

## PARTIE III : AGIR

- Exploiter des informations pour comparer les différents types de transmission.
- Caractériser une transmission numérique par son débit binaire.
- Évaluer l'affaiblissement d'un signal à l'aide du coefficient d'atténuation.
- Mettre en oeuvre un dispositif de transmission de données (câble, fibre optique).
- Expliquer le principe de la lecture par une approche interférentielle.
- Relier la capacité de stockage et son évolution au phénomène de diffraction.

### Chapitre 21

#### Transmission et stockage de l'information

## I. Transmission de l'information

### I.1 Procédés physique de transmission

Une chaîne de transmission peut se schématiser ainsi :



↑ **Figure 1 : Chaîne de transmission**

- *La source :*

C'est un texte, un son ou une image.

- *L'émetteur :*

Il transforme la source en signal électrique.

Ce signal peut être alors numérisé, crypté, modulé, compressé...

Puis l'émetteur envoie ce signal dans le canal de transmission (signal électrique, hertzien ou lumineux)

- *Le canal de transmission :*

**C'est la voie par laquelle le signal se propage de l'émetteur au récepteur.**

**Dans un canal de transmission, la propagation peut être :**

- **guidée** : les signaux émis suivent une ligne physique (câble électrique ou fibre optique) de transmission entre l'émetteur et le récepteur.
- **libre** : les signaux émis se propagent dans toutes les directions de l'espace (ondes hertziennes).

- *Le récepteur :*

Il reçoit l'information à partir du canal de transmission, traite ce signal (décryptage, démodulation, décompression,...) et restitue le message sous sa forme originale (image, texte ou son) au destinataire.

Exercice :

Situation A : Un indien transmet à sa tribu un message par signaux de fumée.

Situation B : Deux enfants communiquent à l'aide de pots de yaourt reliés par un fil tendu.

Situation C : Une maman converse avec sa fille à l'aide d'un téléphone filaire.

Situation D : Un gendarme communique par talkie-walkie avec la gendarmerie.

Compléter le tableau suivant :

Situation	Emetteur	Canal de transmission	Type de propagation	Nature du signal du canal	Récepteur
A					
B					
C					
D					

## I.2 Caractéristiques d'une transmission

### Atténuation du signal :

La puissance lumineuse ou électrique à la sortie d'une fibre ou d'un câble est toujours inférieure à la puissance d'entrée. Lors de la propagation dans la fibre ou le câble, le signal s'est atténué.

Ainsi, l'**atténuation** (ou **amortissement**)  $A$  d'un canal de transmission est donnée par la relation :

$$A = 10 \cdot \log \left( \frac{P_E}{P_S} \right) \quad \left| \begin{array}{l} A \text{ en } dB \text{ (décibel)} \\ P_E \text{ en } W \\ P_S \text{ en } W \end{array} \right.$$

Avec  $P_E$  la puissance à l'entrée du canal (émise) et  $P_S$  la puissance à la sortie du canal (reçue).

L'atténuation dans un câble ou une fibre est proportionnelle à sa longueur. Ainsi, pour pouvoir comparer l'amortissement de deux canaux différents, il est nécessaire de comparer l'amortissement par unité de longueur : c'est le **coefficient d'atténuation linéique** noté  $\alpha$

$$\alpha = \frac{A}{L} \quad \left| \begin{array}{l} A \text{ en } dB \text{ (décibel)} \\ L \text{ en } m \\ \alpha \text{ en } dB \cdot m^{-1} \end{array} \right.$$

Question :

Quel est le coefficient d'atténuation linéique d'un câble dont la perte de puissance est de 10% sur 200 m.

### Débit binaire :

Le débit binaire de données numériques caractérise la vitesse d'une transmission numérique. C'est le nombre  $n$  de bits transmis par unité de temps.

$$D = \frac{n}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} n \text{ en } bit \\ \Delta t \text{ en } s \\ D \text{ en } bit \cdot s^{-1} \end{array} \right.$$

Exercice :

- La voix humaine pour la téléphonie doit être numérisée à 8 kHz et sur 1 octet.
  - Que représentent ces deux valeurs ?
  - Montrer que le canal de transmission doit alors avoir un débit binaire d'au moins 64 kbit/s.
- La norme informatique « USB2 » autorise un transfert de 480 Mbit/s. On désire charger 200 images de 3,0 Mo chacune sur une clé USB2. Déterminer la durée du transfert de données.

## II. Modes de propagation

### II.1 Propagation guidée

Une propagation guidée de l'information peut se faire soit par câble électrique soit par fibre optique.

#### Propagation par câble électrique

L'information y circule sous forme d'un courant électrique.

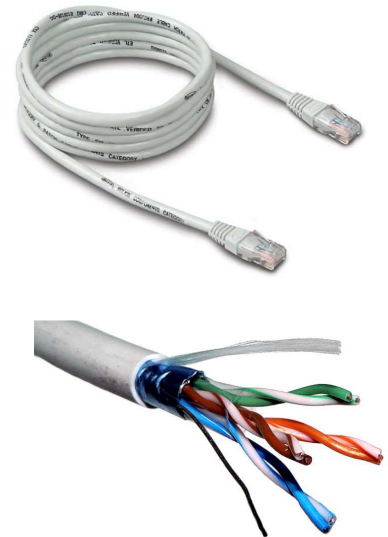
Exemple :

Les câbles à paires torsadées sont des câbles constitués au moins de deux brins de cuivres entrelacés en torsade et recouverts d'isolants. Ce sont les câbles utilisés pour les réseaux informatiques (prises RJ45 aux extrémités).

Leur débit dépend de la « catégorie » du câble. On utilise aujourd'hui principalement les câbles de catégorie 5. Le débit, pour un signal de 100 MHz, est de 100 Mbit/s et l'atténuation d'environ 22 dB pour 100 mètres.

Question :

Un câble coaxial a un coef. d'atténuation de 0,115 dB/m. En déduire le rapport  $P_E / P_S$  sur 100m de câble puis le % de perte en puissance.



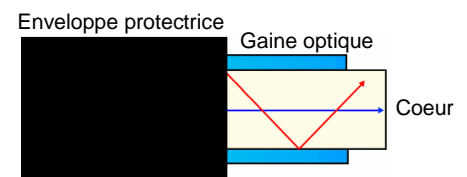
↑ Figure 2 : Câble torsadé

#### Propagation par fibre optique

La fibre optique reste aujourd'hui le support de transmission le plus apprécié. Il permet de transmettre des données sous forme d'impulsions lumineuses avec un débit nettement supérieur à celui des autres supports de transmissions filaires.

La fibre optique est constituée d'un cœur, d'une gaine optique et d'une enveloppe protectrice.

Elle utilise le phénomène physique de la réflexion totale : la lumière est « piégée » dans le cœur de la fibre et s'y propage par réflexions successives.



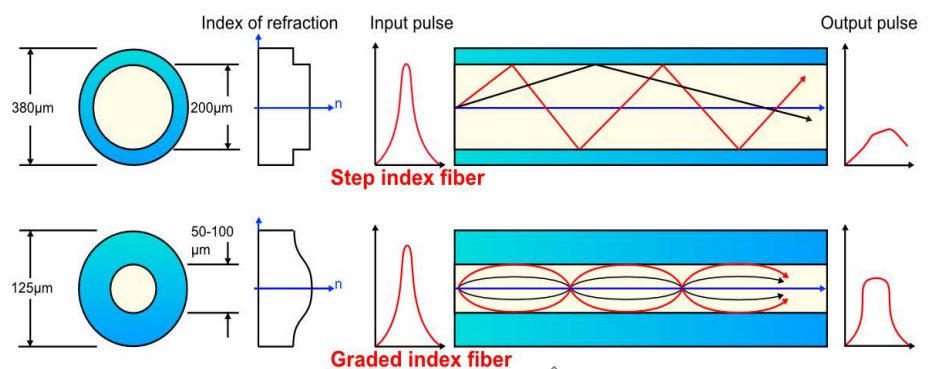
↑ Figure 3 : Coupe d'une fibre optique

Il existe deux grands types de fibres optiques : les **monomodes** et les **multimodes**.

Les fibres multimodes ont été les premières fibres optiques sur le marché. Le cœur de la fibre est assez volumineux, ce qui lui permet de transporter plusieurs informations (plusieurs modes) simultanément.

Il existe deux sortes de fibre multimode : celle à saut d'indice et celle à gradient d'indice.

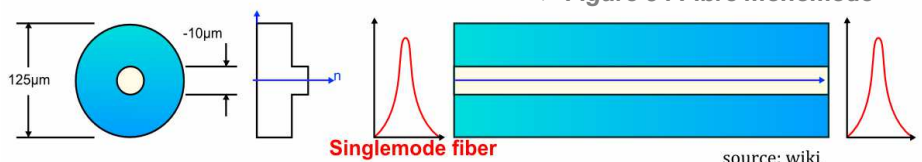
Les fibres multimodes sont souvent utilisées en réseaux locaux.



↑ Figure 4 : fibres multimodes

La fibre monomode a un cœur très fin et ne peut transporter qu'un seul signal mais à une distance beaucoup plus longue que la fibre multimode. Elle est utilisée dans des réseaux à longue distance.

↓ Figure 5 : Fibre monomode



Exercice :

Extraits de documentations techniques :

Canal	Câble torsadé (catégorie 5)	Fibre multimode à gradient d'indice	Fibre monomode
Débit binaire	100 <i>Mbit/s</i>	1 <i>Gbit/s</i>	Supérieur à 10 <i>Gbit/s</i>
Coût par mètre et par <i>Mbit/s</i>	Faible	Elevé	Très élevé
Atténuation	0,22 <i>dB/m</i>	3,2 <i>dB/km</i> à 800 <i>nm</i> 1,1 <i>dB/km</i> à 1300 <i>nm</i>	0,35 <i>dB/km</i> à 1300 <i>nm</i> 0,19 <i>dB/km</i> à 1550 <i>nm</i>
Inconvénients	Débit faible au-delà de 100 m Sensibilité aux bruits électromagnétiques	La dispersion du signal limite la distance à environ 0,5 km	Fibre ne supportant que de très faibles courbures.

- Pourquoi préfère-t-on un câble aux fibres pour des liaisons courtes ?
- Pourquoi l'atténuation est-elle la plus faible pour une fibre monomode ?
- Dans quel domaine d'ondes les fibres optiques sont-elles utilisées ?
- Deux bâtiments distants de 40 km sont reliés par une ligne de communication. Les récepteurs peuvent détecter des signaux de puissance minimale égale à 5% de la puissance du signal émis. Déterminer l'atténuation d'une telle ligne et en déduire la fibre à choisir et la longueur d'onde du signal à utiliser.

## II.2 Propagation libre

Si l'on branche un simple fil conducteur sur un GBF, on peut réceptionner le signal électromagnétique émis par ce fil à l'aide d'un autre fil branché sur un oscilloscope. On visualisera alors ce signal avec la même fréquence que le signal émis.

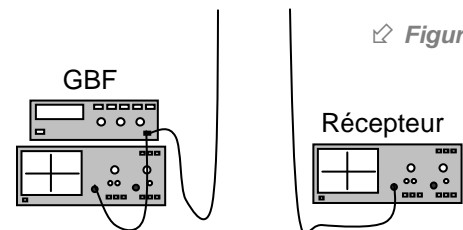


Figure 6

Les électrons oscillent dans le fil branché sur le GBF et créent un champ électromagnétique qui se propage autour de ce fil (**antenne émettrice**) jusqu'au fil récepteur (**antenne réceptrice**). C'est la transmission hertzienne.

Les ondes hertziennes utilisées appartiennent à la famille des ondes électromagnétiques. Leur longueur d'onde est comprise entre  $10^{-3} m$  et  $10^4 m$

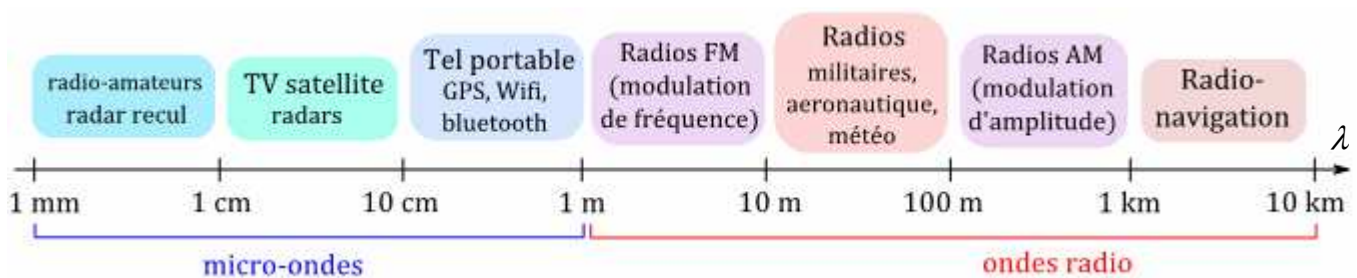


Figure 7 : Ondes hertziennes

Ces ondes sont plus ou moins absorbées par le milieu qu'elles traversent.

Matériau	béton	métal	plâtre	bois	verre	brique
Atténuation	forte	forte	moyenne	faible	faible	faible

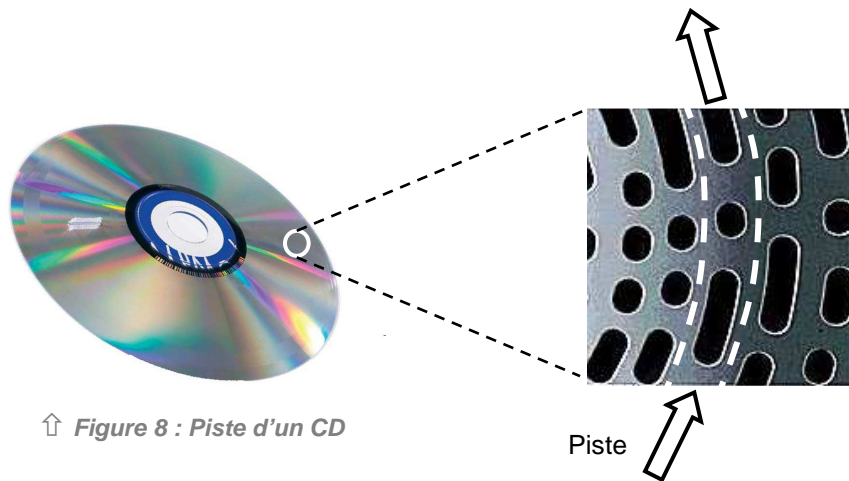
Le débit dépend de la technologie utilisée pour émettre l'onde électromagnétique :

Wifi :	11 Mbit/s sur 100 m
Bluetooth :	1 Mbit/s sur 10 m avec une faible consommation d'énergie
GSM :	9,6 kbit/s sans trop d'atténuation grâce à des relais
3G :	100 kbit/s
4G :	100 Mbit/s

### III. Stockage optique de l'information

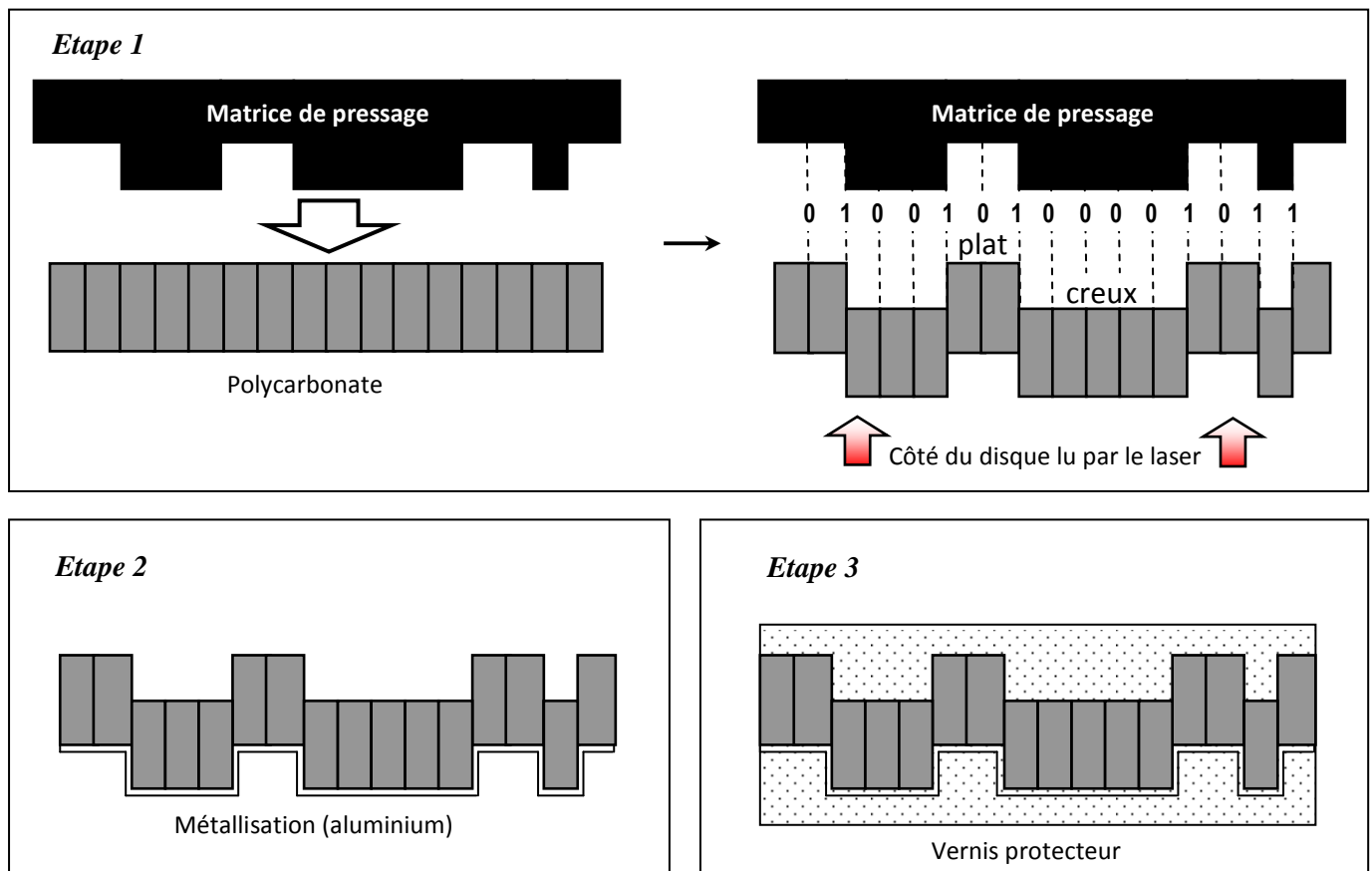
#### III.1 Comment sont stockées les données sur un disque ?

Sur un CD pressé, l'information numérique est stockée par une succession de creux et de plats disposés sur une piste lue à partir du centre du CD.



Fabrication d'un support par pressage :

↓ Figure 9 : disque pressé



Questions :

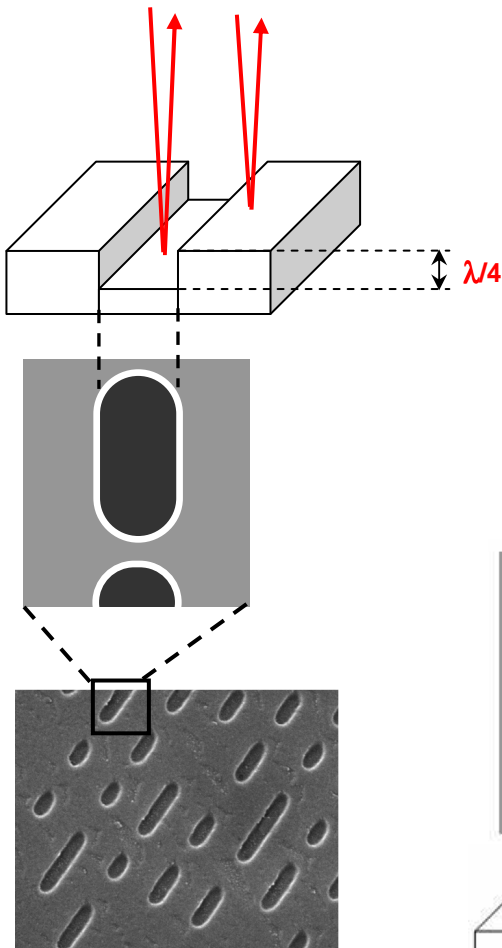
- Combien de bits sont codés sur ce bout de piste ?
- Le terme « creux » pour les trous formés par la matrice est-il judicieux ?
- Comment sont matérialisés les « 0 » sur le support ? Même question pour les « 1 ».

### III.2 Comment sont lues les données sur un disque ?

Le faisceau laser émis par la photodiode du lecteur de disque possède une longueur d'onde  $\lambda$ .

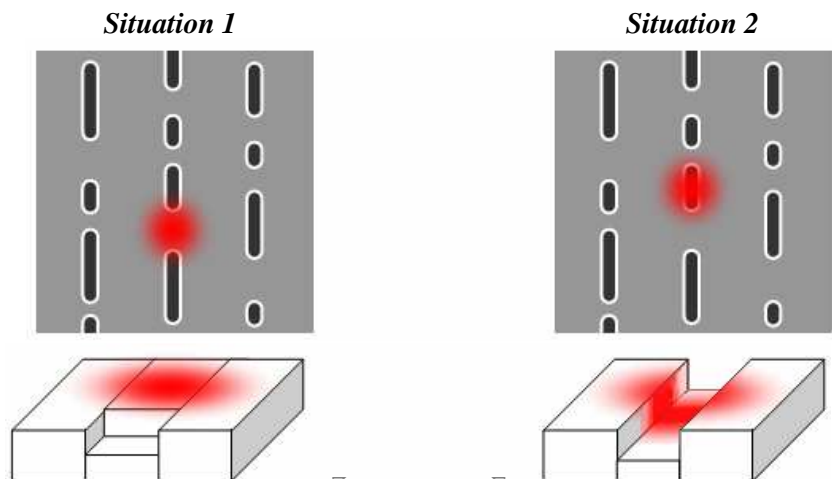
**La différence de hauteur entre un creux et un plat du support (CD par exemple) est de  $\lambda/4$**

↓ Figure 10 : lecture d'un disque



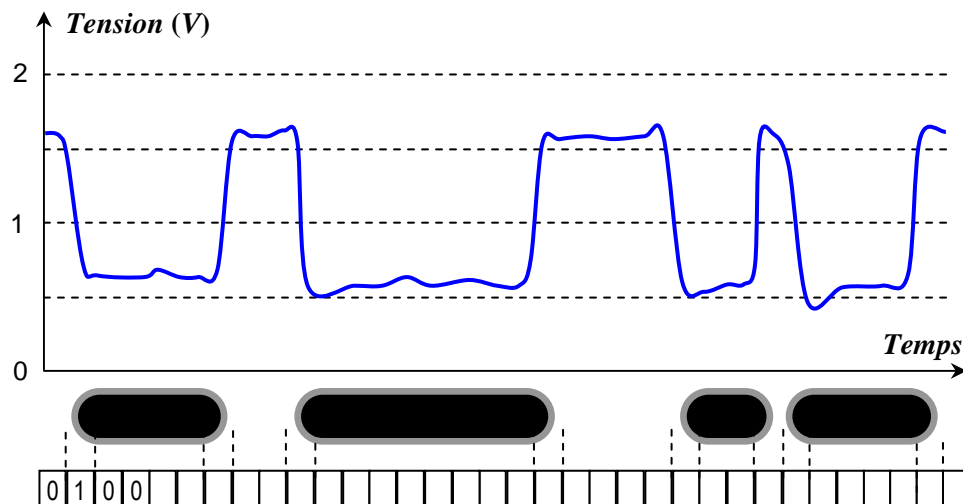
Questions :

- Quelle est la différence de marche  $\delta$  entre deux rayons laser émis par la diode et réceptionnés par le capteur si l'un est réfléchi par un creux et l'autre par un plat ?
- Quel type d'interférence obtient-on lorsque deux rayons reviennent sur le capteur avec une telle différence de marche ?
- L'intensité captée est-elle alors maximale ou minimale ?
- Dans quelle situation de la figure 11 se trouve-t-on alors ?
- Dans l'autre situation, quel type d'interférence obtient-on ? Justifier.



↔ Figure 11 ↔

L'intensité lumineuse reçue par le capteur est alors convertie en la tension électrique (figure 12).



↔ Figure 12

- Compléter les données numériques lues par le capteur à l'aide du graphe.



Conclusion :

**Le principe de la lecture des disques optiques gravés industriellement (pressage) repose sur le phénomène d'interférence entre les rayons du laser réfléchis par les différentes zones du disque.**

### III.3 Capacité de stockage

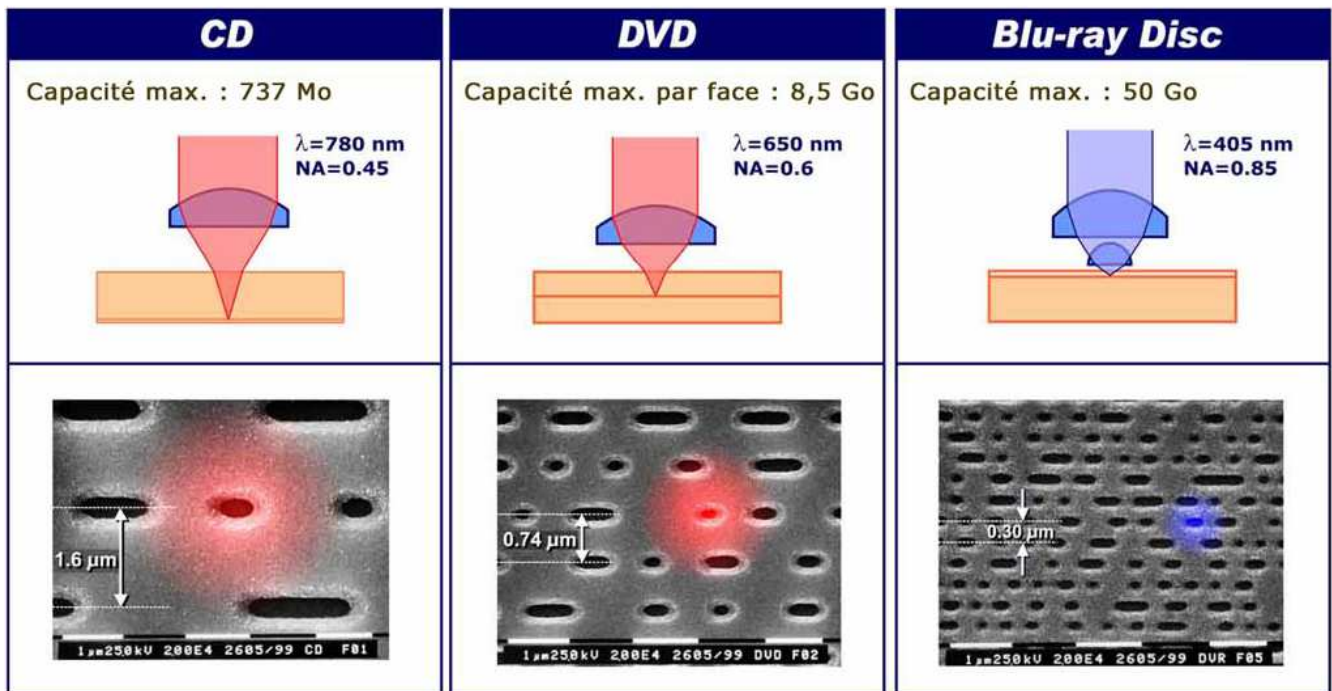
La capacité de stockage est donc liée à la longueur de la piste qui spirale du centre du support vers son bord.

Ainsi, pour augmenter la capacité de stockage, il faut augmenter la longueur de la piste. Pour disposer d'une piste plus longue sans agrandir le disque support, on rapproche les lignes de la piste de manière à resserrer la spirale.

Le faisceau laser incident doit alors être plus fin pour ne pas lire simultanément deux lignes. Le diamètre  $d$  du faisceau laser sur le support est donné par la relation :

$$d = 1,22 \times \frac{\lambda}{NA} \quad \text{avec } NA \text{ l'ouverture numérique qui dépend de l'émetteur laser.}$$

↓ Figure 13



↗ Figure 14

Ainsi, pour diminuer le diamètre du faisceau de manière à pouvoir rapprocher les lignes de codes (et donc augmenter la capacité de stockage), il faut utiliser un laser de longueur d'onde plus petite.

Questions :

- Déterminer le diamètre de la tache du laser sur un CD. Ce diamètre est-il compatible avec l'écartement des lignes sur le CD ( $1,6 \mu\text{m}$ ) ?
- Même question avec le Blu-ray et ses lignes séparées de  $0,30 \mu\text{m}$ .

### III.4 Cas des supports réinscriptibles

- Les supports pressés (CD, DVD ou Blu-ray) ne sont pas conçus pour l'écriture.
- Les supports gravables contiennent une couche de cyanine qui s'opacifie lorsqu'elle est suffisamment chauffée. Un graveur possède donc un laser à 2 puissances : une pour la lecture, l'autre pour la gravure.
- Les supports réinscriptibles contiennent une couche de cristal qui change de propriétés optiques selon la température. Le graveur doit alors faire fonctionner un laser à trois puissances : une pour la lecture, une pour l'écriture et une pour l'effacement.
- La lecture des disques gravés n'utilise pas le phénomène d'interférence : le faisceau incident est simplement absorbé par les parties noircies.