



Classes : **MR1 EESC**  
Enseignant : **M. Aymen BELHADJ TAHER**  
Documents : **non autorisés**

Durée : **1h30mn**  
Nombre des pages : **2**

## *Examen : Laser et communication optique*

### Exercice 1:

#### *Partie I (laser à gaz ou à solide)*

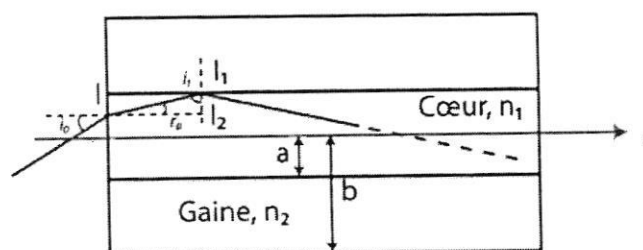
1. Dessiner le schéma d'un laser en précisant ses différents composants.
2. Donner le rôle de chaque élément.
3. Donner le principe de fonctionnement du laser.
4. Donner les différents types de cavité et ses limites.

#### *Partie II (laser à semi-conducteur)*

1. Définir un matériau semi conducteur.
2. Donner les caractéristiques d'un semi conducteur dopé et donner son utilité.
3. Donner les phénomènes mis en jeu dans une jonction PN.
4. Donner le principe de fonctionnement de diode laser.

### Exercice 2:

On considère la fibre optique suivante présentée dans la figure ci-dessous. Dans le modèle qui suit, on considère que cette fibre est constituée d'un cœur cylindrique de rayon  $a$ , d'indice  $n_1 = 1,510$  et d'une gaine de rayon extérieur  $b$ , d'indice  $n_2 = 1,495$ .



1. Un rayon incident se propage dans l'air dans un plan axial de la fibre et arrive en I, à une distance  $OI < a$  de l'axe, sur une extrémité de la fibre, sous un angle d'incidence  $i_0$ . On note  $i_1$  l'angle que fait le rayon avec la normale séparant la gaine du cœur. Déterminer la condition sur  $i_1$  tel qu'il y a guidage dans la fibre.
2. Exprimer la relation entre  $i_0$  et  $i_1$ .
3. En déduire la condition sur  $i_0$ , de la forme  $i_0 < i_m$ , permettant le confinement du rayon dans la fibre.
4. On appelle ouverture numérique O.N. la quantité  $\sin(i_m)$ . Exprimer O.N. en fonction de  $n_1$  et  $n_2$ .

### Exercice 3:

On considère une fibre optique multimode à saut d'indice de différence d'indice relative  $\Delta=0.005$  avec indice de réfraction du cœur  $n_c=1.45$ .

1. Calculer la différence du temps de propagation sur le trajet le plus lent et le plus rapide.
2. Pour que la fibre soit monomode, quel doit être le rayon du cœur ( $\lambda=0.85\mu\text{m}$ ).
3. La variation de l'indice de réfraction par rapport à la longueur d'onde est égale à  $3.10^{10}\text{m}^{-2}$ . Calculer la dispersion du matériau sur une longueur  $L=10\text{Km}$  pour  $\Delta\lambda=50\text{nm}$ .

**Bon travail**

**Université de Gabes**  
**Institut Supérieur de l'Informatique de Medenine**  
**MR1-EESC– Examen Session Principale**  
**Estimation et Détection**

Enseignante: Mme. Sawsan Selmi

Jeudi 09-05-2024 de 10:30 a 12:00

---

Cet examen contient 2 pages.  
Bon travail :)

**Exercice 1 : [10 pts]**

1. Expliquer la différence entre la détection et l'estimation d'un signal.
2. Quelle est la différence entre la vraisemblance et la probabilité. Donner des exemples.
3. Expliquer la fonction de vraisemblance et le rapport de vraisemblance.
4. Donner les différents types de filtres utilisés pour estimer la position aléatoire d'une voiture parmi plusieurs.
5. Expliquer le fonctionnement de filtre de Kalman.
6. Comment pourrions nous estimer un signal en présence du bruit blanc ?
7. Donnez des exemples concrets de signaux échantillonnés, de signaux à temps continu, de signaux quantifiés, de signaux analogiques et de signaux numériques.
8. Expliquer le fonctionnement d'un système linéaire invariant, donner ses équations de signaux à l'entrée et à la sortie.

**Exercice 2 : [10 pts]** Considérons un système de communications, dans lequel la source émet un signal analogique,  $A(t)$ , échantillonné à  $T_e$  vers un cible fixe. A chaque instant  $kT_e$ , on mesure l'amplitude  $A(kT_e) = A_k$  qui est transmise vers le récepteur et perturbée par les bruits du canal, de l'émetteur et du récepteur.

1. Donner l'expression du signal émis et reçu en expliquant toutes ses paramètres.

2. Donner l'équation de signal en cas d'une modulation de fréquence  
Considérons maintenant qu'il s'agit d'une émission radar, pour une cible en mouvement.
3. Quelle est le phénomène qui s'ajoute par rapport au premier cas.
4. Donner les équations de signal en émission et en réception.
5. S'agit-il d'un problème de détection ou d'estimation ? Modéliser le.
6. On suppose maintenant qu'on étudie un signal issue d'un avion en mouvement ayant différents sources internes (des moteurs, des hélices et de cavitation, etc. . . ) qui transmettent des signaux simultanément.
  - a- Quel est le type de ce signal ? Comment pourrions nous l'étudier ?
  - b- Modéliser la nouvelle représentation du signal issue de la source.
  - c- Comment peut-on estimer correctement la position et la vitesse de l'avion ?
7. On souhaite étudier les phénomènes d'estimation de position de deux avions simultanément.  
Comment pourrions nous résoudre ces problèmes ? Donner des propositions.



# Antennes I

## Examen de la session principale

Durée : 1 Heure 30 Min

L'impédance de l'onde dans le vide est  $\eta_0 = 120\pi \Omega$ .

### Exercice I

Soit une antenne sans pertes d'impédance d'entrée  $Z_{ant} = (50 + j10) \Omega$ , est alimentée par un générateur d'impédance interne réelle  $R_{gen} = 50 \Omega$ , de puissance disponible 10 dBW.

Le diagramme de rayonnement de cette antenne, exprimé en densité de puissance rayonnée par unité de surface, est de la forme :

$$P(r, \theta, \phi) = P_0 \frac{\sin^2 \theta}{r^2}$$

1. Trouver la direction de maximum de rayonnement. (1 Point)
2. Calculer la directivité maximale de l'antenne (en valeur linéaire et en dB). (2 Points)
3. Chercher son efficacité de rayonnement  $\eta_{ray}$ . (1 Point)
4. En tenant compte du coefficient de réflexion à l'entrée de l'antenne  $\Gamma_{ant}$ , son efficacité de réflexion s'exprime comme  $\eta_{ref} = 1 - |\Gamma_{ant}|^2$ . Quel est le gain maximum (en valeur linéaire et en dB) de l'antenne ? (2.5 Points)
5. Donner l'expression du niveau de champ créé à une distance  $d$  de ce système, dans la ou les direction(s) de rayonnement maximale(s) de l'antenne. Calculer sa valeur approximative en mV/m pour  $d = 3$  km. (2.5 Points)

### Exercice II

Une antenne rayonne une puissance totale de 80 W qui produit un champ électrique de 8 mV/m à une distance de 24 km de l'antenne dans la direction optimale de rayonnement.

Évaluer : (4 Points)

- a- La directivité,

- b- L'efficacité de rayonnement, si la puissance disponible à l'entrée était de 100 W,
- c- Le gain, si la résistance de pertes vaut le tiers de celle de rayonnement.

### Exercice III

Une antenne monopôle, ayant une résistance de pertes  $R_{pertes}$  de  $3.5 \Omega$  et une impédance d'entrée (excluant les pertes)  $Z_{in} = (36.5 + j21.25) \Omega$ . Cette antenne est connectée directement à un générateur, de tension crête 10 V, d'impédance interne  $Z_g = (25 + j25) \Omega$  et délivrant un signal harmonique de fréquence  $f = 500$  MHz.

1. Déterminer (2 Points)
  - a- La puissance réelle fournie par la source,
  - b- La puissance rayonnée par l'antenne,
  - c- Les pertes dissipées au niveau de l'antenne et du générateur.
2. L'impédance interne du générateur  $Z_g$  peut être varier, quelle condition à satisfaire pour avoir un transfert optimal de puissance entre celui-ci et l'antenne? Dans ce cas, refaire les calculs de la première question. (3.5 Points)
3. Que devient ce bilan de puissance dans le cas où l'antenne est connectée au générateur à l'aide d'une ligne de transmission de longueur 3 m, supposée sans pertes et d'impédance caractéristique  $Z_C$ . (1.5 Points)

# Mesures Hyperfréquences

Examen de la session principale

Durée : 1 Heure 30 Min

L'impédance de référence utilisée est  $Z_0 = 50 \Omega$  pour chaque port.  
 $a_i$  et  $b_i$  sont les ondes incidentes et réfléchies, respectivement.

## Exercice I

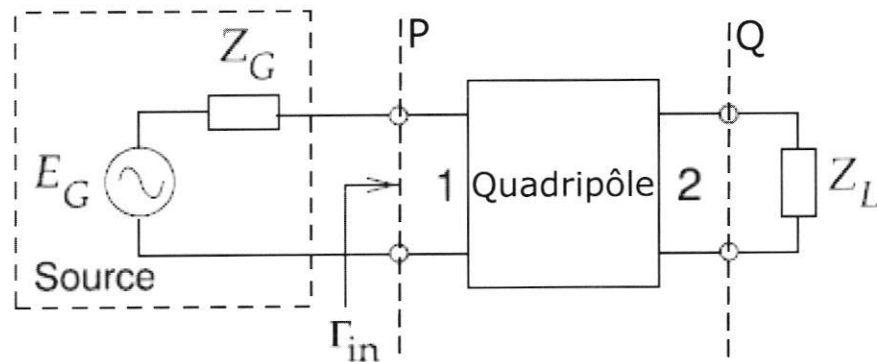
L'atténuation d'un câble coaxial est donnée par :  $L(\text{dB}/\text{longueur}) = P_{in}(\text{dB}) - P_{out}(\text{dB})$ .  
 Avec  $P_{in}$  et  $P_{out}$  les puissances à l'entrée et à la sortie du câble, respectivement.

Un récepteur d'impédance  $Z_L = 50 \Omega$  est connectée par un câble coaxiale RG-58U de longueur  $\ell = 100 \text{ m}$  à une antenne ayant la même impédance. Le récepteur indique un niveau de  $-20 \text{ dBm}$  à  $200 \text{ MHz}$ . Les pertes du câble, données par le constructeur, sont  $L = 8 \text{ dB}/30.5 \text{ m}$  à  $200 \text{ MHz}$ .

1. Donnez la tension à l'entrée de l'antenne en  $\text{dB}\mu\text{V}$  et en V, (3 Points)
2. Refaire les mêmes calculs lorsque le câble est changé par un autre de type RG-6 ayant une atténuation  $L = 3 \text{ dB}/30.5 \text{ m}$  à  $200 \text{ MHz}$ . (3 Points)

## Exercice II

Soit le circuit électrique suivant :



Le quadripôle est caractérisé par sa matrice  $[S]$  mesurée entre les plans de référence P et Q :

$$[S] = \begin{bmatrix} 0.25 & 0 \\ 1.2 & 0.5 \end{bmatrix}$$

Le générateur possède une impédance interne  $Z_G = 50 \Omega$ , il fournit une puissance de 1 mW.

Le quadripôle est connecté à une charge d'impédance  $Z_L = 50 \Omega$ .

1. Donner les propriétés de ce quadripôle. (1.5 Points)
2. Est-il passif ou actif? Justifier. (1.5 Points)
3. Trouver le coefficient de réflexion  $\Gamma_{in}$  à son entrée. (2 Points)
4. Quelle est la f.e.m de la source,  $E_G$ ? (2 Points)
5. Chercher la puissance réfléchie au niveau de port 1. (1.5 Points)

On donne la matrice  $[Z]$  en fonction de paramètres  $S$  :

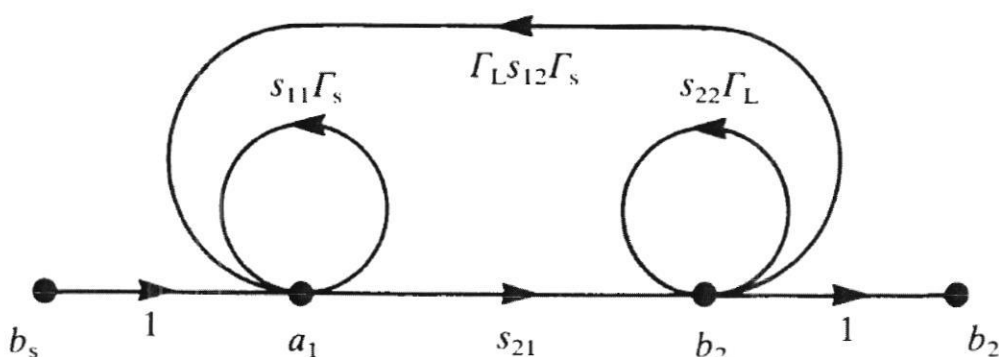
$$[Z] = Z_0 \begin{bmatrix} \frac{(1+S_{11})(1-S_{22})+S_{12}S_{21}}{\frac{2S_{21}}{\Delta}} & \frac{2S_{12}}{\Delta} \\ \frac{(1-S_{11})(1+S_{22})+S_{12}S_{21}}{\Delta} & \frac{2S_{21}}{\Delta} \end{bmatrix}$$

Avec  $\Delta = (1 - S_{11})(1 - S_{22}) - S_{12}S_{21}$ .

6. En utilisant les paramètres  $Z$ , quelle est la puissance dissipée par la charge au port 2? (1.5 Points)

### Exercice III

Le graphe de fluence d'un circuit RF est montré à la figure suivante :



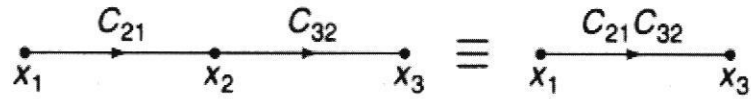
1. Réduire ce graphe à une branche et deux noeuds. (2 Points)
2. Écrire l'expression de  $b_2$  en termes de  $b_s$ . (2 Points)



## Règles pour les graphes de fluence

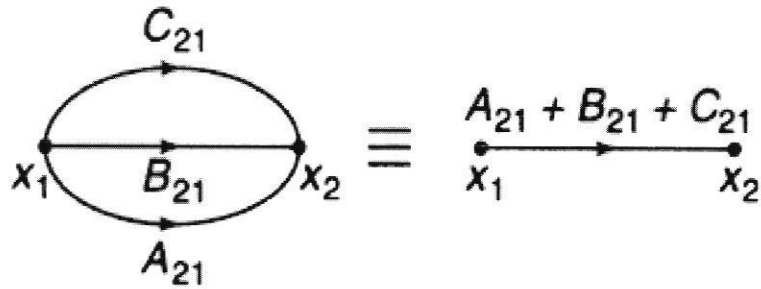
Règle 1 :

$$x_3 = C_{21}C_{32}x_1$$



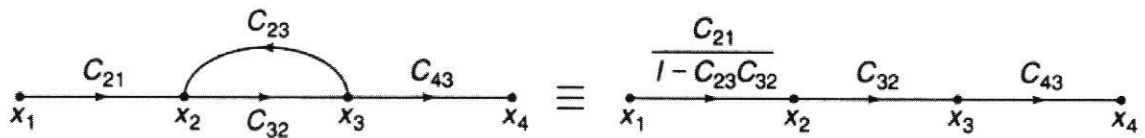
Règle 2 :

Plusieurs chemins parallèles reliant deux noeuds,

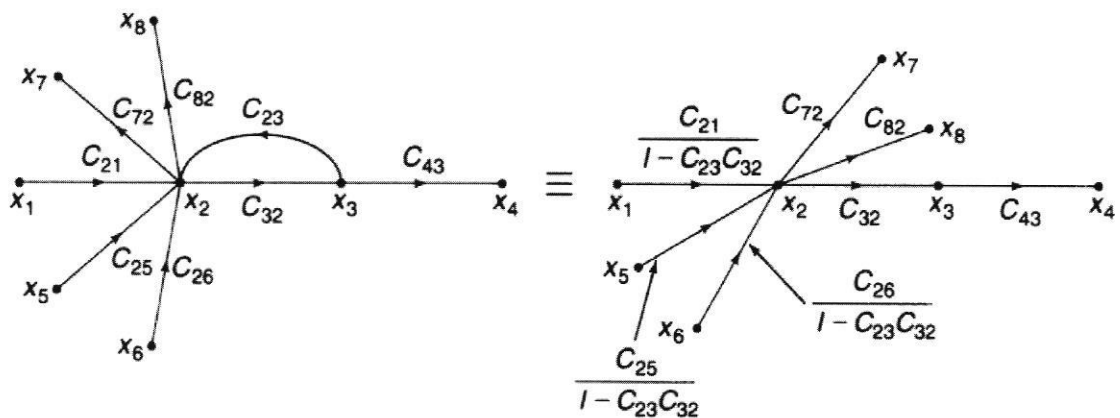


Règle 3 :

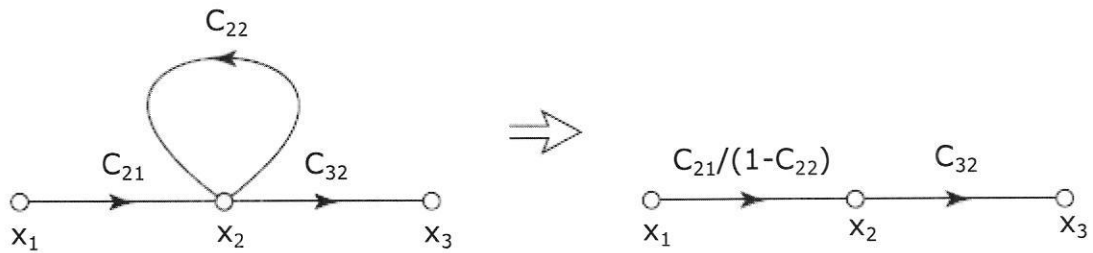
a- Une boucle de rétroaction peut être éliminée,



b- S'il y a plusieurs entrées et sorties au noeud,

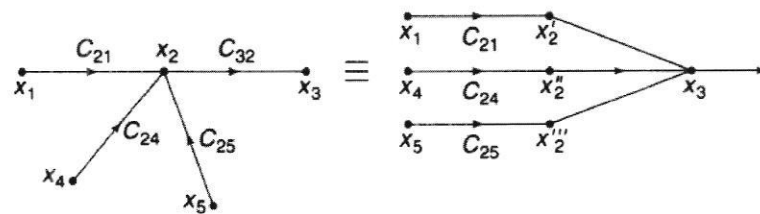


c- Une auto-boucle (une branche qui commence et se termine au même noeud) peut être éliminée,



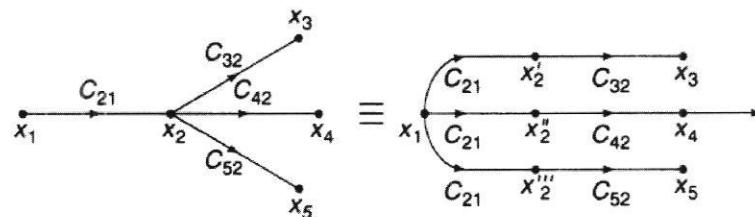
#### Règle 4 :

Un noeud a une seule sortie et deux entrées ou plus :



#### Règle 5 :

Un noeud a une seule entrée mais deux ou plusieurs sorties :



Session : MAI 2024 - SP  
Matière : Architecture des systèmes programmables  
Enseignante : Dr TOIHRIA Intissar  
Filière : MR1EESC A.U. : 2023/2024  
Durée : 1h30 Nombre de pages : 2  
Documents : Non autorisés

### Exercice 1 (5 pts)

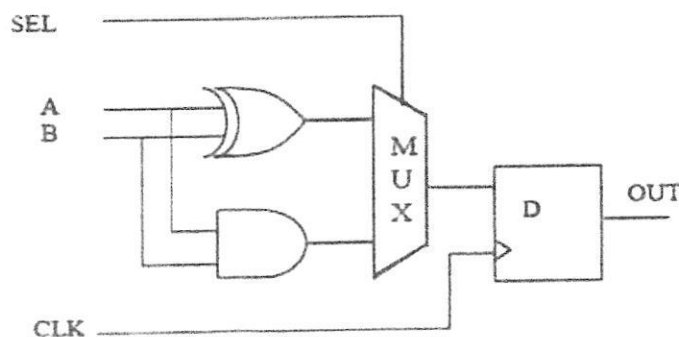
Soit l'entité suivante :

```
Library ieee;  
Use ieee.std_logic_1164.all;  
Use ieee.numeric_std.all;  
Entity compteur is  
    port ( x: in std_logic;  
           y: out std_logic_vector (7 downto 0)  
         );  
End Entity ;
```

1. Dessiner un schéma synoptique pour ce circuit.
2. Ecrire une description en VHDL comportemental à partir de cette entité qui compte les transitions montantes sur x et présente en tout temps le compte courant sur 8 bits à la sortie y.
3. Si on rajoute le port suivant : **d : out std\_logic ;**  
Quelle modification apporteriez-vous pour que **d** monte à '1' lorsqu'il y a débordement du compteur ? (Compteur > 255). Réécrire le programme.

### Exercice 2 (4 pts)

Ecrire une description en VHDL à partir du circuit suivant :



### Exercice 3 (6 pts)

1. Écrire une description VHDL d'un Décompteur avec RESET et SET asynchrones.
2. Écrire une description VHDL d'un Décompteur avec RESET et SET synchrones.
3. Proposer le schéma correspondant après la synthèse

### Exercice 4 (5 pts)

On considère un convertisseur d'un nombre binaire de N bits en un nombre décimal.

Prenez le cas pour  $N = 3$ , la table de conversion est donnée comme suivante :

Entrée			Sortie
$A_2$	$A_1$	$A_0$	$Z$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

1. Ecrire la description en VHDL de l'entité, **CONV-3**, d'un convertisseur de 3 bits.
2. Écrire le comportement architecture, **FUN-3**, d'un convertisseur de 3 bits en utilisant l'instruction WITH... SELECT... WHEN

**Matière :** Composants optoélectroniques  
**Enseignant :** Mohsen EROUEL  
**Durée :** 1h30  
**Documents :** non autorisés

**Filière :** MR1EESC  
**A.U. :** 2023/2024

## Examen session principale mai 2024

### Exercice 1 : (10 points)

Une photodiode AsGa est constituée d'une région superficielle mince P<sup>+</sup> d'épaisseur  $d_p = 3\mu\text{m}$ , fortement dopée ( $N_A = 10^{23} \text{ m}^{-3}$ ), reposant sur un substrat N faiblement dopé ( $N_D = 10^{20} \text{ m}^{-3}$ ). Elle est éclairée, du côté de la région P<sup>+</sup>, par un faisceau de longueur d'onde  $\lambda = 0.84 \mu\text{m}$ .

La photodiode est polarisée à travers une résistance  $R_1$  par une source de tension continue telle que  $|V| = 30\text{V}$ . Le photocourant qui varie au rythme du débit binaire, alimente une résistance de charge  $R_2$  à travers un condensateur de liaison de capacité  $C_L$ .

1. Proposer un schéma électrique de polarisation de la photodiode.
2. Représenter le profil du champ électrique interne de la photodiode.
3. Calculer la largeur  $W$  de la région de charge d'espace (ZCE) et la valeur maximale du champ électrique  $E_{\text{max}}$ .
4. On néglige les capacités parasites et de transition et on admet que la vitesse de transit des électrons dans la ZCE est  $V_{\text{lim}} = 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ . En déduire l'ordre de grandeur du débit binaire maximale admissible.
5. Si tout photon absorbé dans la ZCE fournit un électron au circuit extérieur.

a. Donner l'expression littérale de la valeur théorique maximale  $S_{\lambda, \text{max}}$  de  $S_\lambda$ .

b. En déduire l'expression exprimant  $S_{\lambda, \text{max}}$  en A/W en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  en  $\mu\text{m}$ .

**On donne :**

$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ,  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ ,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ,  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

$$W = \left[ \frac{2\varepsilon_r \varepsilon_0}{q} \left( \frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right) (V_{b0} - V) \right]^{\frac{1}{2}}; (V < 0); V_{b0} = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{N_A N_D}{n_i^2} \right); \frac{kT}{q} = 25\text{mV}$$

Pour AsGa :  $\varepsilon_r = 12$ ,  $n_i = 1,8 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-3}$ ;  $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ ,

$$\text{Champ électrique maximale } E_{\text{max}} = \frac{2(V_{b0} - V)}{W}$$

## **Exercice 2 : (10 points)**

### **Partie 1 :**

Une photodiode PIN à double hétérojonction présente un rendement quantique externe  $\eta_{\text{ext}} = 0,7$ ,  $\lambda = 0,84 \mu\text{m}$ .

1. Quelle est la sensibilité spectrale  $S_\lambda$  de cette photodiode ?
2. Le faisceau incident subit de la part de la surface d'entrée une réflexion  $R=0,15$ . Calculer le rendement quantique interne  $\eta_{\text{int}}$  ?
3. Calculer le courant  $i$  débité par cette photodiode qui reçoit un flux lumineux monochromatique de puissance  $P_0=1\text{mW}$ .

### **Partie 2 :**

On désire maintenant effectuer une liaison par transmission analogique sur une fibre optique monomode avec une source laser qui émet à  $\lambda=1,55 \mu\text{m}$ , sur une longueur de plusieurs dizaines de Km, un récepteur constitué d'une diode à avalanche associé à un préamplificateur.

Cette photodiode de gain  $M$  est caractérisée par une sensibilité  $S_d=0,8 \text{ A/W}$ , un courant d'obscurité  $I_0=10\text{nA}$ , un exposant de bruit en excès  $x=0,7$ . Le préamplificateur de tension aux bornes de la résistance de charge délivre une densité spectrale de bruit :

$$\frac{\langle i_c^2 \rangle}{B} = 2 \cdot 10^{-23} \text{ A}^2/\text{Hz}$$

où  $B$  est la largeur de bande mesure de bruit. La puissance moyenne  $P_m$  reçue sur la photodiode est de  $1,9 \mu\text{W}$ .

4. Soit  $M'$  le gain de la photodiode correspondant à un rapport signal sur bruit maximum  $\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{max}}$ .

a. Montrer que le gain  $M'$  s'écrit sous la forme :

$$M'^{2+x} = \frac{\langle i_c^2 \rangle}{q \cdot x \cdot (S_d \cdot P_m + I_0) \cdot B}$$

b. Calculer la valeur de  $M'$ .

5. a. Montrer que le rapport signal sur le bruit maximum se met sous la forme :

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{max}} = \frac{(M' \cdot S_d \cdot P_m)^2}{\frac{2+x}{x} \cdot \langle i_c^2 \rangle}$$

b. Evaluer ce rapport signal sur bruit maximum en sortie du préamplificateur, en fonction de la largeur de bande B.

6. En déduire la bande passante d'un signal pouvant être reçue avec un rapport signal sur bruit de 30dB.

*On utilisera les formules suivantes :*

\* Rapport signal sur bruit :

$$\frac{S}{N} = \frac{(M' \cdot S_d \cdot P_m)^2}{2 \cdot q \cdot (S_d \cdot P_m + I_0) \cdot M^{2+x} \cdot B + \langle i_C^2 \rangle}$$

\*Gain M' définit par :

$$\frac{d(\frac{S}{N})}{dM} = 0 \text{ pour } M = M'$$

*Bon travail*