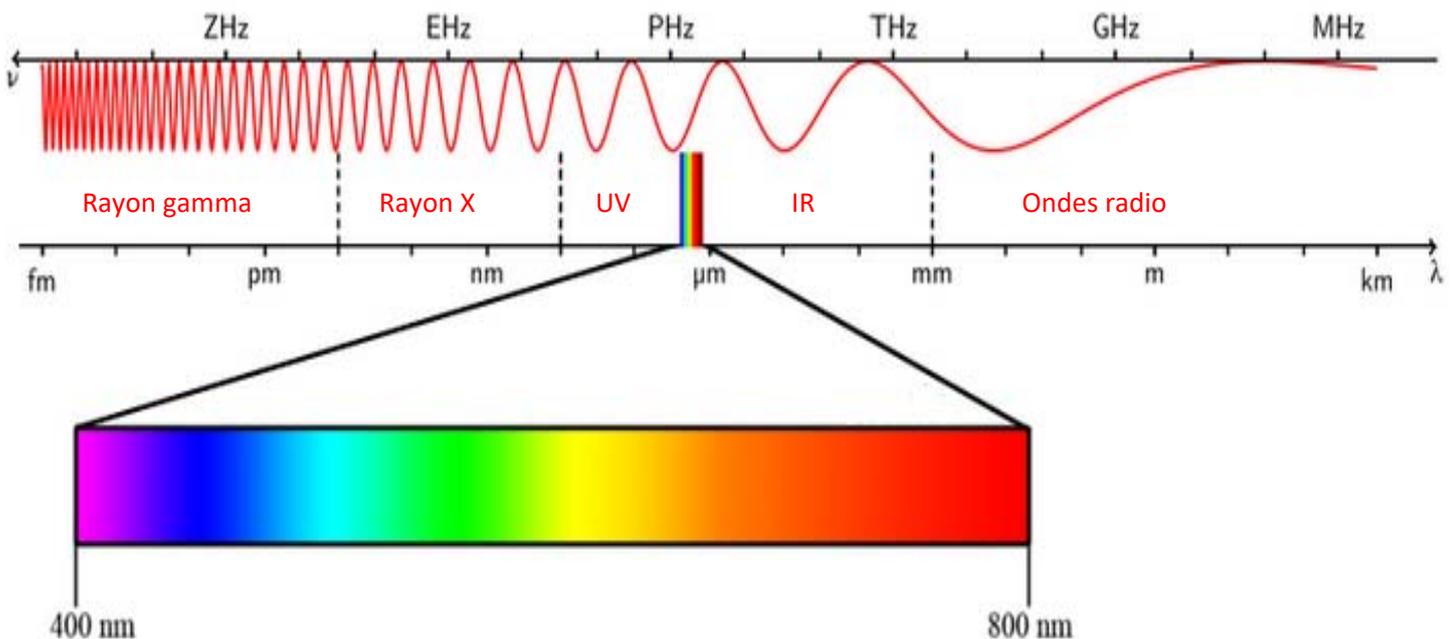
Leurs fréquences.

Document 3 : Echelle en longueur d'onde des ondes électromagnétiques

Fréquence	Longueur d'onde	Énergie d'un photon (eV)	Domaine
150 kHz - 3 GHz	10 cm - 2 km	0,67 neV à 12 μ eV	Onde Radio
3 GHz - 300 GHz	1 mm - 10 cm	12 μ eV à 1,2 meV	Micro-onde
300 GHz - $4,3 \times 10^{14}$ Hz	0,7 μ m à 1 000 μ m	1,2 meV à 1,7 eV	Infrarouge
$4,3 \times 10^{14}$ Hz à $7,5 \times 10^{14}$ Hz	De 400 nm à 700 nm	1,7 à 3 eV	Lumière visible
$7,5 \times 10^{14}$ Hz à 3×10^{17} Hz	De 10 nm à 400 nm	3 eV à 120 eV	Ultraviolet
3×10^{17} Hz à 3×10^{19} Hz	De 10^{-11} m à 10^{-8} m	120 eV à 120 keV	Rayon X
$> 3 \times 10^{19}$ Hz	De 10^{-14} m à 10^{-11} m	120 keV à 120 MeV	Rayon γ

 Compléter l'échelle en longueur d'onde des ondes électromagnétiques avec les termes :

Infrarouge (IR) - Ultraviolet (UV) - Ondes radio - Rayons gamma (γ) - Rayon X – Lumière visible



1. Classer d'après le tableau, les ondes de la plus énergétique à la moins énergétique.

Rayon gamma Rayon X UV IR Ondes radio

2. Y-a-t-il un lien entre la fréquence et l'énergie des photons ?

Oui, plus la fréquence est élevée, plus les photons sont énergétiques.

L'énergie d'une onde électromagnétique est proportionnelle à sa fréquence f .

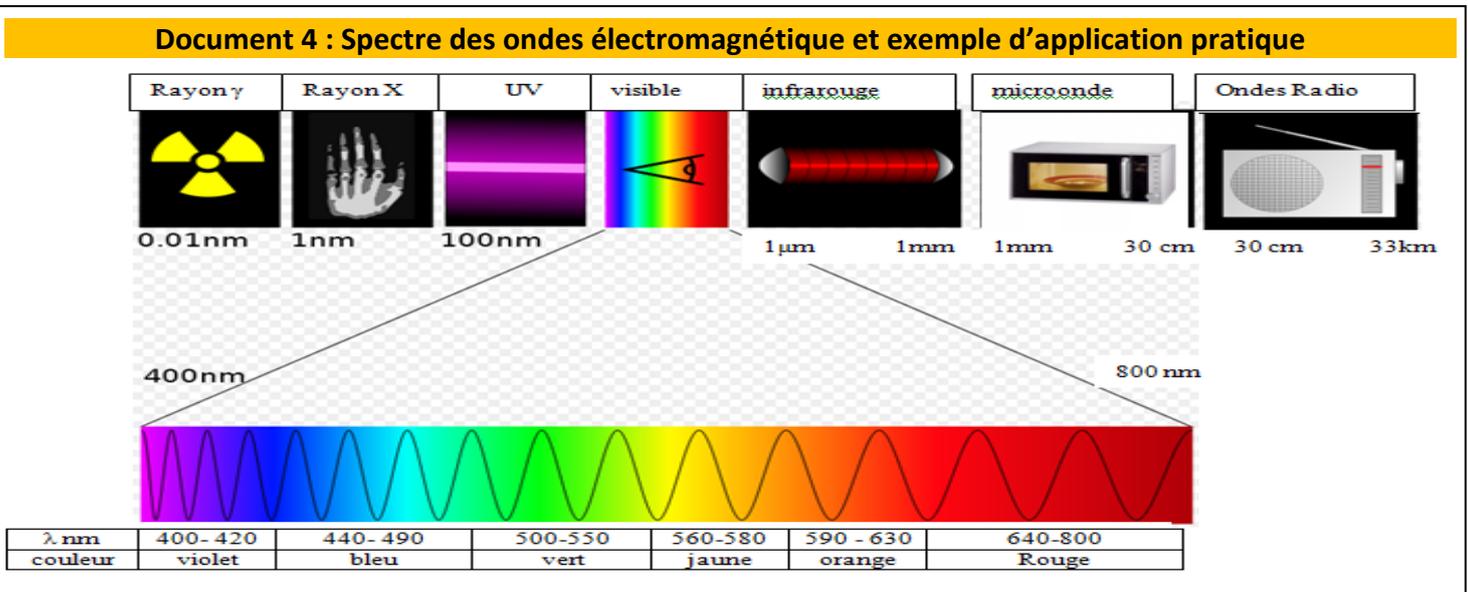
Formule à retenir : $E = h \cdot f$ où h est la constante de Planck de valeur $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Justifier l'unité de h :

$$E = h \cdot f \quad \rightarrow \quad h \equiv \frac{E}{f} \equiv \frac{[J]}{[s]}$$

3. Expliquer d'après vous quels sont les ondes les plus dangereuses.

Les rayons gamma car ils ont la fréquence la plus élevée et sont donc plus énergétique et donc dangereux.



Document 5 : Lien entre fréquence et longueur d'onde

Rappel :

Relation reliant la fréquence à la période :

$$f = \frac{1}{T}$$

f : fréquence (Hz ou s^{-1})

T : Période temporelle (s)

L'information et la communication dans le monde actuel ont une place très importante. Les nombreux outils utilisés pour communiquer comme la radio, la télévision, le téléphone mobile ... utilisent comme moyens de communication les ondes électromagnétiques.

Les grandeurs caractérisant une onde sont sa période T , sa longueur d'onde λ et sa vitesse de propagation, la célérité c . Elles sont liées par la relation :

$$\lambda = c \cdot T$$

λ : longueur d'onde (m)

T : Période temporelle (s)

c : célérité de l'onde électromagnétique (m/s)

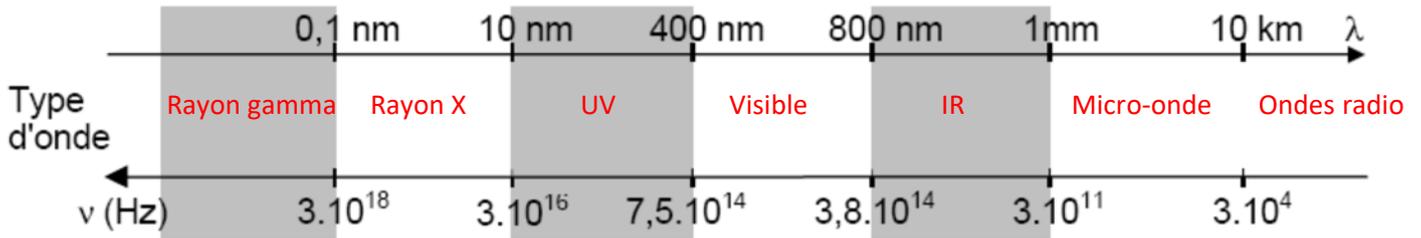
Donnée : célérité d'une onde électromagnétique dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

ATTENTION : les longueurs d'onde sont souvent données en nanomètre : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

Bien que non perceptibles, les champs électromagnétiques sont présents partout dans l'environnement. Toute installation électrique crée dans son voisinage un champ électromagnétique, composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique.

1. Compléter le schéma ci-dessous en plaçant les mots :

rayons γ - rayons X - UV - visible - I.R - micro-onde - ondes radio.



2. Rappeler l'expression de la longueur d'onde λ en fonction de la période T , puis de la fréquence f

$$\lambda = c.T = \frac{c}{f}$$

3. Calculer la période correspondant à une fréquence de $1,25 \times 10^8 \text{ Hz}$. Dans quel domaine se trouve-t-on ?

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1,25 \times 10^8} = 8 \times 10^{-9} \text{ s}$$

4. Calculer la fréquence correspondant à une longueur d'onde de 620 nm . Dans quel domaine se trouve-t-on ?

$$\lambda = c.T = \frac{c}{f} \quad \rightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{620 \times 10^{-9}} = 4,8 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Domaine visible

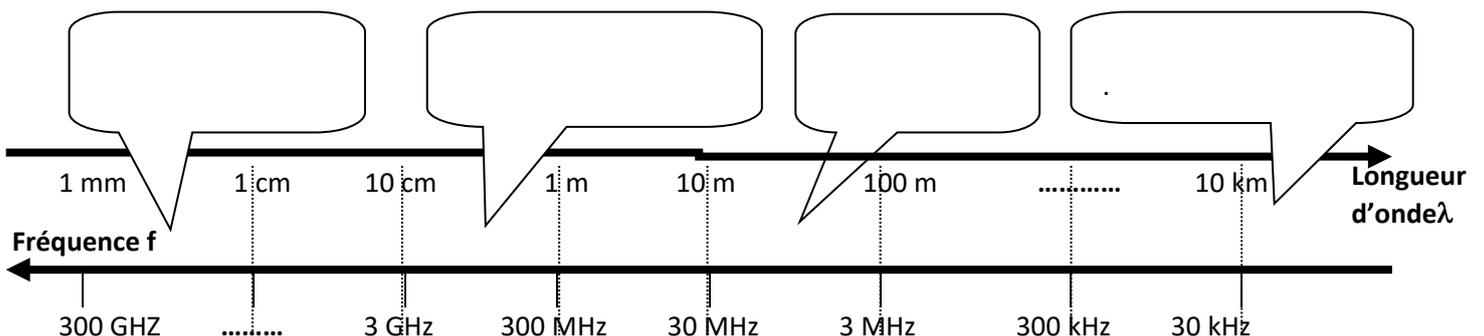
5. Vérifier que la fréquence correspondant à 800 nm est $3,75 \times 10^{14} \text{ Hz}$. Dans quel domaine se trouve-t-on ?

$$\lambda = c.T = \frac{c}{f} \quad \rightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{800 \times 10^{-9}} = 3,75 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Domaine IR

6. Placer sur le spectre suivant les différents éléments :

télécommande de télévision - ligne HTB - parabole - téléphone



Atmosphère et rayonnements dans l'Univers

► Par quels moyens nous parviennent les informations qui nous font connaître l'Univers ?

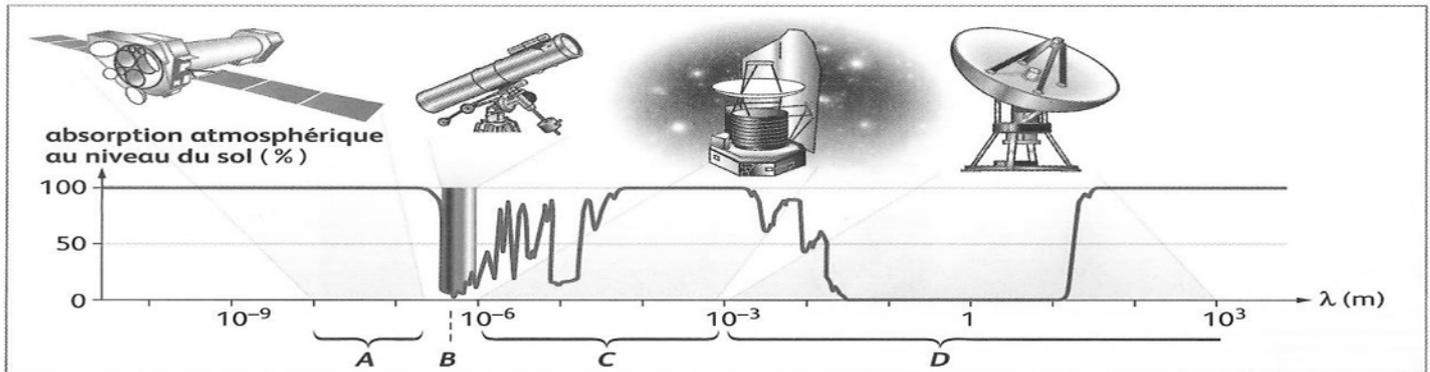
La Terre reçoit de toutes les directions de l'espace des rayonnements électromagnétiques ainsi qu'une pluie de particules qui constitue le rayonnement cosmique. Si ce flot ininterrompu n'était pas en grande partie arrêté par l'atmosphère, ses effets destructeurs interdiraient toute vie.

Ces rayonnements et ces particules sont les seuls supports des informations qui nous parviennent de

l'Univers (distances, vitesses, constitution des étoiles ou des autres objets célestes).

Dans la deuxième moitié du xx^e siècle, l'invention du radiotélescope, sur le modèle du radar, puis la possibilité d'envoyer des télescopes spatiaux au-delà des couches denses de l'atmosphère, ont permis aux astronomes d'exploiter beaucoup plus largement le domaine des ondes électromagnétiques.

1 Atmosphère et observation astronomique.



2 Absorption des rayonnements électromagnétiques par l'atmosphère.

- Quelle grandeur est représentée en abscisse ? Ajouter les valeurs manquantes devant chaque graduation.
La longueur d'onde
- Nommer les domaines de rayonnements électromagnétiques, qui sont repérés par les lettres A, B, C et D (par ordre alphabétique : micro-onde, ondes radio, ultraviolet et visible).
micro-onde C, ondes radio D, ultraviolet A et visible B
- Que représente la grandeur portée en ordonnée ? Préciser notamment la signification 0 % et 100 % pour les points ayant cette ordonnée.
Elle représente l'absorption des ondes électromagnétiques par l'atmosphère : 0 % pas d'absorption, 100 % absorption totale.
- Un signal 1 est capté avec une fréquence $f_1 = 15 \text{ MHz}$, déterminer sa longueur d'onde et la placer sur l'axe.

$$\lambda = c.T = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{15 \times 10^6} = 20 \text{ m}$$

- Déterminer la fréquence f_2 correspondant à un signal reçu de longueur d'onde $\lambda_2 = 500 \text{ nm}$.

$$\lambda = c.T = \frac{c}{f} \quad \rightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{500 \times 10^{-9}} = 6 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

- Donner les domaines de longueur d'onde des rayonnements électromagnétiques en provenance de l'Univers qui peuvent être étudiés directement avec des instruments au sol. Nommer ces instruments.

Le visible, une partie des micro-ondes et une partie des ondes radio.

Communication dans l'habitat

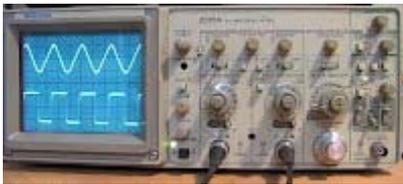
Travaux pratiques 1 : Etude d'une borne wifi

Document 1 : Qu'est ce que le wifi ?

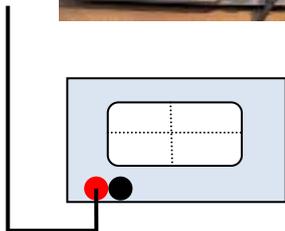
Le WiFi est un outil très pratique puisqu'il permet à un internaute de se connecter à Internet sans fil. Le WiFi permet de se connecter à Internet depuis n'importe quelle pièce de votre foyer si vous êtes équipé du matériel adéquat. Cette technologie facilite grandement la création de réseaux locaux entre plusieurs ordinateurs reliés sans fil à un seul et même modem-routeur. Le WiFi est donc la solution idéale pour partager une connexion ADSL avec tous les ordinateurs de votre domicile ou de votre bureau.

Concrètement, le WiFi trouve son utilité dans la liberté qu'il offre aux internautes. Les câbles gênants et disgracieux ne sont plus nécessaires pour profiter des joies du haut-débit. En pratique, le Wi-Fi répond aux besoins des mobilités des internautes : il permet de relier des ordinateurs portables, des PC de bureau, des assistants personnels (PDA) ainsi que des périphériques mobiles à une liaison haut débit ou à des appareils électroniques communiquant dans un rayon de plusieurs dizaines de mètres en intérieur à plusieurs centaines de mètres à l'extérieur.

Document 2 : A quoi sert ce matériel ?



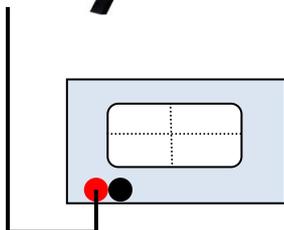
Un oscilloscope est un appareil permettant de visualiser une différence de potentiel (c'est-à-dire un champ électrique)



Un fil connecté à la voie de l'oscilloscope (borne rouge de la fiche BNC, borne noire non reliée) se comporte comme une antenne.

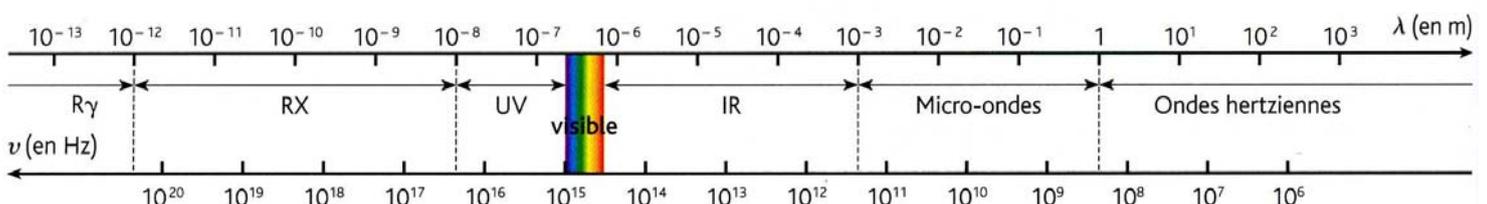


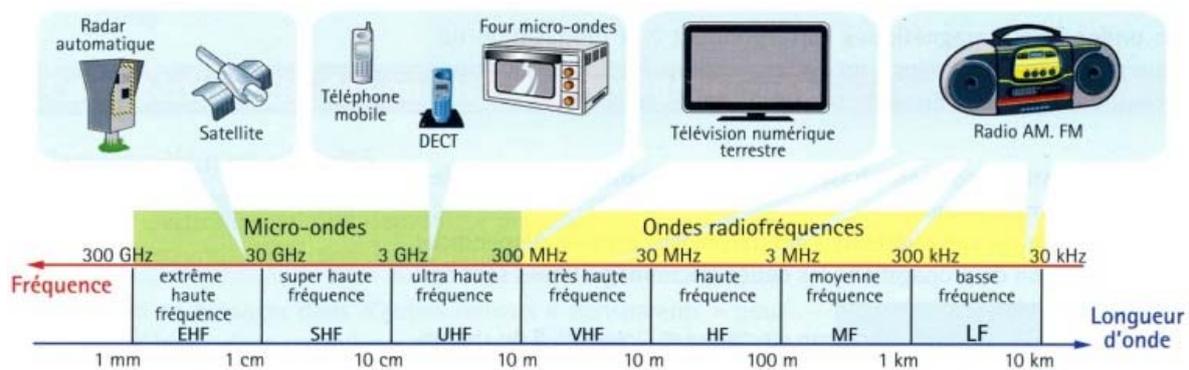
Le GBF simule une borne WIFI. Car c'est un générateur qui produit des tensions électriques, donc des signaux de fréquence variable.



Un fil connecté à la sortie du GBF (borne rouge de la fiche BNC, borne noire non reliée) se comporte comme une antenne.

Document 3 : Type d'onde





Document 4 : Protocole

- ✘ Connecter un fil E sur la sortie d'un GBF.
- ✘ Régler le GBF sur un signal sinusoïdal, de fréquence voisine de 100 kHz ($U_{max} \approx 6 V$)
- ✘ Visualiser en voie I de l'oscilloscope le signal de sortie du GBF

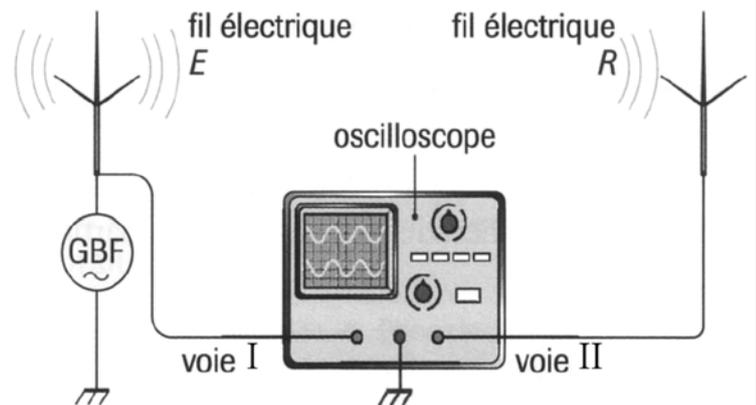
Répondre aux questions 1, 2 et 3

- ✘ Connecter un fil antenne sur la voie II de l'oscilloscope et un fil antenne en sortie du GBF.
- ✘ Visualiser en voie II le signal reçu par le fil R situé à quelques cm du fil E.

Répondre à la question 4

- ✘ Réaliser une série de mesures pour observer l'influence de la fréquence du signal émis sur la transmission (faire varier de 100 Hz à 10 MHz)

Répondre aux questions 5, 6 et 7



Question 1 : Mesurer la fréquence f du signal reçu et comparer cette valeur à celle du signal émis. Dans quel domaine fait partie cette onde.

Question 2 : Mesurer la tension crête à crête U_{cc} du signal reçu.

Question 3 : Calculer la longueur d'onde λ du signal reçu.

Question 4 : Faire varier la distance E et R. Que remarquez-vous ?

Question 5 : D'après vos mesures, que peut-on dire de l'influence de la fréquence du signal émis sur la transmission ?

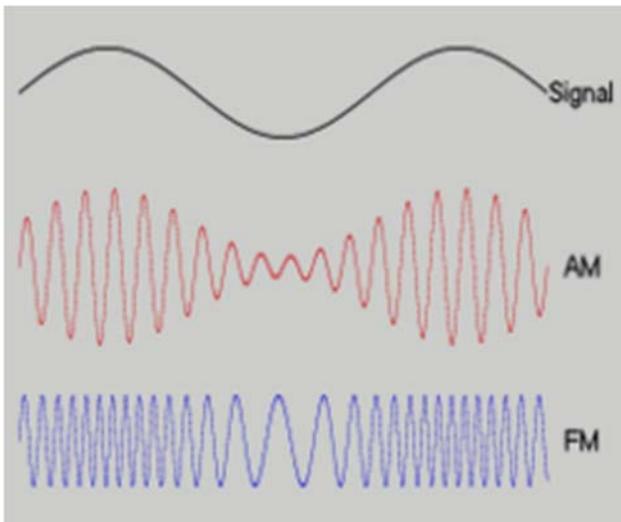
Question 6 : Un réseau wifi rayonne des ondes de 100 mW, de longueur d'onde voisine de 12 cm. Calculer sa fréquence et indiquer dans quel domaine se situe cette onde.

Question 7 : Le réseau de téléphonie mobile 4G utilise une bande de fréquences situées autour de 2,6 GHz. Fait-il partie du même domaine que les ondes émanant de la borne wifi ?

Compléter la phrase :

Une onde électromagnétique est créée par un courant électrique variable. Une émettrice reliée au circuit électrique émet une onde électromagnétique de même que le signal électrique du circuit. Cette onde, qui s'est propagée dans tout l'espace, engendre dans l'antenne réceptrice un de même fréquence.

Compléter avec les mots suivants : amplitude - faible - fréquence - grand - grande - haute - modulation - porteuse



Le champ électrique d'une onde en un point est d'autant plus que la puissance de la source est et que la distance du point à la source est

Pour transporter des informations avec une onde, on les « accroche » à une onde électromagnétique de fréquence appelée onde

C'est la En effet, les ondes ne se propagent dans l'air sur de grandes distances que si leurs fréquences sont élevées.

On fait varier l' ou la de l'onde porteuse de façon à reproduire fidèlement l'information à transmettre.

La réception du signal consiste à démoduler l'onde porteuse de façon à retrouver la forme du signal transporté.

Exercices

Exercice 1 : QCM

	A	B	C
Une onde électromagnétique :	Se déplace à la vitesse de $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ dans le vide	Se déplace moins vite qu'une onde sonore	Nécessite un milieu matériel pour se propager
La relation qui relie la fréquence f à la période T est :	$T = \frac{1}{f}$	$f = 1.T$	$f = \frac{1}{T}$
La longueur d'onde d'une onde électromagnétique :	Est inversement proportionnel à sa fréquence	Est sa période spatiale	S'exprime en m/s
La fréquence est souvent représentée par la lettre :	λ	f	ν
La relation reliant la longueur d'onde à la fréquence est :	$f = \frac{1}{T}$	$\lambda = c.T$	$\lambda = \frac{c}{f}$

Exercice 2 : Télécommande de télévision

En cliquant sur les boutons de la télécommande, une onde électromagnétique est émise vers le poste de télévision. On considère une télécommande qui émet une onde de fréquence $\nu = 2,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ vers une télévision placée à une distance $d = 3 \text{ m}$.

1. Calculer la longueur d'onde de l'onde émise.
2. Dans quel domaine se situe l'onde électromagnétique émise par la télécommande ?
3. Quel est le temps nécessaire pour que l'onde atteigne le poste de télévision ? Le résultat sera donné en ns (nanoseconde).
4. Combien de longueurs d'ondes y a-t-il entre la télécommande et la télé ?

1.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2,5 \times 10^{14}} = 1,2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

2.

L'infrarouge IR

3.

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{3}{3 \times 10^8} = 10^{-8} \text{ s}$$

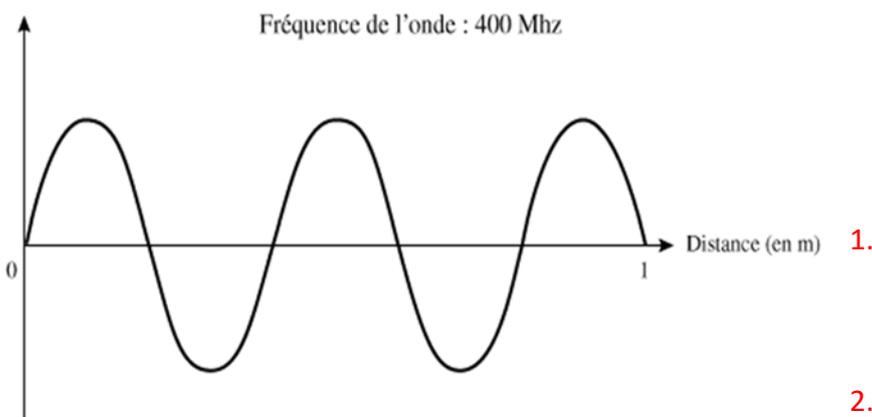
4.

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{3}{1,2 \times 10^{-6}} = 2\,500\,000$$

Il y a 2 500 000 longueur d'onde entre la télécommande et la télé.

Exercice 3 : Représentation d'une OEM

On considère la représentation suivante de l'amplitude d'une onde électromagnétique qui se propage dans un milieu matériel en fonction de la distance :



1. Calculer la longueur d'onde λ .
2. Calculer la période de l'onde T .
3. Calculer la vitesse de propagation de l'onde.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{400 \times 10^6} = 0,75 \text{ m}$$

2.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{400 \times 10^6} = 2,5 \times 10^{-9} \text{ s}$$

3.

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Exercice 4 : Le téléphone mobile

C.1. Le téléphone mobile

Maurice souhaite comprendre la signification des caractéristiques et le fonctionnement de son téléphone mobile. C'est un smartphone, quadri-bande (850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz et 1900 MHz), disposant d'une coque munie d'une batterie et d'un panneau solaire photovoltaïque.

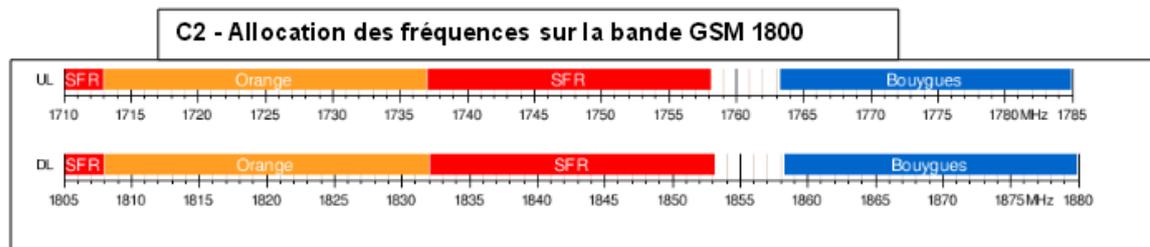
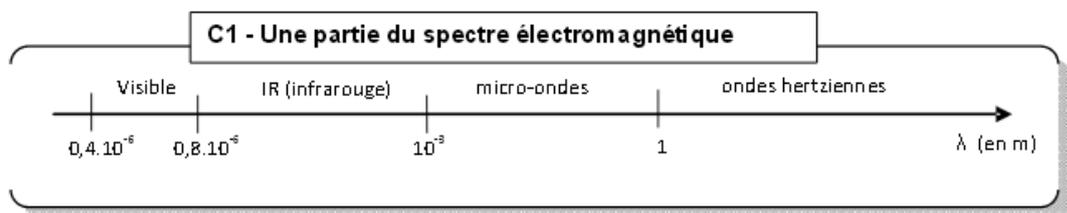
C.1.1. Calculer la longueur d'onde λ de l'onde électromagnétique porteuse si sa fréquence vaut $f = 1820$ MHz du téléphone mobile.

On donne la célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹

C.1.2. En vous aidant de l'annexe C1, indiquer à quel domaine du spectre électromagnétique appartient ce rayonnement. Justifier le fait que certains scientifiques disent qu'une utilisation prolongée du téléphone mobile peut s'accompagner d'effets indésirables.

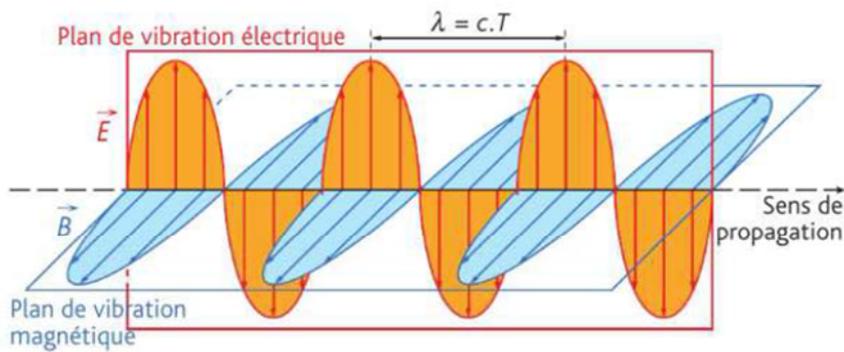
C.1.3. Quel est, d'après l'annexe C2, le nom de l'opérateur téléphonique de Maurice.

ANNEXE C - Les équipements personnels de Maurice



Exercice 5 : Structure d'une OEM

Le schéma ci-dessous représente la propagation d'une onde électromagnétique dans l'espace.

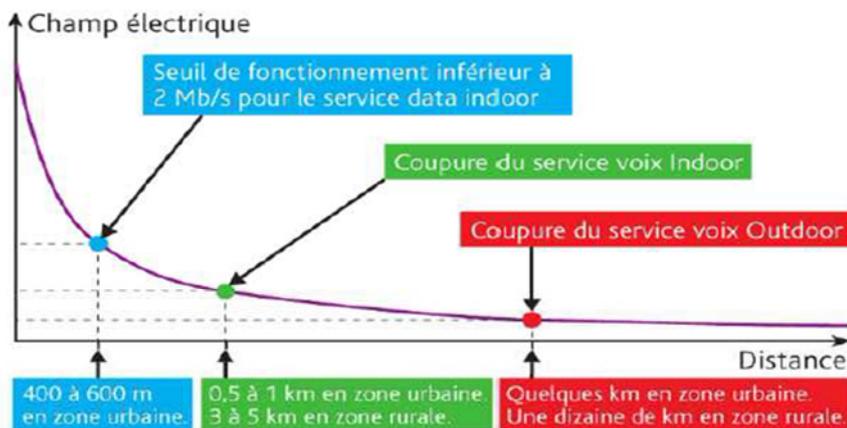


1. Que représente la double flèche horizontale au-dessus du schéma ? Quelle est son unité ?
2. Que représentent les vecteurs \vec{E} et \vec{B} ?
3. Que peut-on dire des caractéristiques de \vec{E} et de \vec{B} ?

1. La longueur d'onde exprimée en mètres (m).
2. E : champ électrique (V/m), B : champ magnétique (Tesla T)
3. E et B sont deux champs perpendiculaires entre eux et à la direction de propagation.

Exercice 6 : Réseau de téléphonie mobile

Sur le site de l'opérateur téléphonique Orange, on trouve la courbe jointe.



1. Selon ce graphique, comment évolue l'intensité du champ électrique d'une onde électromagnétique avec la distance à l'antenne émettrice ?
2. Comment expliquer la différence faite entre les zones urbaines et les zones rurales ?

1. L'intensité diminue avec la distance.
2. En zone urbaine la distance entre les antennes est plus faible donc il y a une meilleure transmission. En zone rurale, les émetteurs sont plus espacés car la demande est moins forte du fait d'une faible densité de population et donc la transmission est moins bonne.

Exercice 7 : Le récepteur G.P.S.

Tout participant à la course possède un récepteur G.P.S. à bord. Le terme « **Global Positioning System (G.P.S.)** » peut être traduit en français par « système de localisation mondial ».

Ce système est basé sur l'utilisation de nombreux satellites (situés à environ 20000 km de la Terre) qui émettent en permanence des ondes sur des fréquences de 1 575,42 MHz (pour le domaine civil) et 1 227,60 MHz (pour le domaine militaire).

Ces ondes électromagnétiques contiennent les informations nécessaires au calcul de la position des satellites. Le récepteur G.P.S. peut, grâce à ces informations, calculer la distance qui le sépare des satellites, et ainsi connaître ses coordonnées.

1. Rappeler la structure d'une onde électromagnétique.

2. Sur le **document réponse**, positionner approximativement les ondes électromagnétiques émises par les satellites du système G.P.S. pour le domaine civil et pour le domaine militaire.

3. Rappeler la relation entre la fréquence f , la longueur d'onde λ et la célérité c d'une onde électromagnétique.

4. Calculer la longueur d'onde λ pour une onde électromagnétique de fréquence $f = 1575,42$ MHz.

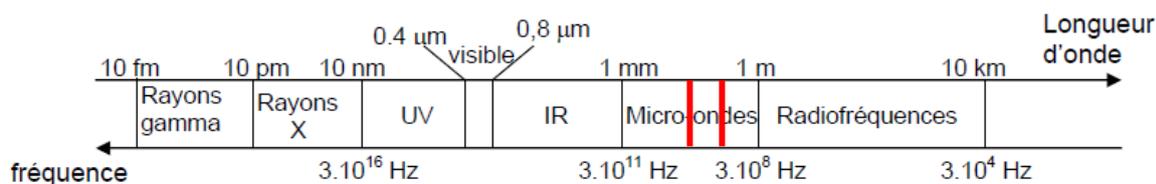
On rappelle la valeur de la célérité : $c = 3,00 \cdot 10^8$ m.s⁻¹

5. Une information envoyée par un des satellites est reçue par le récepteur G.P.S. positionné sur le bateau avec un retard $\Delta t = 70,0$ ms.

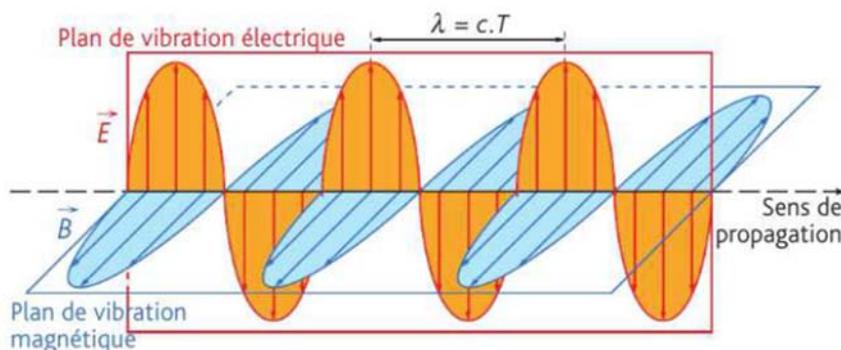
Calculer la distance d séparant le satellite du voilier, et vérifier que cette distance est plausible.

Document réponse

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



1.



2.

3.

$$\lambda = c.T = \frac{c}{f}$$

4.

$$\lambda = c.T = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1575,42 \times 10^6} = 0,19 \text{ m}$$

5.

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow d = v \times t = 3 \times 10^8 \times 70,0 \times 10^{-3} = 2,1 \times 10^7 \text{ m}$$

La nuit ou dans des conditions météorologiques difficiles, la localisation de la tente peut devenir particulièrement utile pour une personne ayant une connaissance limitée du lieu où elle campe. A l'aide d'une télécommande, le randonneur doit pouvoir localiser sa tente qui s'illuminera aussitôt.

Le responsable de projet a sélectionné différents émetteurs. Voici la fiche de mission n°2 qu'il vous a adressée.

- Objectifs :**
- *Choix d'un émetteur pour la télécommande*
 - *Détermination expérimentale de la portée de l'émetteur*

Vous trouverez en Annexe B un dossier d'étude comprenant plusieurs documents. J'ai sélectionné différents émetteurs dans le tableau (B1). Votre travail consiste à nous aider à choisir l'émetteur le plus approprié aux conditions d'utilisation.

B.1 Choix d'un émetteur

B.1.1 Le choix d'un émetteur nécessite la connaissance de la relation $\lambda = \frac{c}{f}$.

- a. Vous donnerez la signification et l'unité de chaque terme présent dans cette relation.
- b. Vous montrerez à partir du document (B1) que les longueurs d'ondes des trois émetteurs sont respectivement :

$$\lambda_1 = 0,882 \mu\text{m} \quad ; \lambda_2 = 6,93 \times 10^5 \mu\text{m} \quad ; \lambda_3 = 1,25 \times 10^5 \mu\text{m} \quad ; \text{avec } c = 3,00 \times 10^8 \text{m.s}^{-1}.$$

B.1.2 En vous aidant de l'article de revue scientifique (B2) :

- a. Vous positionnerez, sans souci d'échelle, les longueurs d'ondes des trois émetteurs sur le document réponse DR4 (page suivante).
- b. Vous préciserez si ces ondes sont suffisamment transmises par l'air.

B.1.3 En observant les caractéristiques de chaque émetteur (B1) vous préciserez s'il y a un avantage à utiliser un émetteur isotrope plutôt qu'un émetteur directif.

B.1.4 A partir de l'article de revue scientifique (B3), vous choisirez l'émetteur le plus adapté à des conditions climatiques difficiles. Vous utiliserez le document réponse DR5 (page suivante) pour appuyer votre argumentation.

Nous avons confié à notre technicien la tâche de déterminer la portée maximale de la télécommande. Pour cela, il a utilisé un mesureur de champ radiofréquence.

Le tableau (B4) regroupe les résultats expérimentaux obtenus.

B.2.1 Vous rappellerez la structure d'une onde électromagnétique. En utilisant le tableau (B4) vous justifierez que l'appareil de mesure détecte un champ électrique.

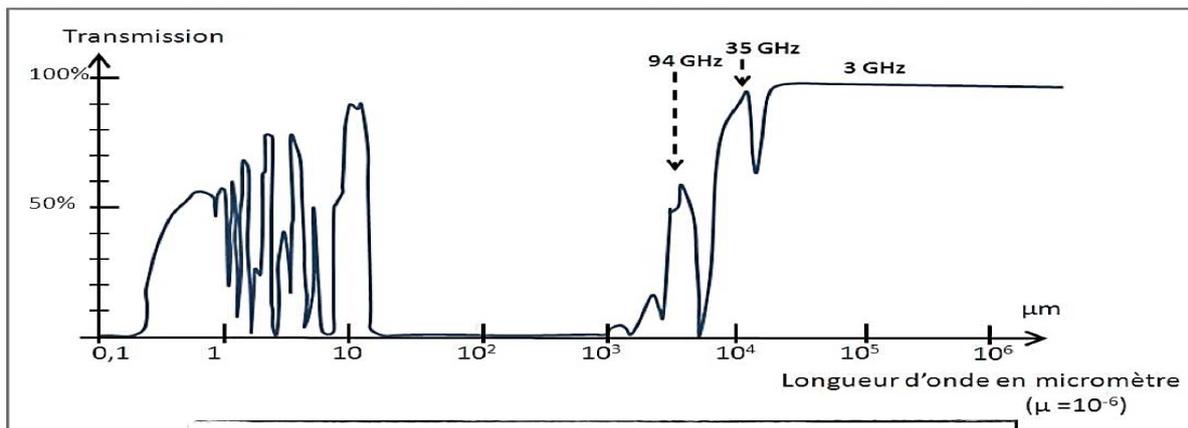
B.2.2 Vous expliquerez en quelques lignes comment notre technicien a procédé pour obtenir ces résultats.

B.2.3 Vous tracerez sur votre calculatrice le graphe représentant l'intensité du champ électrique E en fonction de l'inverse de la distance $\frac{1}{D}$.

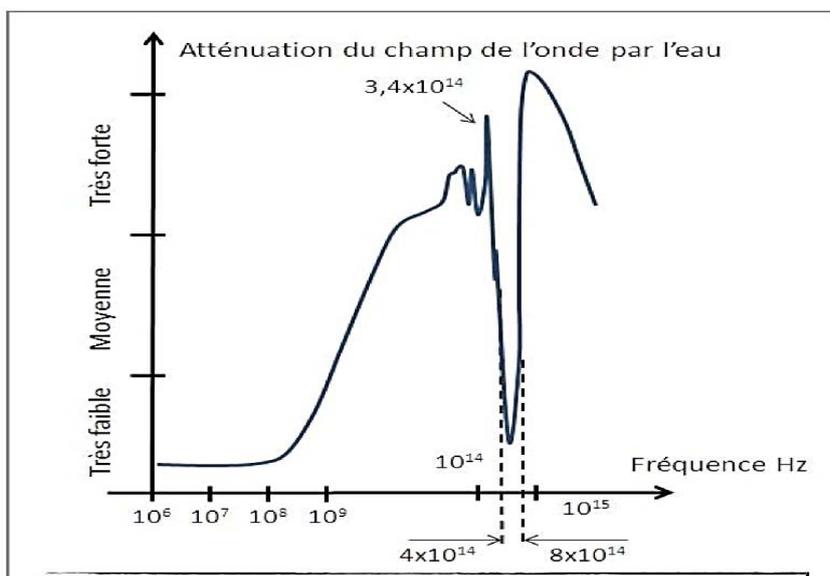
- a. A partir du graphique obtenu, vous justifierez sans calcul que la relation entre le champ électrique E et l'inverse de la distance $\frac{1}{D}$ peut s'écrire $E = k \frac{1}{D}$.
- b. En utilisant votre calculatrice graphique vous déterminerez le coefficient directeur k de cette caractéristique.

B.2.4 Vous déterminerez la portée maximale de la télécommande sachant que le détecteur installé dans le centre de contrôle de la tente est sensible à un champ minimum de $2,5 \times 10^{-3} \text{V.m}^{-1}$.

Document réponse à rendre avec la copie



DR4 - Transmission des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère



DR5 - Atténuation du champ d'une onde électromagnétique par l'eau

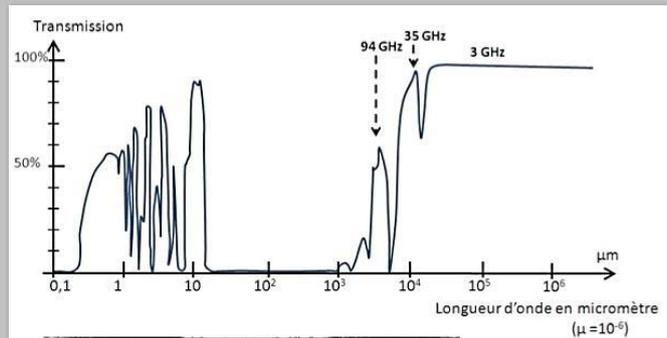
ANNEXE B - Localisation de la tente

	Type d'Emetteur	Fréquence	Puissance	Caractéristique
1	LED Infrarouge	340 THz (T Téra : 10^{12})	25 mW	Le détecteur doit être dans la ligne directe du faisceau émetteur
2	Emetteur RF (radiofréquence)	433 MHz (M Méga : 10^6)	10 mW	Rayonnement isotrope (même intensité dans toutes les directions de l'espace)
3	Emetteur RF (radiofréquence)	2,4 GHz (G Giga : 10^9)	100 mW	Rayonnement isotrope (même intensité dans toutes les directions de l'espace)

B1 - Les différents émetteurs disponibles

La transmission des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère

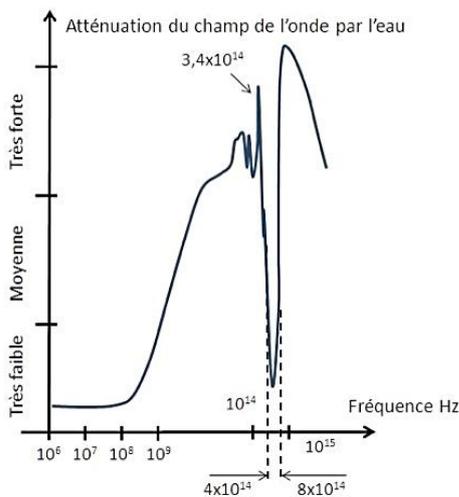
L'atmosphère possède de nombreuses bandes spectrales où elle laisse passer les ondes électromagnétiques. Il y a bien sûr la bande du visible mais aussi de nombreuses bandes de l'infrarouge. Pour les ondes dont les longueurs d'onde sont comprises entre $10\mu\text{m}$ et $10^3\mu\text{m}$, l'atmosphère devient absorbante. Elle redevient transparente dès que les longueurs d'ondes sont supérieures à 3 cm dans la limite de 30 mètres.



B2 - Article de revue scientifique

Ondes et intempéries

L'eau est une substance omniprésente dans l'atmosphère. La pluie absorbe de manière notable les ondes. La végétation, constituée essentiellement d'eau les absorbe également. Par conséquent, le champ de l'onde est atténué. Aux fréquences inférieures à 10^9Hz l'atténuation devient très faible.



B3 - Article de revue scientifique

Cahier de laboratoire

Détermination de la portée d'émission de l'émetteur BC-203A :

Distance (en m)	10	20	40	80	100
Champ E (en $\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$)	$5,5\cdot 10^{-2}$	$2,7\cdot 10^{-2}$	$1,4\cdot 10^{-2}$	$7,0\cdot 10^{-3}$	$5,0\cdot 10^{-3}$

B4 - Résultats expérimentaux sur la portée d'émission