

## Exercice 1 : Le puits quantique

1. Exprimez l'énergie de la transition  $\Delta E$  en fonction de  $E_1$ ,  $E'_1$  et  $E_g(\text{In}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{As})$ .
2. Déterminez l'épaisseur  $L$  de la partie centrale du puits quantique de sorte à pouvoir utiliser la source de lumière dans les télécommunications optiques.  
*On supposera pour cela que les photons associés à la lumière produite correspondent à la transition  $\Delta E$  du document 5.*

### Document 1

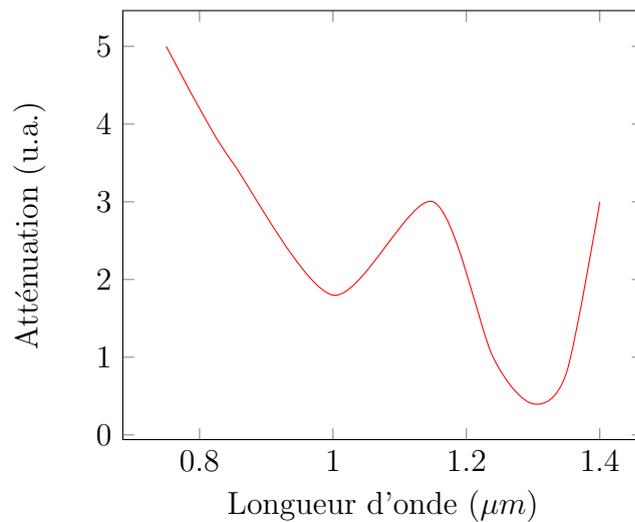


FIGURE 1 – Atténuation de la lumière dans une fibre optique en silice en fonction de la longueur d'onde

Source : Document du Lycée Jean Mermoz, Saint Louis

**Document 2**

Le comportement des semi-conducteurs, comme celui des métaux et des isolants est décrit via la théorie des bandes. Ce modèle stipule qu'un électron dans un solide ne peut que prendre des valeurs d'énergie comprises dans certains intervalles que l'on nomme « bandes », plus spécifiquement bandes permises, lesquelles sont séparées par d'autres bandes appelées bandes d'énergie interdites ou bandes interdites.

Deux bandes d'énergie permises jouent un rôle particulier :

- la dernière bande complètement remplie, appelée bande de valence
- la bande d'énergie permise suivante appelée bande de conduction

Dans un semi-conducteur, comme dans un isolant, ces deux bandes sont séparées par une bande interdite. L'unique différence entre un semi-conducteur et un isolant est la largeur de cette bande interdite.

Dans un isolant cette valeur est si grande (aux alentours de 6 eV pour le diamant par exemple) que les électrons ne peuvent passer de la bande valence à la bande de conduction : les électrons ne circulent pas dans le solide.

Dans les semi-conducteurs cette valeur est plus petite (1,12 eV pour le silicium, 0,66 eV pour le germanium, 2,26 eV pour le phosphore de gallium). Si on apporte cette énergie (ou plus) aux électrons, par exemple en chauffant le matériau, ou en lui appliquant un champ électromagnétique, ou encore dans certains cas en l'illuminant, les électrons sont alors capables de passer de la bande de valence à la bande de conduction, et de circuler dans le matériau.

A l'inverse, pour certains matériaux semi-conducteurs, un électron de la bande de conduction peut passer dans la bande de valence en créant un photon d'énergie égale à la largeur de la bande interdite.

Source : *Wikipedia*

**Document 3**

On peut fabriquer un puits quantique avec une couche mince de semi-conducteur en sandwich entre deux autres couches de semi-conducteur de bande interdite plus large. Les électrons sont alors piégés dans la couche centrale. Ils se déplacent librement dans cette couche mais leurs mouvements sont impossibles perpendiculairement à la couche. Dans ce cas, il y a une quantification de l'énergie permise pour les électrons dans les bandes de valence et de conduction : comme dans un atome, l'électron dans le puits quantique ne peut se trouver que sur des niveaux d'énergie précis. Plus l'épaisseur du semi-conducteur central diminue, plus les niveaux d'énergie permise sont écartés.

L'épaisseur de la couche centrale varie de 5 à 20 nm. Les puits quantiques sont utilisés entre autres dans les diodes laser.

Source : *CNRS*

**Document 4**

Les énergies des niveaux permis pour l'électron dans un puits quantique sont données par :

$$E_n = \frac{h^2 n^2}{4m_e L^2} \quad (1)$$

$$E'_p = \frac{h^2 p^2}{4m_t L^2} \quad (2)$$

où

- $E_n$  est l'énergie du niveau  $n$  pris par rapport au zéro de la bande de conduction (BC) (J)
- $E'_p$  est l'énergie du niveau  $p$  pris par rapport au zéro de la bande de valence (BV)(J)
- $n, p$  sont des entiers correspondants au numéro du niveau d'énergie
- $h$  est la constante de Planck
- $L$  est l'épaisseur de la couche centrale du puits quantique ( $m$ )
- $m_e$  est la masse de l'électron en mouvement dans le matériau ( $kg$ )
- $m_t$  est la masse du trou laissé par l'électron dans le matériau ( $kg$ )

Source :

- Pierrick Cavalié, *Optique non-linéaire résonante et contrôle de la phase d'émission des lasers à cascade quantique*, 2013
- Frédéric Le Quéré, *Cours de Mécanique Quantique*, Université de Marne la Vallée

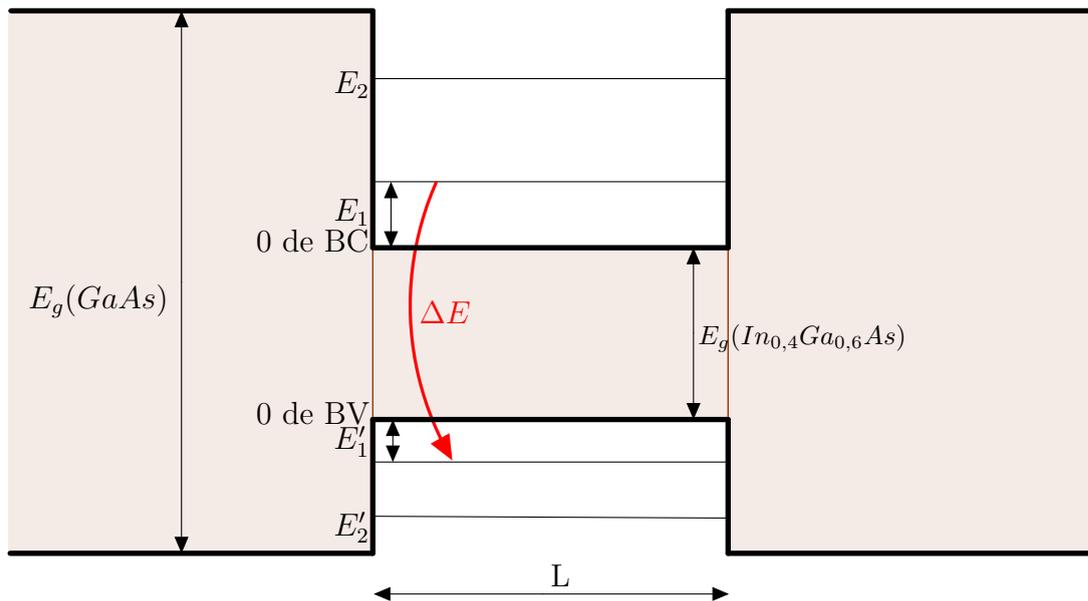
**Document 5**

FIGURE 2 – Schéma de bande d'un puits quantique de  $GaAs/In_{0,4}Ga_{0,6}As/GaAs$ .

Source :

**Document 6**

- Largeur de bande interdite du  $GaAs$  :  $E_g(GaAs) = 1,42 \text{ eV}$
- Largeur de bande interdite du  $In_{0,4}Ga_{0,6}As$  :  $E_g(In_{0,4}Ga_{0,6}As) = 0,89 \text{ eV}$
- Masse  $m_e$  dans le  $In_{0,4}Ga_{0,6}As$  :  $m_e = 4,22 \times 10^{-32} \text{ kg}$
- Masse  $m_t$  dans le  $In_{0,4}Ga_{0,6}As$  :  $m_t = 4,28 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- $h = 6,64 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , la constante de Planck
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Source : *Ioffe Physico-Technical Institute*