

## Ondes électromagnétiques

Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Ondes | Spectre EM, longueur d'onde, fréquence, applications

### Objectifs du chapitre

- Connaître le spectre des ondes électromagnétiques et ses différents domaines
- Identifier le domaine spectral d'un rayonnement à partir de sa longueur d'onde
- Utiliser la relation  $\lambda = \frac{c}{f}$  entre longueur d'onde, vitesse de la lumière et fréquence
- Citer des sources et détecteurs d'ondes EM dans la vie courante et le domaine professionnel
- Comprendre que les ondes EM permettent de transmettre des informations

**Technicien :** Théo, technicien en énergies renouvelables en 1re année de Bac Pro

**Entreprise :** DiagTherm SARL — diagnostic thermique et audit énergétique

**Mission :** Théo réalise un diagnostic thermique d'un pavillon à l'aide d'une caméra infrarouge. La caméra détecte les rayonnements infrarouges émis par les surfaces du bâtiment et les convertit en image thermique colorée.

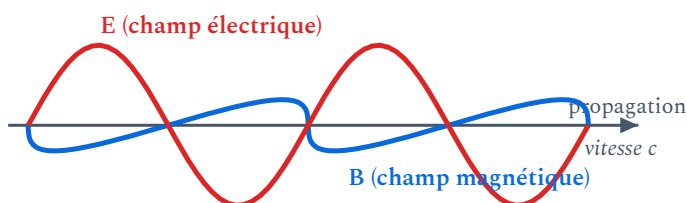
### Questions de Théo :

1. Qu'est-ce qu'un rayonnement infrarouge ? Est-ce de la lumière ?
2. Où se situe l'infrarouge dans le spectre des ondes électromagnétiques ?
3. Pourquoi une caméra infrarouge permet-elle de détecter les déperditions thermiques ?
4. Comment fonctionnent les communications sans fil (wifi, téléphone) utilisées pour transférer les images ?

*Ces questions trouveront une réponse complète au fil de ce chapitre.*

## I. Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique ?

**DÉFINITION** Une **onde électromagnétique** (onde EM) est une perturbation qui se propage dans l'espace en transportant de l'énergie, sans nécessiter de support matériel. Elle est constituée d'un champ électrique et d'un champ magnétique oscillants, perpendiculaires entre eux et perpendiculaires à la direction de propagation.



Une onde EM associe un **champ électrique**  $\vec{E}$  (rouge) et un **champ magnétique**  $\vec{B}$  (bleu) qui oscillent dans deux plans **perpendiculaires**, en se propageant à la vitesse  $c$ .

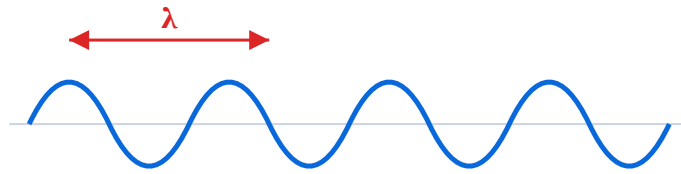
### PROPRIÉTÉS FONDAMENTALES

- Les ondes EM se propagent dans le vide à la **vitesse de la lumière** :  
 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  (300 000 km/s)
- Elles n'ont **pas besoin de milieu matériel** pour se propager (contrairement au son)
- Elles transportent de l'**énergie** et peuvent transmettre des **informations**

## II. Longueur d'onde et fréquence

### 1. La longueur d'onde

**DÉFINITION** La **longueur d'onde**  $\lambda$  (lettre grecque « lambda ») est la distance parcourue par l'onde pendant une période. Elle s'exprime en **mètre** (m).



La **longueur d'onde**  $\lambda$  est la distance entre deux crêtes successives.

## 2. La fréquence

**DÉFINITION** La **fréquence**  $f$  est le nombre d'oscillations par seconde. Elle s'exprime en **hertz** (Hz).

1 kHz =  $10^3$  Hz | 1 MHz =  $10^6$  Hz | 1 GHz =  $10^9$  Hz | 1 THz =  $10^{12}$  Hz

## 3. Relation fondamentale

### Relation longueur d'onde – fréquence

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad f = \frac{c}{\lambda} \quad c = \lambda \times f$$

- $\lambda$  : longueur d'onde en **m**
- $c$  : vitesse de la lumière dans le vide =  $3 \times 10^8$  m/s
- $f$  : fréquence en **Hz**

### ATTENTION

- La longueur d'onde doit être en **mètre** dans la formule. Convertir les nm :  
 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
- Plus la fréquence est **élevée**, plus la longueur d'onde est **courte** (et inversement)
- Les ondes de haute fréquence transportent plus d'énergie que celles de basse fréquence

## APPLICATION

Une télécommande de climatiseur émet à une longueur d'onde de 940 nm. Calculer la fréquence correspondante. On donne  $c = 3 \times 10^8$  m/s.

### MÉTHODE - CALCULER UNE LONGUEUR D'ONDE OU UNE FRÉQUENCE

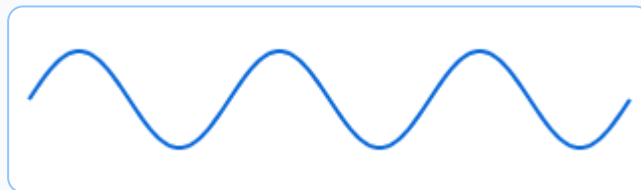
**Exemple :** Une station radio émet à la fréquence  $f = 100$  MHz. Quelle est la longueur d'onde ?

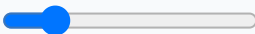
1. Convertir :  $f = 100 \text{ MHz} = 100 \times 10^6 = 10^8 \text{ Hz}$

2. Appliquer :  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{10^8} = 3 \text{ m}$

#### 4. Animation — fréquence et longueur d'onde

Fais varier la fréquence et observe la longueur d'onde  $\lambda = c/f$  et le domaine du spectre correspondant.



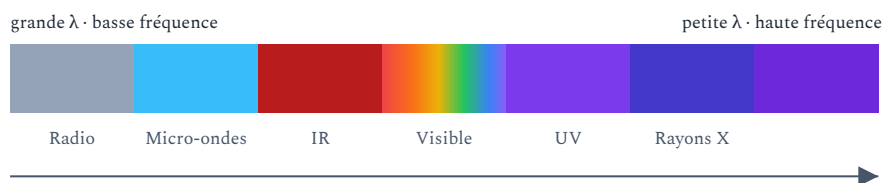
Fréquence :  $10^8$  Hz 

$\lambda = 3.00 \text{ m} \rightarrow$  domaine : **Ondes radio**

## III. Le spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique classe toutes les ondes EM par ordre de longueur d'onde (ou de fréquence). Des rayons gamma aux ondes radio, ce sont toutes des ondes de même nature, seule la longueur d'onde change.

| Domaine                   | Longueur d'onde | Fréquence                                     | Exemples                                |
|---------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Rayons gamma ( $\gamma$ ) | < 0,01 nm       | $> 3 \times 10^{19}$ Hz                       | Radioactivité, médecine nucléaire       |
| Rayons X                  | 0,01 nm – 10 nm | $3 \times 10^{16} - 3 \times 10^{19}$ Hz      | Radiographie, scanner                   |
| Ultraviolets (UV)         | 10 nm – 400 nm  | $7,5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{16}$ Hz    | Soleil, lampe UV, stérilisation         |
| Visible                   | 400 nm – 800 nm | $3,75 \times 10^{14} - 7,5 \times 10^{14}$ Hz | Lumière perçue par l'oeil               |
| Infrarouge (IR)           | 800 nm – 1 mm   | $3 \times 10^{11} - 3,75 \times 10^{14}$ Hz   | Chaleur, caméra thermique, télécommande |
| Micro-ondes               | 1 mm – 30 cm    | $10^9 - 3 \times 10^{11}$ Hz                  | Four micro-ondes, radar, wifi, 5G       |
| Ondes hertziennes (radio) | > 30 cm         | < $10^9$ Hz                                   | Radio FM/AM, TV, RFID                   |



Toutes ces ondes sont de **même nature** ; seule la longueur d'onde change — le visible n'en est qu'une fine bande.

**PROPRIÉTÉ** Le **domaine visible** est la seule partie du spectre EM perceptible par l'oeil humain. Il va du violet (400 nm) au rouge (800 nm) en passant par le bleu, le vert, le jaune et l'orange.

### Ordre du spectre (longueur d'onde croissante)

Gamma  $\rightarrow$  Rayons X  $\rightarrow$  UV  $\rightarrow$  **Violet – Bleu – Vert – Jaune – Orange – Rouge**  $\rightarrow$  IR  $\rightarrow$  Micro-ondes  $\rightarrow$  Ondes radio

$\uparrow$  Haute fréquence, haute énergie

Basse fréquence, basse énergie  $\uparrow$

## IV. Sources, détecteurs et applications

### 1. Sources et détecteurs

| Domaine      | Sources                     | Détecteurs                             |
|--------------|-----------------------------|----------------------------------------|
| Rayons gamma | Noyaux radioactifs          | Compteur Geiger                        |
| Rayons X     | Tube à rayons X             | Film radiographique, capteur numérique |
| UV           | Soleil, lampe UV            | Capteur UV, peau (coup de soleil)      |
| Visible      | Soleil, ampoule, LED, laser | Oeil, capteur photo (CCD/CMOS)         |
| Infrarouge   | Tout corps chaud, radiateur | Caméra thermique, thermomètre IR       |
| Micro-ondes  | Magnétron, antenne          | Antenne, récepteur                     |
| Ondes radio  | Antenne émettrice           | Antenne réceptrice, radio              |

### 2. Applications dans le domaine du chauffage et de l'énergie

#### APPLICATION 1 - THERMOGRAPHIE INFRAROUGE

La **caméra infrarouge** détecte les rayonnements infrarouges ( $\lambda$  de 8 à 14  $\mu\text{m}$ , soit 8 000 à 14 000 nm) émis par les surfaces. Tout corps dont la température est supérieure au zéro absolu (-273 °C) émet des infrarouges. Plus un objet est chaud, plus il émet d'infrarouges.

Un installateur thermique utilise la thermographie pour :

- Détecter les **déperditions thermiques** d'un bâtiment (ponts thermiques, défauts d'isolation)
- Localiser les **fuites** dans un plancher chauffant
- Vérifier le bon fonctionnement des **radiateurs** (zones froides = air ou boue)
- Contrôler les **panneaux solaires** (cellules défectueuses apparaissent plus chaudes)

## APPLICATION 2 - COMMUNICATIONS SANS FIL

Les techniciens chauffagistes utilisent quotidiennement des appareils communicants :

| Technologie  | Fréquence           | $\lambda$        | Usage                                         |
|--------------|---------------------|------------------|-----------------------------------------------|
| Wifi         | 2,4 GHz / 5 GHz     | 12,5 cm / 6 cm   | Connexion internet des régulations connectées |
| Bluetooth    | 2,4 GHz             | 12,5 cm          | Connexion téléphone – appareil de mesure      |
| Téléphone 4G | 700 MHz – 2,6 GHz   | 43 cm – 11,5 cm  | Communication, envoi de données               |
| Téléphone 5G | 3,5 GHz / 26 GHz    | 8,6 cm / 1,15 cm | Connexion très haut débit                     |
| RFID         | 13,56 MHz / 860 MHz | 22 m / 35 cm     | Badges d'accès, suivi de stock                |

## APPLICATION 3 - TÉLÉCOMMANDE INFRAROUGE

La télécommande d'un climatiseur envoie un signal infrarouge ( $\lambda \approx 940 \text{ nm}$ ) vers le récepteur de l'appareil. Ce rayonnement est **invisible à l'œil** (l'infrarouge est au-delà du rouge visible). On peut le voir avec un appareil photo de smartphone.

Calcul de la fréquence :

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{940 \times 10^{-9}} = 3,19 \times 10^{14} \text{ Hz} \approx 319 \text{ THz}$$

## V. Ondes EM et transmission d'informations

**PROPRIÉTÉ** Les ondes électromagnétiques permettent de **transmettre des informations à distance**, sans fil, à la vitesse de la lumière. L'information est codée dans les variations (modulation) de l'onde.

Les systèmes de régulation modernes des installations de chauffage utilisent les ondes EM pour :

- La **communication sans fil** entre la chaudière et le thermostat d'ambiance (ondes radio, environ 868 MHz)
- La **connexion internet** pour le pilotage à distance (wifi, 4G)
- Le **relevé de compteurs** à distance (ondes radio basse fréquence)
- Les **capteurs connectés** (température, pression, débit) qui transmettent en Bluetooth ou wifi

#### APPLICATION

Un réseau wifi émet à 2,4 GHz. Calculer la longueur d'onde correspondante et préciser dans quel domaine du spectre électromagnétique ce rayonnement se trouve.

#### MÉTHODE - IDENTIFIER LE DOMAINE SPECTRAL D'UN RAYONNEMENT

1. Lire la longueur d'onde ou la fréquence dans l'énoncé
2. Convertir en mètre si nécessaire
3. Comparer aux bornes du spectre :
  - $\lambda < 10 \text{ nm}$  : rayons X ou gamma
  - $10 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$  : ultraviolet
  - $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$  : visible
  - $800 \text{ nm} < \lambda < 1 \text{ mm}$  : infrarouge
  - $1 \text{ mm} < \lambda < 30 \text{ cm}$  : micro-ondes
  - $\lambda > 30 \text{ cm}$  : ondes radio

## L'essentiel à retenir

- Une **onde EM** se propage dans le vide à la vitesse  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Relation fondamentale :  $\lambda = \frac{c}{f}$
- Le **spectre EM** va des rayons gamma (courte  $\lambda$ , haute énergie) aux ondes radio (grande  $\lambda$ , basse énergie)
- Le **domaine visible** (400 – 800 nm) est la seule partie perceptible par l'oeil
- L'**infrarouge** est utilisé en thermographie pour détecter les déperditions thermiques
- Les **micro-ondes** et ondes radio servent aux communications sans fil (wifi, 4G, Bluetooth)
- Les ondes EM permettent de **transmettre des informations** à distance

## VI. Erreurs fréquentes

**ERREUR**  
1

Oublier de convertir nm en m avant le calcul

Dans  $\lambda = c/f$ , la longueur d'onde doit être en mètres. Si on utilise des nm directement, le résultat est faux d'un facteur  $10^9$ .  
Conversion :  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ . Toujours vérifier les unités avant d'appliquer la formule.

**ERREUR**  
2

Croire que l'infrarouge est de la chaleur et non une onde

L'infrarouge est une onde électromagnétique (comme la lumière visible), pas de la chaleur. Ce que nous ressentons comme "chaleur rayonnante" résulte de l'absorption du rayonnement infrarouge par notre peau, qui se convertit en énergie thermique. La caméra thermique détecte le rayonnement IR, pas directement la chaleur.

**ERREUR**  
3

Confondre fréquence élevée et

C'est l'inverse : fréquence et longueur d'onde sont *inversement proportionnelles* ( $\lambda = c/f$ ). Une fréquence élevée correspond à

|                                       |                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>grande<br/>longueur<br/>d'onde</b> | une longueur d'onde courte (rayons gamma, UV). Une fréquence basse correspond à une grande longueur d'onde (ondes radio). La haute fréquence = haute énergie. |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**ERREUR  
4**

**Penser que  
la lumière  
visible est  
la seule  
onde EM**

La lumière visible ne représente qu'une infime partie du spectre électromagnétique (400–800 nm). Les rayons X, les UV, les infrarouges, les micro-ondes et les ondes radio sont toutes des ondes de même nature (EM) mais de longueurs d'onde différentes. La plupart sont invisibles à l'oeil humain.

Première Bac Pro ICCER – Groupement 1 | Physique-Chimie – Chapitre 10 | maths-sciences-pro.fr

**Simulation interactive**

[Spectre électromagnétique](#)

# Ondes électromagnétiques

Exercices | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Spectre EM, longueur d'onde, fréquence, applications

[Socle](#)[Standard](#)[Approfondissement](#)[Tout voir](#)[Objectifs du chapitre](#)[cliquer pour développer](#)

## Rappels du cours

- **Relation fondamentale :**  $\lambda = \frac{c}{f}$  avec  $c = 3 \times 10^8$  m/s
- **Spectre EM :** gamma  $\rightarrow$  X  $\rightarrow$  UV  $\rightarrow$  **Visible** (400–800 nm)  $\rightarrow$  IR  $\rightarrow$  micro-ondes  $\rightarrow$  radio
- **Conversions :** 1 nm =  $10^{-9}$  m ; 1 MHz =  $10^6$  Hz ; 1 GHz =  $10^9$  Hz

## Exercices guidés pas à pas

### EXERCICE 1 Classer les domaines du spectre

SOCLE

Compléter le tableau en identifiant le domaine spectral de chaque rayonnement :

| Longueur d'onde                 | Domaine | Visible par l'oeil ? |
|---------------------------------|---------|----------------------|
| 550 nm                          | ...     | ...                  |
| 10 000 nm (= 10 $\mu\text{m}$ ) | ...     | ...                  |
| 300 nm                          | ...     | ...                  |
| 12 cm                           | ...     | ...                  |
| 3 m                             | ...     | ...                  |
| 700 nm                          | ...     | ...                  |

*Mes calculs :*

---

---

---

## EXERCICE 2 Calcul de longueur d'onde – Guidé

SOCLE

Une station de radio FM émet à la fréquence  $f = 100 \text{ MHz}$ .

1. Convertir la fréquence en Hz :

$$f = 100 \text{ MHz} = 100 \times \dots = \dots \text{ Hz}$$

2. Calculer la longueur d'onde :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{\dots} = \dots \text{ m}$$

3. Ce rayonnement est-il visible ? Dans quel domaine du spectre se situe-t-il ?

*Mes calculs :*

---

---

---

### EXERCICE 3 Calcul de fréquence – Guidé

SOCLE

La lumière verte a une longueur d'onde  $\lambda = 550 \text{ nm}$ .

1. Convertir en mètre :

$$\lambda = 550 \text{ nm} = 550 \times 10^{-9} = \dots \text{ m}$$

2. Calculer la fréquence :

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{\dots} = \dots \text{ Hz}$$

3. Exprimer cette fréquence en THz ( $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$ ).

*Mes calculs :*

---

---

---

## Exercices d'application

### EXERCICE 4 Caméra infrarouge – Thermographie

STANDARD

Un technicien chauffagiste utilise une caméra infrarouge pour détecter les déperditions thermiques d'un pavillon. La caméra est sensible aux longueurs d'onde comprises entre  $8\text{ }\mu\text{m}$  et  $14\text{ }\mu\text{m}$ .

1. Convertir ces longueurs d'onde en mètre, puis en nm.
2. Dans quel domaine du spectre EM se situent-elles ?
3. Calculer les fréquences correspondant aux bornes  $8\text{ }\mu\text{m}$  et  $14\text{ }\mu\text{m}$ .
4. Pourquoi un mur mal isolé apparaît-il en couleur chaude (rouge/jaune) sur l'image thermique ?
5. Citer deux autres applications professionnelles de la thermographie infrarouge dans le domaine du chauffage.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

**EXERCICE 5** Communications sans fil sur chantier**STANDARD**

Un installateur thermique utilise différents appareils sur un chantier. Calculer la longueur d'onde pour chacun et identifier le domaine spectral :

| Appareil                       | Fréquence | $\lambda$ (à calculer) | Domaine |
|--------------------------------|-----------|------------------------|---------|
| Wifi du thermostat connecté    | 2,4 GHz   | ...                    | ...     |
| Téléphone portable 4G          | 800 MHz   | ...                    | ...     |
| Télécommande IR du climatiseur | 320 THz   | ...                    | ...     |
| Badge RFID d'accès au chantier | 13,56 MHz | ...                    | ...     |

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

## EXERCICE 6 Spectre visible et couleurs

STANDARD

Le domaine visible s'étend de 400 nm (violet) à 800 nm (rouge).

1. Calculer la fréquence de la lumière violette ( $\lambda = 400 \text{ nm}$ ) et de la lumière rouge ( $\lambda = 800 \text{ nm}$ ).
2. Quelle couleur a la fréquence la plus élevée ? Et l'énergie la plus élevée ?
3. Un laser de pointeur utilisé lors d'une présentation émet à  $\lambda = 532 \text{ nm}$ . De quelle couleur est ce laser ? Calculer sa fréquence.
4. Les LED de signalisation d'une chaudière émettent à 630 nm (état normal) et 470 nm (mode connecté). Identifier les couleurs.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

### EXERCICE 7 Diagnostic thermique complet (HP : loi de Wien)

#### APPROFONDISSEMENT

Un technicien de maintenance énergétique effectue un audit thermique complet d'un immeuble. Il utilise une caméra infrarouge dont le capteur est sensible dans la bande 7,5 à 13,5  $\mu\text{m}$ .

1. Calculer les fréquences correspondant aux bornes de la bande de sensibilité.
2. (*Hors programme — culture scientifique*) La loi de Wien indique que la longueur d'onde du maximum d'émission d'un corps est :  $\lambda_{\text{max}} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{T}$  (avec  $T$  en kelvin,  $T(K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$ ). Calculer  $\lambda_{\text{max}}$  pour :
  - Un mur extérieur à 5  $^{\circ}\text{C}$
  - Un mur intérieur à 20  $^{\circ}\text{C}$
  - Un tuyau de chauffage à 60  $^{\circ}\text{C}$
3. Ces longueurs d'onde sont-elles dans la bande de sensibilité de la caméra ?
4. Un pont thermique apparaît à 12  $^{\circ}\text{C}$  sur le mur intérieur (au lieu de 20  $^{\circ}\text{C}$ ). Calculer le  $\lambda_{\text{max}}$  correspondant. La caméra peut-elle le détecter ?
5. Expliquer pourquoi on réalise les thermographies de bâtiment de préférence en hiver et la nuit.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

---

## EXERCICE 8 Réseau sans fil – Portée et fréquence

### APPROFONDISSEMENT

Un technicien CVC installe un système de régulation connectée dans un immeuble de bureaux. Il doit choisir entre deux technologies wifi :

- Wifi 2,4 GHz : portée d'environ 50 m en intérieur
- Wifi 5 GHz : portée d'environ 20 m en intérieur

1. Calculer la longueur d'onde pour chaque fréquence.
2. Quelle technologie a la longueur d'onde la plus grande ?
3. En général, les ondes de plus grande longueur d'onde traversent mieux les obstacles (murs, cloisons). Expliquer pourquoi le wifi 2,4 GHz a une meilleure portée en intérieur.
4. Le thermostat connecté est à 35 m de la box internet, séparé par 3 cloisons. Quelle fréquence wifi recommanderiez-vous ? Justifier.
5. Un signal wifi met combien de temps pour parcourir 35 m ? Comparer au temps de réaction humain (~200 ms).

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

---

## EXERCICE 9 Panneau solaire et spectre solaire (HP : énergie d'un photon)

### APPROFONDISSEMENT

Un installateur de panneaux solaires sait que le Soleil émet dans tout le spectre EM, mais que les panneaux photovoltaïques ne captent que certaines longueurs d'onde.

Données :

- Les cellules au silicium captent les photons de  $\lambda$  entre 300 nm et 1 100 nm
- Le maximum d'émission du Soleil est à environ 500 nm
- (*Hors programme — culture scientifique*) L'énergie d'un photon :  $E = \frac{h \times c}{\lambda}$  avec  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

1. Quels domaines du spectre EM sont couverts par la plage 300 – 1 100 nm ?
2. Calculer l'énergie d'un photon de longueur d'onde 500 nm.
3. Calculer l'énergie d'un photon infrarouge à 1 100 nm. Comparer.
4. Expliquer pourquoi les photons de  $\lambda > 1\,100 \text{ nm}$  ne sont pas captés par le silicium (leur énergie est insuffisante pour libérer un électron dans le semi-conducteur).
5. Le maximum d'émission solaire (500 nm) est-il dans la plage de captation ?  
Commenter l'adéquation du silicium pour capter l'énergie solaire.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

---



# Ondes électromagnétiques

Ondes électromagnétiques | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1)

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)**Durée**

55 minutes

**Barème**

20 points

**Documents**

Non autorisés

**Calculatrice**

Autorisée

**DONNÉES**  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  |  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$  |  $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$  |  $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$  |  
 $1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$

SOCLE

### EXERCICE 1 Le spectre électromagnétique 7 points

1. Citer les 7 domaines du spectre EM dans l'ordre des longueurs d'onde croissantes. (2 pts)
2. Quel est le seul domaine visible par l'oeil humain ? Donner ses bornes en nm. (1,5 pt)
3. Relier chaque application à son domaine spectral : (2 pts)

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Caméra thermique      | ... |
| Radio FM              | ... |
| Radiographie médicale | ... |
| Four micro-ondes      | ... |

4. Toutes les ondes EM se propagent dans le vide à la même vitesse. Quelle est cette vitesse ? (1,5 pt)

**EXERCICE 2** Calculs guidés **7 points**

Formule :  $\lambda = \frac{c}{f}$  avec  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

1. Un thermostat connecté communique en wifi à la fréquence  $f = 2,4 \text{ GHz}$ . (3 pts)

a) Convertir en Hz :  $f = 2,4 \times \dots = \dots \text{ Hz}$

b) Calculer  $\lambda$  :  $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{\dots} = \dots \text{ m}$

c) Dans quel domaine du spectre se situe ce rayonnement ?

2. La lumière rouge d'un voyant de chaudière a une longueur d'onde  $\lambda = 650 \text{ nm}$ . (3 pts)

a) Convertir en mètre :  $\lambda = 650 \times \dots = \dots \text{ m}$

b) Calculer la fréquence :  $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{\dots} = \dots \text{ Hz}$

c) Ce rayonnement est-il visible ? Justifier.

3. Comparer les longueurs d'onde du wifi et du voyant rouge. Laquelle est la plus grande ? (1 pt)

**EXERCICE 3** QCM **6 points**

*(1 pt par question)*

1. Une onde électromagnétique peut se propager :  
a) uniquement dans l'air    b) uniquement dans l'eau    c) dans le vide
2. Quand la fréquence augmente, la longueur d'onde :  
a) augmente    b) diminue    c) ne change pas
3. L'infrarouge est utilisé pour :  
a) la radiographie    b) la thermographie    c) la radio FM
4. La vitesse de la lumière dans le vide est :  
a) 300 km/s    b) 300 000 km/s    c) 300 000 000 km/s
5. Le wifi utilise des ondes :  
a) infrarouges    b) micro-ondes    c) ultraviolettes
6. Les ondes EM permettent de :  
a) transmettre de la matière    b) transmettre des informations    c) transmettre du son directement

**Total : 20 points**

**STANDARD**

### EXERCICE 1 Thermographie d'un bâtiment 8 points

Un technicien chauffagiste réalise un diagnostic thermique à l'aide d'une caméra infrarouge sensible entre 8 et 14  $\mu\text{m}$ . Il observe que les zones mal isolées apparaissent en rouge sur l'image thermique.

1. Convertir les bornes de sensibilité de la caméra en mètre et en nm. (1,5 pt)
2. Dans quel domaine du spectre EM se situent ces longueurs d'onde ? (1 pt)
3. Calculer les fréquences correspondantes. (2 pts)
4. Expliquer pourquoi un mur mal isolé émet plus d'infrarouges qu'un mur bien isolé. (1,5 pt)
5. La télécommande du climatiseur émet à  $\lambda = 940 \text{ nm}$ . Calculer sa fréquence. La caméra thermique peut-elle détecter ce signal ? Justifier. (2 pts)

### EXERCICE 2 Appareils connectés sur un chantier 7 points

Sur un chantier, un installateur thermique utilise les appareils suivants :

- Téléphone 4G :  $f = 1\,800 \text{ MHz}$
- Thermostat sans fil :  $f = 868 \text{ MHz}$
- Bluetooth du multimètre :  $f = 2,4 \text{ GHz}$

1. Calculer la longueur d'onde pour chaque appareil. (3 pts)
2. Identifier le domaine spectral de chaque appareil. (1,5 pt)
3. Classer ces trois ondes par longueur d'onde croissante. (1 pt)
4. Expliquer en une phrase comment ces ondes permettent la transmission d'informations. (1,5 pt)

**EXERCICE 3** Questions de cours **5 points**

1. Donner la relation entre longueur d'onde, fréquence et vitesse de la lumière. Préciser les unités. (2 pts)
2. Quelles sont les bornes du domaine visible en longueur d'onde ? Donner les couleurs extrêmes. (1,5 pt)
3. Citer une application professionnelle des ondes infrarouges dans le métier de technicien chauffagiste. (1,5 pt)

Total : 20 points

APPROFONDISSEMENT

**EXERCICE 1** Audit thermique et loi de Wien**10 points**

Un technicien de maintenance énergétique réalise un diagnostic thermique. Sa caméra IR est sensible entre 7,5 et 13  $\mu\text{m}$ . La loi de Wien donne la longueur d'onde du maximum d'émission d'un corps à la température  $T$  (en kelvin) :

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

1. Calculer  $\lambda_{\text{max}}$  pour une façade de bâtiment à 8  $^{\circ}\text{C}$  et pour un tuyau de chauffage à 65  $^{\circ}\text{C}$ . (2 pts)
2. Ces deux longueurs d'onde sont-elles dans la plage de sensibilité de la caméra ? (1 pt)
3. Calculer les fréquences correspondantes. (2 pts)
4. Un pont thermique apparaît à une température de surface de 14  $^{\circ}\text{C}$  (au lieu de 20  $^{\circ}\text{C}$  pour le reste du mur). Calculer l'écart de  $\lambda_{\text{max}}$  entre la zone saine et le pont thermique. (2,5 pts)
5. Expliquer pourquoi la thermographie est un outil essentiel pour les professionnels de l'installation thermique. Citer au moins trois usages concrets. (2,5 pts)

## EXERCICE 2 Choix d'un réseau sans fil 6 points

Un installateur thermique doit connecter une régulation de chauffage à distance. Il hésite entre trois technologies :

- LoRa (réseau longue portée) :  $f = 868 \text{ MHz}$ , portée 5 km en ville
- Wifi :  $f = 2,4 \text{ GHz}$ , portée 50 m en intérieur
- 5G :  $f = 3,5 \text{ GHz}$ , portée 500 m en ville

1. Calculer la longueur d'onde pour chaque technologie. (2 pts)
2. Classer ces technologies par fréquence croissante, puis par portée décroissante. Quelle tendance observe-t-on ? (2 pts)
3. L'installation se trouve dans un bâtiment à 2 km de la chaufferie centrale. Quelle technologie conviendrait le mieux ? Justifier. (2 pts)

## EXERCICE 3 Questions de synthèse 4 points

1. Montrer que si la fréquence double, la longueur d'onde est divisée par 2. (1,5 pt)
2. Un signal wifi met combien de temps pour faire le tour de la Terre (circonférence : 40 000 km) ? Comparer au temps mis par le son (vitesse du son : 340 m/s). (2,5 pts)

Total : 20 points