

TD 3 : Canaux de transmission L3

Exercice 1 : fibres optiques

1.1 Une fibre optique multimode à saut d'indice possède un cœur d'indice $n_1=1,48$, un indice de gaine $n_2=1,46$ et un rayon de cœur $a=25\mu\text{m}$.

On rappelle que l'expression de la fréquence réduite V

$$V = \left(\frac{2\pi a}{\lambda} \right) \cdot \text{ON}$$

La dispersion intermodale pour une fibre à saut d'indice est :

$$D_{\text{SI}} = \frac{n_1}{c} \cdot \Delta$$

- Calculer l'ouverture numérique ON. Quel est l'angle maximum θ_0 du cône d'entrée pour un faisceau injecté dans la fibre optique ?
- Calculer pour cette fibre optique la fréquence réduite f pour un rayonnement à $\lambda_I=850\text{nm}$ et à $\lambda_{II}=1300\text{nm}$
- Combien de modes se propagent à $\lambda_I=850\text{nm}$ et à $\lambda_{II}=1300\text{nm}$?
- Calculer la dispersion intermodale pour cette fibre. Quel est l'étalement d'une impulsion sur une longueur de 10km.

1.2 Une fibre optique monomode à saut d'indice possède un cœur d'indice $n_1=1,48$, un indice de gaine $n_2=1,475$ et un diamètre de cœur $\phi=8,5\mu\text{m}$.

- Calculer l'ouverture numérique ON.
- Pour une fibre monomode, la fréquence de coupure correspond à une condition $V < V_c = 2,403$. Quel doit être le diamètre de cœur maximum pour que cette fibre optique soit en fonctionnement monomode à partir de $\lambda = 1200\text{nm}$?
- Pour $\lambda_{II}=1300\text{nm}$ et $\lambda_{III}=1550\text{nm}$, calculer la fréquence normalisée.

1.3 Une fibre optique à gradient d'indice possède un cœur de diamètre $\phi=62,5\mu\text{m}$, un indice de réfraction maximale $n_1=1,48$ et une différence d'indice $\Delta=1,5\%$.

On rappelle que la différence d'indice Δ

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cong \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2}$$

- Dans le cas d'un profil parabolique, $\alpha=2$, quelle est l'ouverture numérique et l'angle d'acceptance maximum de la fibre optique ? Calculer le nombre de modes se propageant dans la fibre pour $\lambda_{II}=1300\text{nm}$.
- L'affaiblissement est de 0,5dB/km à $\lambda_{II}=1300\text{nm}$. Une source injecte une puissance optique de puissance $P_s=-10\text{dB}$ à une extrémité. Un récepteur de sensibilité $P_r=-35\text{dB}$ est connecté à l'autre extrémité. En négligeant toutes les autres causes d'affaiblissement donné la portée de la liaison L_{max} .

Exercice 2. Application à une transmission :

On a besoin de réaliser une transmission de type « point à point » entre deux sites situés à 50 km l'un de l'autre. L'un des deux sites étant situé en « rase campagne », il n'est pas desservi actuellement par une liaison câblée de quelque type que ce soit ; on envisage donc une liaison hertzienne, a priori rapide à mettre en œuvre.

Cette liaison est constituée de l'ensemble suivant :

émetteur – câble de liaison – antenne d'émission – antenne de réception – câble de liaison – récepteur.

Pour cette liaison, l'autorité de régulation nous alloue la fréquence de 950 MHz et nous autorise une PIRE de 1 kW (soit + 30 dBW).

2.1. La propagation :

Une étude du terrain montre que nous avons la chance de nous trouver en situation de « terre plane sans obstacle significatif ».

Quel est alors l'affaiblissement attendu (noté A_0) ? (On exprimera cet affaiblissement en décibels)

2.2. Les antennes :

Compte tenu de l'application de cette transmission, on a déterminé une puissance minimale de réception égale à 100 nW (soit - 70 dBW).

En déduire le gain nécessaire de l'antenne de réception (en dB) et commentez éventuellement.

2.3 L'émetteur :

On choisit une antenne d'émission identique à celle de réception.

En déduire la puissance que doit avoir l'émetteur et commentez éventuellement.

2.4. Les câbles :

On fait le choix de « câbles coaxiaux RF standards » dont la résistance caractéristique est égale à 75 Ω .

Les antennes livrées révèlent une impédance d'antenne $Z_a = (73 + j 12) \Omega$.

En quoi est-ce gênant ?

Chiffrez l'affaiblissement supplémentaire consécutif

2.5 L'adaptation :

Afin de résoudre le problème précédent, on envisage un système d'adaptation des antennes aux câbles choisis. Compte tenu des valeurs respectives des impédances, quelle solution simple peut-on proposer, en tolérant toutefois une légère désadaptation résiduelle ? (la réalisation de cette adaptation n'est pas demandée).

2.6 Le bilan de liaison :

En considérant la légère désadaptation précédente, corriger l'affaiblissement de liaison et conclure. (faut-il « modifier quelque chose », ou « on laisse comme cela » ?)

Exercice 3 : radiodiffusion publique

On prendra le cas de la radiodiffusion sonore dite "à modulation de fréquence" opérant dans la gamme allouée : 88 MHz à 108 MHz.

Les émetteurs ainsi que les récepteurs (pour la plupart) dotés d'une antenne de type $\lambda/2$, de gain égal à 1,64.

1) Le fait que l'émission de diffusion soit, par définition, omnidirectionnelle impose soit une antenne à polarisation verticale, soit une association d'antennes à polarisation horizontale : décrire ces agencements.

2) On définit la sensibilité utilisable d'un récepteur courant comme étant la valeur de 10 mVeff reçue au niveau de l'antenne d'impédance normalisée 75 Ω .

Quelle est alors la portée utile d'un émetteur de puissance électrique 150 kW ?

Exercice 3 : liaison fixe point à point

On considère une liaison radioélectrique fixe entre deux points situés à 10 km l'un de l'autre. Pour cela, il nous est alloué la fréquence porteuse de 2 GHz. Il se trouve que, sur ce trajet, il y a un obstacle (groupe localisé de bâtiments) s'élevant à 25 m de hauteur et situé à 8 km de l'un des points de transmission. A part cela, nous sommes en plaine relativement uniforme.

1) En prenant l'hypothèse de la "terre plane", comment peut-on réaliser une transmission ayant le qualificatif "espace libre", obstacle mis à part ?

2) Dans ces conditions, calculer l'affaiblissement total entre les deux points.

3) On dispose, en chaque point, d'un émetteur - récepteur avec $P_e = 10$ W et $P_r = 1$ nW; compte tenu de la valeur de la fréquence, on choisit des antennes à réflecteur parabolique. Déterminer les gains de ces antennes combinées émission - réception ainsi que leur diamètre d'ouverture en supposant une ouverture circulaire.

4) Dans le but d'essayer d'améliorer la transmission, on place, au sommet de l'obstacle, un ensemble répéteur passif constitué simplement de deux antennes identiques à réflecteurs paraboliques mises dos à dos et branchées entre elles. En conservant les mêmes conditions qu'auparavant, quel devrait être le gain de ces antennes afin d'avoir le même résultat d'affaiblissement qu'avant ? Est-ce intéressant ?