

Ondes électromagnétiques

Première Bac Pro ERA-MA (Grpt 3) | Physique – Ondes | Spectre électromagnétique

Objectifs du chapitre

- Connaître la relation entre longueur d'onde, fréquence et célérité : $\lambda = \frac{c}{f}$
- Décrire le spectre électromagnétique et ses différents domaines
- Identifier des sources et détecteurs d'ondes EM dans la vie courante
- Situer le domaine visible dans le spectre

Situation professionnelle — Séchage UV et éclairage LED dans l'atelier

Un menuisier agenceur utilise deux technologies dans son atelier : une lampe UV pour le séchage rapide de vernis en 3 secondes et des LED pour l'éclairage. Ces deux sources émettent des ondes électromagnétiques de longueurs d'onde très différentes.

Comprendre le spectre électromagnétique permet de choisir les bons équipements, d'utiliser les protections adaptées et d'intégrer des solutions domotiques (capteurs IR, Wi-Fi) dans les projets d'agencement.

1. Situation professionnelle

Contexte : Séchage UV de vernis en atelier

Un menuisier agenceur utilise une lampe UV pour le séchage rapide de vernis sur des panneaux de bois. Ce type de séchage utilise des **rayons ultraviolets**, une onde électromagnétique invisible à l'oeil nu, pour polymériser (durcir) le vernis en quelques secondes au lieu de plusieurs heures. Comprendre la nature de ces ondes et les précautions à prendre est essentiel pour travailler en sécurité.

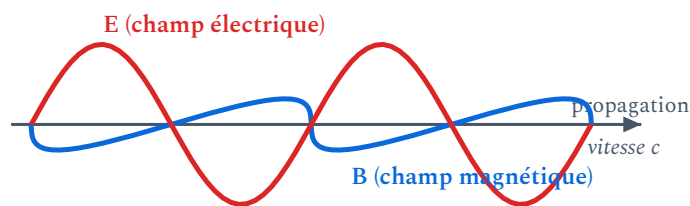
Les ondes électromagnétiques sont omniprésentes dans les métiers de l'agencement :

- Séchage UV de vernis et colles (ultraviolets)
- Détecteurs IR de mouvement dans les projets de domotique et d'agencement intérieur
- Communication Wi-Fi et Bluetooth sur les chantiers (micro-ondes)
- Télécommandes infrarouges pour l'éclairage et les stores
- Puces RFID pour le suivi des pièces en production

2. Nature des ondes électromagnétiques

2.1. Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique ?

DÉFINITION Une **onde électromagnétique** (OEM) 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 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 .

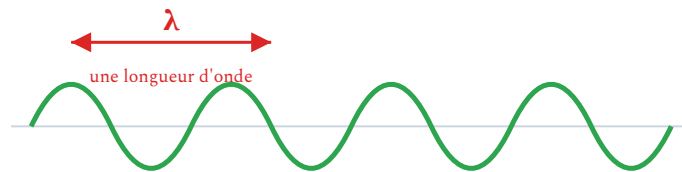
PROPRIÉTÉ

- Les ondes EM se propagent dans le vide et dans certains milieux matériels
- Dans le **vide**, toutes les ondes EM se propagent à la même vitesse : la **vitesse de la lumière** $c = 3 \times 10^8$ m/s
- Elles transportent de l'**énergie** (c'est ainsi que le Soleil nous éclaire et nous chauffe)

2.2. Caractéristiques d'une onde EM

DÉFINITIONS

- La **longueur d'onde** λ (lambda) est la distance parcourue par l'onde pendant une période. Elle s'exprime en **mètres (m)**
- La **fréquence** f est le nombre d'oscillations par seconde. Elle s'exprime en **hertz (Hz)**
- La **période** T est la durée d'une oscillation : $T = \frac{1}{f}$. Elle s'exprime en **secondes (s)**



La **longueur d'onde** λ se lit sur l'onde : c'est la distance entre deux **crêtes successives** (une oscillation complète).

Relation fondamentale

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

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

ATTENTION

- Plus la fréquence est grande, plus la longueur d'onde est petite (et inversement)
- Les longueurs d'onde sont souvent exprimées en nanomètres (nm) pour le domaine visible : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
- Les fréquences peuvent être très grandes : on utilise les préfixes kHz (10^3), MHz (10^6), GHz (10^9), THz (10^{12})

APPLICATION

Une lampe UV utilisée pour le séchage de vernis en atelier émet des rayons de longueur d'onde 365 nm. Calculer la fréquence de ces rayons ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$).

Exemple : Fréquence du Wi-Fi

Le Wi-Fi fonctionne à une fréquence de 2,4 GHz.

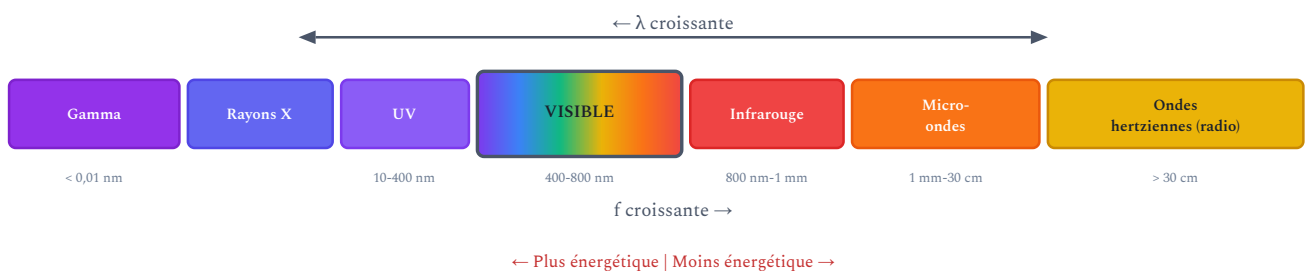
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2,4 \times 10^9} = 0,125 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$$

C'est une micro-onde de 12,5 cm de longueur d'onde.

3. Le spectre électromagnétique

3.1. Les différents domaines

Le spectre électromagnétique classe les ondes EM par ordre de longueur d'onde (ou de fréquence) croissante :

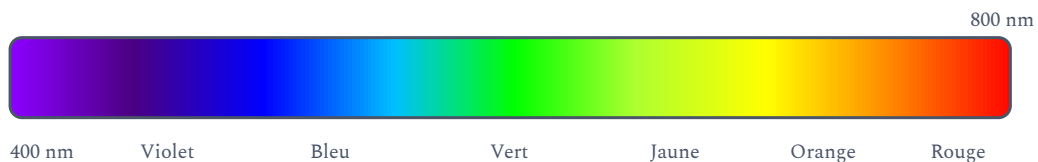


3.2. Tableau récapitulatif

Domaine	Longueur d'onde	Sources	Détecteurs	Applications
Gamma (γ)	< 0,01 nm	Noyaux radioactifs	Compteur Geiger	Médecine (radiothérapie)
Rayons X	0,01 – 10 nm	Tube à rayons X	Film photo, capteur	Radiographie, contrôle
Ultraviolets (UV)	10 – 400 nm	Soleil, lampes UV	Capteur UV	Séchage vernis, stérilisation
Visible	400 – 800 nm	Soleil, lampes, LED	Oeil, capteur CCD	Éclairage, vision
Infrarouge (IR)	800 nm – 1 mm	Corps chauds, LED IR	Capteur IR, caméra thermique	Télécommande, détection
Micro-ondes	1 mm – 30 cm	Magnétron, antenne	Antenne réceptrice	Wi-Fi, Bluetooth, four
Ondes radio	> 30 cm	Émetteur radio, antenne	Antenne, récepteur radio	Radio FM, TV, RFID

4. Le domaine visible

DÉFINITION Le **domaine visible** est la partie du spectre électromagnétique que l'oeil humain peut percevoir. Il s'étend d'environ **400 nm** (violet) à **800 nm** (rouge).



Couleur	Longueur d'onde (nm)	Fréquence (THz)
Violet	400 – 450	670 – 750
Bleu	450 – 495	605 – 670
Vert	495 – 570	525 – 605
Jaune	570 – 590	510 – 525
Orange	590 – 620	485 – 510
Rouge	620 – 800	375 – 485

Exemple : Longueur d'onde d'une LED verte

Une LED verte émet à une longueur d'onde de 530 nm. Calculons sa fréquence.

$$\lambda = 530 \text{ nm} = 530 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{530 \times 10^{-9}} = 5,66 \times 10^{14} \text{ Hz} = 566 \text{ THz}$$

5. Applications professionnelles

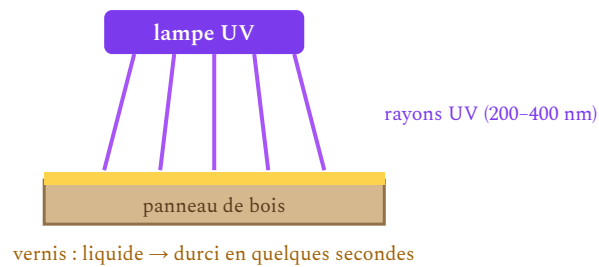
5.1. Séchage UV de vernis

Comment fonctionne le séchage UV ?

Le vernis UV contient des **photo-initiateurs** qui réagissent sous l'action des rayons ultraviolets. Lorsque le vernis est exposé à une lampe UV (longueur d'onde 200-400 nm), les photo-initiateurs déclenchent une réaction de polymérisation rapide : le vernis durcit en quelques secondes.

Avantages : séchage en 2-5 secondes (au lieu de 4-8 heures), finition dure et résistante, pas de solvant volatil.

Précautions : porter des lunettes de protection anti-UV, ne pas regarder la lampe directement, protéger la peau.



Les rayons UV déclenchent la polymérisation du vernis : il **durcit en quelques secondes** au lieu de plusieurs heures.

5.2. Détecteurs IR en domotique

Un aménageur d'intérieur installe souvent des **détecteurs de mouvement infrarouge** dans les projets d'agencement domotique. Ces capteurs détectent le rayonnement infrarouge émis par les corps chauds (personnes) et déclenchent l'éclairage ou l'alarme.



Le **détecteur IR** capte le rayonnement infrarouge d'un corps chaud (une personne) et déclenche l'éclairage : aucune onde visible n'est nécessaire.

5.3. Communication sans fil

Technologie	Fréquence	λ	Usage sur chantier
Wi-Fi	2,4 / 5 GHz	12,5 / 6 cm	Connexion tablette / plans numériques
Bluetooth	2,4 GHz	12,5 cm	Casque antibruit connecté
RFID	13,56 MHz / 868 MHz	22 m / 35 cm	Suivi de pièces en production
Téléphone 4G/5G	700 MHz – 3,5 GHz	43 cm – 8,6 cm	Communication sur chantier

6. Méthode de calcul

APPLICATION

Un aménageur d'intérieur installe un détecteur infrarouge de mouvement ($\lambda = 10 \mu\text{m} = 10 \times 10^{-6} \text{ m}$). Dans quel domaine du spectre se situe cette onde ? Calculer sa fréquence.

MÉTHODE

Calculer λ , f ou c

À partir de $\lambda = \frac{c}{f}$, on peut isoler chaque grandeur :

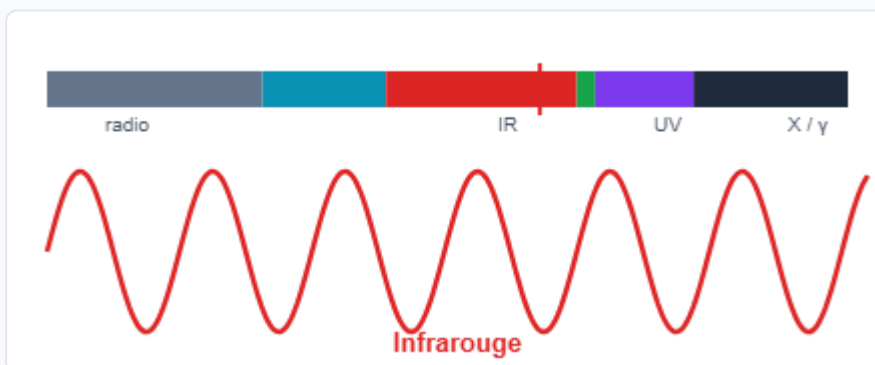
- Longueur d'onde : $\lambda = \frac{c}{f}$
- Fréquence : $f = \frac{c}{\lambda}$
- Vérification : $c = \lambda \times f$

Attention aux unités :

λ en m, f en Hz, c en m/s.

Relation longueur d'onde \leftrightarrow fréquence ($\lambda = c/f$)

Toutes les ondes électromagnétiques voyagent à $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Plus la fréquence est élevée, plus la longueur d'onde est courte. Déplace le curseur dans le spectre :



Fréquence (log) : $f \approx 10^{14.0} \text{ Hz}$

$\lambda = c/f = 3.0 \mu\text{m} \rightarrow$ domaine : Infrarouge

7. Résumé du chapitre

À retenir

- Les ondes EM se propagent dans le vide à $c = 3 \times 10^8$ m/s
- Relation fondamentale : $\lambda = \frac{c}{f}$
- Le spectre EM va des rayons gamma (très courte λ , très haute f) aux ondes radio (grande λ , basse f)
- Le domaine visible : 400 nm (violet) à 800 nm (rouge)
- Plus la fréquence est élevée, plus l'onde est énergétique (et potentiellement dangereuse)

Grandeur	Formule	Unités
Longueur d'onde	$\lambda = c/f$	m
Fréquence	$f = c/\lambda$	Hz
Période	$T = 1/f$	s

8. Erreurs fréquentes

✗ Oublier de convertir les nanomètres en mètres

Calculer $f = c/\lambda$ avec λ en nm au lieu de m donne un résultat milliards de fois trop petit. Il faut λ en mètres.

Conseil : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. Toujours convertir avant de calculer.

✗ Confondre longueur d'onde et fréquence

Plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence est petite (et inversement). Les ondes radio ont une grande longueur d'onde et une basse fréquence ; les rayons gamma ont une très petite longueur d'onde et une très haute fréquence.

Conseil : λ et f sont inversement proportionnels ($\lambda = c/f$) — l'un augmente quand l'autre diminue.

✘ Situer incorrectement le domaine visible

Le domaine visible s'étend de 400 nm (violet) à environ 800 nm (rouge). Ce n'est qu'une toute petite partie du spectre électromagnétique total.

Conseil : retenir violet = 400 nm = fréquence haute, rouge = 800 nm = fréquence basse. Au-delà du rouge : infrarouge (invisible).

✘ Croire que les ondes EM nécessitent un support matériel

Contrairement aux ondes sonores ou aux vagues, les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide (c'est ainsi que la lumière du Soleil nous parvient).

Conseil : seules les ondes mécaniques (son, vague) ont besoin d'un support — les ondes EM se propagent dans le vide.

Première Bac Pro ERA-MA – Groupement 3 | Physique-Chimie – Chapitre 9 | maths-sciences-pro.fr

Simulation interactive

[Spectre électromagnétique](#)

Ondes électromagnétiques

Exercices | Première Bac Pro ERA-MA – Groupement 3

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

Rappels du cours

- $\lambda = \frac{c}{f}$ avec $c = 3 \times 10^8$ m/s
- Domaine visible : 400 nm (violet) à 800 nm (rouge)
- 1 nm = 10^{-9} m ; 1 GHz = 10^9 Hz ; 1 THz = 10^{12} Hz
- Spectre EM : gamma – X – UV – visible – IR – micro-ondes – radio

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Calcul de longueur d'onde SOCLE

Une station de radio émet à la fréquence $f = 100 \text{ MHz} = 100 \times 10^6 \text{ Hz}$.

a) Écris la formule : $\lambda = \frac{\dots}{\dots}$

b) Remplace par les valeurs : $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{\dots} = \dots \text{ m}$

c) À quel domaine du spectre EM appartient cette onde ?

Mes calculs :

EXERCICE 2 Identifier le domaine

SOCLE

Relie chaque longueur d'onde au bon domaine :

Longueur d'onde	Domaine
550 nm	...
300 nm	...
10 cm	...
1 μm (= 1 000 nm)	...
2 m	...

Domaines à placer : Visible – UV – Micro-ondes – IR – Ondes radio

Mes calculs :

EXERCICE 3 Calcul de fréquence **SOCLE**

Une lampe UV utilisée pour le séchage de vernis émet à une longueur d'onde $\lambda = 350$ nm.

a) Convertis en mètres : $350 \text{ nm} = 350 \times 10^{\dots} \text{ m} = \dots \text{ m}$

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

c) Cette onde est-elle visible ? Pourquoi ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 4 Lampe UV d'atelier STANDARD

Un ébéniste utilise une lampe UV pour le séchage de vernis. La lampe émet principalement à deux longueurs d'onde : 254 nm et 365 nm.

- Calcule la fréquence correspondant à chaque longueur d'onde.
- Laquelle de ces deux ondes est la plus énergétique ? Justifie.
- Ces ondes sont-elles visibles ? À quel domaine du spectre appartiennent-elles ?
- Pourquoi le port de lunettes de protection est-il obligatoire ?

Mes calculs :

EXERCICE 5 Communication sans fil sur chantier

STANDARD

Sur un chantier d'agencement, le chef d'équipe utilise un talkie-walkie à 446 MHz et le Wi-Fi à 5 GHz pour accéder aux plans sur sa tablette.

- a) Calcule la longueur d'onde du talkie-walkie.
- b) Calcule la longueur d'onde du Wi-Fi 5 GHz.
- c) À quel domaine du spectre appartient chaque onde ?
- d) Laquelle des deux ondes traverse le mieux les murs ? Justifie à l'aide de la longueur d'onde.

Mes calculs :

EXERCICE 6 Détecteur IR de mouvement **STANDARD**

Un installateur d'agencement pose un détecteur de mouvement infrarouge dans un couloir. Le capteur est sensible aux ondes de longueur d'onde comprise entre $8\ \mu\text{m}$ et $14\ \mu\text{m}$.

- a) Convertis ces longueurs d'onde en mètres.
- b) Calcule les fréquences correspondantes.
- c) Le corps humain émet un maximum de rayonnement IR vers $10\ \mu\text{m}$. Vérifie que cette longueur d'onde est dans la plage de sensibilité du capteur.
- d) Pourquoi le capteur ne détecte-t-il pas les objets froids (meubles, murs) ?

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 7 Spectre d'une LED blanche

APPROFONDISSEMENT

Un fabricant de meubles utilise des bandeaux LED pour l'éclairage intégré dans les vitrines. La LED blanche émet dans le domaine visible, avec un pic principal à 450 nm (bleu) et un large spectre de 500 à 700 nm (phosphore jaune-vert).

- Calcule la fréquence du pic bleu à 450 nm.
- Calcule les fréquences limites de la bande 500-700 nm.
- HP** La puissance lumineuse de la LED est de 3 W. L'énergie d'un photon est donnée par $E = h \times f$ avec $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s. Calcule l'énergie d'un photon bleu à 450 nm.
- HP** Combien de photons bleus la LED émet-elle par seconde si toute la puissance était concentrée à 450 nm ?

Questions c) et d) hors-programme : la notion de photon et la relation $E = h f$ ne sont pas exigibles en Bac Pro. Elles sont proposées en ouverture vers le BTS.

Mes calculs :

EXERCICE 8 Système RFID en production

APPROFONDISSEMENT

Une entreprise de fabrication de meubles utilise un système RFID (Radio Frequency Identification) pour suivre les pièces en production. Le système utilise deux fréquences :

- HF (haute fréquence) : 13,56 MHz — pour les puces collées sur les pièces
- UHF (ultra haute fréquence) : 868 MHz — pour la lecture à distance

a) Calcule la longueur d'onde de chaque fréquence.

b) La portée de lecture est d'environ 10 cm en HF et 10 m en UHF. Propose une explication qualitative de cette différence.

c) Le système UHF peut lire 200 étiquettes par seconde. Chaque lecture envoie un signal de durée 5 ms. Pendant cette durée, combien de longueurs d'onde l'onde parcourt-elle ?

d) L'atelier mesure 50 m × 30 m. Un lecteur UHF a une portée de 10 m. Combien de lecteurs faut-il installer au minimum pour couvrir toute la surface ?

Mes calculs :

EXERCICE 9 Problème de synthèse (type BTS)

APPROFONDISSEMENT

Un architecte d'intérieur conçoit un système d'éclairage intelligent pour un showroom de mobilier. Le système utilise :

- Des LED RGB (rouge 630 nm, vert 530 nm, bleu 470 nm)
- Un contrôleur Wi-Fi (2,4 GHz) pour la commande à distance
- Des capteurs de présence IR (10 μm)

- a) Calcule la fréquence de chaque LED. Vérifie qu'elles sont toutes dans le domaine visible.
- b) Classe les trois LED par ordre de fréquence croissante de l'onde émise. Justifie sans calcul.
- c) **HP** Le signal Wi-Fi a une puissance de 100 mW (0,1 W). Calcule l'énergie d'un photon Wi-Fi et compare-la à celle d'un photon bleu ($E = h \times f$, $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s).
- d) Explique pourquoi le Wi-Fi n'est pas dangereux pour la santé alors que les UV le sont, bien que les deux soient des ondes EM.
- e) Le showroom mesure 20 m de long. Combien de temps met la lumière pour le traverser ? Combien de temps met le signal Wi-Fi ?

Question c) hors-programme : la notion de photon et la relation $E = h f$ ne sont pas exigibles en Bac Pro (ouverture vers le BTS).

Mes calculs :

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

SOCLE

DS - Niveau Socle (durée : 30 min)

Exercice 1 - Questions de cours (8 pts)

- a) Complète la formule : $\lambda = \frac{\dots}{\dots}$ (1 pt)
- b) Quelle est la vitesse de la lumière dans le vide ? $c = \dots$ m/s (1 pt)
- c) Le domaine visible s'étend de ... nm à ... nm (1 pt)
- d) Classe les domaines suivants du plus énergétique au moins énergétique : (2 pts)
Infrarouge - Ultraviolet - Visible - Ondes radio
- e) Cite deux applications des ondes infrarouges dans la vie courante. (1 pt)
- f) Cite deux applications des micro-ondes. (1 pt)
- g) Pourquoi faut-il se protéger les yeux face à une lampe UV ? (1 pt)

Exercice 2 – Calcul guidé (12 pts)

Un téléphone portable émet à une fréquence de 900 MHz = 900×10^6 Hz.

a) Écris la formule de la longueur d'onde : $\lambda = \frac{\dots}{\dots}$ (2 pts)

b) Remplace : $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{\dots}$ (2 pts)

c) Calcule : $\lambda = \dots$ m (2 pts)

d) Convertis en cm : $\lambda = \dots$ cm (2 pts)

e) À quel domaine du spectre EM cette onde appartient-elle ? (2 pts)

f) Le Wi-Fi émet à 2,4 GHz. Sans calculer, sa longueur d'onde est-elle plus grande ou plus petite que celle du téléphone ? (2 pts)

STANDARD

DS - Niveau Standard (durée : 45 min)

Exercice 1 – Cours (6 pts)

a) Donne la relation entre longueur d'onde, fréquence et célérité. Précise les unités. (2 pts)

b) Cite les 7 domaines du spectre EM par ordre de longueur d'onde croissante. (2 pts)

c) Quelle propriété distingue les ondes EM des ondes sonores concernant leur propagation ? (2 pts)

Exercice 2 – Séchage UV en menuiserie (7 pts)

Un menuisier agenceur utilise une lampe UV émettant à 385 nm pour sécher un vernis.

- a) Convertis 385 nm en mètres. (1 pt)
- b) Calcule la fréquence de cette onde. (2 pts)
- c) Cette onde est-elle visible ? Justifie. (1 pt)
- d) La lampe émet aussi une faible lumière violette visible. Donne un encadrement de la longueur d'onde de cette lumière violette. (1 pt)
- e) Le fabricant de vernis indique que le séchage optimal nécessite une longueur d'onde entre 365 et 405 nm. La lampe est-elle adaptée ? (2 pts)

Exercice 3 – Technologies sans fil (7 pts)

Un technicien d'agencement installe un système domotique comprenant :

- Des capteurs de température Bluetooth (2,4 GHz)
- Un routeur Wi-Fi (5 GHz)
- Des volets roulants commandés par radio (433 MHz)

- a) Calcule la longueur d'onde de chaque signal. (3 pts)
- b) Classe ces trois technologies par ordre de longueur d'onde croissante. (1 pt)
- c) Pour chaque technologie, indique le domaine du spectre EM. (1,5 pts)
- d) Laquelle de ces trois technologies a la meilleure portée à travers les murs ? Justifie. (1,5 pts)

APPROFONDISSEMENT

DS - Niveau Approfondissement (durée : 55 min)

Exercice 1 - Conception d'éclairage LED (10 pts)

Un architecte d'intérieur conçoit l'éclairage d'un showroom de mobilier. Il utilise des LED de trois couleurs pour créer des ambiances :

- LED bleue : $\lambda = 460 \text{ nm}$
- LED verte : $\lambda = 525 \text{ nm}$
- LED rouge : $\lambda = 640 \text{ nm}$

Données : $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $E = h \times f$

- Calcule la fréquence de chaque LED. (3 pts)
- Calcule l'énergie d'un photon pour chaque couleur. (3 pts)
- Chaque LED a une puissance de 1 W. Calcule le nombre de photons émis par seconde par chaque LED. (2 pts)
- La LED bleue est souvent citée comme potentiellement dangereuse pour la rétine en cas d'exposition prolongée. Explique pourquoi en utilisant les résultats précédents. (2 pts)

Exercice 2 – Système de sécurité par IR et radio (10 pts)

Un installateur d'agencement met en place un système de sécurité dans un magasin de mobilier. Le système comprend :

- 4 détecteurs IR passifs (sensibilité 8-14 μm , portée 12 m, angle 110°)
- 1 centrale d'alarme reliée par radio à 868 MHz
- 1 caméra IP connectée en Wi-Fi 2,4 GHz

Le magasin est un rectangle de 25 m \times 15 m.

- Calcule la longueur d'onde du signal radio de la centrale et du Wi-Fi de la caméra. (2 pts)
- La surface couverte par un détecteur IR peut être modélisée par un secteur circulaire de rayon 12 m et d'angle 110° . Calcule cette surface. (2 pts)
- Calcule la surface totale du magasin. Les 4 détecteurs suffisent-ils à couvrir toute la surface ? (2 pts)
- Le corps humain à 37°C émet un maximum d'IR à environ 9,3 μm . Calcule la fréquence correspondante. (2 pts)
- La caméra Wi-Fi transmet une image toutes les 40 ms. La taille d'une image est de 2 Mo (= 2×10^6 octets = 16×10^6 bits). Calcule le débit nécessaire en Mbit/s. Le Wi-Fi 2,4 GHz (débit max 150 Mbit/s) est-il suffisant ? (2 pts)