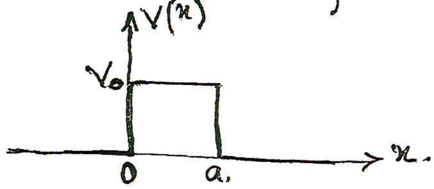
Examen Physique des s/c 3.

M2 – Microélectronique.

* **Corrigé de l'exercice 1.**

$V_0 = 10$ eV.

$E = 7$ eV.



1°/ $E < V_0 \Rightarrow$ Le coefficient de Transmission est :

$$T = \frac{1}{1+\frac{V_0^2}{4E(V_0-E)}\cdot\sinh^2(k_2 a)} = \left[1+\frac{V_0^2}{4E(V_0-E)}\,\mathrm{Sinl}\right.$$

2°/ L'approximation ds le cas d'une barrière très large $\Rightarrow k_2 a \gg 1. \Rightarrow \sinh(k_2 a) \approx \frac{e^{k_2 a}}{2}.$

$$\Rightarrow \boxed{T = 16.\frac{E}{V_0}\left(1-\frac{E}{V_0}\right)\exp(-2k_2 a)}$$

3°/ Si la barrière est haute $\Rightarrow V_0 \gg E \Rightarrow \boxed{T = 16.\frac{E}{V_0}\exp\left(\frac{-2a}{\hbar}\sqrt{2mV_0}\right)}.$

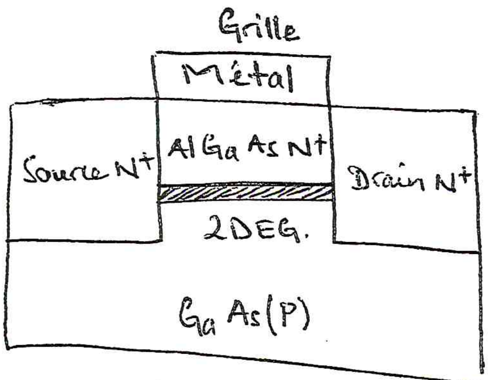
4°/ si $E = 7$ eV.
$a = 1$ nm $\Rightarrow \boxed{T = 0{,}657.10^{-6}}$

* **Réponses aux questions de Cours :**

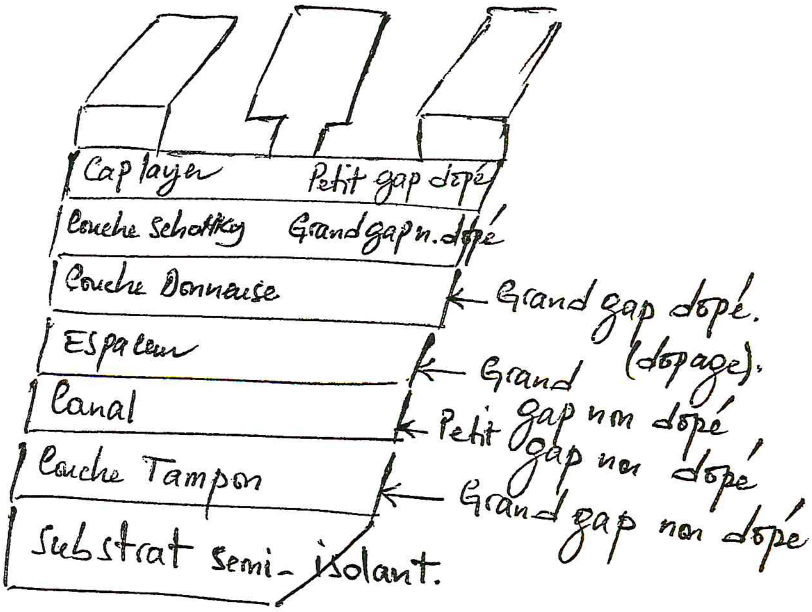
b. Les dénominations du transistor HEMT :

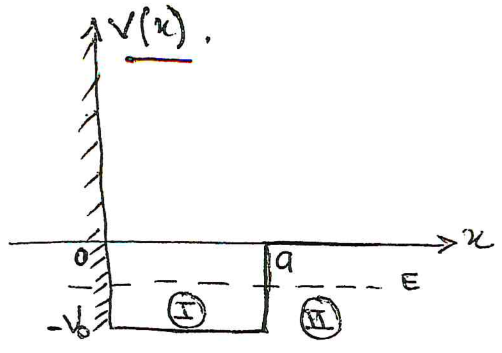
HEMT : High Electron Mobility Transistor.

TEGFET : Two Dimensional Electron Gas Field Effect Transistor



Structure simplifiée du HEMT





Solution de l'exercice n° 2

Il s'agit des états liés dans un puits :

$$V(x) = \begin{cases} \infty & x<0. \\ -V_0 & 0<x<a. \quad \text{région (I)} \\ 0 & x>a. \quad \text{" (II).} \end{cases}$$

On a 3 régions :

* Région $x<0$: $\longrightarrow$
- " (I) $0<x<a$. $\longrightarrow$
- " (II) $x>0$. $\longrightarrow$

(1) Equation de Schrödinger des états stationnaires :

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - V(x))\,\psi(x) = 0.$$

$$\cancel{\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} V(x) = E\psi(x)}.$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + V(x)\,\psi(x) = E\,\psi(x).$$

$$\boxed{\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}\left[E - V(x)\right]\psi(x) = 0}$$

région (I) : $0<x<a$: $V(x) = -V_0$. $\boxed{-V_0 < E < 0}$

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E + V_0)\,\psi(x) = 0.$$

les solutions sont de la forme :

$$\boxed{\psi_I(x) = A\,e^{ik_1 x} + B.e^{-ik_1 x}}.$$

avec : $\boxed{k_1^2 = \frac{2m}{\hbar^2}(E+V_0)}$.

région (II) : $x>a$: $V(x) = 0$.

l'exponentielle positive diverge et ne présente pas une solution physique : $C=0 \Rightarrow$ c'est une onde evanescente.

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}E\,\psi(x) = 0.$$

les solutions sont de la forme : $\boxed{\psi_{II}(x) = C.e^{k_2 x} + D.e^{-k_2 x}.} \Rightarrow \boxed{\psi_{II}(x) = D.e^{-k_2 \ldots}}$

avec $\boxed{k_2^2 = \frac{2m}{\ldots}}$

3- Conditions aux limites:

En $x=0$: $\longrightarrow$ $\psi_{x<0}(x) = \psi_I(x) = 0$.

En $x=a$:
$$\begin{cases} \psi_I(a) = \psi_{II}(a). \\ \psi_I'(a) = \psi_{II}'(a). \end{cases}$$

- $\psi_I(0) = 0 = A + B \Rightarrow \boxed{A = -B}$ ---

- $\psi_I(a) = \psi_{II}(a) \Rightarrow A.e^{ik_1 a} + B.e^{-ik_1 a} = \cancel{C e^{k_2 a}} + D.e^{-k_2 a}$. Onde evanescente $\Rightarrow \lim_{x\to\infty} e^{x} = \infty \Rightarrow \boxed{C=0}$

$$A.e^{ik_1 a} + B.e^{-ik_1 a} = D.e^{-k_2 a} \quad \text{----} (1)$$

- $\psi_I'(a) = \psi_{II}'(a) = iAk_1.e^{ik_1 a} - iBk_1 e^{-ik_1 a} = -Dk_2.e^{-k_2 a}$ ---(2)

- En remplaçant B par $-A$, on obtient:

$2\sin\alpha = \frac{e^{\alpha} - e^{-\alpha}}{\cancel{2}}$

$$A e^{ik_1 a} - A e^{-ik_1 a} = D.e^{-k_2 a}.$$

$$\boxed{2iA \sin k_1 a = D.e^{-k_2 a}.} \quad \text{------} (3) \Rightarrow \boxed{A = \frac{D.e^{-k_2 a}}{2i \sin k_1 a}}$$

$$iAk_1 e^{ik_1 a} + iAk_1.e^{-ik_1 a} = -Dk_2 e^{-k_2 a}.$$

$$2iA k_1.\cos k_1 a = -D.k_2 e^{-k_2 a}.$$

$$\boxed{2iA.\frac{k_1}{k_2}.\cos k_1 a = -D.e^{-k_2 a}} \quad \text{-----} (4)$$

$(3) + (4) \Leftrightarrow 2iA\left(\sin k_1 a + \frac{k_1}{k_2}\cos k_1 a\right) = 0. \Rightarrow \sin k_1 a = -\frac{k_1}{k_2}\cos k_1 a.$

$(3) - (4) \Leftrightarrow \cancel{2}iA\left(\sin k_1 a - \frac{k_1}{k_2}\cos k_1 a\right) = \cancel{2}D.e^{-k_2 a}.$

$$\boxed{D = iA\left(\sin k_1 a - \frac{k_1}{k_2}\cos k_1 a\right).e^{k_2 a}} = iA(2\sin k_1 a)e^{k_2 a}.$$

Les f^{cts} d'onde:

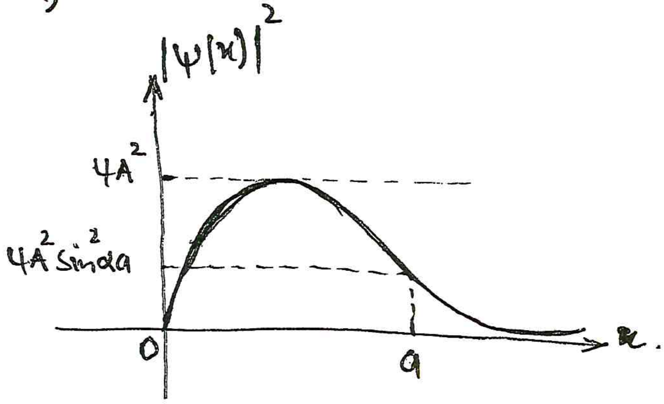
$\psi_I(x) = A\left(e^{ik_1 x} - e^{-ik_1 x}\right) = \boxed{2iA.\sin k_1 x = \psi_I(x)}$

$\psi_{II}(x) = iA(2\sin k_1 a)e^{k_2 a}.e^{-k_2 x} \Rightarrow \boxed{\psi_{II}(x) = 2iA\sin k_1 a.e^{-k_2(x-a)}}$

ii- <u>Densité de Probabilité</u>: (Suite <u>exo2</u>).

$$|\psi_I(x)|^2 = 4A^2 |\sin k_1 x|^2.$$

$$|\psi_{II}(x)|^2 = 4A^2 . |\sin k_1 a|^2 . e^{-2(x-a)}.$$



4- ~~valeurs des énergies~~