

Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

Décrire la lumière comme une onde (longueur d'onde λ , fréquence ν),

comme un flux de **photons** d'énergie $E = h\nu$,

et lire un diagramme de niveaux d'énergie.



1 Quatre parties, une vraie progression

Le cours essentiel, des méthodes pas à pas, un QCM de tête et des exercices corrigés. On part du spectre des ondes électromagnétiques, on arrive au spectre d'un atome, lu sur son diagramme de niveaux d'énergie.

2 « Les erreurs qui coûtent des points »

Dans chaque partie, les erreurs classiques du chapitre, en X / ✓, avec le réflexe qui les évite. Et le barème d'une question type, décrypté sur un exemple.

3 Rien que le programme officiel

Les capacités exigibles de la rubrique, et pas une de plus. **Tu sais pourquoi tu travailles chaque exercice.**

4 L'essentiel pour réviser

Le formulaire des cartes sur une page, la table des domaines et des constantes du pack, et les plans de réponse de chaque type de question.

4

parties
progressives

16

exercices corrigés
pas à pas

14

cartes
repères

8

méthodes
pas à pas

Conforme au programme de **physique-chimie de première générale, enseignement de spécialité** - annexe de l'arrêté du 17 janvier 2019, B.O. spécial n° 1 du 22 janvier 2019. Thème « Ondes et signaux », partie « 2. La lumière : images et couleurs, modèles ondulatoire et particulaire », sous-partie « **B) Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière** ». Un test de positionnement en page 3 t'indique par où commencer.

« Une onde qui se compte en photons,
un atome qui choisit ses couleurs. »

Génies des Sciences

Méthodes & entraînement · Lycée

www.geniesdessciences.com

16 Le spectre de raies d'un atome :

a est le même pour tous les atomes

b est caractéristique de cet atome

c dépend de la couleur de la lampe

d je ne sais pas

QUESTIONS	PARTIE	SI TU RATES L'UNE D'ELLES...
1 à 4	1	les ondes électromagnétiques, leur spectre et la relation $\lambda = c/\nu$
5 à 8	2	le photon, l'énergie $E = h\nu$ et l'électronvolt
9 à 12	3	les niveaux d'énergie, l'émission, l'absorption et $\Delta E = hc/\lambda$
13 à 16	4	les spectres de raies d'émission et d'absorption

★ **Comment lire ton résultat**

Les réponses sont en tête des corrigés, page 25 : ne les consulte qu'une fois tes seize réponses écrites. Une réponse « je ne sais pas » ou fausse compte pour une question non sue.

14 à 16 bonnes réponses : enchaîne les quatre parties dans l'ordre, en te concentrant sur les exercices ★★★. **9 à 13 :** commence par les parties où une question est restée sans bonne réponse, puis reprends les autres.

8 ou moins : fais les quatre parties dans l'ordre, sans en sauter une seule : le pack est construit pour ce parcours complet.

Le conseil du prof

Ce test n'est pas une note, c'est une boussole. Son seul but est de te dire où passer ton temps en premier : inutile de reprendre une partie que tu maîtrises déjà, mieux vaut la garder pour la fin.

C'est pour cela que l'honnêteté compte plus que le score : une réponse devinée au hasard qui tombe juste t'enverrait sauter une partie que tu ne sais pas vraiment faire. Si tu hésites, coche « je ne sais pas » : **le test travaille pour toi, pas contre toi.**



Note bien tes seize réponses sur une feuille avant d'ouvrir les corrigés : en les comparant d'un coup, tu verras tout de suite les parties à reprendre, au lieu de corriger question par question. Et garde cette feuille : après avoir travaillé le pack, refaire le test est une façon simple de mesurer ce que tu as gagné. Une question qui te prend plus qu'un instant de réflexion est déjà le signe que la partie correspondante mérite d'être retravaillée.





Le conseil du prof

Avant de situer une onde, écris sa longueur d'onde en **mètre**, en écriture scientifique. Comparer 2,0 m, 12 cm et 600 nm sans les mettre dans la même unité est le piège le plus courant de cette partie.

3 Les méthodes, pas à pas

MÉTHODE

1 Identifier le domaine d'une onde

1 Je repère la grandeur donnée.

Une longueur d'onde, ou une fréquence.

2 Je la convertis en mètre, en écriture scientifique.

Les nanomètres et les centimètres passent d'abord en mètre.

3 Je place cette longueur d'onde sur l'échelle du spectre.

Si on m'a donné une fréquence, je calcule d'abord $\lambda = c/\nu$.

4 Je lis le domaine.

Celui dans lequel tombe la longueur d'onde.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

Un réseau wifi émet une onde de longueur d'onde $\lambda = 0,12$ m. À quel domaine appartient-elle ?

La longueur d'onde est déjà en mètre :

$$\lambda = 0,12 \text{ m} = 1,2 \times 10^{-1} \text{ m}.$$

Sur l'échelle, cette valeur, proche de 10^{-1} m, tombe dans le domaine des **micro-ondes**, entre les ondes radio ($\lambda > 1$ m) et l'infrarouge.

2 Calculer une fréquence ou une longueur d'onde

1 J'écris la formule littérale.

$\nu = c/\lambda$ pour une fréquence, $\lambda = c/\nu$ pour une longueur d'onde.

2 Je convertis la longueur d'onde en mètre.

La célérité c est en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: la longueur d'onde doit être en mètre.

3 Je remplace par les valeurs, avec leurs unités.

Je soigne les puissances de dix.

4 J'écris le résultat à trois chiffres significatifs,

avec son unité, le hertz ou le mètre.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

Une lumière a pour longueur d'onde $\lambda = 500$ nm. Calculer sa fréquence, avec $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Je convertis : $\lambda = 500 \text{ nm} = 5,00 \times 10^{-7} \text{ m}$. Puis j'applique la formule : $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{5,00 \times 10^{-7} \text{ m}} =$

$$6,00 \times 10^{14} \text{ Hz}.$$

Dans l'autre sens, une onde radio de fréquence $\nu = 1,00 \times 10^8 \text{ Hz}$ a pour longueur d'onde $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{1,00 \times 10^8 \text{ Hz}} = 3,00 \text{ m}.$

TROIS CHIFFRES SIGNIFICATIFS ET ÉCRITURE SCIENTIFIQUE, EN BREF

Les **chiffres significatifs** d'un résultat se comptent à partir du premier chiffre autre que zéro, de gauche à droite. Ainsi 6,00 en compte trois, et 4,29 aussi.

Arrondir à trois chiffres significatifs : on garde les trois premiers chiffres significatifs, puis on regarde le chiffre juste après. S'il vaut 5 ou plus, on augmente de 1 le dernier chiffre gardé ; sinon on le laisse tel quel.

Écriture scientifique : un nombre écrit $a \times 10^n$, avec un seul chiffre non nul avant la virgule. Elle est indispensable ici, où les fréquences valent couramment 10^{14} Hz et les longueurs d'onde 10^{-7} m . Pour diviser, on divise les mantisses et on soustrait les exposants :

$$\frac{3,00 \times 10^8}{5,00 \times 10^{-7}} = 0,600 \times 10^{15} = 6,00 \times 10^{14}.$$



4 Les erreurs qui coûtent des points

LES PIÈGES CLASSIQUES

1 Multiplier au lieu de diviser dans $\lambda = c/\nu$

X « $\lambda = c \times \nu$ » · ✓ $\lambda = \frac{c}{\nu}$, et $\nu = \frac{c}{\lambda}$. La célérité se partage entre longueur d'onde et fréquence : leur **produit** vaut c , donc chacune est le quotient de c par l'autre. Multiplier donnerait un nombre immense et une unité impossible.

Le réflexe : contrôle l'unité : des $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ divisés par des $\text{Hz} (= \text{s}^{-1})$ donnent bien des mètres.

2 Oublier de convertir les nanomètres en mètres

X calculer $\nu = \frac{c}{500}$ avec λ laissé en nanomètre · ✓ d'abord $\lambda = 500 \text{ nm} = 5,00 \times 10^{-7} \text{ m}$, puis $\nu = \frac{c}{\lambda}$. La célérité est en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: toutes les longueurs doivent être en mètre, sinon la fréquence est faussée d'un facteur un milliard.

Le réflexe : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. Écris la longueur d'onde en mètre avant de toucher à la calculatrice.

3 Croire que grande longueur d'onde veut dire grande fréquence

X « les rayons gamma ont une grande longueur d'onde et une grande fréquence » · ✓ les rayons gamma ont une **petite** longueur d'onde et une **grande** fréquence. Puisque $\nu = c/\lambda$, longueur d'onde et fréquence varient en **sens inverse**.

Le réflexe : relis l'échelle : la longueur d'onde diminue de gauche à droite, la fréquence augmente dans le même mouvement.

5 Le QCM express

DE TÊTE, SANS CALCULATRICE

1. Les rayons X et la lumière visible sont-ils de même nature ?
2. Dans quel milieu toutes les ondes électromagnétiques avancent-elles à la célérité c ?
3. Range par longueur d'onde décroissante : ondes radio, lumière visible, rayons X.
4. Quelle relation lie λ , ν et c ?
5. Quelle est l'unité de la fréquence ?
6. Si la longueur d'onde augmente, la fréquence augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?
7. Entre quelles longueurs d'onde s'étend la lumière visible ?
8. Les micro-ondes ont-elles une longueur d'onde plus grande ou plus petite que la lumière visible ?

Cache cette ligne pendant que tu réponds. **Réponses** : 1. oui, ce sont deux ondes électromagnétiques - 2. le vide - 3. ondes radio, puis visible, puis rayons X - 4. $\lambda = c/\nu$ - 5. le hertz (Hz) - 6. elle diminue (sens inverse) - 7. de 400 nm à 700 nm environ - 8. plus grande

6 Exercices

DU PLUS SIMPLE AU PLUS COSTAUD

Exercice 1 Cinq ondes à situer

★★★★□

Données. Échelle du spectre : ondes radio ($\lambda > 1 \text{ m}$), micro-ondes, infrarouge, visible (400 à 700 nm), ultraviolet, rayons X, rayons gamma, par longueur d'onde décroissante.

1. Donner le domaine de chacune des ondes suivantes, de longueur d'onde : $2,0 \text{ m}$; $3,0 \times 10^{-2} \text{ m}$; $6,0 \times 10^{-7} \text{ m}$; $5,0 \times 10^{-8} \text{ m}$; $1,0 \times 10^{-12} \text{ m}$.
2. Laquelle de ces ondes a la plus grande fréquence ? Justifier à l'aide de la relation entre longueur d'onde et fréquence.
3. Ranger ces cinq ondes par longueur d'onde croissante.
4. Une onde a une longueur d'onde de 550 nm . À quel domaine appartient-elle, et quelle est sa couleur approximative ?
5. Un élève affirme que la lumière visible occupe la plus grande partie du spectre. Expliquer pourquoi c'est faux.



Les corrigés détaillés

La rédaction modèle est à gauche, les remarques du correcteur à droite. Compare **ta rédaction**, pas seulement tes résultats : le correcteur note le raisonnement qu'il peut suivre, pas seulement la valeur finale.

Les réponses du test de positionnement (page 3)

1. a - 2. c - 3. a - 4. b - 5. c - 6. b - 7. a - 8. b - 9. c - 10. b - 11. a - 12. b - 13. a - 14. c - 15. a - 16. b



Comment lire un corrigé

Chaque réponse est écrite comme sur une copie : la donnée utilisée, la formule littérale, l'application numérique avec les unités, puis la conclusion. Quand ta réponse diffère de la mienne, cherche **où** les deux chemins se séparent : c'est ce point précis qu'il faut retravailler, pas l'exercice entier. Avant de comparer, relis ta copie avec la liste de vérifications de la page 34.

Les résultats sont arrondis à trois chiffres significatifs. Les constantes employées : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ et $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Exercice 1 Cinq ondes à situer

- On place chaque longueur d'onde sur l'échelle (F4) : $2,0 \text{ m} \rightarrow$ **ondes radio** ;
 $3,0 \times 10^{-2} \text{ m} \rightarrow$ **micro-ondes** ; $6,0 \times 10^{-7} \text{ m} \rightarrow$ **visible** (soit 600 nm) ;
 $5,0 \times 10^{-8} \text{ m} \rightarrow$ **ultraviolet** ; $1,0 \times 10^{-12} \text{ m} \rightarrow$ **rayons gamma**.
- La plus grande fréquence est celle de la plus petite longueur d'onde, car $\nu = c/\lambda$ (F3) : c'est l'onde à $1,0 \times 10^{-12} \text{ m}$, dans les rayons gamma.
- Par longueur d'onde croissante :
 $1,0 \times 10^{-12} \text{ m}$, $5,0 \times 10^{-8} \text{ m}$, $6,0 \times 10^{-7} \text{ m}$, $3,0 \times 10^{-2} \text{ m}$, $2,0 \text{ m}$.
- 550 nm est dans le **domaine visible**, autour du vert.
- Le visible ne couvre que de 400 à 700 nm, soit moins d'un millièmètre de l'échelle qui s'étend du mètre au picomètre : **c'est une fenêtre étroite**, pas la plus grande partie du spectre.

Une seule unité pour comparer

Les cinq longueurs d'onde sont déjà en mètre, en écriture scientifique : on les compare par leur exposant. C'est le geste de base pour situer une onde.

Petite longueur d'onde, grande fréquence

La question 2 se répond sans calcul : comme $\nu = c/\lambda$, la plus petite longueur d'onde donne la plus grande fréquence. Les deux varient en sens inverse.

Exercice 2 Des longueurs d'onde aux fréquences

- La fréquence est le quotient de la célérité par la longueur d'onde (F3), avec
 $\lambda = 6,00 \times 10^{-7} \text{ m} : \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{6,00 \times 10^{-7} \text{ m}} = 5,00 \times 10^{14} \text{ Hz}$.
- Avec $\lambda = 4,00 \times 10^{-7} \text{ m} : \nu = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{4,00 \times 10^{-7} \text{ m}} = 7,50 \times 10^{14} \text{ Hz}$.
- Avec $\lambda = 1,0 \text{ m} : \nu = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{1,0 \text{ m}} = 3,00 \times 10^8 \text{ Hz}$.
- La plus grande fréquence est celle de la lumière violette, $7,50 \times 10^{14} \text{ Hz}$: c'était prévisible, car elle a la plus petite longueur d'onde des trois.
- La relation est $\lambda = c/\nu$: la longueur d'onde est le quotient de la célérité par la fréquence.

La conversion d'abord

600 nm devient $6,00 \times 10^{-7} \text{ m}$ avant tout calcul : la célérité est en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, la longueur d'onde doit être en mètre.

Diviser les puissances de dix

Pour $\frac{3,00 \times 10^8}{6,00 \times 10^{-7}}$, on divise les mantisses ($3,00/6,00 = 0,500$) et on soustrait les exposants ($8 - (-7) = 15$) :
 $0,500 \times 10^{15} = 5,00 \times 10^{14}$.

