

# Résumé. Ch. 21. TRANSMISSION ET STOCKAGE DE L'INFORMATION

## I. PROCÉDES PHYSIQUES DE TRANSMISSION

### 1. Les différents modes de transmission de l'information.

- **Propagation guidée** (le long des fils) : Ce sont les transmissions par fibre optique ou par câbles électriques.

Il y a deux types de câbles : torsadés ou coaxiaux.

En raison d'une atténuation assez importante, la transmission par câble est privilégiée pour de courtes distances.

- **Propagation libre** : c'est la transmission par ondes hertziennes ; elle permet l'accès à l'information dans zones isolées par exemple).

Les ondes électromagnétiques utilisées sont des ondes hertziennes ont les longueurs d'onde dans le vide sont comprises entre  $10^{-3}$  m et  $10^4$  m. Les ondes hertziennes sont utilisées pour la radio, la télévision, la téléphonie mobile, le Wi-Fi, le Bluetooth ...

**Tableau résumant les trois procédés de transmission de l'information ainsi que leurs avantages et inconvénients.**

Procédés	Avantages	Inconvénients
Fibre optique	- Débit de données important. - Pertes en ligne faibles. - Compatibilité naturelle avec les amplificateurs optiques (pour compenser les pertes en ligne)	- Nécessité de créer un réseau de fibres optiques.
Câble électrique en cuivre	- Utilise le réseau de téléphonie historique déjà existant.	- Débit de données plus faible empêchant l'accès au très haut débit à l'ensemble des usagers.
Ondes électromagnétiques hertziennes	- Possibilité de transmettre l'information dans des endroits difficiles d'accès. - Permettre la création d'une liaison à haut débit temporaire entre deux points sans utiliser un réseau filaire.	- Débit de données plus faible. - Coûts de réception plus élevées (installation d'une parabole et abonnement plus cher par exemple)

### 2) Signaux transmis par fibres optiques :

C'est un dispositif de **transmission guidée**.

Une **fibre optique permet la propagation d'un signal lumineux (visible ou proche du visible)**.

Une fibre optique se compose du cœur et de la gaine (les deux protégés par une enveloppe en plastique). L'indice de réfraction du cœur étant supérieur à celui de la gaine, il peut y avoir réflexion totale ce qui limite l'atténuation.

Il y a différents types de fibres, notamment monomodales ou multimodales.

L'atténuation étant assez faible, la transmission par fibre est privilégiée pour de longues ou très longues distances.

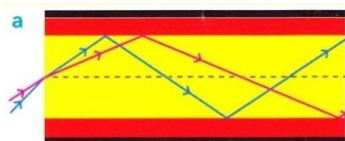
Dans les fibres les radiations peuvent subir des réflexions successives, le **trajet suivi par les radiations peut être différent (ce sont les modes)** et donc les durées différentes ce qui entraîne une dégradation du signal en sortie car il s'étale dans le temps.

• **Dans les fibres multimodales** (à saut d'indice auparavant, à gradient d'indice aujourd'hui), il y a des réflexions successives.

Pour éviter un étalement du signal trop important leur utilisation est limitée à des distances plus courtes.

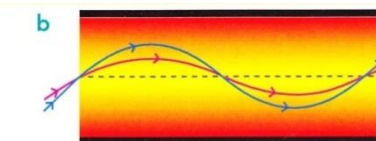
• **Dans les fibres monomodales**, le signal ne se propage quasiment qu'en ligne droite (peu ou pas de réflexions), l'étalement du signal de sortie est donc **faible par rapport au signal émis**. Elles sont utilisées pour de très longues distances (réseaux sous-marin).

a. Fibre multimodale à saut d'indice



Protection en plastique

b. Fibre multimodale à gradient d'indice



Gaine (n = 1,50)

Cœur (n = 1,52)

c. Fibre monomodale.



Faisceaux

## II. QUALITE D'UNE TRANSMISSION

La propagation d'un signal s'accompagne toujours d'une atténuation.

### 1) Atténuation ou affaiblissement d'un signal

• L'atténuation qui est une perte de puissance se traduit pour le signal par une perte d'amplitude.

La valeur de l'atténuation est forcément liée aux puissances d'entrée et de sortie d'un guide de transmission (fibre optique ou câble électrique).

L'atténuation  $A$  d'un signal est donnée par :  $A = 10 \log \left( \frac{P_e}{P_s} \right)$   $P_e$  et  $P_s$  sont respectivement les puissances mesurées à l'entrée et à la sortie du guide en W.  $A$  est l'atténuation en décibel (dB)

Deux phénomènes sont principalement responsables de l'atténuation :

L'**absorption** : lors de la propagation, une partie de l'énergie transportée est absorbée par le milieu de propagation.

La **diffusion** : l'onde qui se propage peut rentrer en interaction avec des petits objets qui vont diffuser une partie de l'énergie dans différentes directions.

• L'atténuation d'une ligne de transmission guidée est caractérisée par le **coefficient d'atténuation linéique**  $\alpha = \frac{A}{L}$  soit  $\alpha = \frac{10}{L} \log \left( \frac{P_e}{P_s} \right)$

$A$  est l'atténuation en décibels (dB) ;  $\alpha$  s'exprime en  $\text{dB.m}^{-1}$  ;  $L$  désigne la longueur du guide de transmission exprimée en m

De l'expression de l'atténuation, on peut obtenir :  $P_s = P_e \cdot 10^{-\alpha L / 10}$ . Pour un câble coaxial,  $\alpha$  est de l'ordre de  $0,2 \text{ dB.m}^{-1}$  ; pour une fibre optique,  $\alpha$  est de l'ordre de  $2 \cdot 10^{-4} \text{ dB.m}^{-1}$ .

### 2) Débit binaire de données numériques

Le débit binaire caractérise la rapidité d'une transmission numérique

Le **débit binaire mesure la quantité de données numériques transmises par unité de temps**.

Si l'information comporte  $n$  bits transmis pendant la durée  $\Delta t$ , le débit binaire est défini par  $D = \frac{n}{\Delta t}$

$n$  : nombre de bits, durée  $\Delta t$  en seconde (s).  $D$  : **débit binaire en bit par seconde (bit.s<sup>-1</sup>)**.

### III. STOCKAGE ET LECTURE DES DONNÉES SUR UN DISQUE OPTIQUE

#### 1) Description d'un CD

Le CD est en polycarbonate (matière plastique transparente) recouvert d'une couche métallique réfléchissante (aluminium en général) elle-même protégée par un vernis. La face supérieure peut être imprimée ou recouverte d'une étiquette

Les informations sont stockées sous forme de plats et de cuvettes sur une spirale qui commence sur le bord intérieur du CD et finit sur le bord extérieur. Les creux ont une profondeur de  $0,126 \mu\text{m}$  et une largeur de  $0,67 \mu\text{m}$ .

La tête de lecture est constituée d'une diode laser émettant une radiation de longueur d'onde dans le vide  $\lambda = 780 \text{ nm}$  et d'une photodiode détectant la lumière réfléchi par la surface métallisée du CD.

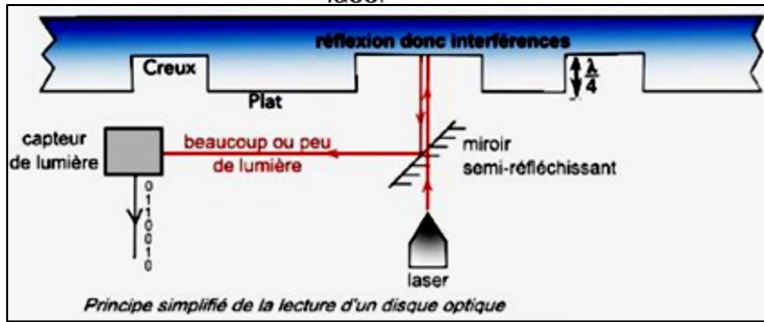
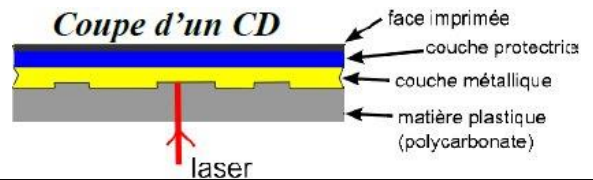
La lumière émise par la diode laser traverse une lame semi-réfléchissante avant de se réfléchir sur un miroir. La lentille assure la mise au point du faisceau sur le disque. L'ensemble miroir-lentille est monté sur un chariot mobile qui permet au faisceau laser de balayer un rayon du disque.

La surface du disque défile devant le faisceau laser à une vitesse de  $1,2 \text{ m.s}^{-1}$  quelle que soit la position du faisceau.

Le codage de l'information est réalisé par les transitions creux-plat ou plat-creux, ou l'absence de transition.

Données : Célérité des ondes lumineuse dans le vide (ou dans l'air) :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

L'indice d'un milieu transparent est défini par la relation  $n = \frac{c}{v}$   $v$  étant la célérité de la lumière dans le milieu transparent.



#### 2) Sous forme de questions :

##### 1. Propriétés d'un faisceau LASER utilisée dans la lecture des CD.

- la lumière émise est monochromatique,
- un laser émet un faisceau lumineux directif,
- le faisceau présente une très grande puissance par unité de surface.
- Un laser produit un faisceau lumineux cohérent : tous les photons émis sont en phase.

##### 2. Calculer la fréquence de la radiation monochromatique sachant que $\lambda_0 = 780 \text{ nm}$ (longueur d'onde dans le vide du faisceau laser)

La longueur d'onde (dans le vide) étant ici la distance parcourue par la lumière à la célérité  $c$  durant une période  $T$ ,

$$\text{on peut écrire : } \lambda_0 = c.T = \frac{c}{\nu} \Leftrightarrow \nu = \frac{c}{\lambda_0} \quad \text{A.N. : } \nu = \frac{3,00 \cdot 10^8}{780 \cdot 10^{-9}} = 3,85 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 385 \text{ THz.}$$

##### 3. L'indice du polycarbonate est $n = 1,55$ . Calculer la célérité de l'onde lumineuse dans le CD.

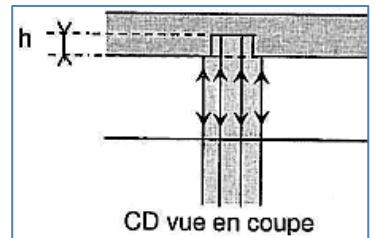
$$\text{L'indice de refraction d'un milieu est } n = \frac{c}{v} \Leftrightarrow \text{La célérité de l'onde lumineuse est } v = \frac{c}{n} \text{ soit } v = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1,55} = 1,94 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

##### 4. En déduire la longueur d'onde $\lambda$ de la lumière dans le polycarbonate, sachant que la fréquence ne dépend pas du milieu traversé.

La longueur d'onde (dans le polycarbonate) étant ici la distance parcourue par la lumière à la célérité  $v$  durant une

$$\text{période } T, \text{ on peut écrire : } \lambda = v.T = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{n \cdot \nu} = \frac{\lambda_0}{n} \quad \text{A.N. : } \lambda = \frac{780}{1,55} \approx 503 \text{ nm.}$$

Remarque : La longueur d'onde change mais pas la couleur du laser : celle-ci est liée à sa fréquence.



##### 5. Les ondes réfléchies peuvent interférer.

5.1. Sur quel phénomène physique repose le principe de lecture des informations sur un disque optique ? Le principe de lecture des informations sur un disque optique repose sur le phénomène des **interférences lumineuses**.

##### 5.2. Expliquer pourquoi les interférences sont destructives si $h = \lambda/4$

Les interférences sont destructives lorsque la différence de marche est  $\delta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$  (avec  $k$  entier relatif).

Les ondes qui se réfléchissent sur le bord et celles qui se réfléchissent sur le fond possèdent une différence de marche  $\delta = 2h$  à cause de l'aller-retour. Si  $k = 0$ , alors  $\delta = \frac{\lambda}{2}$  et donc  $h = \frac{\delta}{2} = \frac{\lambda}{4}$ .

Or des interférences sont destructives lorsque la différence de marche est  $\delta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$  (avec  $k$  entier relatif).

Si  $h = \frac{\lambda}{4}$ , alors  $\delta = 2 \cdot \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$  ce qui correspond bien à des interférences destructives avec  $k = 0$ .

##### 5.3. Montrer que $h = 0,126 \mu\text{m}$ . On a $h = \frac{\lambda}{4}$ avec $\lambda = 503 \text{ nm}$ . A.N : $h = \frac{503}{4} = 126 \text{ nm} = 0,126 \mu\text{m}$ : profondeur des creux.

##### 5.4. Comparer sans calcul l'éclairement de la photodiode quand le faisceau laser éclaire un plat ou une cuvette.

Quand le faisceau laser éclaire un creux, les ondes qui se réfléchissent sur le bord et celles qui se réfléchissent sur le fond de la cuvette donnent lieu à des interférences destructives d'où l'éclairement minimal de la photodiode.

Quand le faisceau laser éclaire un plat, les ondes se réfléchissent toutes sur le plat et donnent lieu à des interférences constructives d'où l'éclairement maximal.

#### 3) Lecteur Blu-ray

On trouve depuis quelques années dans le commerce des lecteurs « Blu-ray » qui utilisent une diode laser bleue dont la longueur d'onde est pratiquement égale à la moitié de celle des lecteurs classiques ( $\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ ). Les disques Blu-ray peuvent stocker une quantité de données beaucoup plus importante : jusqu'à 25 Go.

##### 1. Quel est le phénomène physique propre aux ondes qui empêche d'obtenir un faisceau de diamètre plus petit sur le CD ?

C'est la **diffraction** qui empêche d'obtenir un faisceau de diamètre plus petit sur le CD.

##### 2. Expliquer pourquoi l'utilisation d'une diode laser bleue peut permettre de stocker plus d'informations sur un disque Blu-ray dont la surface est identique à celle d'un CD ?

On a  $\lambda_{\text{Blu-ray}} < \lambda_{\text{CD}}$  donc l'angle de diffraction  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  est plus petit pour un Blu-ray que pour un CD. Donc un faisceau laser « Blu-ray » est plus petit que celui d'un CD, ce qui permet de « lire » des creux plus petits, et donc, à surface égale, de stocker plus d'informations.

## **Augmentation de la capacité de stockage**

- Pour augmenter la capacité de stockage d'un disque, **il faut augmenter le nombre de creux et de plats.**

Cela suppose la diminution du diamètre du faisceau laser de lecture. Or, le phénomène de diffraction impose, pour une radiation de longueur d'onde donnée, un diamètre minimal au faisceau.

- **Diminuer la longueur d'onde de la radiation du laser** permet de diminuer le diamètre du faisceau de lecture.

Le lecteur peut ainsi lire des disques de plus grande capacité (passage du CD au DVD, puis au BD).