

Animation

1. Codage RVB (M. Gastebois)
2. principe de fonctionnement de la lecture optique d'un CD
3. propagation de la lumière dans la fibre optique (université de Nantes)

Table des matières

- I) transmission de l'information
 - 1) la chaîne de transmission de l'information
 - 2) exemple de chaîne de transmission
 - 3) propagation libre et guidée
- II) qualité de la transmission
 - 1) atténuation d'un signal
 - 2) le débit binaire D
- III) les types de transmission
 - 1) transmission guidée par fibre optique
 - 2) transmission guidée par câble
 - 3) transmission libre hertziennne
- IV) stockage des données sur un disque optique
 - 1) structure d'un disque optique
 - 2) Principe du codage d'un CD
 - 3) capacité d'un CD

Programme officiel



chaîne de transmission de l'information

3) propagation libre et guidée

La propagation du signal peut se faire de 2 manières:

- 1) **propagation guidée:** les signaux utilisent une ligne de transmission entre l'émetteur et le récepteur. **Les câbles électriques** sont utilisés pour transmettre des informations. Ce type de ligne est utilisé pour les courtes distances car l'amortissement du signal est important et les champs électromagnétiques déforment le signal transmis. On utilise également des **fibres optiques**. Les informations sont transmises sous forme d'OEM visibles ou proche du visible.
- 2) **propagation libre:** les OEM (ondes hertziennes) peuvent se déplacer dans toutes les directions (cas des OEM émises puis reçues par une antenne). On les utilise, par exemple, dans la téléphonie mobile.

I) transmission de l'information

1) la chaîne de transmission de l'information

La chaîne de transmission de l'information correspond à l'ensemble des éléments permettant de transférer des informations d'un point à un autre. Cette chaîne contient:

- un **encodeur** qui code l'information à transmettre
- un **canal de transmission** composé d'un émetteur qui envoie l'information codée et d'un récepteur qui reçoit l'information
- un **décodeur** qui décode l'information.

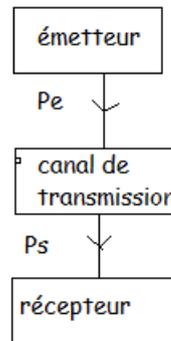
2) exemple de chaîne de transmission

Prenons le cas du téléphone mobile (cellulaire)

- l'**information** à transmettre est la voix
- l'**encodeur** transforme les ondes sonores en signal analogique (tension électrique) par l'intermédiaire du microphone du téléphone. Le signal analogique est numérisé.
- le **canal de transmission** est composé de l'émetteur (antenne du téléphone émetteur) et du récepteur (antenne du téléphone récepteur). L'émetteur transforme le signal numérisé en ondes électromagnétiques qui sont envoyées vers des antennes-relais. Les OEM sont ensuite envoyées vers l'antenne du téléphone récepteur.
- le **décodeur** transforme les OEM en signal numérisé puis analogique qui est convertit en onde sonore.

II) qualité de la transmission

1) atténuation d'un signal



Toute transmission de signal s'accompagne d'une perte de puissance. L'atténuation A d'un signal se propageant dans un câble ou une fibre optique est égale à:

$$A = 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_s}$$

Pe: puissance fournie par l'émetteur en watt (W)

Ps: puissance reçue par le récepteur en watt (W)

A: atténuation en décibel (dB)

Le coefficient a d'atténuation linéique est égale au rapport de l'atténuation A sur la longueur du fil:

$$a = \frac{A}{L}$$

a : coefficient d'atténuation linéique en décibel par mètre (dB.m⁻¹)

A: atténuation en décibel (dB)

L: longueur du fil (m)

Exemple: fibre optique $\alpha = 2 \times 10^{-4} \text{ dB.m}^{-1}$; câble coaxial utilisé pour les antennes satellites $\alpha = 0,2 \text{ dB.m}^{-1}$.

2) le débit binaire D

Le débit binaire caractérise la vitesse de transmission d'un signal. Plus le débit est important plus la transmission est rapide (important qu'on on télécharge des films ou de la musique).

Un débit binaire est le nombre de bits N transférés par la durée Δt de la transmission, entre une source et son destinataire:

$$D = \frac{N}{\Delta t}$$

Unités: D (bit.s⁻¹), N(bit); Δt (s)

Exemple: on télécharge (légalement) un CD contenant 640 Mo de données avec une transmission de débit $D = 4,0 \text{ Mo.s}^{-1}$. Quelle est la durée mise pour télécharger le CD? 1 Mo = 2²⁰ octets, 1 octet = 8 bits;

$$D = \frac{N}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{N}{D} = \frac{640 \times 2^{20} \times 2^3}{4,0 \times 2^{20}} = 1280 \text{ s}$$

$$\Delta t \approx 1,3 \times 10^3 \text{ s} \approx 21 \text{ minutes}$$

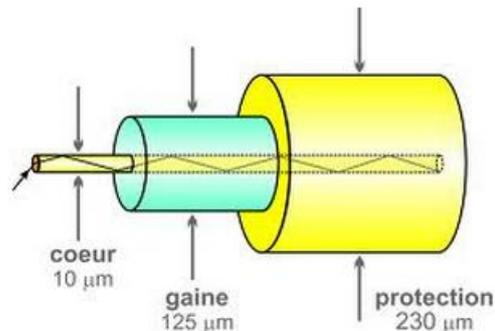
III) les types de transmission

1) transmission guidée par fibre optique

La fibre optique est composée de 3 parties:

- la protection en plastique
- la gaine
- le cœur

Exemple de taille des 3 parties (article wikipédia)



Intérêt:

- le rayonnement visible est **peu atténué** à l'intérieur du cœur de la fibre optique
- le rayonnement n'est pas altéré par le rayonnement électromagnétique.

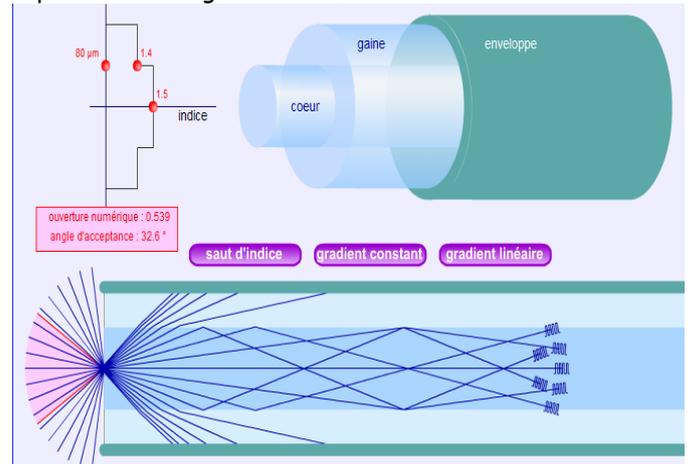
Les rayonnements se réfléchissent en se propageant à l'intérieur de la fibre optique. Très peu de rayons s'échappent de la fibre.

L'indice de réfraction du cœur est plus important que celui de la gaine.

Clique sur l'animation [propagation de la lumière dans la fibre optique \(université de Nantes\)](#). Quelles sont les 3 types de fibres?

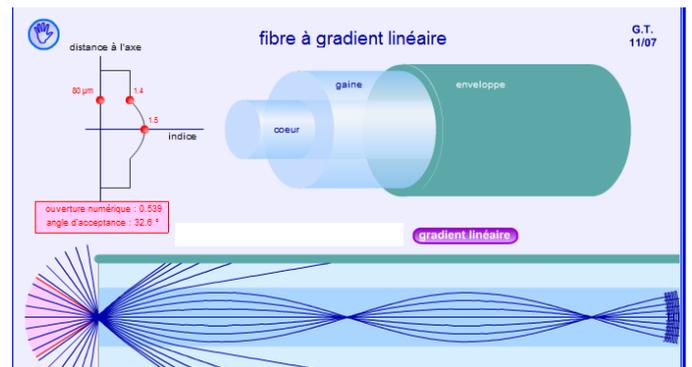
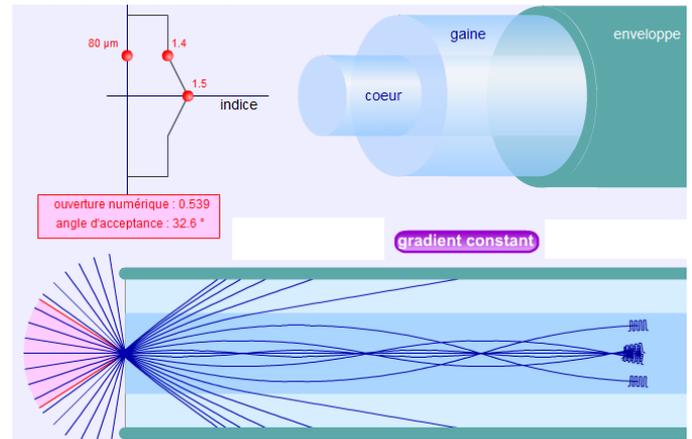
On distingue 3 types de fibre:

- les fibres multimodales à saut d'indice, les rayons subissent des réflexions successives, leur trajet est supérieur à la longueur de la fibre.



Des radiations émises simultanément peuvent avoir des durées de trajet différentes. Le signal de sortie est dégradé par rapport au signal d'entrée. On n'utilise plus ce type de fibre aujourd'hui.

- les fibres multimodales à gradient d'indice constant ou linéaire



L'indice de réfraction varie continument entre le cœur et l'extérieur. L'indice de réfraction $n = c/v$ est de plus en plus faible au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'axe. La vitesse est donc plus grande qu'on s'éloigne de l'axe alors que la distance parcourue est plus élevée. Par conséquent ces 2 paramètres font que des rayons émis au même instant arrivent à peu près au même moment en sortie de la fibre.

-les fibres monomodales, (non représentées dans l'animation) transmettent un signal sur un seul mode, elles ne peuvent être utilisées qu'en ligne droite. Elles sont utilisées sur des longues distances (réseaux sous marins)

type de fibre	atténuation en dB.km ⁻¹ pour $\lambda = 1550$ nm	débit maximal
monomode	0,2	10 Gbit.s ⁻¹
multimode à saut d'indice	4	50 Mbit.s ⁻¹
multimode à gradient d'indice	1	1 Gbit.s ⁻¹

2) transmission guidée par câble

Un câble est constitué d'au moins 2 fils électriques réunis dans une enveloppe. La grandeur physique transportée est une tension ou un courant électrique. Il existe 2 types de câble:

- **le câble torsadé** utilisé pour les liaisons Ethernet, téléphoniques ... Ils sont sensibles au bruit et l'atténuation 'A' y est importante et le débit numérique est faible.

- **le câble coaxial**, utilisé pour relier une antenne satellite ou hertzienne à un téléviseur. Ils ne produisent pas de rayonnement électromagnétique et sont peu sensibles au bruit.

Exemple: un câble coaxial a un coefficient d'atténuation de 0,17 dB.m⁻¹ à 100 MHz; son débit est de 10 Mbit.s⁻¹, sa portée est de 100 m.

3) transmission libre hertzienne

Les ondes hertziennes sont des ondes électromagnétiques dont les longueurs d'onde sont comprises entre 10⁻³ m et 10⁴ m. On les classe en 2 catégories, les micro-ondes et les ondes radio.

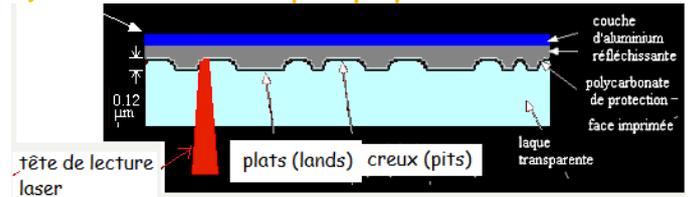
plage de longueur d'onde		
$10^{-3} \text{ m} < \lambda < 10^{-2} \text{ m}$	micro-ondes	communication par satellites
$10^{-2} \text{ m} < \lambda < 10^{-1} \text{ m}$		radar
$10^{-1} \text{ m} < \lambda < 10^0 \text{ m}$		télévision, téléphones portables, Wifi
$10^0 \text{ m} < \lambda < 10^1 \text{ m}$	ondes radio	radio FM
$10^1 \text{ m} < \lambda < 10^2 \text{ m}$		radio ondes courtes
$10^2 \text{ m} < \lambda < 10^3 \text{ m}$		radio ondes moyennes
$10^3 \text{ m} < \lambda < 10^4 \text{ m}$		radio grandes ondes

La transmission hertzienne est une transmission libre entre une antenne émettrice d'OEM et une antenne réceptrice.

Intérêt: Les ondes hertziennes peuvent être reçues par des récepteurs mobiles

IV) stockage des données sur un disque optique

1) structure d'un disque optique

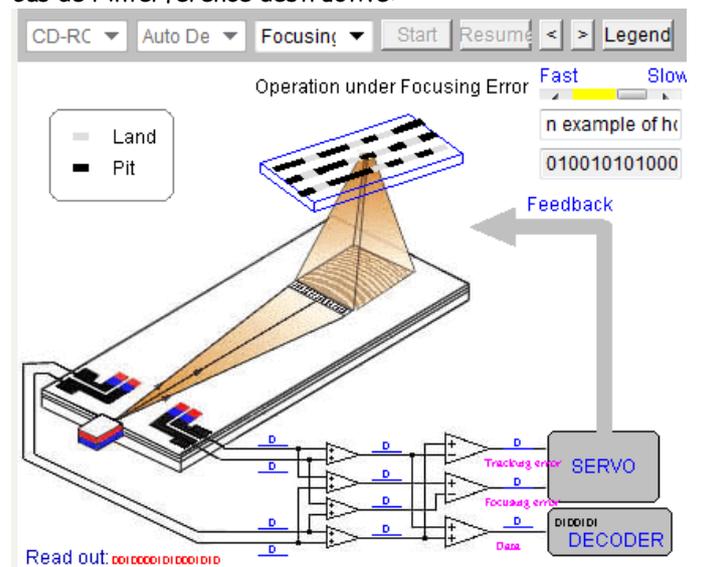


Sur un disque optique (CD, DVD, BD) l'information numérique est stockée par une succession de creux et de plats disposés sur une piste. (Attention les creux sont obtenus par pressage du disque et correspondent à des bosses sur la face lue du disque. On les appelle quand même des creux!) La piste en spirale fait 5,7 km de long. La tête de lecture d'un disque optique est formée d'une diode laser et de surface réfléchissante.

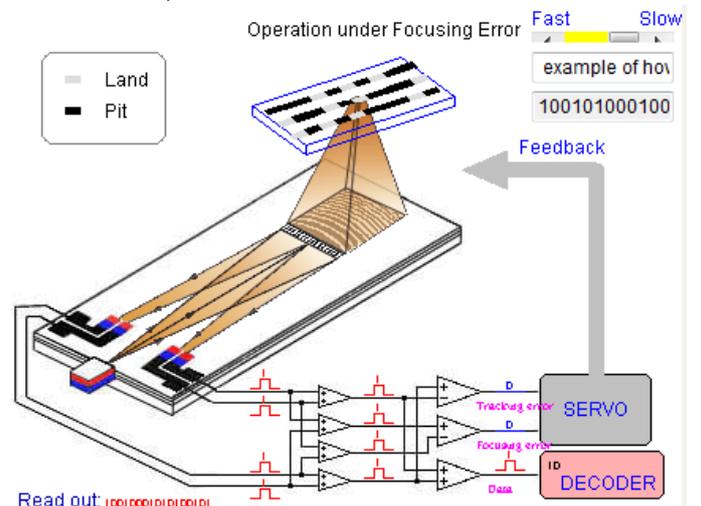
2) Principe du codage d'un CD

Animation: interférence constructive ou destructive suivant la position du laser. Déterminer comment est codée l'information sur un CD en cliquant sur l'image suivante.

Cas de l'interférence destructive:



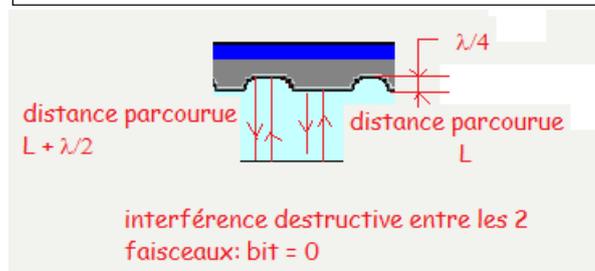
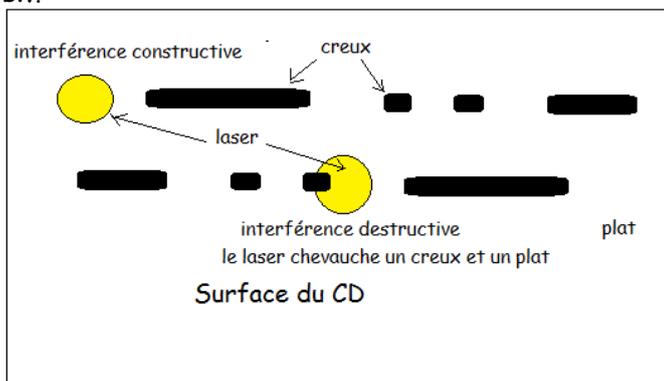
Cas de l'interférence constructive:



Lorsque le faisceau laser arrive sur un plat il se forme des **interférences constructives** entre les faisceaux réfléchis.

Le système optique attribue une **tension haute donc un bit égal à 1**.

Lorsque le faisceau tombe sur un creux une partie de la lumière est réfléchi par le creux et une autre partie est **réfléchi par le plat**. Le laser chevauche à la fois le creux et le plat. Le creux à une profondeur égale à $\lambda/4$. La lumière qu'il réfléchit parcourt, après l'aller retour, une distance $\lambda/2$ de plus que la lumière réfléchi par le plat. **L'interférence entre les 2 faisceaux réfléchis est destructive**. Le système optique attribue la valeur **0** au bit.



Conclusion: le principe de lecture d'un disque optique est basé sur l'interférence constructive (bit = 1) ou destructive (bit = 0) des faisceaux laser réfléchis par la surface du disque

Remarque: lors de l'écriture d'un disque optique vierge, une couche de colorant organique est brûlée par un faisceau laser. A la lecture les zones brûlées absorbent la lumière. Elles correspondent à la valeur 0 du bit. Les zones non brûlées réfléchissent la lumière. Elles correspondent à la valeur 1 du bit.

3) capacité d'un CD

Pour augmenter la capacité de stockage d'un CD, il suffit d'allonger la piste. Il faut resserrer la spirale de la piste donc diminuer la largeur des creux et des plats. Le faisceaux laser doit être le plus fin possible pour ne pas intercepter deux lignes contiguës de creux et de plats. Pour un spot circulaire, le diamètre d du faisceaux laser de longueur d'onde λ et d'ouverture numérique NA est:

$$d = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{NA}$$

Plus la longueur d'onde est faible plus le diamètre du rayon laser est faible. Pour un DVD Blue-ray (BD) de capacité de stockage 23 Go il sera nécessaire d'avoir un diamètre d de faisceau plus faible que pour un CD de capacité de stockage de 700 Mo.

support			
capacité de stockage	700 Mo	4,7 Go	23 Go
longueur d'onde utilisée	$\lambda = 780\text{nm}$	$\lambda = 650\text{nm}$	$\lambda = 405\text{nm}$

Conclusion: pour améliorer la capacité mémoire d'un support optique, il faut rallonger la piste donc augmenter sa longueur de la piste. On diminuera la longueur d'onde du laser utilisé et on améliorera le système optique utilisé.

Programme officiel

Agir

Défis du XXIème siècle

En quoi la science permet-elle de répondre aux défis rencontrés par l'Homme dans sa volonté de développement tout en préservant la planète ?

Transmettre et stocker de l'information

Notions et contenus	Compétences exigibles
Procédés physiques de transmission Propagation libre et propagation guidée. Transmission : - par câble ; - par fibre optique : notion de mode ; - transmission hertzienne. Débit binaire. Atténuations.	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 œuvre un dispositif de transmission de données (câble, fibre optique).
Stockage optique Écriture et lecture des données sur un disque optique. Capacités de stockage.	Expliquer le principe de la lecture par une approche interférentielle. Relier la capacité de stockage et son évolution au phénomène de diffraction.

type de	CD	DVD	BD
---------	----	-----	----