

Première Spécialité Physique-Chimie	Thème : Ondes et signaux	M. GINEYS / M. KUNST-MEDICA	
<b>Chapitre 8 : Ondes et particules</b>		Cours livre p 341 à 344	

**Nom : ..... Prénom : ..... Classe : .....**

## Mon livret « plan de travail et parcours d'exercices ».

*A remettre au professeur le jour du DS avec les feuilles d'exercices*

**Site internet : <http://www.lasallesciences.com>**

### Les « attendus » du chapitre

Bilan	Mon opinion après avoir réalisé les exercices	Avis du professeur après le DS
<b>Cours et AE 8.1 : Modèles de la lumière</b>		
Utiliser une échelle de fréquences ou de longueurs d'onde pour identifier un domaine spectral.		
Citer l'ordre de grandeur des fréquences ou des longueurs d'onde des ondes électromagnétiques utilisées dans divers domaines d'application (imagerie médicale, optique visible, signaux wifi, micro-ondes, etc.).		
Utiliser l'expression donnant l'énergie d'un photon.		
Exploiter un diagramme de niveaux d'énergie en utilisant les relations $\lambda = c/v$ et $ \Delta E  = h \nu$ .		
Obtenir le spectre d'une source spectrale et l'interpréter à partir du diagramme de niveaux d'énergie des entités qui la constituent.		

## Les bons réflexes pour les exercices

Si l'énoncé demande de...	Il est nécessaire de...	
Déterminer la longueur d'onde $\lambda$ d'une onde électromagnétique à partir de la fréquence $\nu$ ou inversement.	<b>Réflexe 1</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Rappeler la relation <math>\lambda = \frac{c}{\nu}</math>.</li><li>Isoler la grandeur recherchée et effectuer le calcul en faisant attention aux unités.</li></ul>	➔ Ex. 5, p. 348
Déterminer l'énergie d'un photon ou la fréquence de l'onde électromagnétique associée, ou sa longueur d'onde.	<b>Réflexe 2</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Rappeler la relation de PLANCK-EINSTEIN : <math>\mathcal{E}_{\text{photon}} = h \times \nu = \frac{h \times c}{\lambda}</math>.</li><li>Isoler la grandeur recherchée et faire le calcul en faisant attention aux unités.</li></ul>	➔ Ex. 13, p. 349
Représenter une transition d'énergie sur un diagramme de niveaux d'énergie.	<b>Réflexe 3</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Relever dans les données, ou calculer, l'écart d'énergie entre l'état initial et l'état final mis en jeu ou l'identifier à partir de l'énergie du photon correspondant.</li><li>Tracer une flèche verticale dirigée vers le bas dans le cas de l'émission d'un photon ou une flèche verticale dirigée vers le haut dans le cas de l'absorption d'un photon.</li></ul>	➔ Ex. 15, p. 349

## La vidéo du chapitre



<https://youtu.be/5bLeKqVRV4M>

Interpréter et prévoir les spectres

## Le plan de travail (surligner les étapes réalisées)

**A faire dès la semaine où commence le chapitre en classe**

### *Fiche de préparation au chapitre*

Visionner la vidéo : « spectres d'émission ».

Faire les exercices « échauffements et comparer avec la correction.

Réaliser une fiche de synthèse de la vidéo et étudier la carte bilan de la fiche.

## A faire après l'AE 8.1 : Modèles de la lumière

Lire la correction de l'AE 8.1

Compléter le « I, II et III » du cours et l'étudier.

Visionner la vidéo de cours « interpréter et prévoir les spectres »

**Exercices d'application : 3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16 p 348 à 349**

### 3 Connaître la longueur d'onde et la fréquence

Effectuer une analyse dimensionnelle.

- Rappeler la relation entre la fréquence  $\nu$  d'une onde et sa longueur d'onde  $\lambda$ .  
En déduire que  $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ .
- La longueur d'onde d'une onde électromagnétique de fréquence très élevée est-elle plus grande ou plus petite que celle d'une onde de petite fréquence ?

### 4 Calculer des longueurs d'onde et des fréquences

Effectuer des calculs.

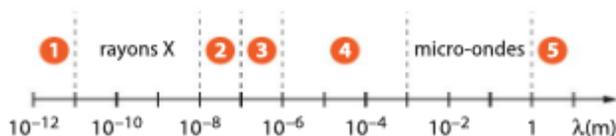
Dans le tableau ci-dessous, on a indiqué la longueur d'onde  $\lambda$  ou la fréquence  $\nu$  d'ondes électromagnétiques. Recopier et compléter ce tableau.

$\lambda$	1,34 $\mu\text{m}$		882 nm
$\nu$		$5,0 \times 10^{13} \text{ MHz}$	

### 5 Connaître les domaines des ondes électromagnétiques

Restituer ses connaissances.

Les radiations électromagnétiques comportent différents domaines.



- Nommer les domaines numérotés 1, 2, 3, 4 et 5 sur le schéma ci-dessus.
- Évaluer l'ordre de grandeur de la fréquence  $\nu$  d'une onde électromagnétique dont la longueur d'onde  $\lambda = 10^{-7} \text{ m}$  se situe à la frontière haute du domaine 2. **Utiliser le réflexe 1**

### 6 Identifier les domaines des ondes électromagnétiques

Observer et décrire des phénomènes.

Associer les images aux domaines des ondes électromagnétiques qui leur correspondent.



- 1 Infrarouges      2 Micro-ondes      3 Rayons X

### 7 Convertir des unités

Mobiliser et organiser ses connaissances.

- Convertir les longueurs d'onde des ondes électromagnétiques suivantes en mètre :  
 $500 \text{ nm}$  ;  $3,5 \mu\text{m}$  ;  $15 \text{ pm}$  ;  $2,5 \text{ mm}$ .
- Indiquer l' (les) onde(s) appartenant au domaine du visible.

### 8 Donner un ordre de grandeur

Évaluer un ordre de grandeur.

- Donner l'ordre de grandeur, en hertz, des fréquences suivantes.



- Attribuer chacune de ces fréquences à un domaine d'application d'ondes électromagnétiques : scanner, téléphonie mobile, fibroscopie, Wifi.

### 9 Calculer une énergie à partir d'une fréquence

Mobiliser et organiser ses connaissances.

Une lampe à vapeur de sodium émet des radiations de fréquence  $\nu$  égale à  $5,1 \times 10^{14}$  Hz.

1. Calculer l'énergie associée à cette radiation, en joule et en électronvolt.

2. Quelle particule transporte cette énergie ?

Données

$h = 6,63 \times 10^{-34}$  J·s      •  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J

### 10 Calculer une fréquence

Effectuer des calculs.

Calculer la fréquence et la longueur d'onde d'une onde émise ou reçue par un téléphone portable pour laquelle l'énergie d'un photon est  $\mathcal{E}_{\text{photon}} = 1,19 \times 10^{-24}$  J.

Donnée

$h = 6,63 \times 10^{-34}$  J·s

## 2 L'interaction lumière-matière

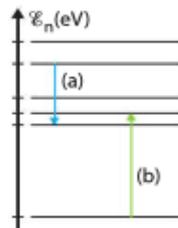
VIDÉO Interpréter et prévoir des spectres QR Code p. 344

### 11 Identifier une transition énergétique

Mettre en lien des phénomènes et des concepts.

1. Sur le diagramme énergétique simplifié d'un atome ci-contre, quelle flèche représente une absorption ?

2. Dans le cas où la fréquence associée appartient au domaine du visible, à quoi cette transition correspond-elle dans un spectre lumineux ?



### 12 Associer un spectre à un diagramme énergétique

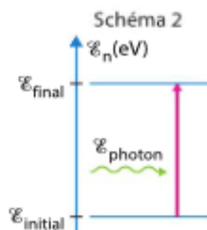
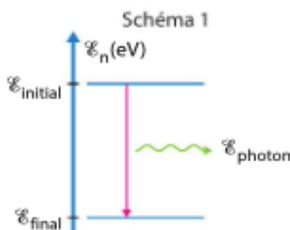
Interpréter des observations.

Le spectre de la lumière émise par un atome de sodium est représenté ci-dessous.



1. S'agit-il d'un spectre d'émission ou d'absorption ?

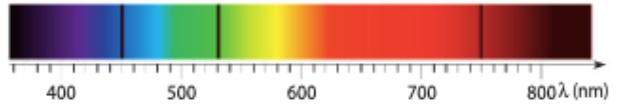
2. Quel schéma, parmi les deux ci-dessous, permet d'interpréter cette raie ?



### 13 Calculer une énergie à partir d'un spectre

Effectuer des calculs.

Le spectre d'absorption d'une entité chimique comporte trois raies de longueurs d'onde de 450 nm, 530 nm et 750 nm.



• Calculer, en joule et en électronvolt, l'énergie de la transition correspondant à la raie noire présente dans le rouge.

Données

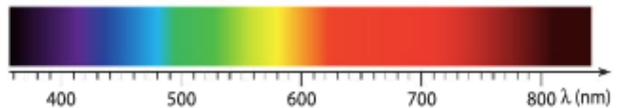
$h = 6,63 \times 10^{-34}$  J·s      •  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J

Utiliser le réflexe 2

### 14 Déterminer la couleur d'une raie

Exploiter des informations.

Une transition entre deux états provoque l'émission d'un photon d'énergie  $\mathcal{E} = 2,76$  eV. À l'aide du spectre ci-dessous, déterminer la couleur de la raie observée.



Données

$h = 6,63 \times 10^{-34}$  J·s      •  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J

### 15 Exploiter une transition énergétique

Effectuer des calculs.

Le diagramme d'énergie ci-contre est celui de l'atome d'hydrogène.

1.a. Quelle énergie doit posséder un photon pour permettre à l'atome de passer du niveau d'énergie  $\mathcal{E}_1$  au niveau d'énergie  $\mathcal{E}_\infty$  ?

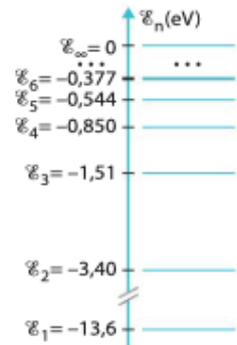
b. Représenter cette transition.

Utiliser le réflexe 3

2. Calculer la longueur d'onde correspondante.

Données

$h = 6,63 \times 10^{-34}$  J·s      •  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J



### 16 Utiliser un diagramme d'énergie

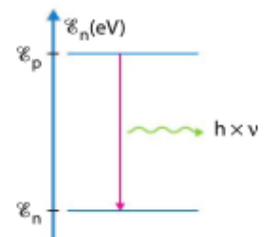
Rendre compte à l'écrit avec un vocabulaire adapté.

Le schéma ci-contre représente une transition entre deux états d'énergie d'un atome.

1. Cette transition s'accompagne-t-elle d'une absorption ou d'une émission de photon ?

2. Que représentent  $\mathcal{E}_p$  et  $\mathcal{E}_n$  ? Que représente  $h \times \nu$  ?

3. Quelle relation existe-t-il entre  $h \times \nu$ ,  $\mathcal{E}_p$  et  $\mathcal{E}_n$  ?



# Faire les exercices résolus de fin de chapitre sans correction, puis comparer avec la correction.

## 1 Exercice résolu

### La seconde

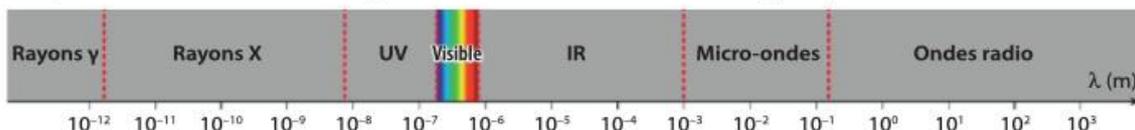
| Effectuer des calculs ; estimer une incertitude de mesure.



La seconde est l'une des sept unités de base du Système International (SI). Au XIX<sup>e</sup> siècle, elle a été définie par rapport à la rotation de la Terre sur elle-même. Quelques décennies plus tard, cette définition n'était plus assez précise.

Depuis 1967, la seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux d'énergie de l'atome de césium 133. Il en résulte que la fréquence de cette radiation est  $\nu = 9,192\,631\,770\text{ GHz}$ .

Le domaine spectral en fonction de la longueur d'onde des ondes électromagnétiques est donné ci-dessous :



1. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation de fréquence  $\nu$  correspondant à la transition entre ces deux niveaux d'énergie du césium 133.
2. Dans quel domaine du spectre des ondes électromagnétiques cette radiation se situe-t-elle ?
3. Calculer l'énergie du photon associé à cette radiation.
4. Les horloges au césium affichent la seconde avec une incertitude de l'ordre de  $1 \times 10^{-14}\text{ s}$ . Estimer, en microseconde, l'incertitude sur une durée d'une année mesurée avec une horloge au césium en ne tenant compte que de cette source d'erreur.

### Donnée

- constante de PLANCK :  $h = 6,63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$

### Solution rédigée

- On utilise le **Réflexe 1**.

Rappel de la relation entre longueur d'onde (grandeur recherchée) et fréquence (grandeur donnée)

Calcul de la longueur d'onde en convertissant les gigahertz en hertz

- On utilise le **Réflexe 2**.

Rappel de la relation de PLANCK-EINSTEIN

Calcul de l'énergie en convertissant les gigahertz en hertz

1. La longueur d'onde  $\lambda$  a pour expression :  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ .  
La fréquence  $\nu$  en hertz est :  $\nu = 9,192\,631\,770 \times 10^9\text{ Hz}$  ( $1\text{ Hz} = 1\text{ s}^{-1}$ ).  
La longueur d'onde  $\lambda$  est égale à :  
$$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}{9,192\,631\,770 \times 10^9\text{ s}^{-1}} = 3,26 \times 10^{-2}\text{ m}.$$
2. Le domaine des longueurs d'onde dans lequel se situe cette radiation est celui des micro-ondes d'après le document donné.
3. L'énergie du photon associé à cette radiation est égale à  
 $\mathcal{E}_{\text{photon}} = h \times \nu$ , soit ici :  
 $\mathcal{E}_{\text{photon}} = 6,63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s} \times 9,192\,631\,770 \times 10^9\text{ s}^{-1} = 6,09 \times 10^{-24}\text{ J}.$
4. L'incertitude sur la durée d'une année mesurée avec une horloge au césium est  $365,25 \times 24 \times 60 \times 60 \times 1 \times 10^{-14} = 3 \times 10^{-7}\text{ s} = 0,3\text{ }\mu\text{s}$ .  
L'incertitude est donc  $0,3\text{ }\mu\text{s}$  par an.

## 2 Exercice résolu

### Étude de l'atome de lithium

| Effectuer des calculs ; faire un schéma adapté.

Le diagramme ci-contre représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de lithium.

1. Identifier l'état fondamental et les états excités du lithium.

2.a. Déterminer l'énergie que doit transporter un photon pour amener l'atome de lithium de son état fondamental au niveau d'énergie  $\mathcal{E}_2$ .

Exprimer cette énergie en électronvolt (eV) et en joule.

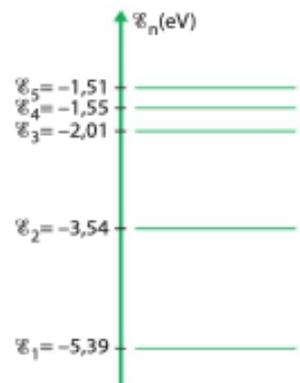
b. Reproduire le diagramme de niveaux d'énergie de l'atome de lithium et représenter, à l'aide d'une flèche, cette transition.

3.a. Lors d'une désexcitation, l'atome de lithium émet une radiation de longueur d'onde  $\lambda = 611$  nm. Identifier la transition à laquelle cette radiation correspond.

b. Représenter, à l'aide d'une flèche, cette transition sur le diagramme précédent.

Données

- $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J·s
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J



### Solution rédigée

• On utilise le **Réflexe 3**.

Calcul de l'écart d'énergie entre les deux niveaux

Tracé d'une flèche verticale dirigée vers le haut pour représenter l'absorption du photon

• On utilise le **Réflexe 2**.

Rappel de la relation de PLANCK-EINSTEIN

Calcul de l'énergie en convertissant les nanomètres en mètres

• On utilise le **Réflexe 3**.

Calcul de l'écart d'énergie entre les deux niveaux d'énergie

Tracé d'une flèche verticale dirigée vers le bas pour représenter l'émission du photon

1. L'état fondamental correspond au niveau d'énergie le plus bas donc d'énergie  $\mathcal{E}_1$ . Les états excités sont les niveaux d'énergie supérieure :  $\mathcal{E}_2$ ,  $\mathcal{E}_3$ ,  $\mathcal{E}_4$  et  $\mathcal{E}_5$ .

2.a. Le passage du niveau fondamental  $\mathcal{E}_{\text{initial}} = \mathcal{E}_1$  au niveau d'énergie  $\mathcal{E}_{\text{final}} = \mathcal{E}_2$  correspond à une différence d'énergie :  $\Delta\mathcal{E}_{1 \rightarrow 2} = |\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1|$   
soit  $\Delta\mathcal{E}_{1 \rightarrow 2} = |-3,54 \text{ eV} - (-5,39 \text{ eV})| = 1,85 \text{ eV}$ .

La conversion entre eV et J est une proportionnalité :

1 eV	$1,6 \times 10^{-19}$ J
1,85 eV	$\Delta\mathcal{E}_{1 \rightarrow 2}$ J

$$\text{Donc } \Delta\mathcal{E}_{1 \rightarrow 2} = \frac{1,85 \text{ eV} \times 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 2,96 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

b. La transition s'effectue de l'état d'énergie  $\mathcal{E}_1$  vers l'état d'énergie  $\mathcal{E}_2$  (flèche n°1 sur le diagramme ci-contre).

L'énergie de l'atome augmente car  $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$  donc le photon est absorbé.

3.a. Le photon émis lors de cette désexcitation possède une énergie :

$$\mathcal{E}_{\text{photon}} = \frac{h \times c}{\lambda}$$

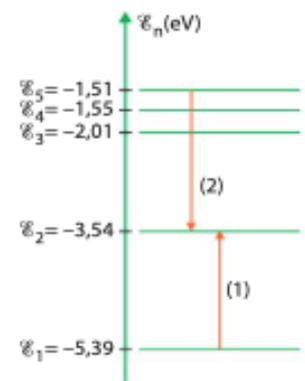
$$\text{Soit ici } \mathcal{E}_{\text{photon}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{611 \times 10^{-9} \text{ m}} = 3,26 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

$$\text{Cela correspond à } \mathcal{E}_{\text{photon}} = \frac{3,26 \times 10^{-19} \text{ J}}{1,60 \times 10^{-19} \text{ J}} = 2,03 \text{ eV}.$$

D'après le diagramme,  $\Delta\mathcal{E}_{5 \rightarrow 2} = |-3,54 \text{ eV} - (-1,51 \text{ eV})| = 2,03 \text{ eV}$ .

Le passage du niveau d'énergie  $\mathcal{E}_5$  au niveau d'énergie  $\mathcal{E}_2$  correspond donc à l'énergie du photon émis.

b. L'énergie de l'atome diminue car l'atome se désexcite. Cela correspond à la flèche n° 2 sur le diagramme.



# Répondre au QCM de fin de chapitre

## Données

•  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

•  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

## 1 La lumière et la dualité onde-particule

Si erreur, revoir § 1, p. 341.

1. La vitesse de propagation dans le vide d'une onde électromagnétique est :	$3,00 \times 10^{-8} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .	$3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .	$345 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
2. La fréquence $\nu$ et la longueur d'onde $\lambda$ d'une onde sont liées par :	$\lambda = c \times \nu$	$\lambda = \frac{c}{\nu}$	$\nu = \frac{c}{\lambda}$
3. Une onde électromagnétique de longueur d'onde 586 nm appartient au domaine :	des infrarouges.	des ultraviolets.	du visible.
4. Une onde électromagnétique de fréquence $10^9 \text{ Hz}$ peut être utilisée :	pour la radiographie.	en téléphonie.	en radioactivité.
5. L'énergie d'un photon s'exprime à l'aide de la relation :	$\mathcal{E}_{\text{photon}} = \frac{h \times c}{\lambda}$	$\mathcal{E}_{\text{photon}} = h \times \nu$	$\mathcal{E}_{\text{photon}} = \frac{h \times \lambda}{c}$
6. L'énergie d'un photon peut s'exprimer en :	joule seconde (J·s).	joule (J).	électronvolt (eV).
7. L'énergie d'un photon de longueur d'onde $\lambda = 450 \text{ nm}$ est :	$4,42 \times 10^{-19} \text{ J}$ .	$4,42 \times 10^{-28} \text{ J}$ .	$4,42 \times 10^{-18} \text{ J}$ .
8. La longueur d'onde d'un photon d'énergie $\mathcal{E} = 4,67 \text{ eV}$ est :	405 nm.	266 nm.	681 nm.

## 2 L'interaction lumière-matière

Si erreur, revoir § 2, p. 342.

9. Les niveaux d'énergie d'un atome sont :	continus.	discontinus.	quantifiés.
10. L'état de plus basse énergie est appelé :	état excité.	état fondamental.	état ionisé.
11. Au cours d'une transition du niveau d'énergie $\mathcal{E}_p$ au niveau d'énergie $\mathcal{E}_m$ telle que $\mathcal{E}_p > \mathcal{E}_m$ :	un photon est émis.	un photon est absorbé.	un photon est émis et un autre est absorbé.
12. Au cours d'une transition du niveau d'énergie $\mathcal{E}_p$ au niveau d'énergie $\mathcal{E}_m$ , un photon peut être émis ou absorbé avec une énergie $\mathcal{E}_{\text{photon}}$ égale à :	$\mathcal{E}_{\text{photon}} = \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_p$	$\mathcal{E}_{\text{photon}} =  \mathcal{E}_m - \mathcal{E}_p $	$\mathcal{E}_{\text{photon}} =  \mathcal{E}_p - \mathcal{E}_m $
13. Le spectre suivant est un spectre : 	continu.	d'émission.	d'absorption.

## Faire l'exercice suivant de fin de chapitre

La lumière émise par une lampe à vapeur d'hydrogène permet d'obtenir le spectre suivant sur lequel les longueurs d'onde sont exprimées en nm.

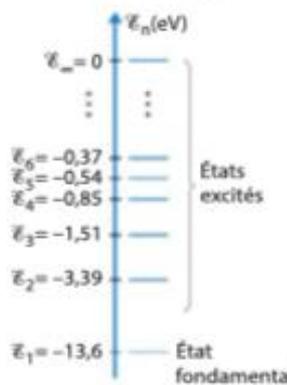


1. Calculer, en joule puis en électronvolt, l'énergie des photons associés à chacune de ces radiations.

2. On donne ci-contre le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène.

a. À quelle transition correspond chaque radiation émise par l'atome d'hydrogène ?

b. Reproduire le diagramme puis y représenter chacune de ces transitions.



**Données**

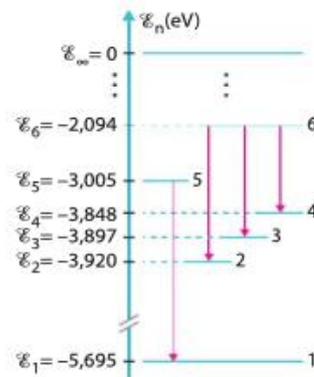
$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$        $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Les feux d'artifice forment un spectacle lumineux et sonore très apprécié. Au cours de l'explosion, de petites billes appelées « étoiles » émettent des couleurs colorées et scintillantes à mesure



qu'elles s'éloignent du point d'explosion. Sur la photographie ci-dessus, beaucoup des « étoiles » qui ont explosé sont principalement composées de strontium. Les photons émis par le strontium sont responsables de certaines des couleurs visibles.

On donne ci-dessous le diagramme simplifié de quelques niveaux d'énergie de l'atome de strontium. Les flèches indiquent les transitions possibles.



1. Comment nomme-t-on le niveau d'énergie numéroté 1 ? les niveaux d'énergie supérieure ?

2. Déterminer en électronvolt les quanta d'énergie transportés par les photons susceptibles d'être émis.

3.a. En déduire, en nanomètre, les longueurs d'onde des radiations émises.

b. Peut-on alors attribuer au strontium certaines des couleurs observées sur la photographie ? Lesquelles ?

**Données**

$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$        $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Couleur	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
$\lambda$ (nm)	380 à 446	446 à 520	520 à 565	565 à 590	590 à 625	625 à 780

## Faire le DS de l'année N-1

*Se mettre en situation durant 1h et faire le DS type de l'année N-1 si disponible en ligne.  
Comparer sa copie avec la correction.*

## Préparer la pochette de révisions

*Elle doit contenir le livret « Parcours d'exercices et l'ensemble des exercices faits dans le chapitre, les fiches de révisions réalisées.*

**Après mes révisions, je me sens dans l'état d'esprit suivant pour aborder le devoir surveillé :**

