

EXERCICES CORRIGES Ch.15. p : 391 n°16 - 17- 18 -19 . p : 192 n°20.
TRANSFERTS QUANTIQUES D'ENERGIE ET DUALITE ONDE-PARTICULE

N°16 p : 391 : Dualité ou non dualité**Compétences : Calculer; faire preuve d'esprit critique.**

On s'intéresse à trois systèmes en mouvement dont les caractéristiques sont regroupées dans le tableau suivant :

Système	m (kg)	v (km . h ⁻¹)
Boule de bowling	7,3	25
Moustique	2,0 x 10 ⁻⁶	2,4
Électron de l'atome d'hydrogène	9,1 x 10 ⁻³¹	2,2 x 10 ³

1. Calculer pour chaque système la longueur d'onde de l'onde de matière associée.

2.a. Justifier que l'électron est le seul système dont le caractère ondulatoire peut se manifester.

b. Que peut-on dire de la masse d'une particule pour laquelle le caractère ondulatoire est observable ?

Données : Les distances entre les nucléons d'un noyau atomique sont de l'ordre de 10⁻¹⁶ à 10⁻¹⁵ m. ; h = 6,63 x 10⁻³⁴ J.s.**1. On utilise la relation donnant la valeur de la quantité de mouvement**

$p = m \cdot v$ (les valeurs de vitesse sont négligeables devant c, on se place dans le cadre de la mécanique classique) et la relation de de Broglie : $\lambda = h / p$
 $1 \text{ km.h}^{-1} = 1 / 3,6 \text{ m.s}^{-1}$

2. a. D'après les longueurs d'onde calculées, l'aspect ondulatoire sera observable

seulement dans le cas de l'électron. Pour les deux autres systèmes (macroscopiques), λ est trop faible : il n'existe pas d'ouvertures ou d'obstacles suffisamment petits pour diffracter ces deux systèmes.

b. La masse d'une particule ne doit pas être trop élevée pour que son caractère ondulatoire soit observable.

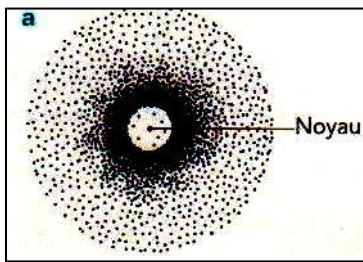
	p (kg.m.s ⁻¹)	λ (m)
Boule de bowling	51	1,3 x 10 ⁻³⁵
Moustique	1,3 x 10 ⁻⁶	5,0 x 10 ⁻²⁸
Électron de l'atome d'hydrogène	5,0 x 10 ⁻²⁸	1,2 x 10 ⁻⁶

N°17 p : 391 : De la mécanique classique à la mécanique quantique**Compétences : Extraire des informations; argumenter.**Les découvertes de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle ont conduit à proposer un modèle dit planétaire pour l'atome d'hydrogène.

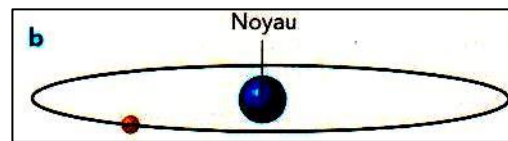
Dans ce modèle, l'unique électron de l'atome tourne autour du noyau comme les planètes autour de leur étoile.

Ce modèle classique, mis en défaut par l'expérience, est remplacé par un modèle quantique élaboré par le physicien danois N. BOHR (1885-1962) en 1913.

En mécanique quantique, la notion de trajectoire est abandonnée, car elle perd son sens à cette échelle subatomique : on peut seulement évaluer la probabilité de présence de l'électron autour du noyau. Dans le cas de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental, la probabilité de trouver l'électron est la même dans toutes les directions autour du noyau, elle est maximale pour une distance de 52,9 pm du noyau.



L'échelle n'est pas respectée sur ce schéma.



1. Associer les deux représentations de l'atome d'hydrogène ci-dessous aux modèles classique et quantique. Justifier.

2. Donner un exemple de phénomène où l'aspect probabiliste a été mis en évidence.

1. a. Dans le premier schéma, on ne représente pas de trajectoire électronique, mais la probabilité de présence de l'électron. Elle est la même dans toutes les directions de l'espace comme le montre la géométrie sphérique, ce que confirme le texte. Cette représentation est associée au modèle quantique (aspect probabiliste d'un phénomène quantique).

b. Dans le second schéma, on représente la trajectoire de l'électron autour du noyau, comme en mécanique classique.

2. On retrouve l'aspect probabiliste dans le phénomène d'interférences, particule de matière-particule de matière, ou photon-photon.***N°18 p : 391 : Absorption ou émission 42=1) Exploiter un graphique; raisonner.**

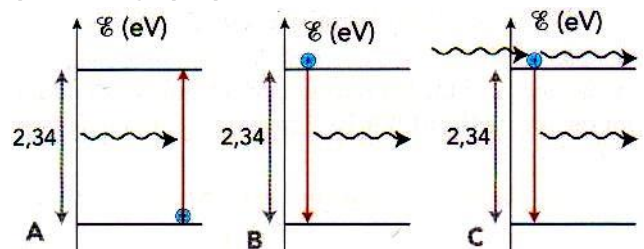
On a représenté trois transitions électroniques :

1. Quel(s) schéma(s) représente(nt) :

- une absorption?
- une émission stimulée?
- une émission spontanée?

2. Dans le cas de l'émission stimulée, calculer la longueur d'onde du photon incident.

3. Quelles sont les caractéristiques du photon émis par émission stimulée?

Données : h = 6,63 x 10⁻³⁴ J.s; c = 3,00 x 10⁸ m.s⁻¹; 1 eV = 1,60 x 10⁻¹⁹ J.**1. a. Le schéma A représente une absorption.**

- l'électron passe d'un niveau d'énergie inférieur à un niveau d'énergie supérieur
- l'énergie du photon incident est forcément de 2,34 eV

b. Le schéma B représente une émission spontanée.

- l'électron passe d'un niveau supérieur à un niveau inférieur
- il y a émission d'un photon
- il n'y a pas de photon incident : l'émission est spontanée

c. Le schéma C représente une émission stimulée.

- l'électron passe d'un niveau supérieur à un niveau inférieur
- l'émission est provoquée par un photon incident
- il y a émission d'un 2^{ème} photon : photon incident et photon émis ont même énergie.

2. Le photon incident qui peut provoquer une émission stimulée doit avoir la même énergie que le photon émis, c'est-à-dire 2,34 eV.

$$E_{\text{photon}} = \Delta E_{\text{atome}} \quad \text{Loi de Planck-Einstein : } \Delta E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \quad \text{La longueur d'onde est donc : } \lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E} \quad \text{A.N. : } \lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{2,34 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\lambda = 5,31 \times 10^7 \text{ m} = 531 \text{ nm}$$

3. Le photon émis par émission stimulée a la même énergie, la même direction, le même sens de propagation et il est en phase avec le photon incident. Ce sont des photons synchronisés ou cohérents. L'onde incidente a donc été amplifiée.

N°19 p : 391 : Laser hélium-néon Compétences : Calculer ; argumenter.

Le laser hélium-néon (He-Ne) émet une lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide égale à 632,8 nm.

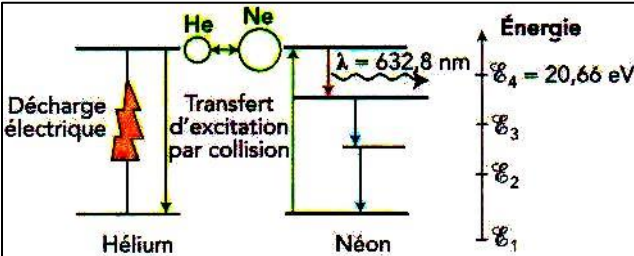
1. Quelle est l'énergie d'un photon émis par ce laser? On donnera une estimation de cette énergie en joule et en électron volt.
2. Quelle doit être l'énergie d'un photon incident dans le milieu laser afin de provoquer une émission stimulée?

Données: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

$$1. \text{ L'énergie du photon a pour expression : } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{632,8 \times 10^{-9}} \approx \frac{10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-7}} \approx 3 \times 10^{-19} \text{ J}$$

soit environ 2 eV (puisque $3 / 1,6 \approx 2$).

2. Le photon incident doit avoir la même énergie que le photon émis, c'est-à-dire environ 2 eV.

**N°20 p : 392 : Fonctionnement du laser hélium-néon : Compétences : Extraire des informations; exploiter un graphique; raisonner.**

Le milieu laser d'un laser hélium-néon est un mélange gazeux d'hélium et de néon sous très faible pression. Lorsque le laser fonctionne, les atomes d'hélium sont excités par décharge électrique. Ces atomes entrent en collision avec des atomes de néon dans leur état fondamental. Ces derniers se retrouvent dans un état excité d'énergie E_4 , dit de longue vie. Des émissions spontanées entre les niveaux d'énergie E_4 et E_3 , amorcent des émissions stimulées entre ces deux mêmes niveaux. Les atomes de néon subissent ensuite deux désexcitations spontanées et rapides vers les niveaux d'énergie E_2 puis E_1 .

Toutes ces étapes sont représentées sur le schéma ci-contre :

1. Comment excite-t-on :
 - a. les atomes d'hélium?
 - b. les atomes de néon?
2. Comment est initiée l'émission stimulée?
3. a. Au cours de quelle transition des photons de longueur d'onde 632,8 nm sont-ils émis?
 - b. Quelle est l'énergie d'un photon émis?
 - c. En déduire l'énergie du niveau

Données : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$. Voir, si nécessaire, l'exercice résolu 5, p. 389.

1. a. L'excitation des atomes d'hélium se fait par apport d'énergie électrique (« décharge électrique »).
 - b. L'excitation des atomes de néon se fait par apport d'énergie lors des collisions entre les atomes de néon et les atomes d'hélium excités. Ces derniers se désexcitent en cédant une partie de leur énergie aux atomes de néon.
2. L'émission stimulée est amorcée par des photons émis spontanément par des atomes de néon excités (transition (4) \rightarrow (3)).
3. a. D'après le diagramme énergétique, des photons de longueur d'onde égale à 632,8 nm sont émis lors de transitions du niveau d'énergie (4) vers le niveau d'énergie (3) de l'atome de néon.
 - b. L'énergie du photon émis a pour expression : $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{632,8 \times 10^{-9}} = 3,14 \times 10^{-19} \text{ J} = 1,96 \text{ eV}$.
 - c. L'écart d'énergie $E_4 - E_3$ est égal au quantum d'énergie du photon émis : 1,96 eV, d'où : $E_4 - E_3 = 1,96 \text{ eV}$ soit $E_3 = E_4 - 1,96 = 20,66 - 1,96 = 18,70 \text{ eV}$.

ENONCES D'EXERCICES Ch.15. p : 391 n°16 - 17- 18 -19 . p : 192 n°20.
TRANSFERTS QUANTIQUES D'ENERGIE ET DUALITE ONDE-PARTICULE

p : 391 N°16 : Dualité ou non dualité**Compétences : Calculer; faire preuve d'esprit critique.**

On s'intéresse à trois systèmes en mouvement dont les caractéristiques sont regroupées dans le tableau suivant :

- Calculer pour chaque système la longueur d'onde de l'onde de matière associée.
- a. Justifier que l'électron est le seul système dont le caractère ondulatoire peut se manifester.
- b. Que peut-on dire de la masse d'une particule pour laquelle le caractère ondulatoire est observable ?

Données :

Les distances entre les nucléons d'un noyau atomique sont de l'ordre de 10^{-16} à 10^{-15} m. ; $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s.

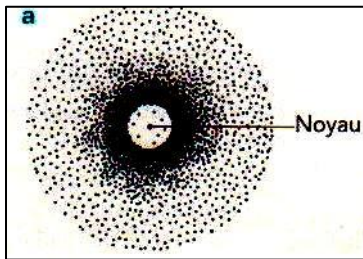
Système	m (kg)	v (km . h ⁻¹)
Boule de bowling	7,3	25
Moustique	$2,0 \times 10^{-6}$	2,4
Électron de l'atome d'hydrogène	$9,1 \times 10^{-31}$	$2,2 \times 10^3$

p : 391 N°17: De la mécanique classique à la mécanique quantique**Compétences : Extraire des informations; argumenter.**

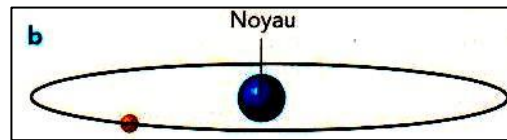
Les découvertes de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle ont conduit à proposer un modèle dit planétaire pour l'atome d'hydrogène. Dans ce modèle, l'unique électron de l'atome tourne autour du noyau comme les planètes autour de leur étoile.

Ce modèle classique, mis en défaut par l'expérience, est remplacé par un modèle quantique élaboré par le physicien danois N. BOHR (1885-1962) en 1913.

En mécanique quantique, la notion de trajectoire est abandonnée, car elle perd son sens à cette échelle subatomique : on peut seulement évaluer la probabilité de présence de l'électron autour du noyau. Dans le cas de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental, la probabilité de trouver l'électron est la même dans toutes les directions autour du noyau, elle est maximale pour une distance de 52,9 pm du noyau.



L'échelle n'est pas respectée sur ce schéma.



1. Associer les deux représentations de l'atome d'hydrogène ci-dessous aux modèles classique et quantique. Justifier.

2. Donner un exemple de phénomène où l'aspect probabiliste a été mis en évidence.

p : 391 N°18: Absorption ou émission Absorption ou émission 42=1) **Exploiter un graphique; raisonner.**

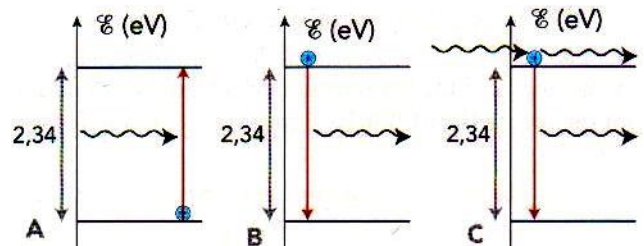
On a représenté trois transitions électroniques :

1. Quel(s) schéma(s) représente(nt) :

- une absorption?
- une émission stimulée?
- une émission spontanée?

2. Dans le cas de l'émission stimulée, calculer la longueur d'onde du photon incident.

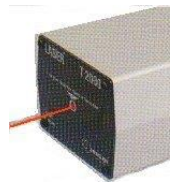
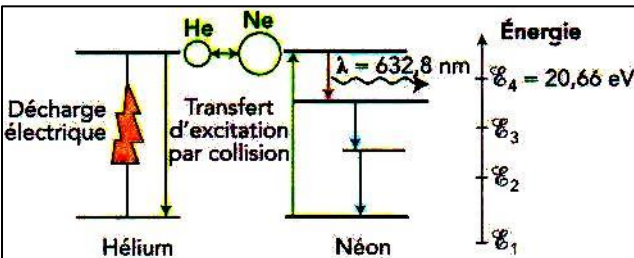
3. Quelles sont les caractéristiques du photon émis par émission stimulée?

Données : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s; $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹; 1 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J.**p : 391 N°19 : Laser hélium-néon** **Compétences : Calculer ; argumenter.**

Le laser hélium-néon (He-Ne) émet lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide égale à 632,8 nm.

1. Quelle est l'énergie d'un photon émis par ce laser? On donnera une estimation de cette énergie en joule et en électron volt.

2. Quelle doit être l'énergie d'un photon incident dans le milieu laser afin de provoquer une émission stimulée?

Données: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J .s; $c = 3,00 \times 10^8$ m . s⁻¹; 1 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J.**p : 392 N°20: Fonctionnement du laser hélium-néon** **Compétences : Extraire des informations; exploiter un graphique; raisonner.**

Le milieu laser d'un laser hélium-néon est un mélange gazeux d'hélium et de néon sous très faible pression. Lorsque le laser fonctionne, les atomes d'hélium sont excités par décharge électrique. Ces atomes entrent en collision avec des atomes de néon dans leur état fondamental. Ces derniers se retrouvent dans un état excité d'énergie E_4 , dit de longue vie. Des émissions spontanées entre les niveaux d'énergie E_4 et E_3 , amorcent des émissions stimulées entre ces deux mêmes niveaux. Les atomes de néon subissent ensuite deux désexcitations spontanées et rapides vers les niveaux d'énergie E_2 puis E_1 .

Toutes ces étapes sont représentées sur le schéma ci-contre :

- Comment excite-t-on :
 - les atomes d'hélium?
 - les atomes de néon?
- Comment est initiée l'émission stimulée?
- a. Au cours de quelle transition des photons de longueur d'onde 632,8 nm sont-ils émis?
 - Quelle est l'énergie d'un photon émis?
 - En déduire l'énergie du niveau

Données : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s; $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹; 1 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J. Voir, si nécessaire, l'exercice résolu 5, p. 389.