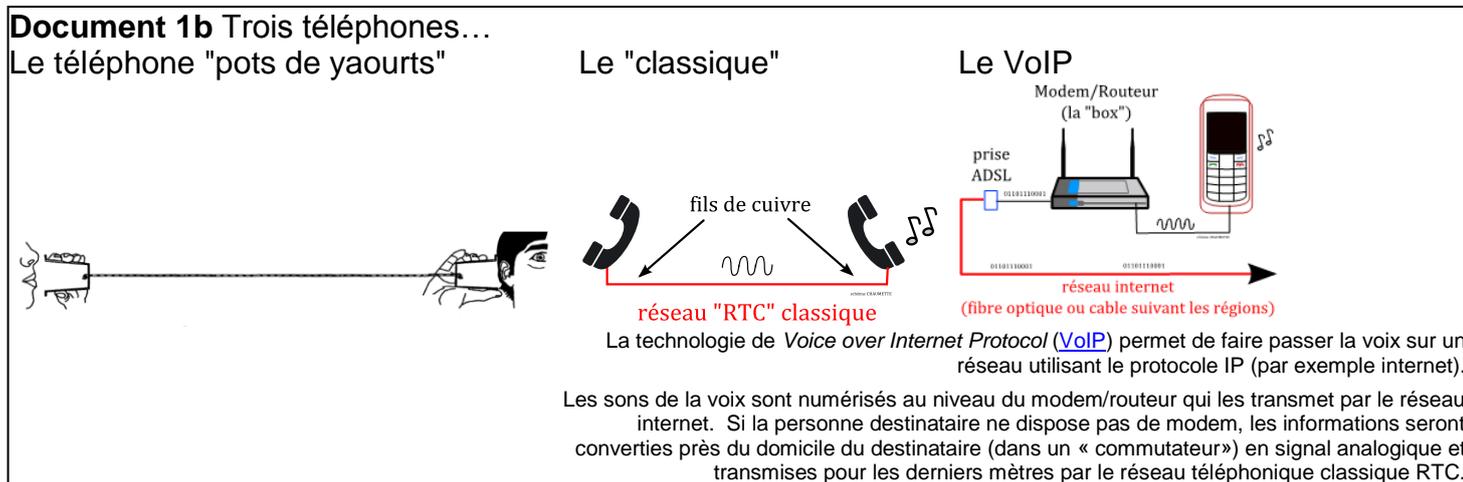
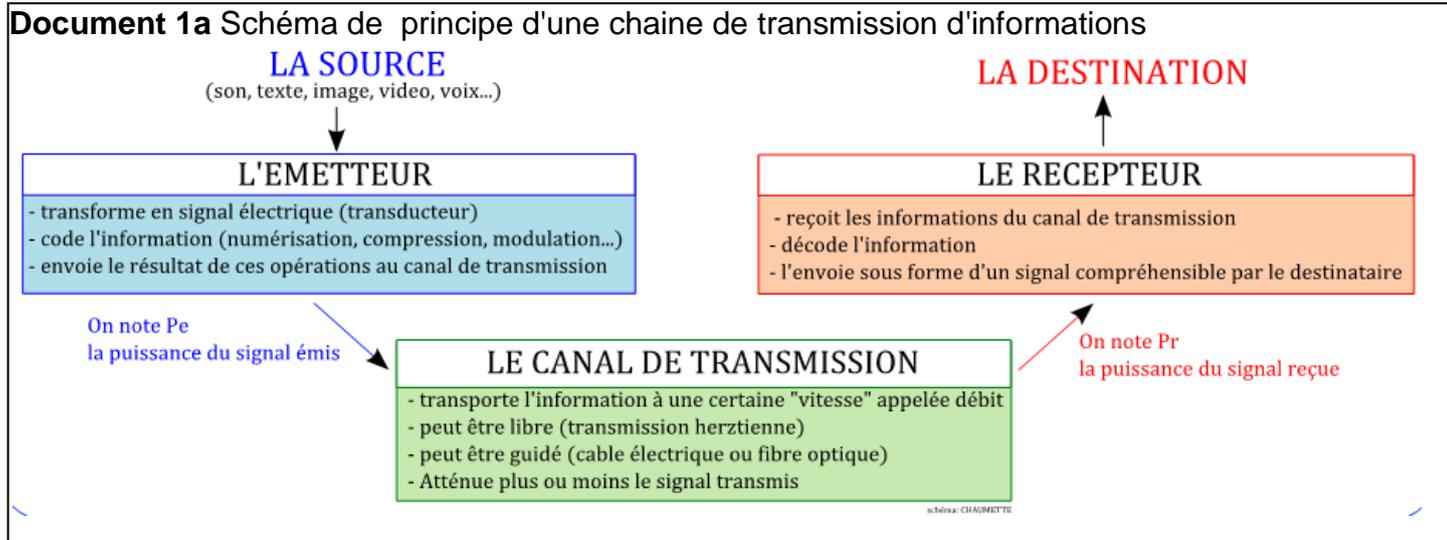




Chapitre F3. Chaines de transmission de l'information

Activité 1 : Analyse de différentes chaines...



Voici ci-dessous une évolution de la téléphonie :

- Un indien veut transmettre à sa tribu, par signaux de fumée, le fait que des visages pâles arrivent.
- Deux enfants communiquent par « pots de yaourt »
- Une personne converse avec une autre par téléphone filaire (dit « classique »)
- Une personne converse avec une autre par téléphone portable
- Une personne converse avec une autre par téléphone « VoIP » relié à une « box »

Pour chaque situation, identifier les éléments de la chaîne de transmission associée. On pourra présenter les réponses sous forme d'un tableau de la forme :

Situation	Émetteur	Canal de transmission	Type de transmission (guidée/libre)	Type de signal transporté par le canal	Récepteur



Activité 2 : Critères permettant de juger la qualité d'une transmission

Document 2a Le débit binaire

Ce débit caractérise la "vitesse" de transmission d'un signal sur le canal. Il s'agit du nombre de bits (c'est-à-dire de 0 ou de 1) pouvant être transmis par unité de temps :

$$D = \frac{N}{\Delta t} \text{ avec } N \text{ en bits, } \Delta t \text{ en s.}$$

Il est aussi appelé « bande passante » (même si le terme, emprunté à l'électronique, est impropre car il qualifie normalement la plage de fréquence restituées de manière optimale par un système) ou encore « bit rate » (terme anglosaxon).

Document 2b L'atténuation

Lors de la transmission d'un signal par un canal, il se produit une perte de puissance au fur et à mesure de la propagation du signal.

Soit P_e la puissance fournie par l'émetteur (en W) et P_r celle reçue par le récepteur (en W) ; l'**affaiblissement A** d'un canal de transmission s'exprime par :

$$A = 10 \cdot \log \left(\frac{P_e}{P_r} \right)$$

A sera exprimée en dB (décibel)

On utilise également le **coefficient d'atténuation linéique a** :

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

où L est la longueur du canal de transmission

a s'exprime en $\text{dB} \cdot \text{m}^{-1}$

1. La voix humaine pour la téléphonie doit être numérisée à 8 kHz et sur 8 bits. Montrer que si l'on veut transmettre correctement une voix numérisée, il faut que le canal de transmission ait un débit binaire d'au moins 64 kbit/s.
2. La norme informatique « USB2 » autorise un transfert théorique de 480 Mbits/s. On désire acheter une clé USB. Un modèle annonce un débit de 30 Mo/s. Sur un autre site marchand, une clé USB de toute nouvelle génération, à la norme USB3 bien plus rapide que la USB2, annonce un débit de 100 Mo/s.
 - a. Effectuer un calcul permettant de comparer la valeur théorique et la valeur réelle pour la clé USB2.
 - b. On désire transférer 200 photos au format JPEG dont le poids est en moyenne 3 Mo. Calculer le temps nécessaire pour transférer ces photos sur la clé USB2. Même question sur la clé USB3.
3. Calculer l'affaiblissement d'une ligne s'il y a eu une perte de puissance de 10% lors du transfert. (Indication : calculer le rapport P_r/P_e avant de calculer A).

Activité 3 : Différents types de transmission...

Connaissances communes

1. Citer au moins deux modes de transmission d'information que vous connaissez.

2. Citer deux normes de transmission que vous connaissez.

Analyse expérimentale

Le matériel disponible dans la classe permet d'illustrer 2 de ces modes de transmission.

3. Indiquez lesquels

On peut illustrer expérimentalement qu'entre l'émission et la réception, le signal est chaque fois *déformé* et *atténué*.

4. Indiquer une information qui semble assez bien transmise dans les deux cas.

Analyse documentaire

Vous disposez des documents 3a à 3d.

5. Parmi des supports de transmission du document 3, séparer ceux qui permettent une propagation guidée d'un signal de ceux qui permettent une propagation libre.
6. Réunir dans un tableau, pour chaque support *guidé*, les valeurs du débit binaire et du coefficient d'atténuation linéique en $\text{dB} \cdot \text{m}^{-1}$.
7. Calculer également la durée nécessaire pour transférer un fichier film d'un poids de 700 Mo.
8. Quel est l'affaiblissement en dB lors de la propagation d'un signal sur 100 m de câble coaxial. En déduire le rapport P_e/P_r puis le % d'intensité du signal perdue lors du transfert.
9. Pour la fibre optique, quel mode retransmet le mieux la forme du signal ? Pourquoi les autres modes de fibre existent-elles encore ?

	Câble torsadé cat5	Câble coaxial	Fibre saut indice	Fibre gradient indice	Fibre monomode
débit binaire					
coefficient d'atténuation linéique en $\text{dB} \cdot \text{m}^{-1}$					
Durée pour transférer					



Document 3a. Les câbles à paires torsadées

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. La catégorie 1, abandonnée maintenant, ne permettait pas le transfert de données numériques actuelles (débit trop faible, bien inférieur à 1 Mbits/s). On utilise aujourd'hui principalement les câbles de catégorie 5. Le débit est alors de 100 Mbits/s et l'atténuation de l'ordre de 22 dB pour 100 mètres (pour un signal de fréquence de 100 MHz, source : t4live.free.fr)



Document 3b. Les câbles coaxiaux

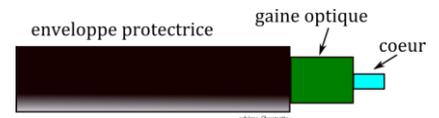
Le câble coaxial est composé d'un fil de cuivre entouré successivement d'une gaine d'isolation, d'un blindage métallique et d'une gaine extérieure. Il est utilisé principalement pour transmettre la télévision numérique, il offre un débit de 10 Mbits/s et une atténuation de 11,5 dB pour 100 mètres (à 100 MHz, source : <http://www.transistek.com>). Il peut aussi transmettre du signal analogique.



Document 3c. Les fibres optiques

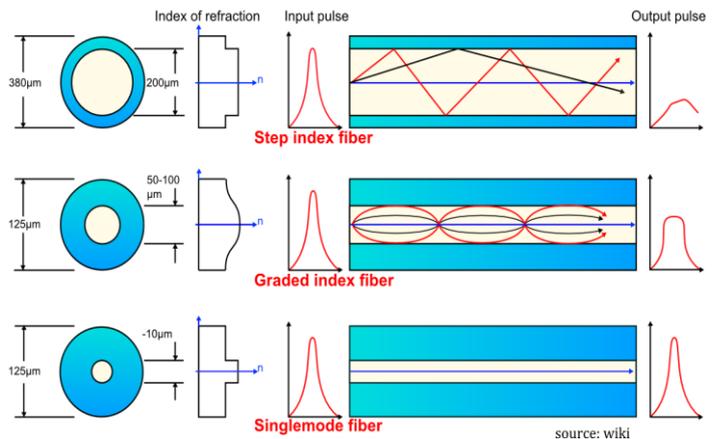
(animation : http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_toulouse/optiqueGeo/dioptres/fibre_optique.html)

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 et se propage en se réfléchissant à l'intérieur.



Il existe 2 grands types de fibres optiques : **les monomodes** et **les multimodes**.

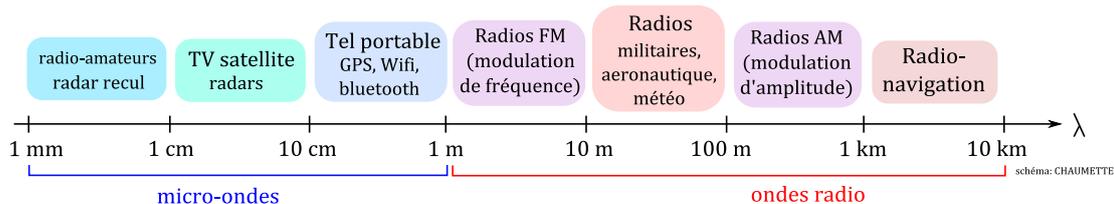
1. Les fibres multimodes ont été les premières fibres optiques sur le marché. Le cœur de la fibre optique multimode est assez volumineux, ce qui lui permet de transporter plusieurs informations (plusieurs modes) simultanément. Il existe deux sortes de fibre multimode : celle à saut d'indice et celles à gradient d'indice. Les fibres multimodes sont souvent utilisées en réseaux locaux.
2. La fibre monomode a un cœur très fin et ne peut transporter qu'un seul signal, à une distance beaucoup plus longue que celle de la fibre multimode. Elle est utilisée dans des réseaux à longue distance.



Type de fibre	Saut d'indice	Gradient d'indice	Monomode
Atténuation linéique en dB/km pour un signal de 100 MHz. (source : cvardon.fr/)	5	1	0,5
Débit binaire	100 Mbits/s	300 Mbits/s	2 Gbits/s
Coût	Assez élevé	Assez faible	élevé

Document 3d. Les liaisons hertziennes

Le support de transmission est une onde électromagnétique de longueur d'onde comprise entre 10^{-3} m et 10^4 m :



L'atténuation dépend du milieu traversé :

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 Mbits/s sur 100 m ; Bluetooth : 1 Mbits/s sur 10 m avec une faible consommation d'énergie. Pour la téléphonie mobile : GSM* : 9,6 kbits/s sans trop d'atténuation grâce à des relais; 100 kbits/s pour la 3G, 100 Mbits/s pour la 4G...)

* GSM : Global System for Mobile Communications: norme de transfert numérique de 2ème génération (2G) utilisée par l'ensemble des téléphones portables.



Activité 4 : Exercice de synthèse

BAC Liban 2013

Le déploiement du très haut débit pour tous constitue l'un des plus grands chantiers d'infrastructure pour notre pays au cours des prochaines années. Ses enjeux techniques, économiques et sociaux sont considérables. Les documents utiles à la résolution sont rassemblés en fin d'exercice.

1. Procédés physiques de transmission d'informations

À l'aide des documents et des connaissances nécessaires, rédiger en 20 lignes maximum, une synthèse argumentée répondant à la problématique suivante :

« La fibre optique est-elle synonyme d'avenir incontournable pour la transmission d'informations ? »

Pour cela, citer trois types de support de transmission de l'information. Décrire le principe de fonctionnement d'une fibre optique. Préciser ensuite les enjeux pour le déploiement de nouveaux réseaux de transmission d'informations par fibre optique en soulignant les points forts et les points faibles de ce mode de transmission.

Répondre enfin à la question posée.

2. Analyse de la qualité d'une transmission

L'atténuation de puissance subie par le signal transmis caractérise la qualité de la transmission.

- 2.1. À l'aide des documents, déterminer quel est le domaine du spectre électromagnétique à utiliser pour obtenir une transmission d'atténuation minimale avec une fibre optique en silice.
- 2.2. On suppose que le signal est à nouveau amplifié dès que sa puissance devient inférieure à 1% de sa puissance initiale.
 - 2.2.1. En utilisant le document 2, montrer que l'atténuation du signal, calculée par le produit $\alpha \times L$, est égale à 20 dB à l'instant où le signal est réamplifié.
 - 2.2.2. Combien d'amplificateurs sont-ils nécessaires pour une liaison Rennes-Strasbourg (environ 900 km) dans le cas d'une liaison par fibre optique, puis dans le cas d'une liaison par câble électrique ? Conclure.



DOCUMENTS DE L'EXERCICE LIBAN 2013

Document 1 : Le très haut débit pour tous les Bretons d'ici à 2030

La Bretagne prend de l'avance sur le très haut débit. Elle est, avec la région Auvergne, la seule à avoir anticipé le maillage en fibre optique de l'intégralité de son territoire. D'ici à 2030, tous les foyers bretons auront accès à cette technologie qui augmente considérablement le débit des connexions Internet. De 1 à 20 mégabits par seconde, il passera à 100 mégabits par seconde, et dans toute la région !

Au cœur de cette petite révolution : l'installation de la fibre optique. Télévision haute définition, téléphone, Internet, photographies et vidéos transiteront désormais grâce à cette fibre optique très rapide... Un opérateur privé installera la fibre optique dans les principales agglomérations bretonnes, couvrant 40% des foyers en 2020... Coût global pour les institutions : 1,8 milliard d'euros.

D'après Bretagne ensemble, Juin 2012

Document 2 : Atténuation linéique d'un signal

L'atténuation linéique α , correspondant à la diminution de la puissance du signal par kilomètre et exprimée

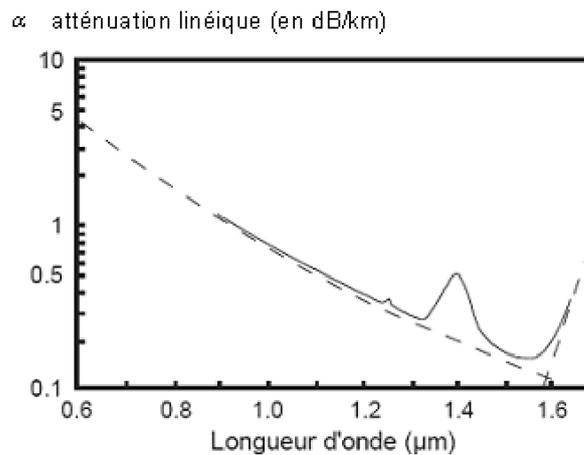
en dB/km, est définie par : $\alpha = \frac{10}{L} \log \frac{P_e}{P_s}$

Avec : P_e , la puissance du signal à l'entrée du dispositif de transmission

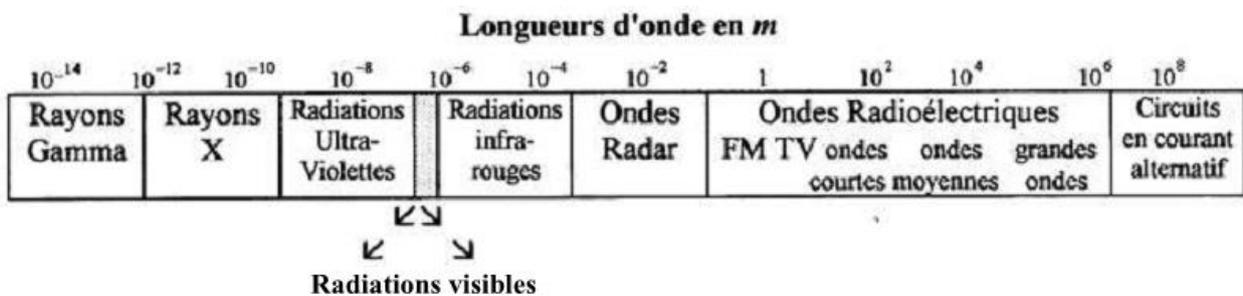
P_s , la puissance du signal à sa sortie

L, la distance parcourue par le signal en km.

Document 3 : Atténuation spectrale d'une fibre optique en silice



Document 4 : Domaines du spectre électromagnétique

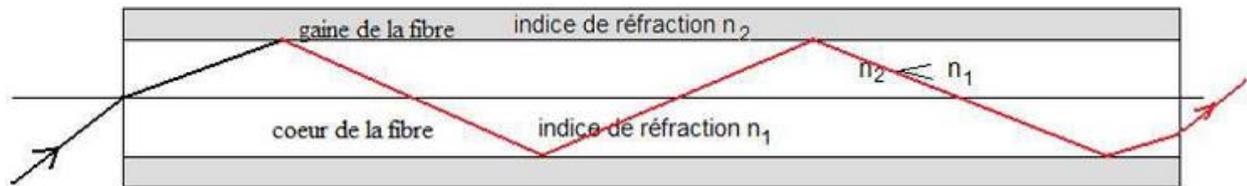




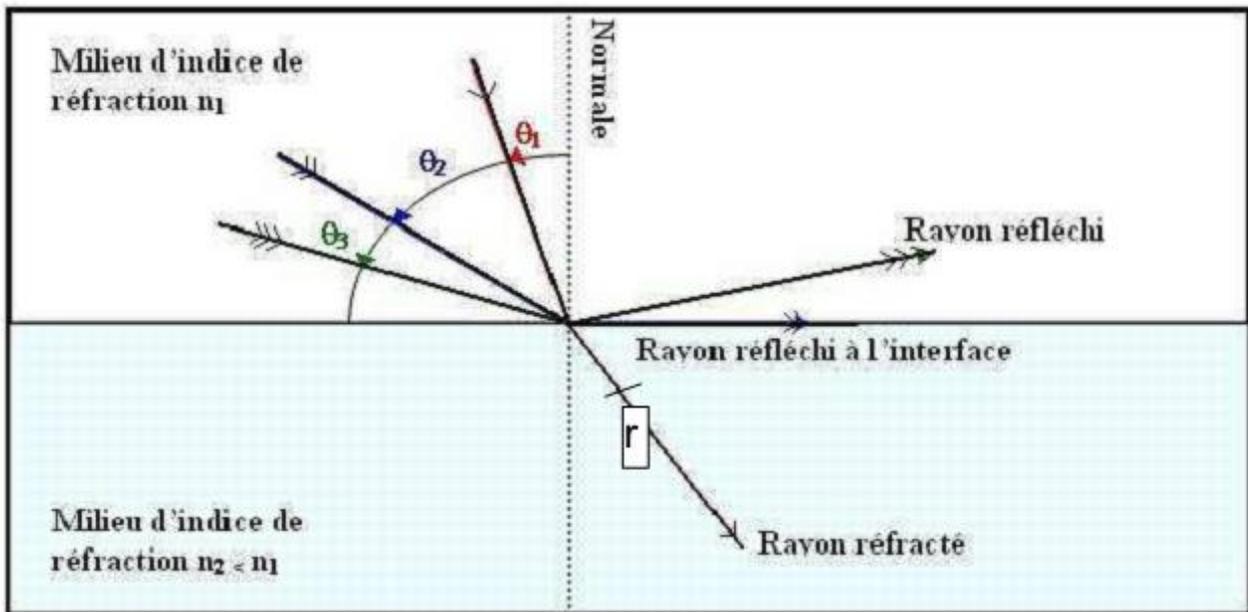
Document 5 : Comparaison entre une fibre optique et un fil de cuivre

Fibre optique	Fil de cuivre
Sensibilité nulle aux ondes électromagnétiques	Grande sensibilité aux ondes électromagnétiques
Faible atténuation du signal : 0,2 dB/km	Forte atténuation du signal : 10 dB/km
Réseau faiblement implanté géographiquement	Réseau fortement implanté géographiquement
Grande largeur de bande : grande quantité d'informations transportées simultanément	Largeur de bande limitée : la quantité d'informations transmises est très limitée

Document 6 : Description d'une fibre optique



Document 7 : Réflexion totale



Loi de Snell-Descartes : $n_1 \sin \theta = n_2 \sin r$.

Lorsque l'angle d'incidence θ est supérieur à l'angle limite θ_2 , le rayon lumineux incident est réfléchi (cas observé pour l'angle θ_3), on a $\sin \theta_2 = n_2 / n_1$.



Activité 5 : principe de la lecture d'un disque optique (CD, DVD, BluRay...)

Inventé en 1982 par les sociétés Sony et Philips, le CD (Compact Disc) est un disque optique de 12 cm de diamètre et de 1.2 mm d'épaisseur permettant de stocker des informations numériques.

Les CD audio et CD-ROM sont constitués de 4 couches

- un substrat en matière plastique (polycarbonate) pourvu de creux obtenus par pressage
- une fine pellicule métallique (or ou argent) constituant la couche réfléchissante
- une couche de laque acrylique anti-UV créant un film protecteur pour les données
- une couche en polymère servant de support aux informations imprimées

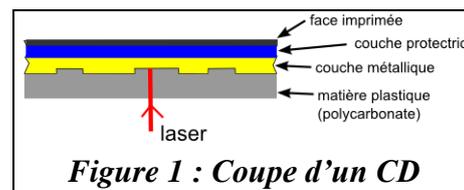


Figure 1 : Coupe d'un CD

Les données sont gravées sur une piste en forme de spirale qui fait près de 5 km de long, du centre vers l'extérieur. Il faut faire 22188 tours pour parcourir la totalité de la piste. (figure 2)

La piste physique est constituée d'alvéoles d'une profondeur de 0,12 µm, d'une largeur de 0,67 µm et de longueur variable. On nomme creux (en anglais **pit**) le fond de l'alvéole et on nomme plat (en anglais **land**) les espaces entre les alvéoles. (figure 3 et 4)

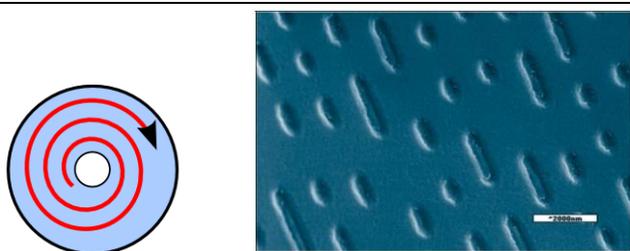


Figure 2

Figure 3 : Photo de la surface d'un CD

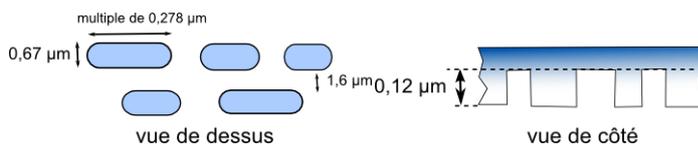


Figure 4 : Pits et Lands d'un CD

Pour coder des données numériques, il faut une série de 0 et de 1. On pourrait penser que les creux représentent les « 1 » et les plats les « 0 » (ou vice-versa) mais la réalité est plus complexe. Tous les creux et plats sont des « 0 » et c'est le passage d'un creux à un plat (ou l'inverse) qui représentera un « 1 ». (figure 5). En pratique, la cellule chargée de lire les données regarde l'état de la surface tous les 0,278 µm : s'il n'y a pas de transition, elle renvoie un « 0 », sinon elle renvoie un « 1 ». Toutes les 8 lectures (chaque lecture représente un bit), on obtient un octet qui contient l'information contenue sur le CD (texte, musique etc...). Un CD contient environ 700 Mbits. Cela correspond à 74 minutes de musique (voire 80 min sur certains CD)

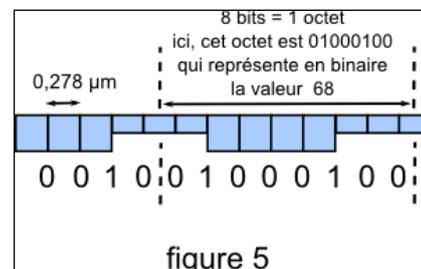


figure 5

Principe de la lecture des données

Une diode laser émet un faisceau de longueur d'onde $\lambda = 780 \text{ nm}$ (figure 6). Ce faisceau traverse un miroir semi-réfléchissant et va frapper la surface du disque. Il se réfléchit et interfère avec lui-même. L'onde résultante de cette interférence est renvoyée à un capteur de lumière (composé de 4 photodiodes). Si le faisceau a frappé un creux, les interférences sont destructives sinon elles sont constructives. C'est ainsi que la cellule (chargée de convertir les creux/plat en « 0 » et « 1 ») a l'information « plat » ou « creux » (et ainsi interpréter les transitions creux/plat)

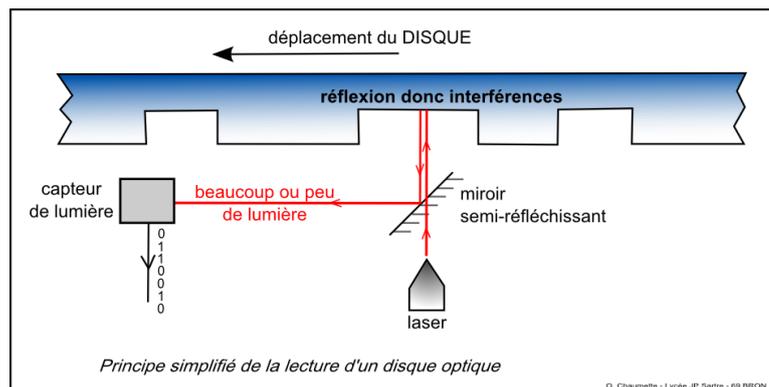
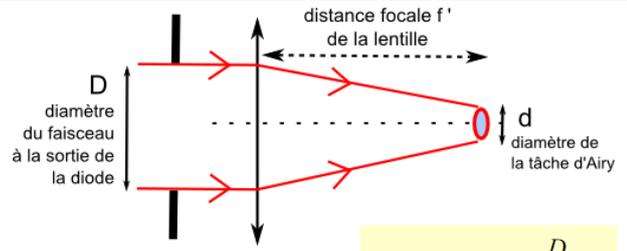


Figure 6



Le problème de la diffraction

Le bloc optique est constitué d'une diode laser suivie d'une lentille convergente. Les diamètres de la diode et de la lentille sont très faibles. Le faisceau subit donc une diffraction et l'image donnée par la lentille n'est pas un point mais une petite tâche (appelée tâche d'Airy). On montre que dans ce cas, le diamètre de la tâche s'exprime :



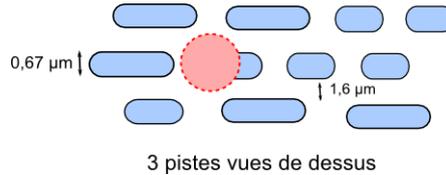
$$d = \frac{1,22 \times \lambda}{NA}$$

où NA (Numeric Aperture) est l'ouverture numérique qui varie en

$$NA = \sin(\alpha) = \frac{\frac{D}{2}}{\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + f'^2}}$$

fonction inverse de la distance focale f' de la lentille :

La taille de cette tâche limite le nombre d'informations que peut stocker un CD car il faut que la tâche du laser ne lise qu'une piste à la fois (et ne déborde pas sur les pistes voisines).



Pour augmenter la capacité de stockage, c'est-à-dire augmenter le nombre de creux par disque, il faut modifier la longueur d'onde du laser et l'ouverture numérique du bloc optique. C'est ainsi que sont nés le DVD et plus récemment le Blu-ray...

Comparaison des différents supports optiques

Type de support	CD	DVD	HD-DVD	Blu-ray
Longueur d'onde	780 nm	658 nm	405 nm	405 nm
Ouverture numérique NA	0,45	0,65	0,65	0,85
Capacité	700 Mbits	4,7 Gbits	15 Gbits	23 Gbits
Distance entre pistes	1,6 μm	0,74 μm	0,32 μm	0,4 μm
Largeur faisceau				

Sources : Cours de Jean-Philippe Muller : www.louis-armand-mulhouse.eu/btsse/acrobat-cours/optiq.pdf Site : <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/audio/cd.html>
 Document de J. Michot (IUT de Tours, sous la direction de Mme Lorenceau et M. Besse) Schémas : O. Chaumette.
 Blu-ray : <http://www.generation-nt.com/blu-ray-technologie-presentation-guide-description-article-24851-1.html>

QUESTIONS

A- Le codage des données

- Déterminer une valeur approchée de la vitesse linéaire de lecture des creux en mètre par seconde.
- En déduire la vitesse de rotation en tours par minute (sachant que la vitesse angulaire en rad/s s'exprime : $\omega = V/R$, où R est le rayon du disque).

B- Le principe de la lecture des données

L'indice optique du polycarbonate est $n_p = 1,55$. Cet indice est lié à la célérité de la lumière V_p dans le polycarbonate par la formule : $n_p = c/V_p$ où c est la célérité de la lumière dans le vide ($c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$)

- Calculer la célérité V_p de la lumière dans le polycarbonate.
- Calculer la longueur d'onde λ_p du laser dans le polycarbonate sachant qu'elle est liée à la longueur d'onde λ du laser dans le vide par la formule : $\lambda_p = \lambda/n_p$
- Vérifier que la profondeur d'un « pit » est de l'ordre de $\lambda_p/4$.
- La réflexion sur un plat n'entraîne aucun déphasage entre l'onde incidente et l'onde réfléchie. Montrer que lors de la réflexion du faisceau dans un creux, il se crée un déphasage de $\lambda_p/2$.
- Expliquer pourquoi il y a alors interférences destructives au niveau d'un creux.

C- Le problème de la diffraction

- Calculer le diamètre de la tâche due à la diffraction pour un CD.
- Montrer que, compte tenu des dimensions des pistes du CD, ce diamètre permet une lecture correcte.
- Faire le calcul pour un DVD sachant que la largeur d'un pit vaut $0,32 \mu\text{m}$.
- Pour un DVD, quelle doit-être la profondeur d'un creux ?
- Expliquer les choix de longueur d'onde et d'ouverture numérique faits pour un DVD, pour un Blu-ray.