



*Analyse des phénomènes de transport
dans le système GaSb/GaAlAsSb, utilisé dans
les détecteurs de rayonnement autour de $1,7 \mu\text{m}$.*

TRAVAIL RÉALISÉ PAR:
KERROUM SABRINA IMENE & MENAKH IMANE NADJAH

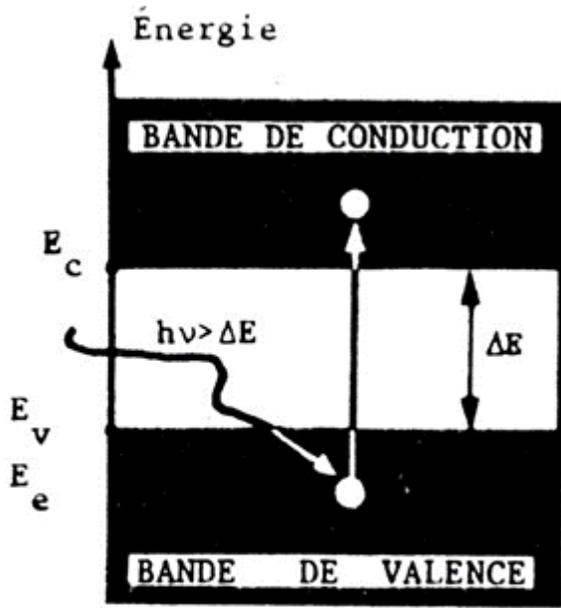
RAPPORTEUR:
PR. H. AÏT KACI

Notre exposé

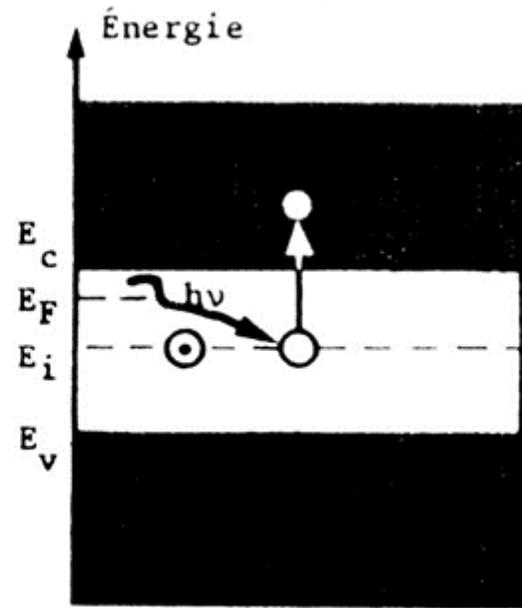


- *Introduction.*
- *Propriétés physiques des alliages GaSb et GaAlAsSb.*
- *L'hétérojonction p-n abrupte.*
- *La structure étudiée GaSb/GaAlAsSb/GaSb.*
- *Le transport électronique à travers nos interfaces.*
- *Conclusion et perspectives.*

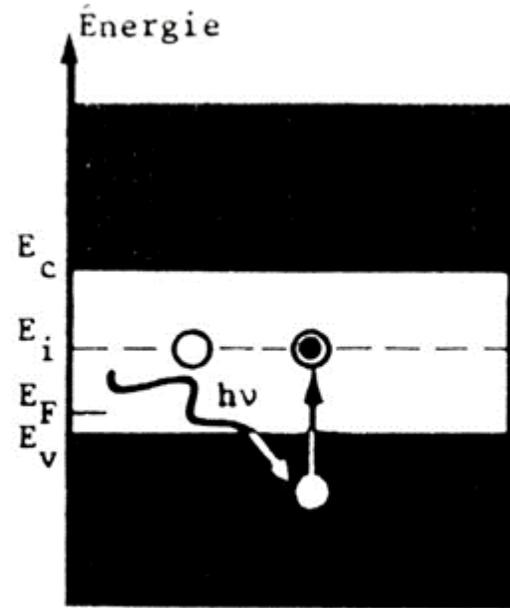
Le signal est donné par la mesure de l'excitation directe, des particules par absorption de photons incidents.



Photoconduction intrinsèque



Photoconduction extrinsèque



Spectre invisible		
Micro	Ondes	Ondes
ondes	radio	électro

à base d'antimoniure

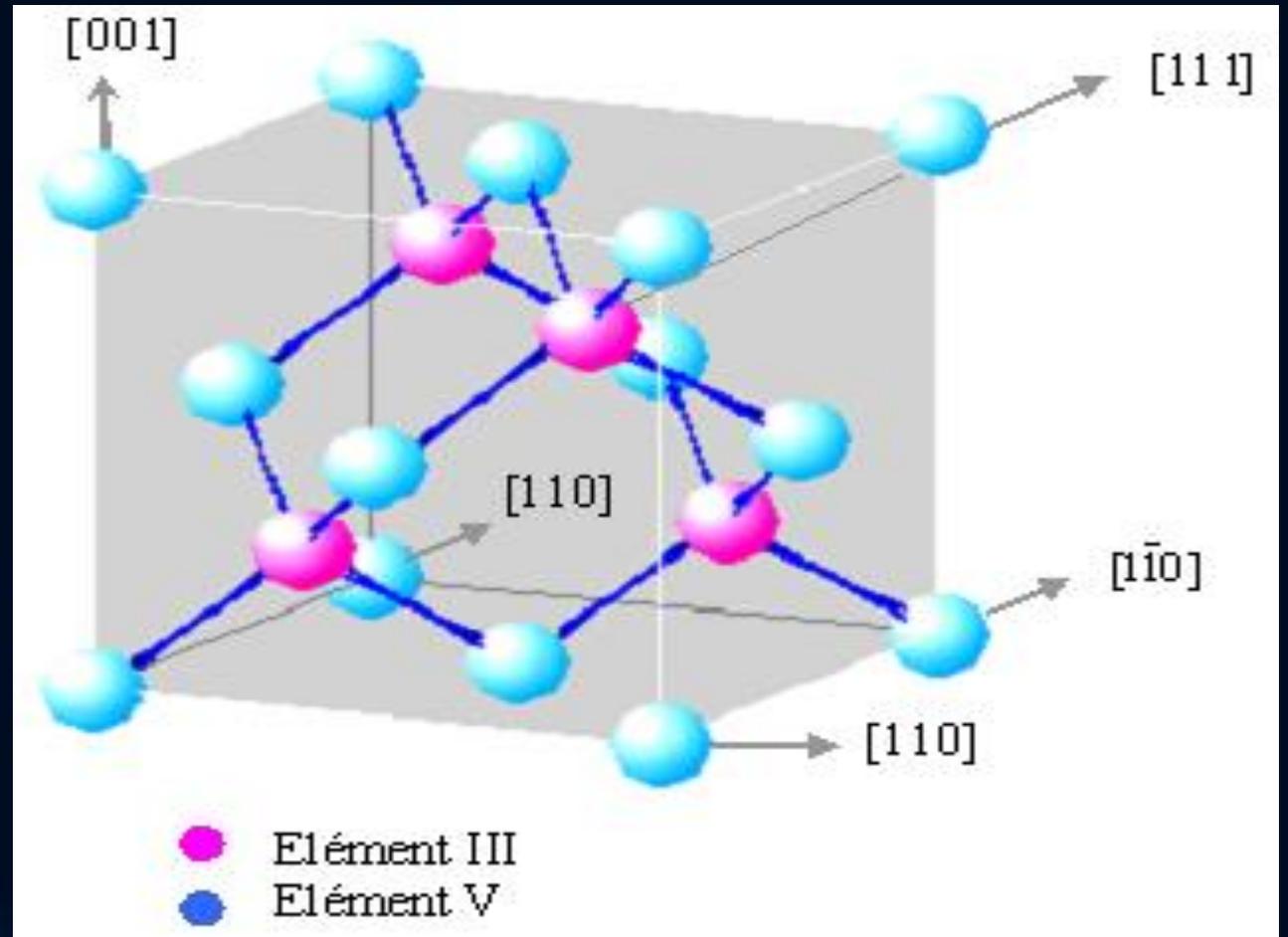


Sb, GaAs, AlSb, AlAs

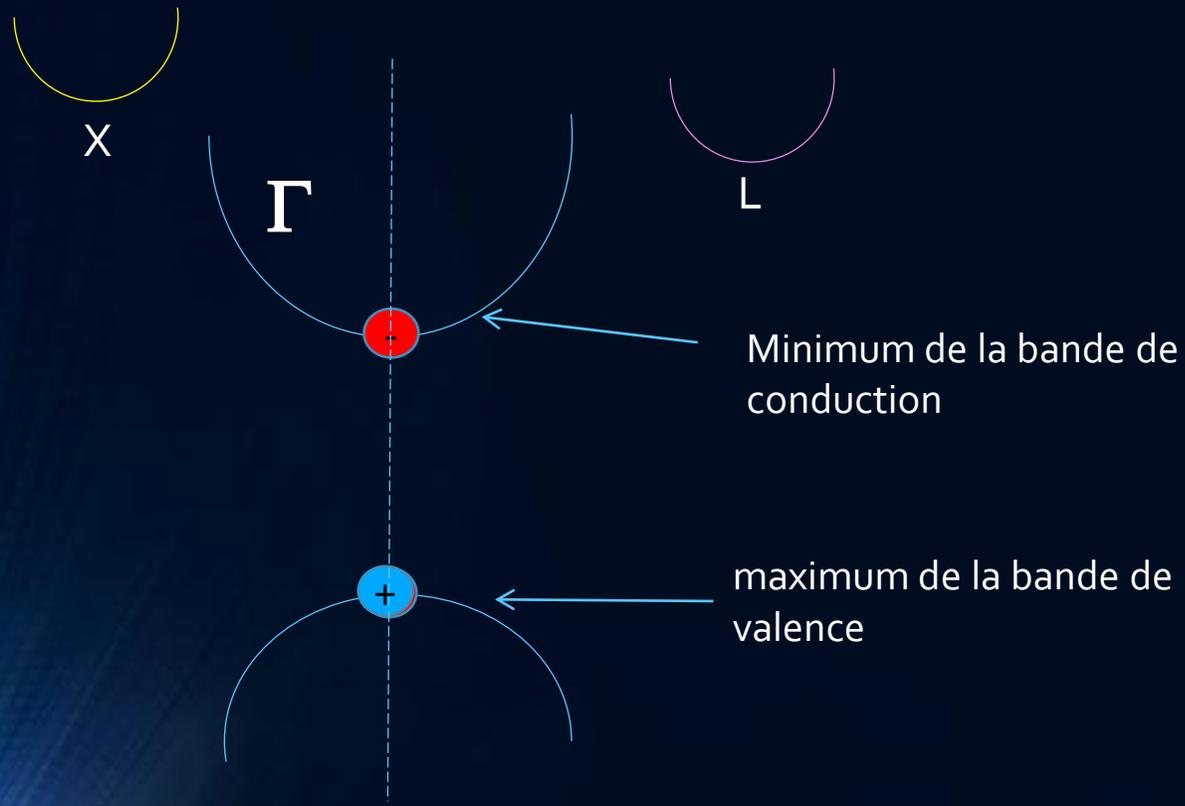
naire : GaAlAsSb

InfraRouge Lointain

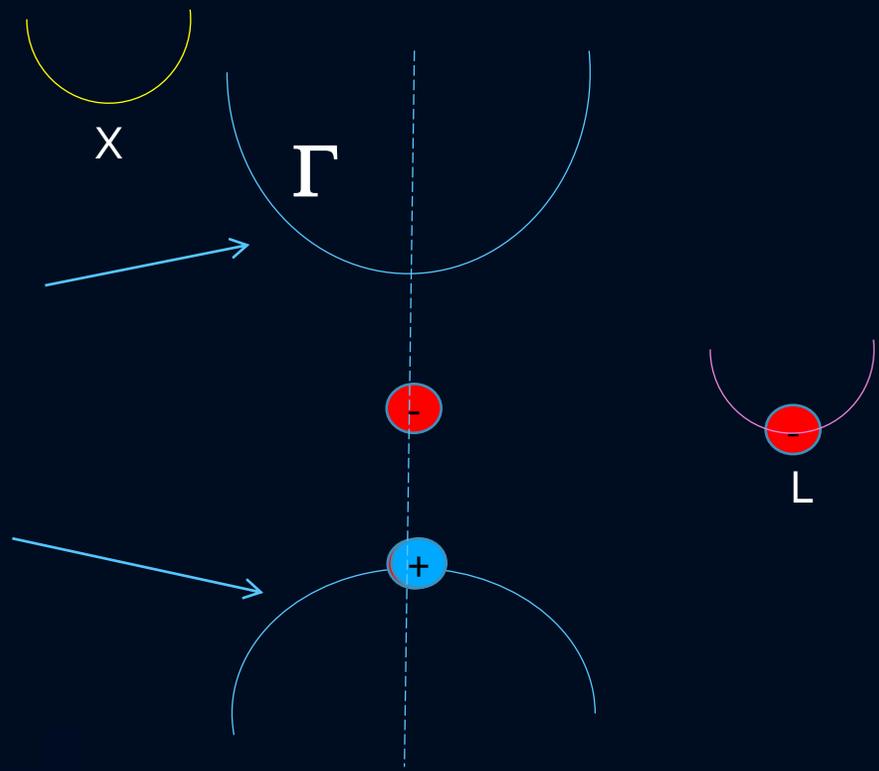
Structure cristalline



Semi-conducteur à gap direct



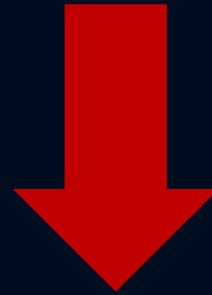
Semi-conducteur à gap indirect



Minimum de la bande de conduction

maximum de la bande de valence

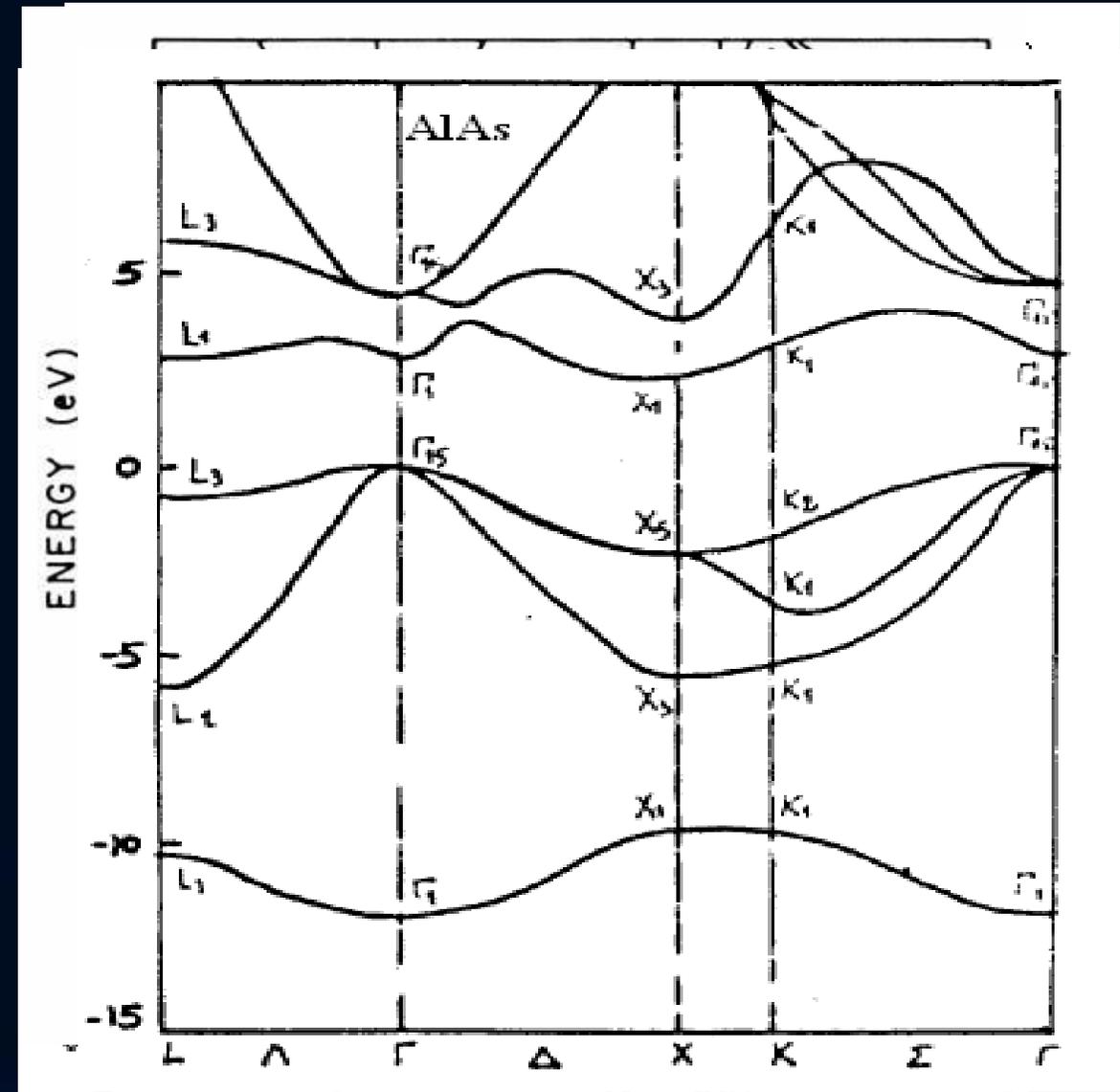
Les variations de la température entraînent des variations de l'énergie du gap dans les matériaux semi-conducteurs. Ces variations suivent la loi empirique de Varshni.



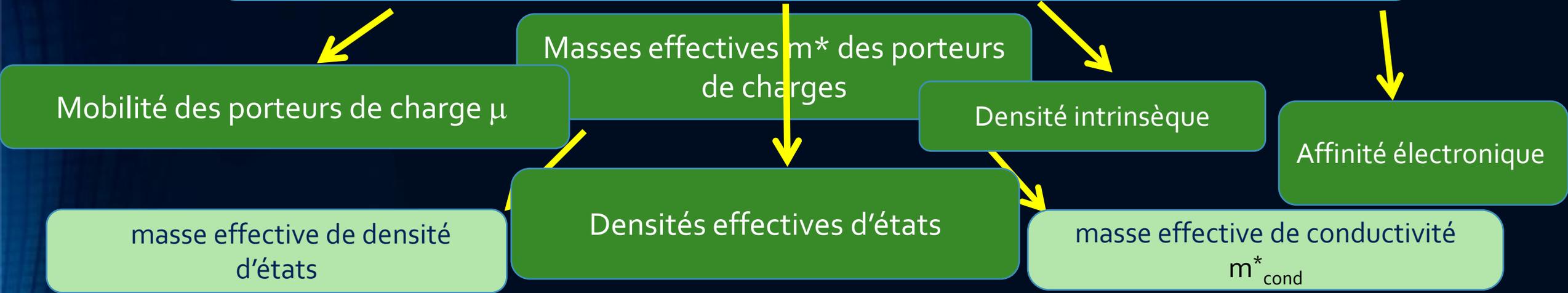
$$E_g(T) = E_g(0) - \alpha T^2 / (\beta + T)$$

Energie de transition des alliages binaires

Structure de bande d'énergies du matériau binaire AIAs à gap indirect à 300 K



Autres propriétés physiques des alliages



Méthode de calcul des propriétés physiques des alliages ternaires et quaternaires

Loi de Vegard

Ternaires AB_xC_{1-x}

$$E_T(x) = xE_{BC} + (1-x)E_{AC} + C_{ABC} \cdot x(1-x)$$

$$\alpha_T = x\alpha_{AB} + (1-x)\alpha_{AC}$$

Quaternaires $A_{1-x}B_xC_yD_{1-y}$

$$E_Q(x,y) = (1-x)[y\alpha_{BC} + (1-y)\alpha_{AC}] + x[y\alpha_{BD} + (1-y)\alpha_{AD}]$$

$$- x(1-x)[yC_{ABC} + (1-y)C_{ABD}] + y(1-y)[xC_{BCD} + (1-x)C_{ACD}]$$

GaSb à T = 300 K

a(A°)	E_{Γ} (eV)	E_L (eV)	E_X (eV)	$e\chi$ (eV)
6.0959	0.725	0.760	1,05	4,060

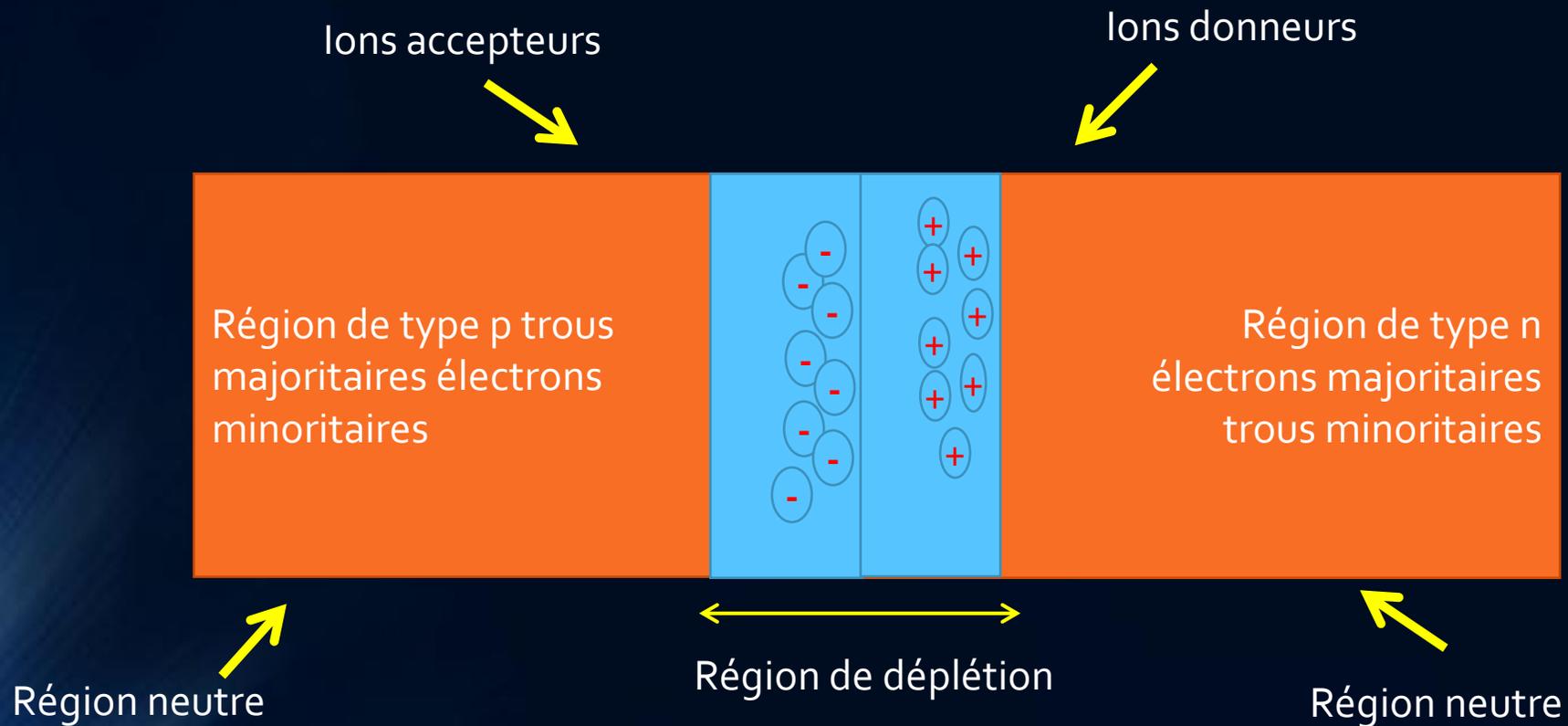
ϵ (ϵ_0)	m_{Γ}^* (m_0)	m_{LL}^* (m_0)	m_{TL}^* (m_0)	m_{LX}^* (m_0)	m_{TX}^* (m_0)	m_{hh}^* (m_0)	m_{ih}^* (m_0)
15.69	0.042	1.300	0.100	1.510	0.220	0.222	0.045

GaAl_{0.4}As_{0.034}Sb à T = 300 K

a(A°)	E_{Γ} (eV)	E_L (eV)	E_X (eV)	$e\chi$ (eV)
6.0959	1.2558	1.2296	1.2552	3.9753

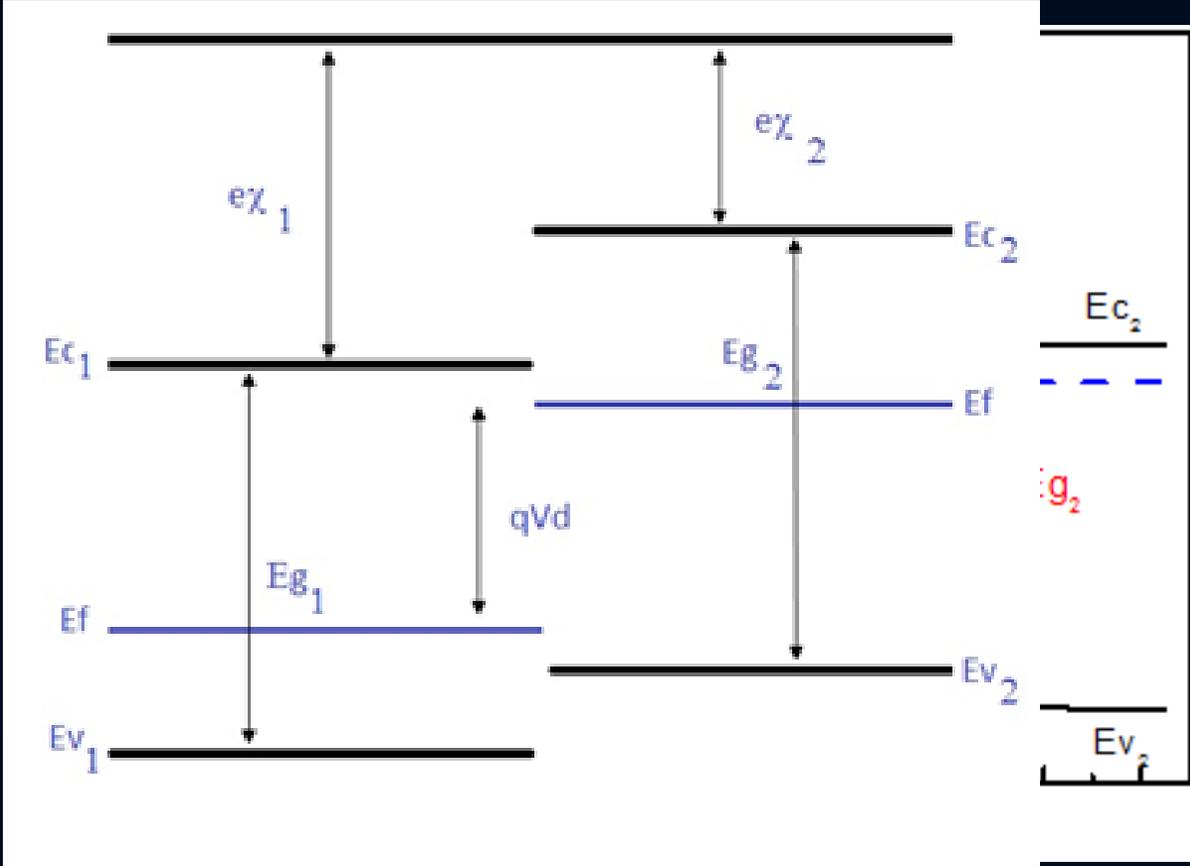
ϵ (ϵ_0)	m_{Γ}^* (m_0)	m_{IL}^* (m_0)	m_{TL}^* (m_0)	m_{LX}^* (m_0)	m_{TX}^* (m_0)	m_{hh}^* (m_0)	m_{lh}^* (m_0)
14,1507	0,080	1,444	0,150	1,439	0,183	0,258	0,081

L'hétérojonction p-n abrupte



Le diagramme des bandes d'énergies

Diagramme d'Anderson (1964) de l'hétérojonction après mise en contact des deux semi-conducteurs.



Mécanismes de transport des porteurs de charges

Densité de courant de diffusion des porteurs de charges : $J_{\text{diff}} = \left[\frac{qD_n n_i^2}{L_n N_A T h \left(\frac{dp}{Ln} \right)} + \frac{qD_p n_i^2}{L_p N_D T h \left(\frac{dn}{Lp} \right)} \right] \cdot (e^{qV_a/kT} - 1)$

Mécanisme de génération recombinaison : $J_{\text{gr}} = \frac{q n_i}{2 \tau_{G-R}} w [e^{\frac{qV_a}{2KT}} - 1]$

Effet tunnel bande à bande : $J = j_s (e^{qV/nKT} - 1)$
 $J_{\text{tbb}} = \frac{q^3 E_m V_a \sqrt{2m_{bb}}}{4\pi \hbar^2 E_g^{\frac{1}{2}}} e^{(-\frac{4}{3} 2m_{bb} E_g^{\frac{3}{2}} / qE_m \hbar)}$

Effet tunnel assisté par centre piège : $J_{\text{tat}} = \frac{q^2 m_t M^2 N_t V_a}{8\pi \hbar} e^{(-\frac{4}{3} 2m_t (E_g - E_t)^{3/2} / qE_m \hbar)}$

Structure étudiée

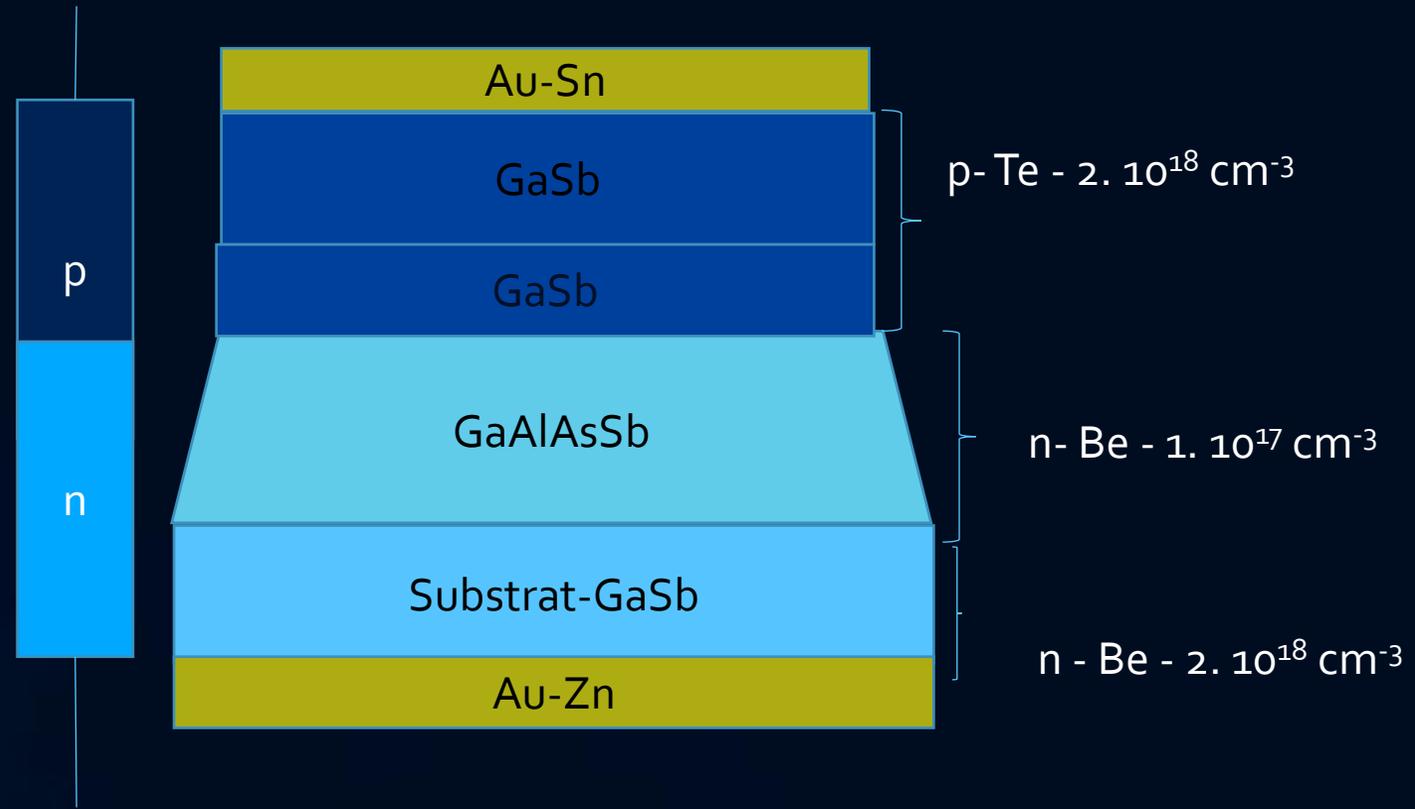
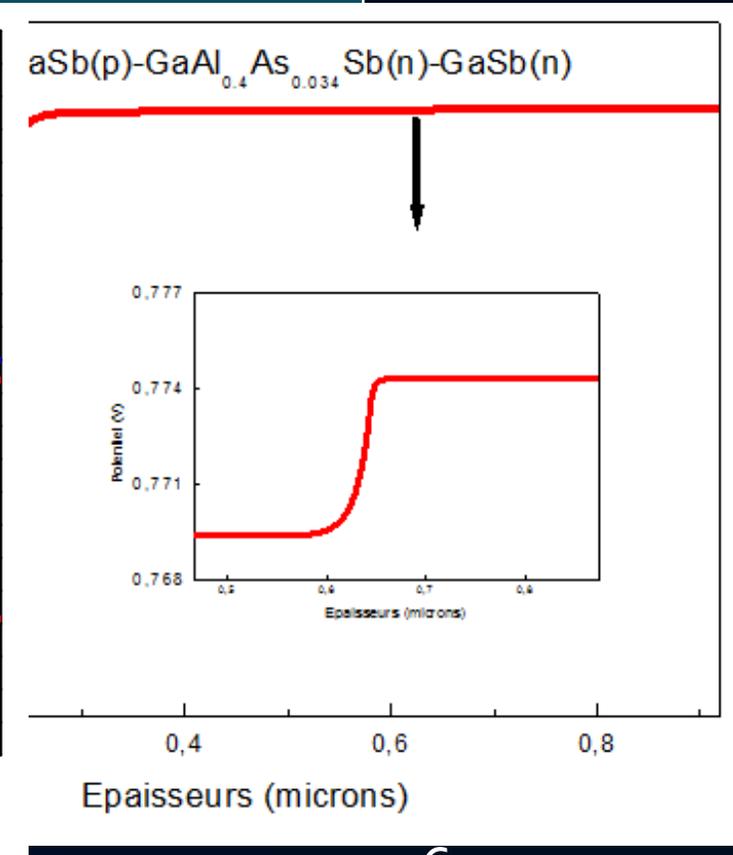
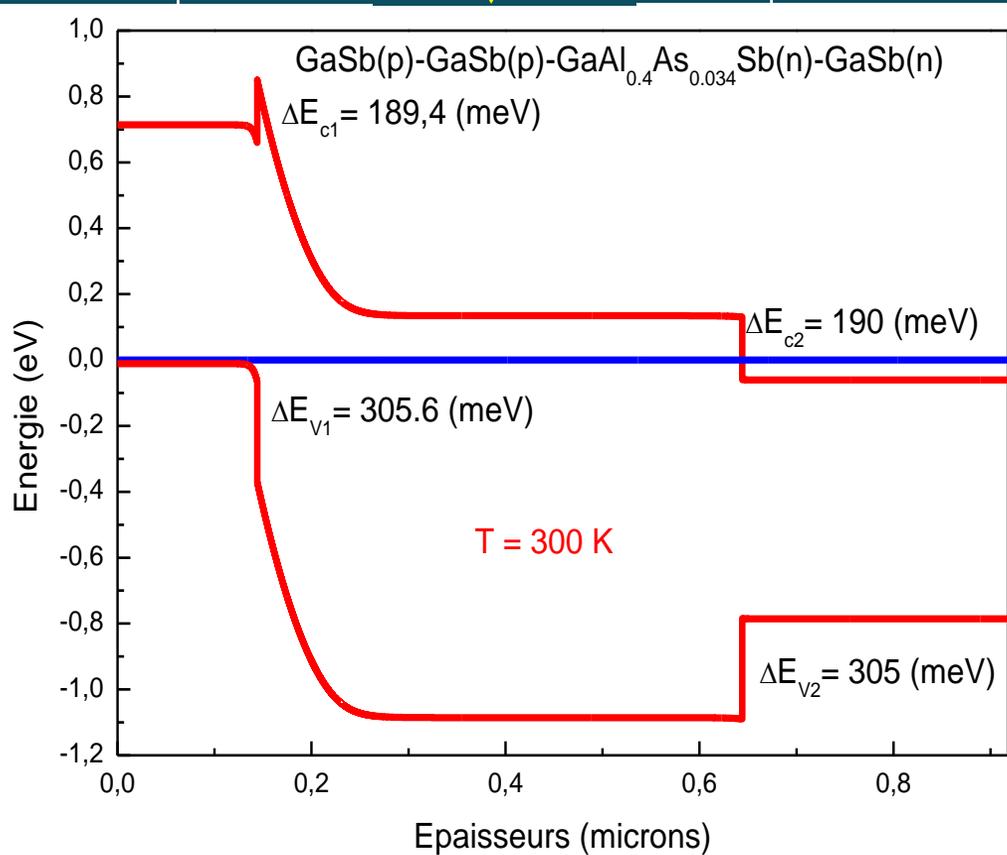
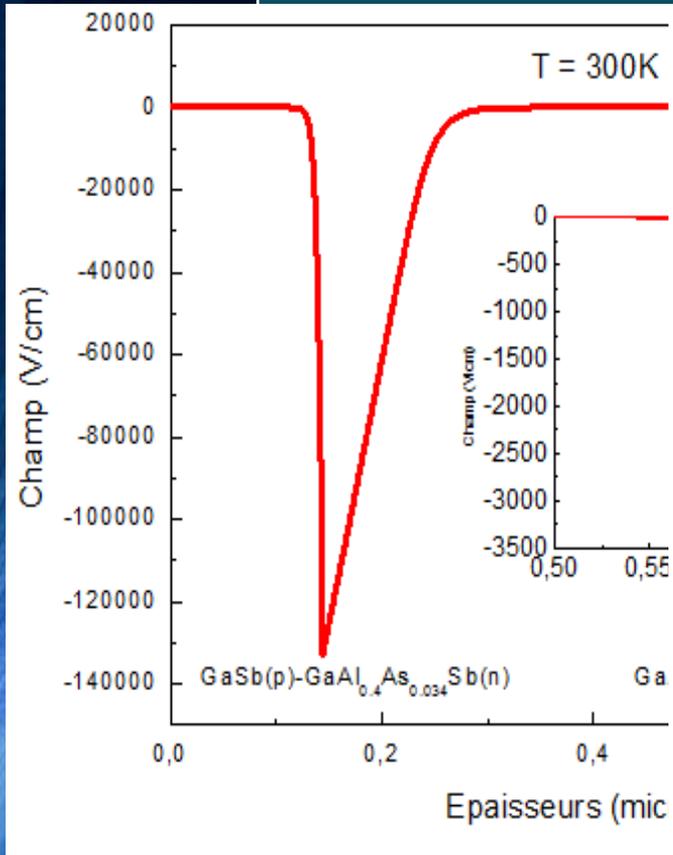
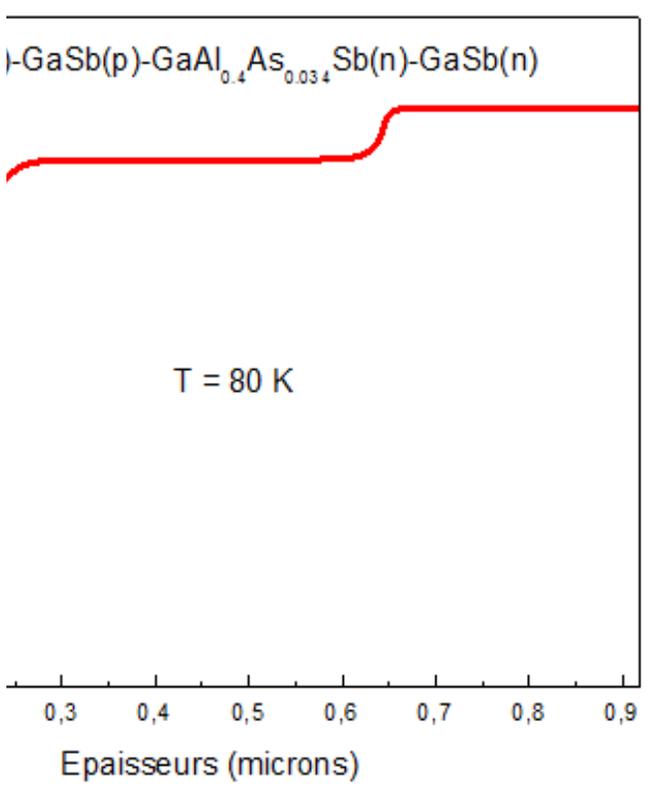
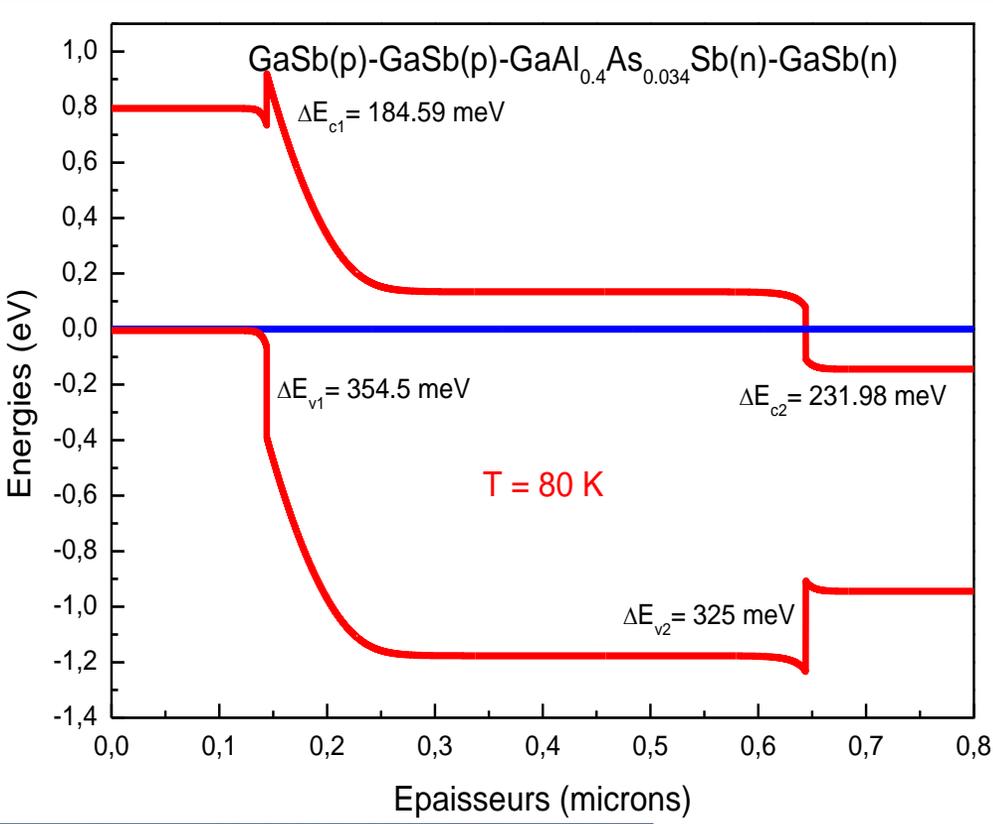
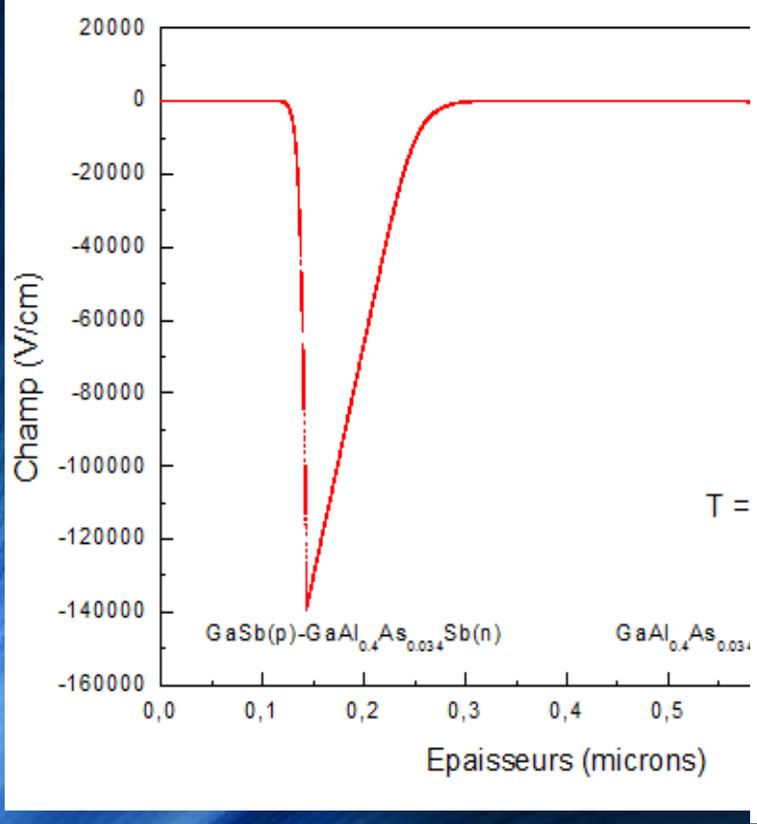


Schéma simplifié de la structure $\text{GaSb(p)-GaSb(p)-Ga}_{0.6}\text{Al}_{0.4}\text{As}_{0.03}\text{Sb}_{0.97}\text{(n)-GaSb(n)}$

Propriétés électriques et diagrammes énergétiques à 300 K



Propriétés électriques et diagrammes énergétiques à 80 K



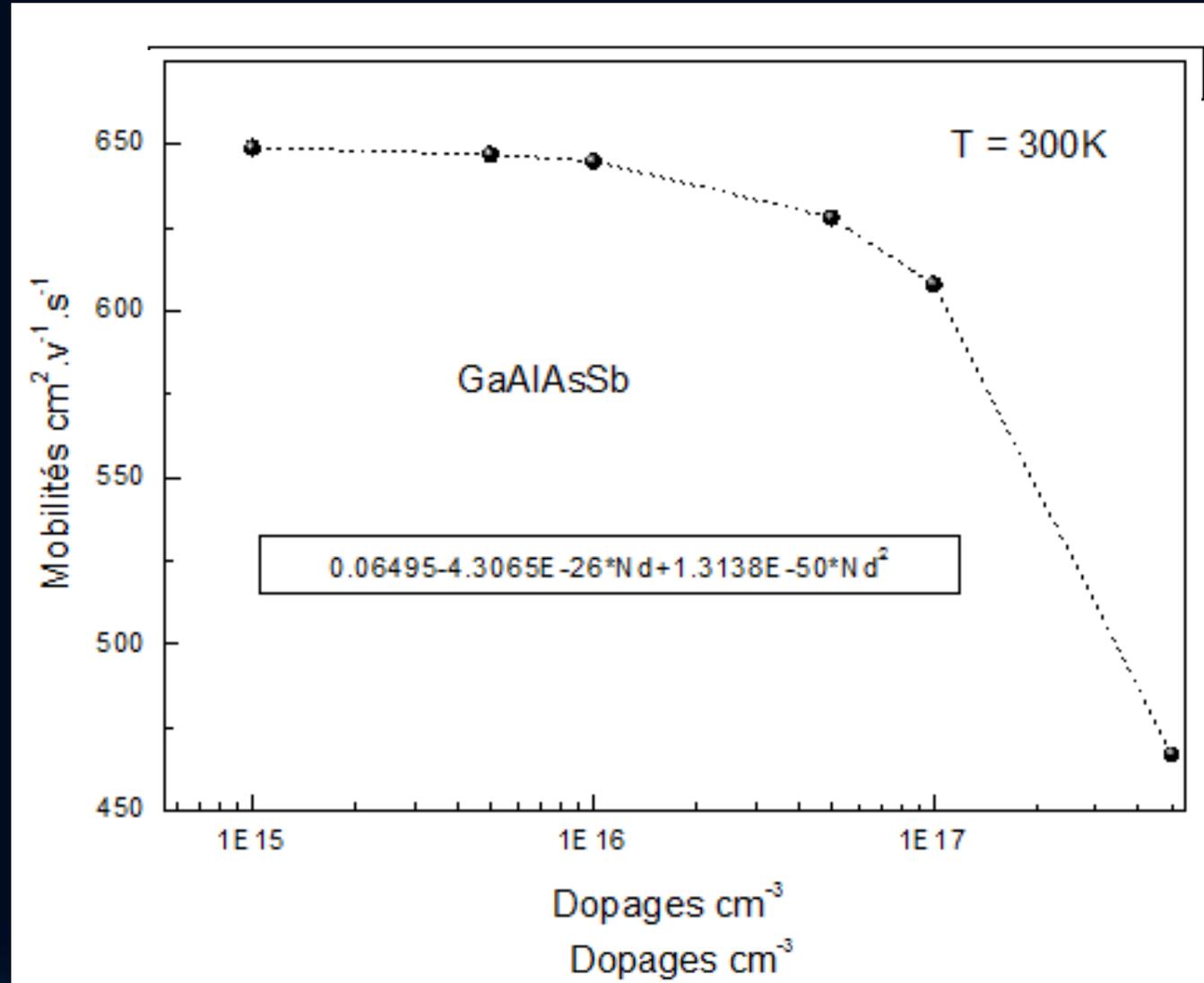
Transport électronique à travers une interface à hétérojonction P-N

Grandeurs physiques pour le transport des charges

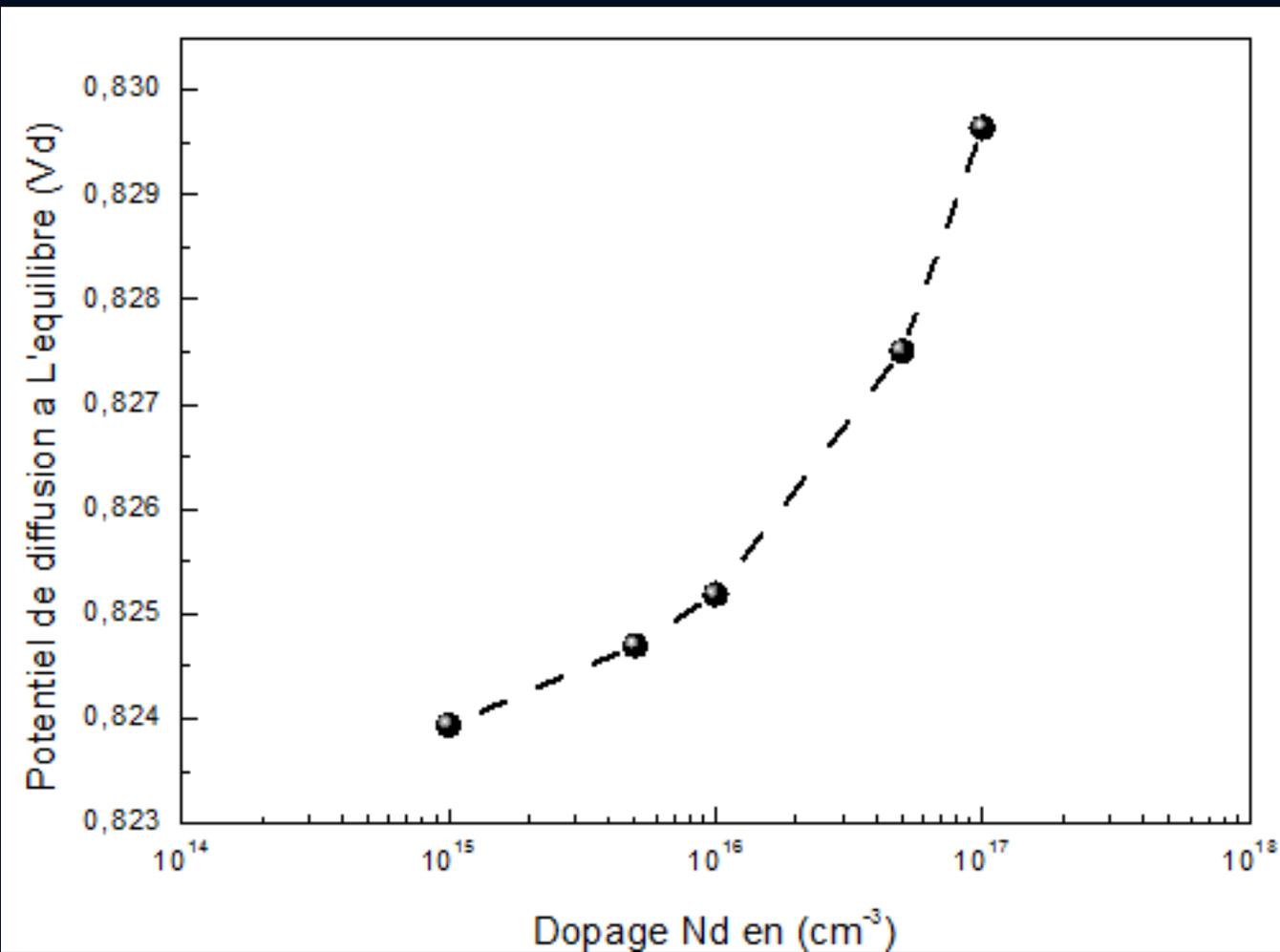
Couche	Dopage (cm ⁻³)	Eg (eV)	Mobilités μ (cm ² . V ⁻¹ . S ⁻¹)	τ_{GR} (S ¹)	n_i (cm ⁻³)
GaSb (p)	$2 \cdot 10^{18}$	0.725	Pour les électron 1567 Pour les Trous 445	10^{-11}	$6.2 \cdot 10^{17}$
GaAl _{0.4} As _{0.034} Sb(n)	Variable	1.22	Variable	10^{-11}	$4.64 \cdot 10^{14}$

Mobilités des porteurs minoritaires dans le quaternaire (les trous) GaAlAsSb

Diminution des mobilités en augmentant le dopages .



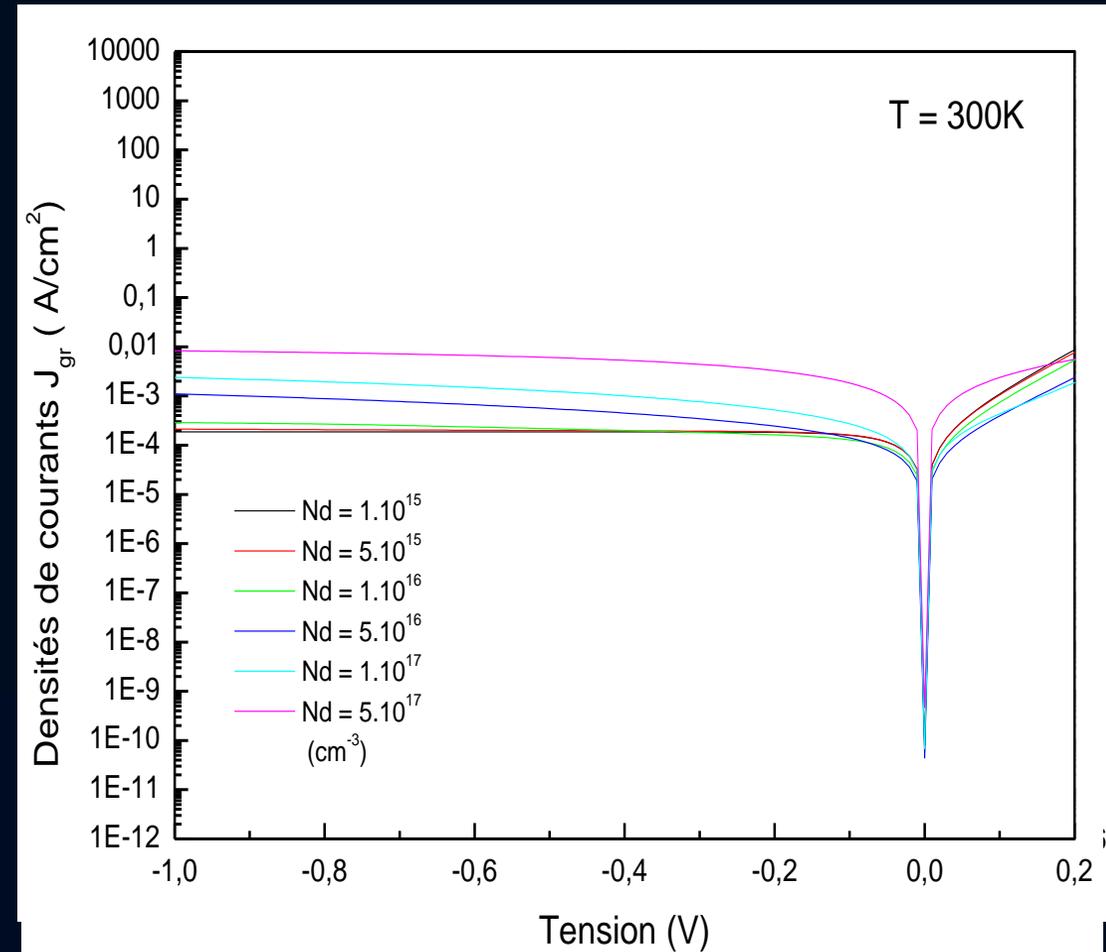
Potentiel de diffusion à l'équilibre en fonction du dopage



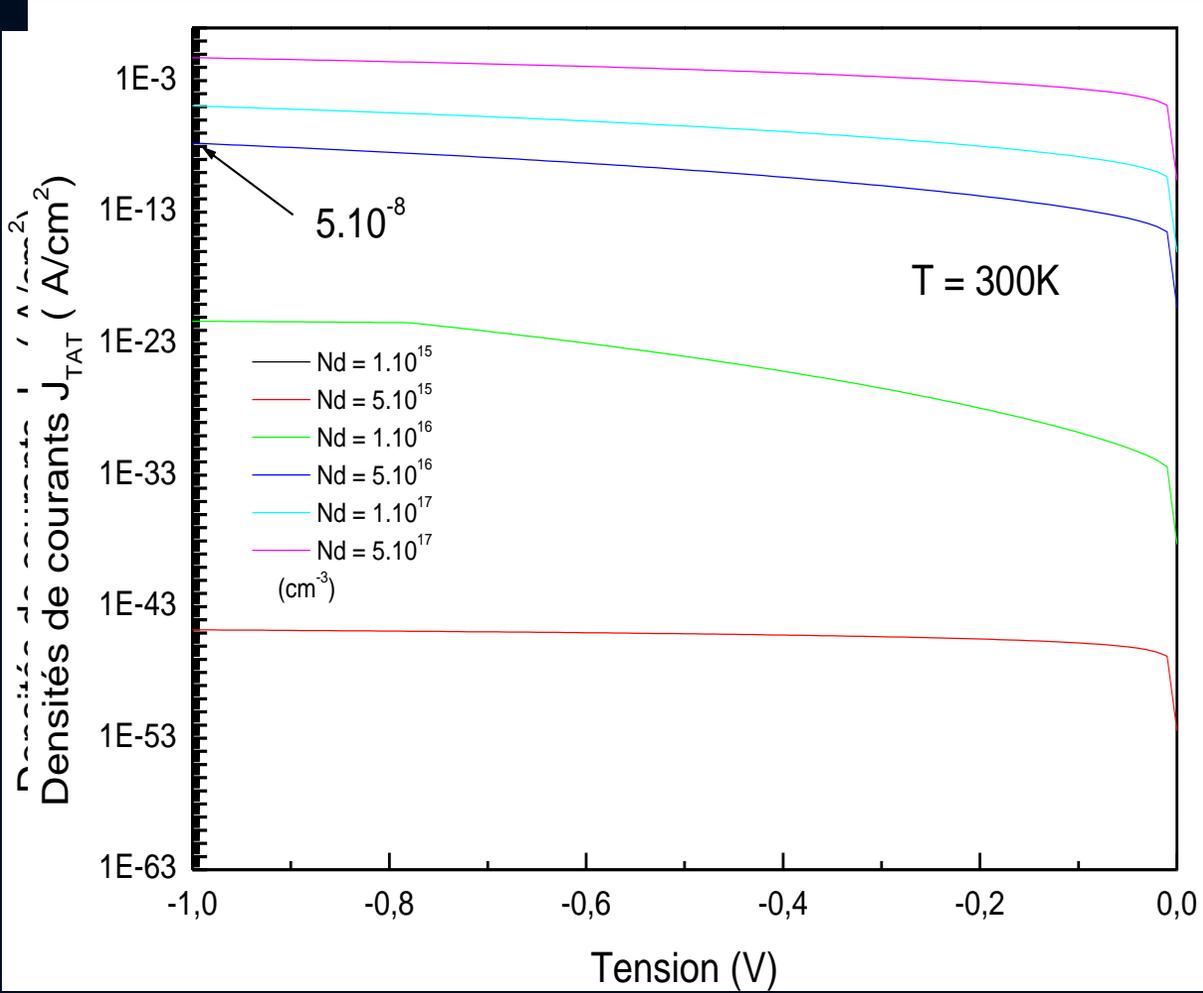
Transport électronique dans l'hétérojonction

Variation du courant de
génération/recombinaison pour
différents dopages Nd

courant G-R ↗ dopage Nd ↗ :
Pas de changement du courant de diffusion:
il est dans la couche binaire (p)
augmentation de la largeur de la zone
et non dans la couche quaternaire (n)
de charge d'espace dans la couche
binaire.

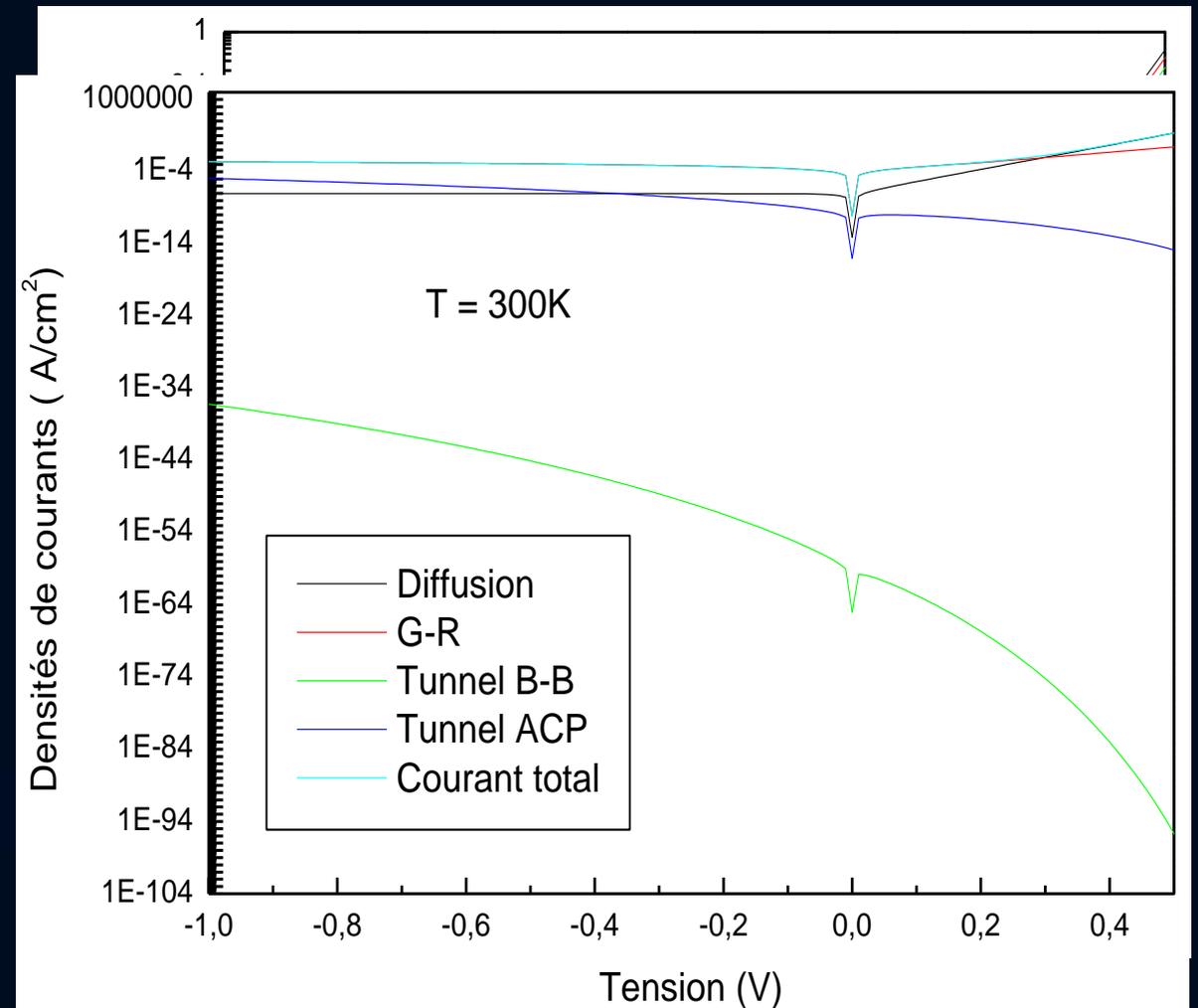


Variation du courant de l'effet tunnel assisté par centres pièges pour différents dopages Nd



Densité de courant total en fonction de la tension à 300 k

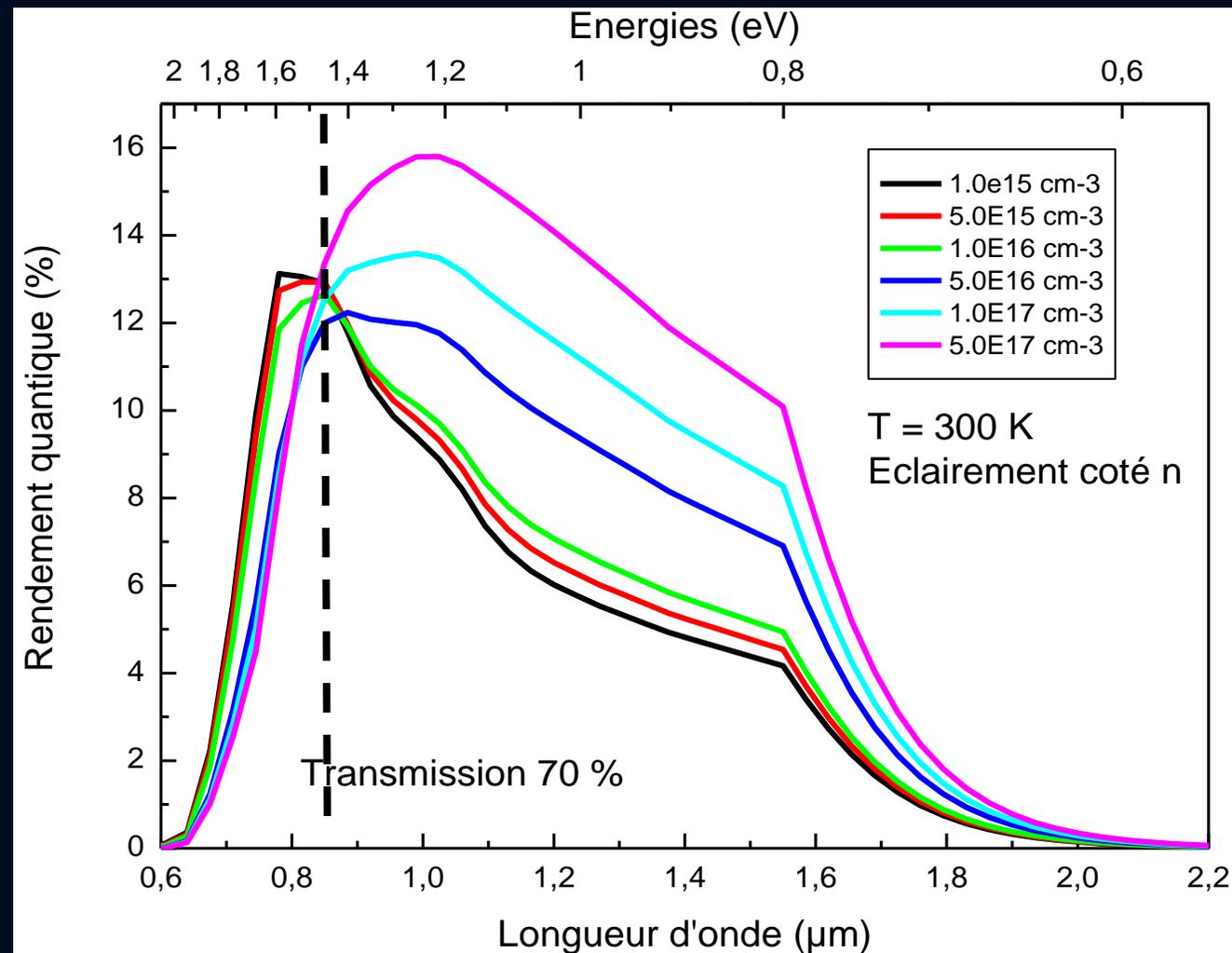
En augmentant l'épaisseur de la couche quaternaire, la densité de courant de diffusion diminue légèrement. Il se situe entre 10^{-8} et 10^{-7} A/cm² résultant à 300 K, est dû à la génération-recombinaison.



Rendement quantique sous éclairciment
(coté n) avec une transmission de 70%.
à température ambiante

aux faibles longueurs d'ondes l'absorption se fait dans les deux couches quaternaire et binaire. Ce phénomène diminue en augmentant le dopage.

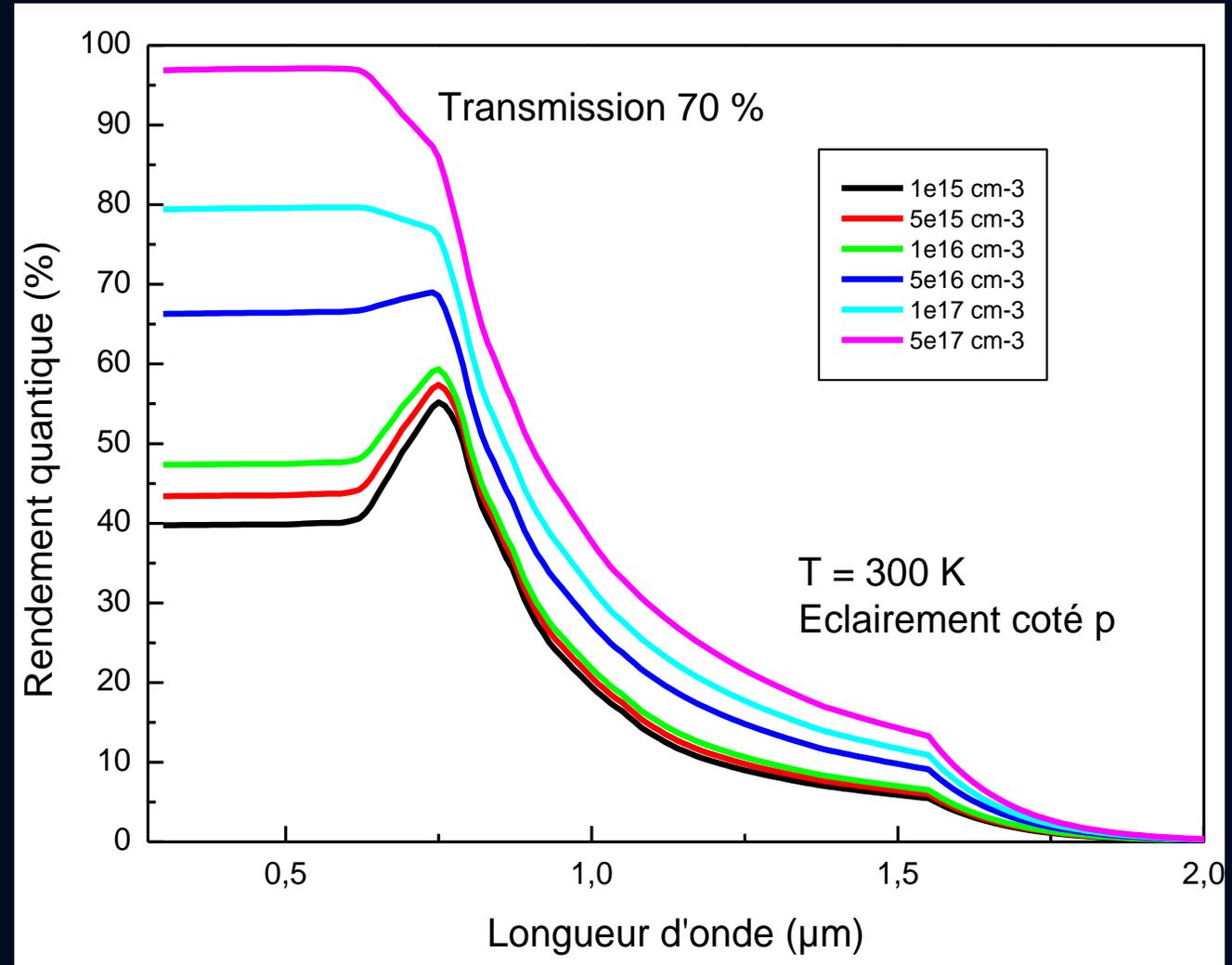
le rendement augmente en augmentant le dopage de la couche quaternaire ce qui prouve qu'il y'a absorption dans le binaire à cause de l'élargissement de la zone d'absorption (zone de charge) dans le GaSb.



Rendement quantique sous éclaircment coté p avec une transmission de 70%, à température ambiante

Augmentation de l'absorption lorsque le dopage augmente, aux faibles longueurs d'ondes

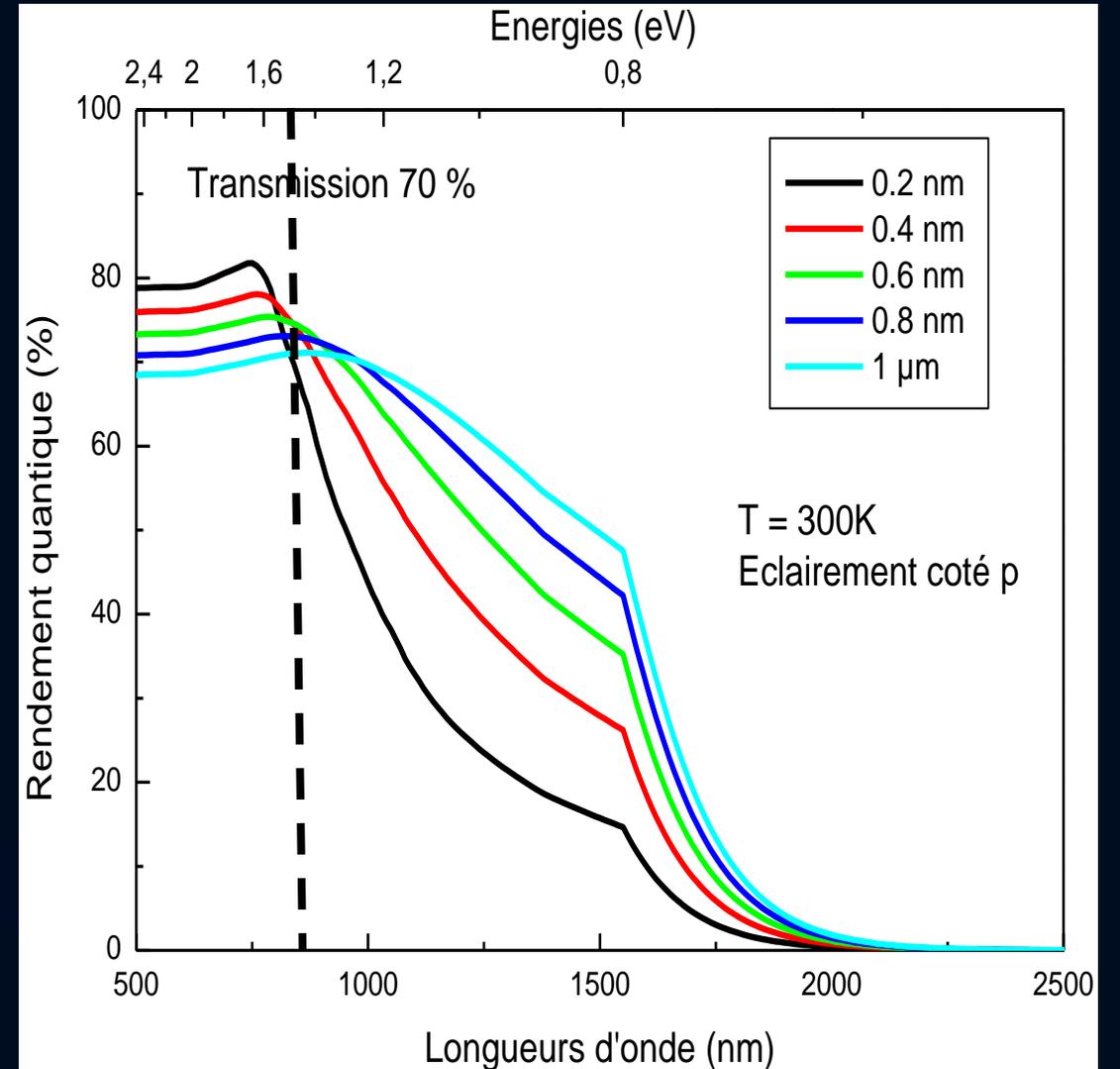
Ceci est également le cas pour des longueurs d'ondes plus élevées, contrairement au cas de l'éclaircment coté n. Cela est dû à deux raisons, la faible transmission de la couche GaSb (p) et la faible épaisseur du quaternaire. n



Rendement quantique de la structure en changeant l'épaisseur du GaSb (p).

Aux faibles longueurs d'ondes le rendement diminue en augmentant l'épaisseur du GaSb. On en conclu que l'absorption se fait par le quaternaire vue la correspondance entre les grandes énergies et son Gap.

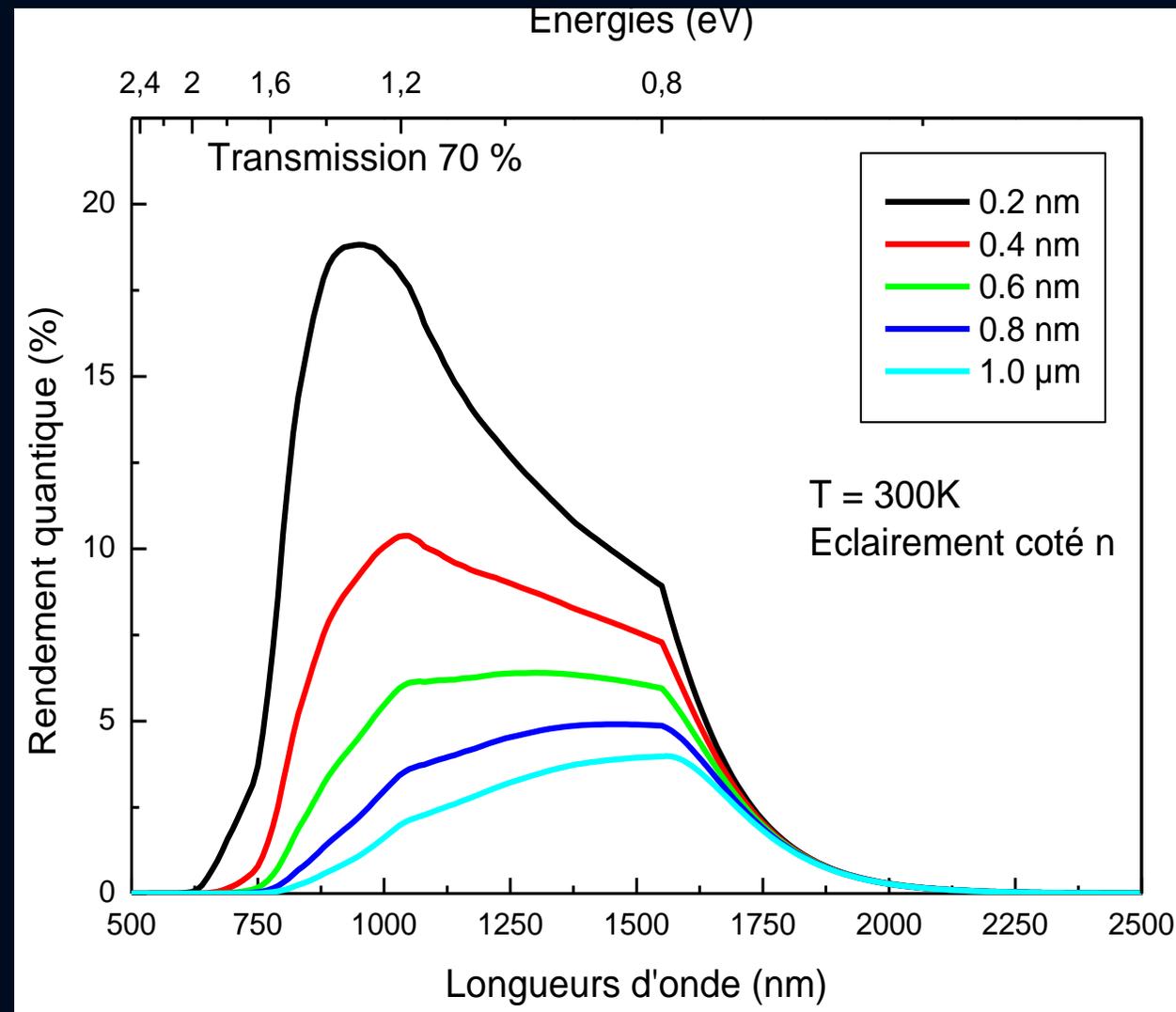
Pour de plus grandes longueurs d'ondes il y'a augmentation du rendement en augmentant l'épaisseur du GaSb. L'absorption se fait donc par le binaire à cause de la correspondance des faibles énergie avec son gap.

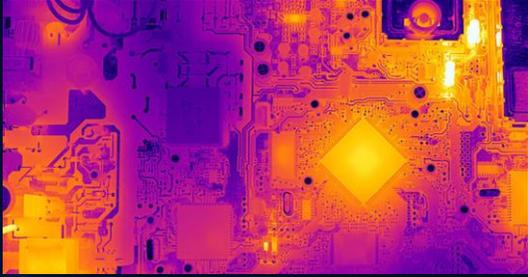


Rendement quantique en fonction de l'épaisseur du GaSb (n).

Absorption dans les deux couches.

Diminution du rendement en augmentant l'épaisseur du GaSb (n) .





Conclusion



Notre analyse phénoménologique et numérique des comportements électrique et optique prouvent qu'il est possible d'utiliser notre système à double interface, basé sur les matériaux antimoniures (GaSb et ses alliages) pour la fabrication de dispositifs *détecteurs de rayonnements dans la gamme du proche infrarouge du spectre solaire*.

Perspectives

Cependant, une étude approfondie et en température du fonctionnement et des performances de la structure est nécessaires pour optimiser le dessin. En d'autres termes, les épaisseurs et les dopages des couches doivent être déterminés avec plus de précision, pour de meilleures performances.

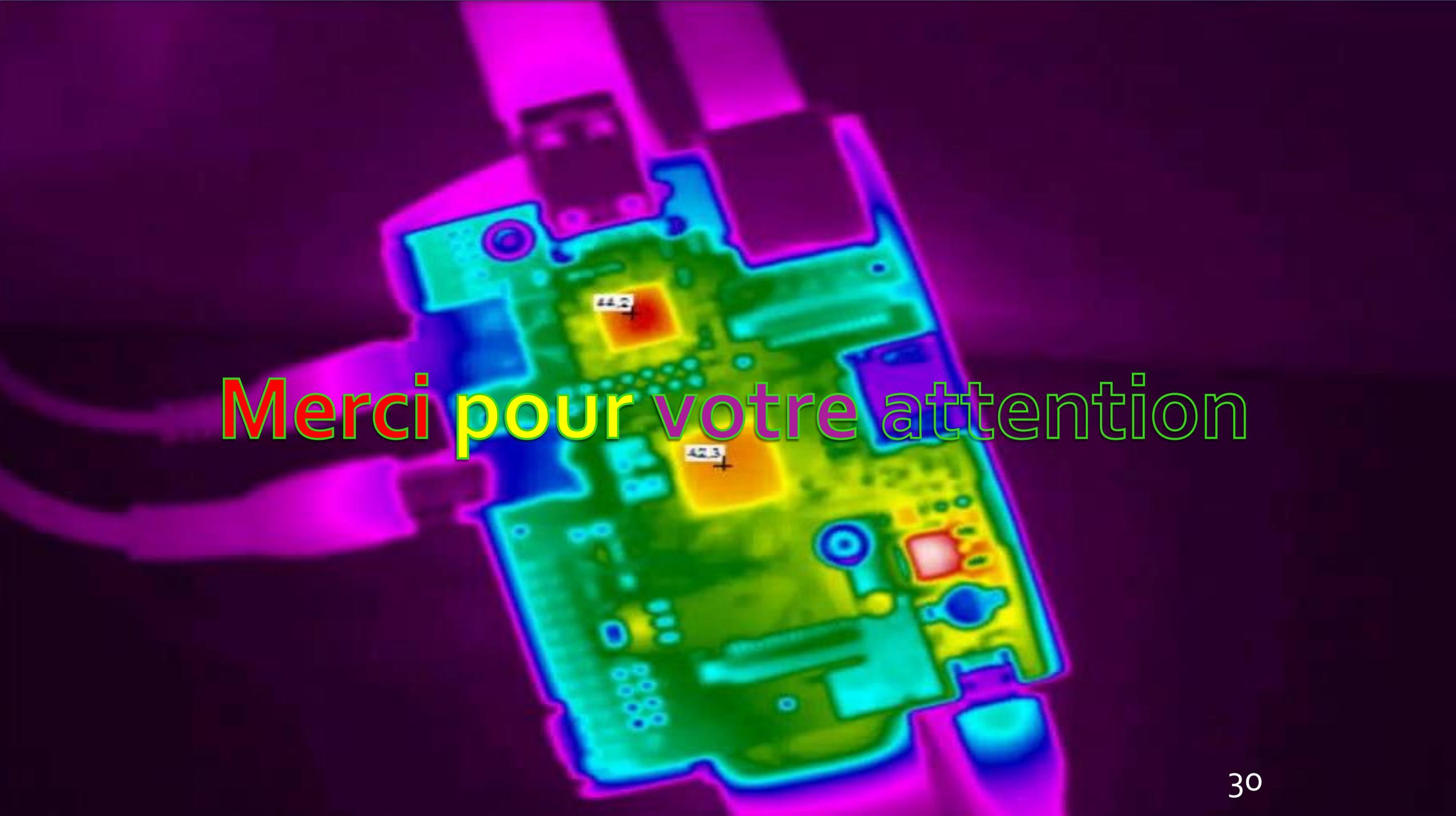
Applications des détecteurs à rayonnement infrarouge

Thermographie médicale

Imagerie thermique dans la recherche et le développement industriel

James webb



A thermal image of a printed circuit board (PCB) showing temperature distribution. Two components are highlighted with red and yellow colors, indicating higher temperatures. The component on the left is labeled '44.2' and the component on the right is labeled '42.3'. The rest of the board is shown in shades of green and blue, indicating lower temperatures. The background is dark, and the board is held by a hand on the left side.

Merci pour votre attention