

Séquence 10

Transmettre et stocker de l'information

Problématique

Si l'on excepte un changement radical des modes de vie, l'activité scientifique et ses applications technologiques s'avèrent être des réponses crédibles aux défis posés à l'Homme, en particulier **transmettre et stocker l'information**.

Les défis du **xxi^e** siècle concernent la planète et l'humanité tout entières.

Sommaire

1. Prérequis
2. Transmission d'informations
3. Procédés physiques de transmission
4. Stockage optique
5. Pour clore la séquence

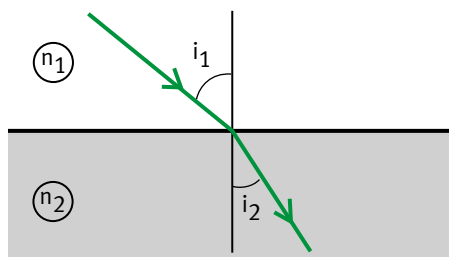
1

Prérequis

A

Réflexion totale de la lumière

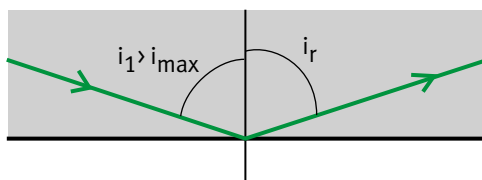
La **réfraction** se caractérise par un changement de la direction de propagation de la lumière au passage de la surface de séparation de deux milieux transparents différents d'indices de réfraction n_1 et n_2 .



2^e loi de Snell-Descartes : l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 (angle entre la normale et le rayon réfracté) sont liés par la relation : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.

Il y a **réflexion totale** lorsque :

- l'indice de réfraction du milieu où se trouve le rayon est supérieur à l'indice du milieu extérieur ;
- l'angle d'incidence de la lumière sur la paroi de séparation des deux milieux est supérieur à l'angle limite $i_{\max}$



B

Synthèse de la lumière

Il existe **trois couleurs primaires** : le rouge (R), le vert (V), le bleu (B).

Il existe **trois couleurs secondaires** : le cyan, le magenta, le jaune.

Synthèse additive

La superposition du rouge et du vert donne du jaune.

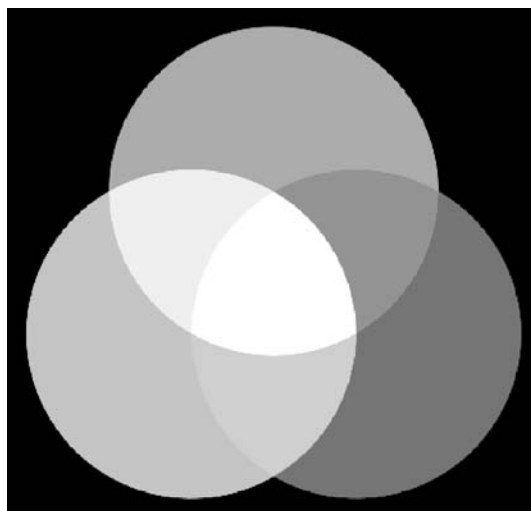
rouge + vert → jaune (J)

La superposition du rouge et du bleu donne du magenta.

rouge + bleu → magenta (M)

La superposition du bleu et du vert donne du cyan.

bleu + vert → cyan (C)



Connectez-vous sur cned.fr

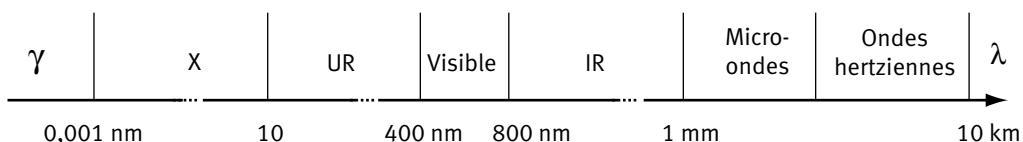


Domaine des ondes électromagnétiques en longueurs d'onde

Les ondes hertziennes, les micro-ondes, les radiations infrarouges, la lumière, les rayons ultraviolets, les rayons X, les rayons γ sont aussi des ondes électromagnétiques.

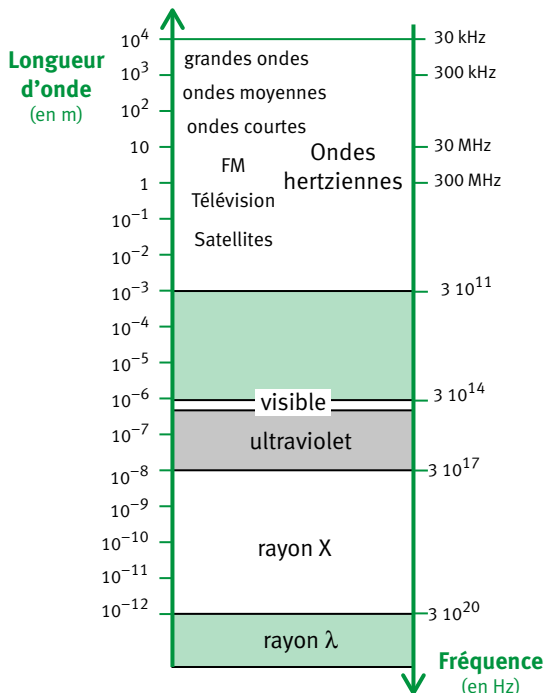
Nous pouvons les classer par leur fréquence ou leur longueur d'onde.

Échelle des longueurs d'onde pour les différents domaines



La longueur d'onde d'une onde électromagnétique est liée à sa période T et à sa fréquence f par la relation $\lambda = cT = \frac{c}{f}$; c est la célérité de la lumière :

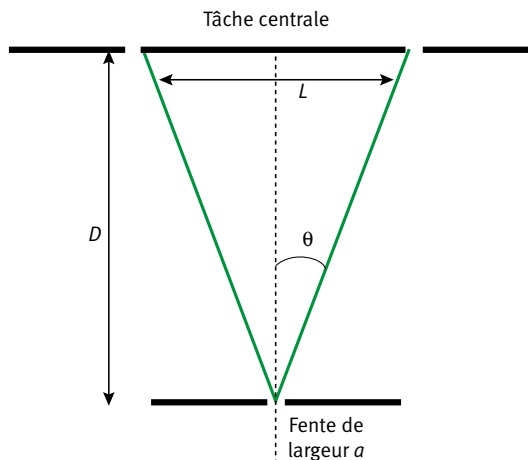
$c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; T s'exprime en secondes (s), f en hertz (Hz), λ en mètres (m).



La lumière fait partie des ondes électromagnétiques et correspond à un domaine restreint de fréquences.

D Propriétés des ondes

La diffraction

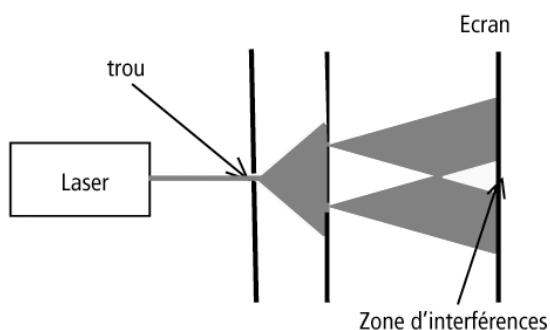


L'écart angulaire du faisceau diffracté, la largeur de la fente (ou du fil) et la longueur d'onde du laser sont liés par la relation : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

Pour une longueur d'onde donnée, le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle est plus petite.

Les interférences

Conditions d'obtention des interférences lumineuses avec une onde monochromatique



Pour obtenir un phénomène d'interférences, il faut superposer au moins deux ondes :

- de même fréquence
- et issues d'une même source primaire (ondes cohérentes).

La zone de recouvrement forme le champ d'interférences.



Tests

Test 1

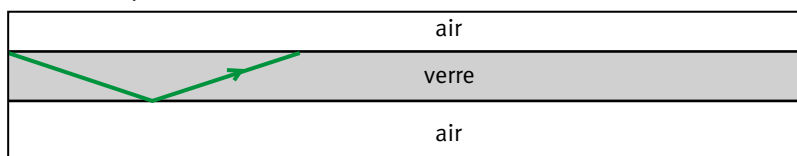
Lorsque le milieu 1 (exemple : du verre) a un indice n_1 supérieur à l'indice n_2 du milieu 2 (par exemple : de l'air), nous avons vu que l'angle réfracté i_2 est alors supérieur à l'angle incident i_1 .

Lorsque l'angle d'incidence est supérieur à i_{max} , il n'y a plus de rayon réfracté, le rayon incident est réfléchi par la surface de séparation : c'est le phénomène de réflexion totale.

- 1 Exprimer $\sin i_{max}$ en fonction de n_1 et n_2 .
- 2 Calculer l'angle i_{max} pour $n_1 = 1,52$ et $n_2 = 1,00$.

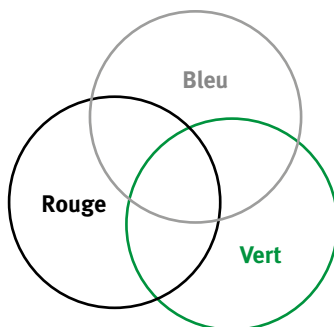
Test 2

On considère un cylindre de verre où se propage un rayon lumineux. Tracer le rayon lumineux jusqu'à l'extrémité droite du cylindre de verre en justifiant votre réponse.



Test 3

- 1 Citer les trois couleurs primaires.
- 2 Quelles sont les conditions sur les faisceaux de lumière pour obtenir la lumière blanche ?
- 3 Compléter les couleurs du schéma suivant :



Test 4

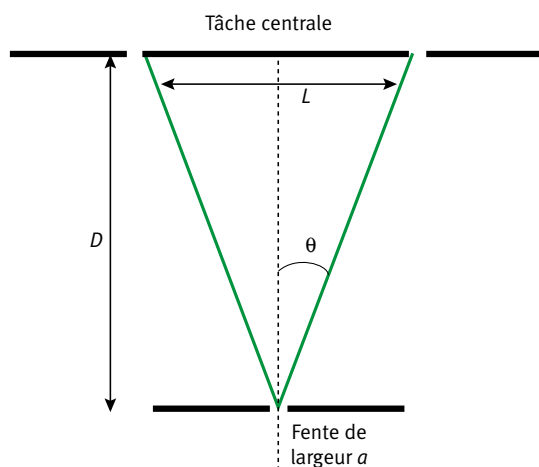
Exprimer et calculer la fréquence des émissions de la station Europe 1 dont la longueur d'onde est 1 648 m.

Donnée Vitesse de la lumière : $c = 300\,000 \text{ km.s}^{-1}$.

Test 5

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . À quelques centimètres du laser, on place une fente verticale de largeur connue. On désigne par a la largeur de la fente. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance D de la fente. On mesure la largeur L de la tache centrale.

Quelle est la bonne réponse ?



La largeur L est égale à :

- 1 $L = \frac{\lambda D}{a}$
- 2 $L = 2 \frac{\lambda D}{a}$
- 3 $L = \frac{\lambda a}{D}$

2

Transmission d'informations

A

Objectifs d'apprentissage

- ▶ Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations.
- ▶ Recueillir et exploiter des informations concernant des éléments de chaînes de transmission d'informations et leur évolution récente.
- ▶ Associer un tableau de nombres à une image numérique.
- ▶ Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo numérique par exemple) pour étudier un phénomène optique.
- ▶ Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.
- ▶ Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un échantillonneur-bloqueur et/ou un convertisseur analogique numérique (CAN) pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal (d'origine sonore par exemple).

B

Pour débiter

L'information est au cœur de nos sociétés modernes : médias, Internet...

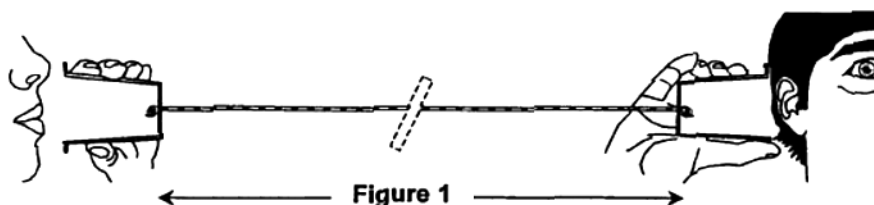
La transmission de cette information doit être rapide et fiable.

Activité 1

Rechercher, dans une encyclopédie ou sur Internet, comment s'est faite la transmission des informations de l'Antiquité à nos jours (on essaiera de trouver les événements importants et les noms des scientifiques liés aux dates suivantes : 1792, 1843, 1887).

Activité 2

À l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien plus archaïque...



L'onde sonore produite par le premier interlocuteur fait vibrer le fond du pot de yaourt, le mouvement de va-et-vient de celui-ci, imperceptible à l'œil, crée une perturbation qui se propage le long du fil. Cette perturbation fait vibrer le fond du second pot de yaourt, et l'énergie véhiculée par le fil peut ainsi être restituée sous la forme d'une onde sonore perceptible par un second protagoniste.

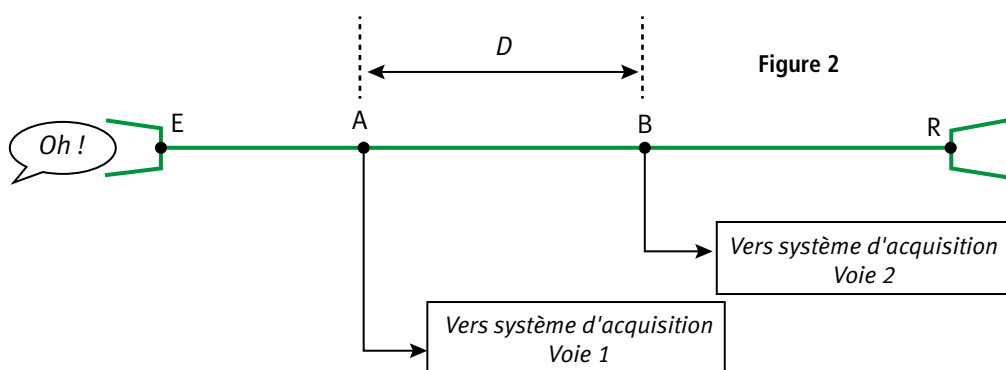
Données Célérité du son dans l'air à 25 °C : $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

- 1 Identifier la chaîne des différents milieux de propagation des ondes mécaniques au sein du dispositif : de la bouche de la personne qui parle à l'oreille de la personne qui écoute (figure 1).

Ce fil légèrement élastique peut être modélisé par un ressort à spires non jointives.

À 25 °C, on réalise le montage suivant (figure 2), afin de mesurer la célérité des ondes sur le fil du dispositif. Deux capteurs sont reliés en deux points A et B distants de $D = 20 \text{ m}$ sur le fil, du pot de yaourt émetteur E.

Les capteurs enregistrent l'amplitude de cette perturbation au cours du temps.



- 2 À partir de l'enregistrement (figure 3), déterminer avec quel retard τ , par rapport au point A, le point B est atteint par le signal.

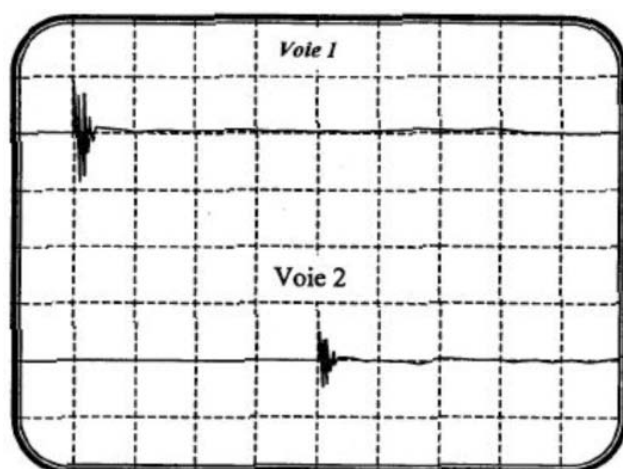


Figure 3

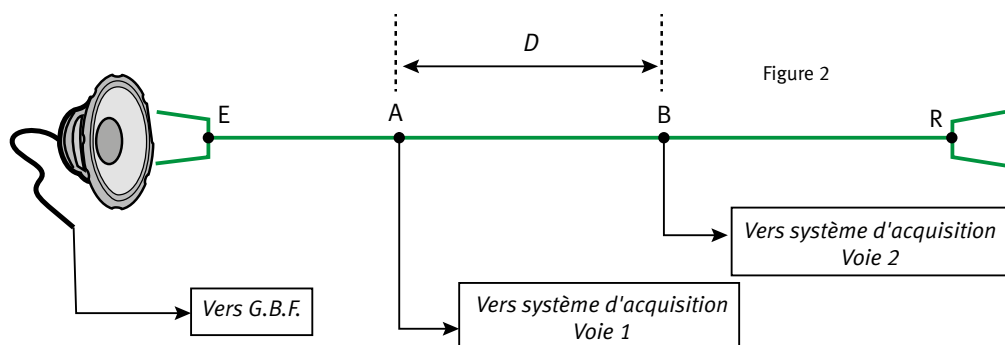
Sensibilité verticale 1 mV/div

Sensibilité horizontale 5ms/div

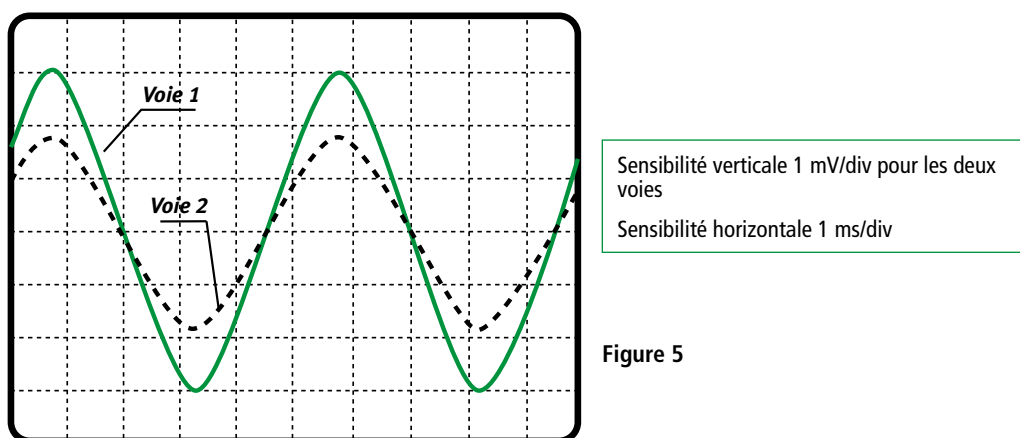
- 3 Donner l'expression de la célérité v de l'onde sur ce fil en fonction de D et τ . Calculer sa valeur.

Comparer cette valeur à celle de la célérité du son dans l'air à 25 °C. Quelle propriété justifie ce résultat ?

Une autre méthode, permettant de déterminer la célérité v de l'onde se propageant dans le fil, consiste à placer, devant le pot de yaourt émetteur, un haut-parleur (figure 4) qui émet des ondes sonores sinusoïdales de fréquence f_E . Les ondes sinusoïdales qui se propagent dans le fil ont la même fréquence.



Lorsque la distance D est égale à 20,0 m, on obtient l'enregistrement de la figure 5.



- 4 Comment peut-on expliquer que l'amplitude du signal au point B (voie 2) soit plus faible que l'amplitude du signal au point A (voie 1) ?
- 5 À partir de l'enregistrement de la figure 5, déterminer la fréquence de l'onde qui se propage dans le fil.
- 6 Lorsque l'on éloigne le point B du point A, on constate que les signaux se retrouvent dans la même configuration pour les valeurs de la distance : $D = 25,0$ m, $D = 30,0$ m, $D = 35,0$ m...
En déduire la valeur de la longueur d'onde λ associée à l'onde qui se propage dans le fil, puis la célérité v de cette onde.

- 7 L'antenne d'un téléphone portable émet ou reçoit des ondes électromagnétiques qui ont les mêmes propriétés que la lumière. Quelle différence fondamentale existe-t-il concernant la propagation des ondes du téléphone « pot de yaourt » et celles d'un téléphone portable ?

Pour qu'une information soit transmise, il faut donc un émetteur, un canal de transmission et un récepteur.



Pour apprendre

Une image filmée en direct lors de la finale de Coupe d'Europe de football est transmise de la caméra présente sur le stade à votre téléviseur ou votre portable. Rechercher comment est transmise cette image sur votre téléviseur.

Transmettre une information, c'est transmettre un signal ou des signaux (électriques, optiques...).

La transmission à distance d'informations s'effectue grâce à des voies de transmission – supports matériels (fil du téléphone, fibre optique, câble coaxial de l'oscilloscope...), liaisons hertziennes (transmission des ondes radio...) – ou d'autres rayonnements comme l'infrarouge (transmission du signal d'une télécommande à infrarouge...).

1. Éléments d'une chaîne de transmission d'informations

a) Les informations à transmettre

L'information est au cœur de nos sociétés modernes : presse, téléphonie, données météorologiques, Internet...

Les informations que l'on échange quotidiennement sont de différents types : voix, sons, images, vidéos, textes, etc...

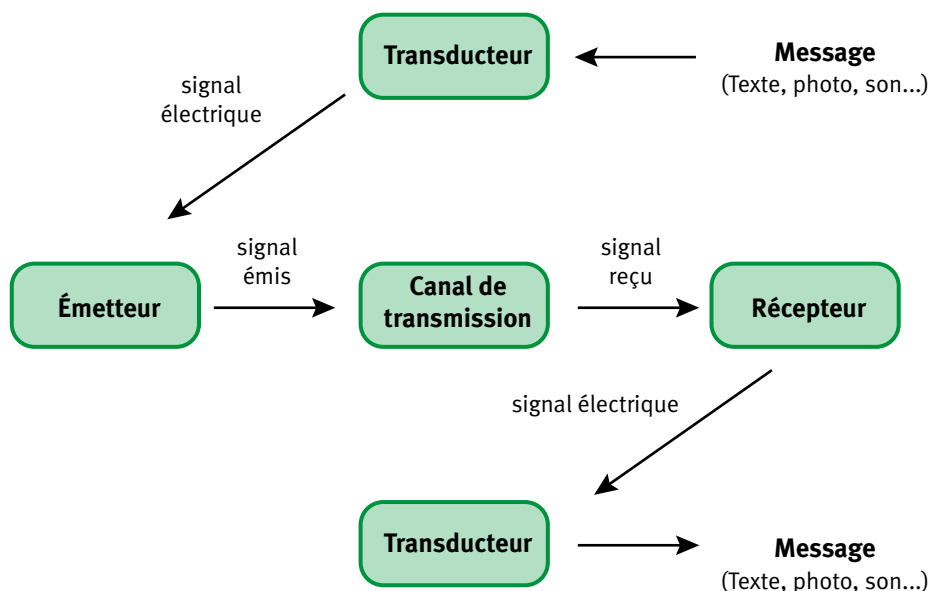
L'information doit être communiquée rapidement et en toute fidélité à son destinataire. En d'autres termes, il faut impérativement que le message reçu corresponde exactement au message émis.

b) La chaîne de transmission

Une chaîne de transmission de l'information est constituée :

- d'un émetteur ;
- d'un canal de transmission ;
- d'un récepteur.





Un signal émis est défini comme une grandeur physique (tension, courant, champ électromagnétique, onde sonore ou lumineuse) qui transmet une information.

Lors de l'émission, le signal électromagnétique est porteur des informations à échanger.

Pour transmettre le signal, on peut utiliser, par exemple, des ondes électromagnétiques dont la fréquence est adaptée au milieu de propagation.

À la réception, les informations sont extraites de ce signal.

Les choix des caractéristiques de la chaîne de transmission (type de signal transmis, milieu de propagation, émetteur et récepteur...) dépendent des caractéristiques de l'information à transmettre.

Exemple L'information doit-elle être transmise rapidement ?
L'information doit-elle être sécurisée ?

...

Activité 3 Analyser les documents ci-dessous en comparant :



- la chaîne de transmission pour une habitation recevant la TNT gratuite par une antenne de toit,
- et la chaîne de transmission pour un téléphone portable recevant du multimédia en streaming sur Internet.

Document 1 : « La TNT : comment ça marche ? », janvier 2009.

La Télévision Numérique Terrestre ou TNT est un mode de diffusion terrestre de la télévision, dans lequel les signaux vidéo, audio et de données ont été numérisés, puis ordonnés dans un flux unique (on parle alors de multiplexage), avant d'être modulés puis diffusés, c'est-à-dire transportés jusqu'au téléspectateur *via* les ondes électromagnétiques.

Le codage de source

En TNT, le codage MPEG appliqué à la vidéo et à l'audio permet de réduire la ressource nécessaire à la transmission d'un programme en préservant la qualité numérique et de garantir une excellente qualité des images et des sons et ce de manière constante. La norme MPEG2 a été retenue pour les chaînes gratuites en définition standard (SD), et le MPEG4 pour les chaînes payantes et les chaînes en Haute Définition (HD).

Le multiplexage des programmes

Le numérique terrestre autorise la diffusion de 5 à 6 programmes audiovisuels SD sur la même fréquence, constituant ainsi un « multiplex de programmes » là où il n'y en avait qu'un en analogique.

Les multiplex sont assemblés au niveau des têtes de réseau nationales, régionales ou locales ; ces deux dernières permettant l'insertion de programmes de proximité et la réalisation de décrochages locaux.

La possibilité d'insérer un système de contrôle d'accès, au niveau de la tête de réseau, favorise l'enrichissement de nouvelles offres de services telles que l'abonnement ou le paiement à la séance.

La technique du multiplexage permet également l'insertion de données associées telles que le sous-titrage, le système d'information (SI) facilitant la navigation entre les différents services du ou des multiplex, ainsi que les services interactifs.

Le transport

Le transport du multiplex de programmes depuis la tête de réseau jusqu'aux sites de diffusion peut se faire par satellite ou *via* le réseau terrestre (faisceaux hertziens, fibres optiques).

La diffusion : la modulation COFDM

La modulation COFDM, principe retenu pour la diffusion en numérique terrestre, offre au signal une meilleure résistance aux échos dus aux réflexions sur les obstacles naturels (arbres, montagnes...) ou artificiels (bâtiments), éléments caractéristiques d'une diffusion terrestre. Ce principe permet de dégager la ressource suffisante pour la diffusion de six multiplex numériques.

La réception

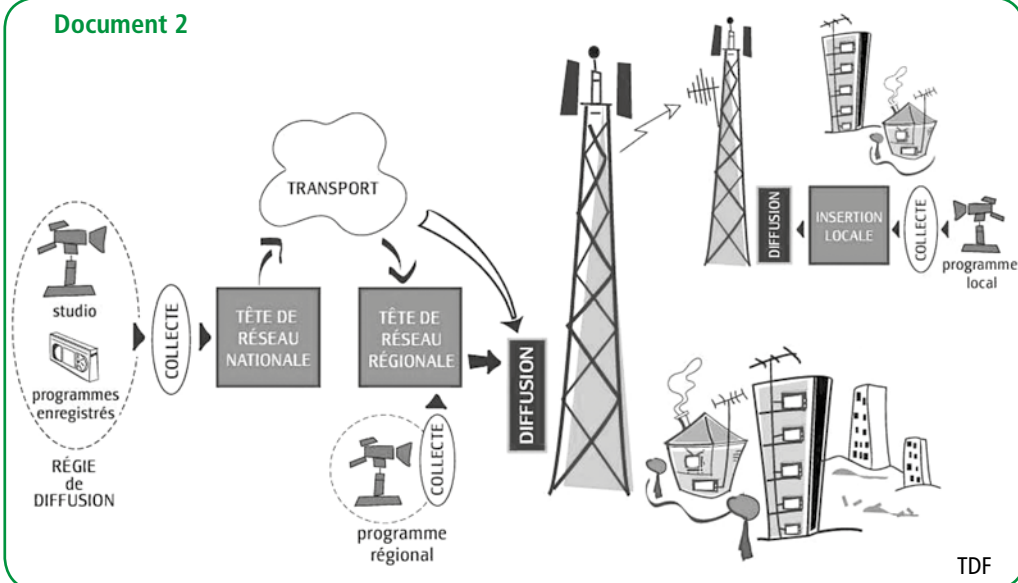
Pour les téléspectateurs, la réception de la TNT se fait à partir des antennes râteaux individuelles ou collectives existantes.

Plusieurs modes de réception de la TNT sont possibles :

- à partir d'un téléviseur analogique équipé d'un adaptateur numérique ;
- à partir d'un téléviseur numérique intégré ;
- à partir d'un téléviseur avec une antenne intérieure en réception en mode portable.

TDF

Document 2



Document 3 : MPEG 4

MPEG-4, également appelé ISO/CEI 14496, est une norme de codage d'objets audio-visuels spécifiée par le *Moving Picture Experts Group* (MPEG).

La norme MPEG-4 spécifie d'abord des techniques pour gérer le contenu de scènes comprenant un ou plusieurs objets audio-véo. Contrairement à MPEG-2, qui visait uniquement des usages liés à la télévision numérique (diffusion DVB et DVD), les usages de MPEG-4 englobent toutes les nouvelles applications multimédia comme le téléchargement et le streaming sur Internet, le multimédia sur téléphone mobile, la radio numérique, les jeux vidéo, la télévision et les supports haute définition.

La norme spécifie de nouveaux codecs audio et vidéo et enrichit les contenus multimédia, en ajoutant de nouvelles applications comme le VRML (étendu), la prise en charge de la gestion des droits numériques et de plusieurs types d'interactivités.

Wikipédia

2. Codage binaire

Les informations sont codées en langage binaire, c'est-à-dire sous forme de « bits », notés 0 et 1.

Avec un bit, on peut représenter $2^1 = 2$ états différents :
0 1

Avec 2 bits, on peut représenter $2^2 = 4$ états différents :
00 01 10 11

Avec 3 bits, on peut représenter $2^3 = 8$ états différents :
000 001 010 011 100 101 110 111

Activité 4



Un octet
correspond à
8 bits.

Avec 8 bits, combien d'états différents peut-on représenter ?

On utilise beaucoup les multiples de l'octet : kilo-octet (Ko) et méga-octet (Mo).

Un kilo-octet correspond à 2^{10} octets (ce qui est différent du kilo utilisé en physique pour kilogramme, par exemple).

Un méga-octet correspond à 2^{10} Ko.

Activité 5



Compléter le tableau suivant.

	1 Ko	1 Mo	10 Ko	3 Mo
Valeur en octets				

Codage binaire

Soit le nombre 4 219. En réalisant des divisions successives par 10, on obtient :

$$4219_{(10)} = 9 \times 10^0 + 1 \times 10^1 + 2 \times 10^2 + 4 \times 10^3$$

4219 représente un nombre en base 10.

En base 2, il n'y a que deux chiffres : 0 et 1.

Exemple $11010101 = 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^7$

Soit : $0111010101_{(2)} = 1 + 0 + 1 \times 4 + 0 + 1 \times 16 + 0 + 1 \times 64 + 1 \times 128 = 213_{(10)}$

Comment convertir un nombre décimal en binaire ?

Écrivons le nombre $15_{(10)}$ en base 2. Pour cela, on divise successivement par 2, et on obtient :

$$\begin{array}{r|l}
 15 & 2 \\
 \hline
 1 & 7 \\
 & 2 \\
 & 1 & 3 & 2 \\
 & & 1 & 1
 \end{array}$$

Donc $15_{(10)} = 1111_{(2)}$

Activité 6



Remplir le tableau ci-dessous en codage binaire.

Nombre décimal	2^3	2^2	2^1	2^0	Nombre binaire
0	0	0	0	0	0000
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

3. Images numériques

a) Pixellisation

Une image numérique est une image composée d'une succession de pixels. À chaque pixel est attribuée une couleur, obtenue par synthèse additive de trois composantes : rouge, verte et bleue (RVB).

b) Stockage d'une image numérique

Une image numérique est stockée sous forme d'une succession de mots binaires : les **octets**.

Les informations sont codées en langage binaire, c'est-à-dire sous forme de « bits », notés 0 et 1.

À chaque pixel de l'image correspond un certain nombre d'octets suivant le codage adopté.

Le fichier d'une image numérique contient un tableau de nombres décrivant l'intensité des trois composants (RVB) ou les niveaux de gris de chacun de ses pixels.

Codage	RVB (ou RGB)	Niveaux de gris	Noir et blanc
Type de codage	1 pixel codé par 3 octets	1 pixel codé par 1 octet	1 pixel codé par 1 bit (0 pour noir, 1 pour blanc)
Nb de bits par octet	8 bits	8 bits	
Nb de bits par pixel	24 bits (3 × 8 bits)	8 bits	
Nb de couleurs par pixel	$2^{24} = 16$ millions de couleurs	$2^8 = 256$ couleurs	
Images			

Connectez-vous sur cned.fr pour la version couleur.

En noir et blanc :

Pour ce type de codage, chaque pixel est soit noir soit blanc. Il faut un bit pour coder un pixel (0 pour noir, 1 pour blanc). L'image de 10 000 pixels codée occupe donc 10 000 bits en mémoire.

Codage RVB : un pixel est codé par trois octets

Il existe plusieurs modes de codage de la couleur. Le plus utilisé est le codage Rouge, Vert, Bleu (RVB ou RGB en anglais). Chaque couleur est codée sur 1 octet = 8 bits. Chaque pixel sur 3 octets c'est-à-dire 24 bits : le rouge de 0 à 255, le vert de 0 à 255, le bleu de 0 à 255.

Le principe repose sur la synthèse additive des couleurs : on peut obtenir une couleur quelconque par addition de ces trois couleurs primaires en proportions convenables.

On obtient ainsi $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$ (plus de 16 millions de couleurs différentes).

En niveaux de gris (codage 8 bits) :

Il y a ainsi $2^8 = 256$ nuances possibles.

Chaque octet, soit 8 bits, permet donc de disposer de $2^8 = 256$ niveaux par couleur, du plus sombre (0) au plus lumineux (255).

Activité 7

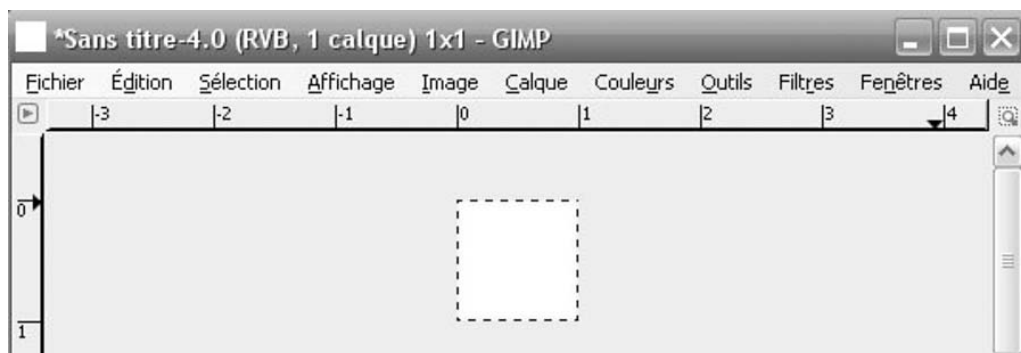


Télécharger sur votre ordinateur le logiciel gratuit GIMP. C'est un éditeur d'images numériques ; il va vous permettre de créer des images de différentes tailles et différentes couleurs.

Télécharger le logiciel GetRGBColor ; grâce à lui, vous trouverez directement, en pointant votre souris sur l'écran, le codage RVB ou niveau de gris.

Créer avec le logiciel GIMP une image de largeur 1 pixel et de hauteur 1 pixel :

Cliquer dans l'onglet **Fichier** sur « **Nouvelle image** » ; agrandir l'image en cliquant dans l'onglet « **Outils** » sur « **zoom** » ; sauvegarder cette image sur « **Enregistrer sous** » en cliquant sur « **Sélectionner le type de fichiers** » puis format .jpeg.

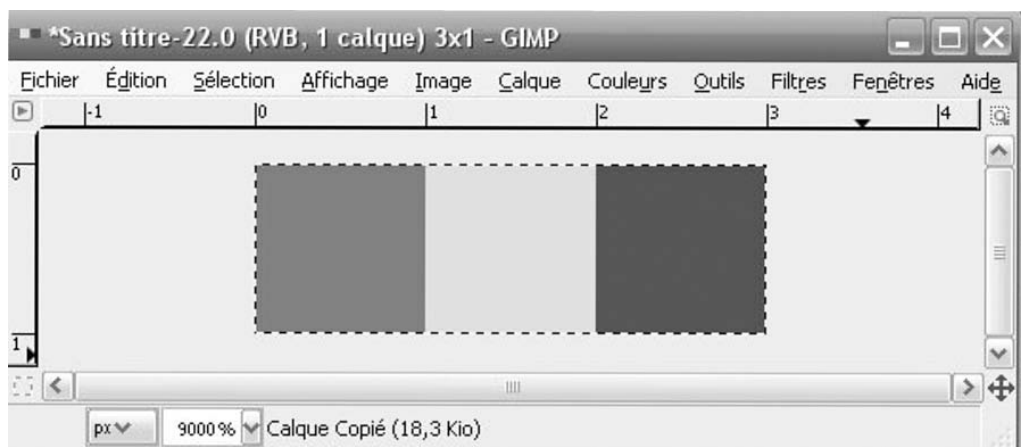


- 1 Créer avec le logiciel GIMP une nouvelle image de largeur 3 pixels et de hauteur 1 pixel :

Cliquer dans l'onglet **Fichier** sur « **Nouvelle image** » ; agrandir l'image en cliquant dans l'onglet « **Outils** » sur « **zoom** ».

Donner à chaque case (1 pixel $\times$ 1 pixel) une couleur différente en utilisant le pinceau de la boîte à outils.

Sauvegarder cette image sur « **Enregistrer sous** » en cliquant sur « **Sélectionner le type de fichiers** » puis format .jpeg.

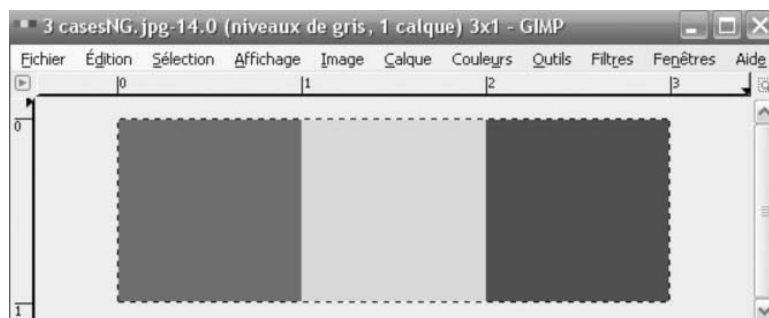


Connectez-vous sur cned.fr.

- 2 Remplir le tableau suivant en utilisant le logiciel **GetRGBColor**.

1 ^{re} case			2 ^e case			3 ^e case		
R	V	B	R	V	B	R	V	B

- 3 Cliquer dans l'onglet **Image** sur « **Mode** » puis sur « **Niveau de gris** » ; on obtient l'image suivante.



Remplir le tableau suivant en utilisant le logiciel **GetRGBColor**.

1 ^{re} case	2 ^e case	3 ^e case

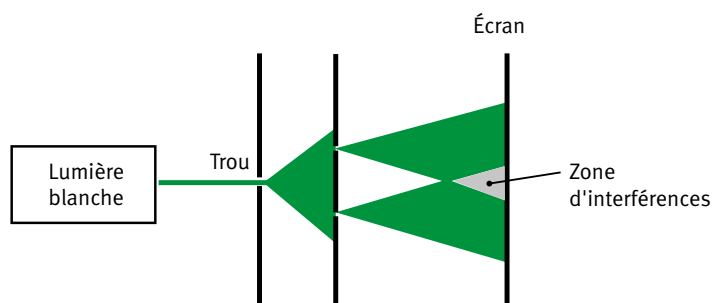
- ④ La taille de l'image est donnée dans l'onglet « **Image** » et en cliquant sur « **Propriétés de l'image** ».

Comparer la taille en mémoire des deux images précédentes.

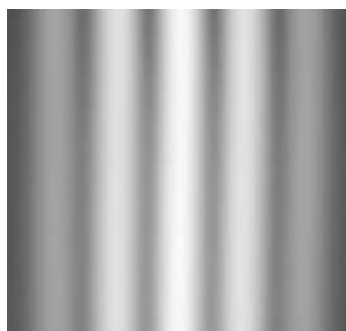
Activité 8 Étude d'un phénomène optique : interférences en lumière blanche



On reprend l'expérience de Young mais avec une source de lumière blanche ; les deux faisceaux diffractés donnent alors, dans leur zone de recouvrement, des interférences.



La figure d'interférences obtenue est la suivante.



Connectez-vous sur cned.fr pour la version couleur.

- ❶ Copier cette figure d'interférences.

Utiliser le logiciel **GIMP** pour analyser cette figure d'interférences.

Cliquer dans l'onglet « Couleur » sur « Composants » puis sur « Décomposer » en décochant les options.

Vous obtenez trois images en niveaux de gris qui donnent les courbes de distribution de l'intensité lumineuse pour chaque couleur R, V et B.

Composante Rouge en niveaux de gris	Composante Verte en niveaux de gris	Composante Bleue en niveaux de gris

- ❷ Vous pouvez aussi utiliser le logiciel **GetRGBColor** pour déterminer le codage RVB directement sur la figure d'interférences.

Pour un des points de la figure, on obtient le codage RVB : 255, 241, 225. S'agit-il d'un blanc parfait ?

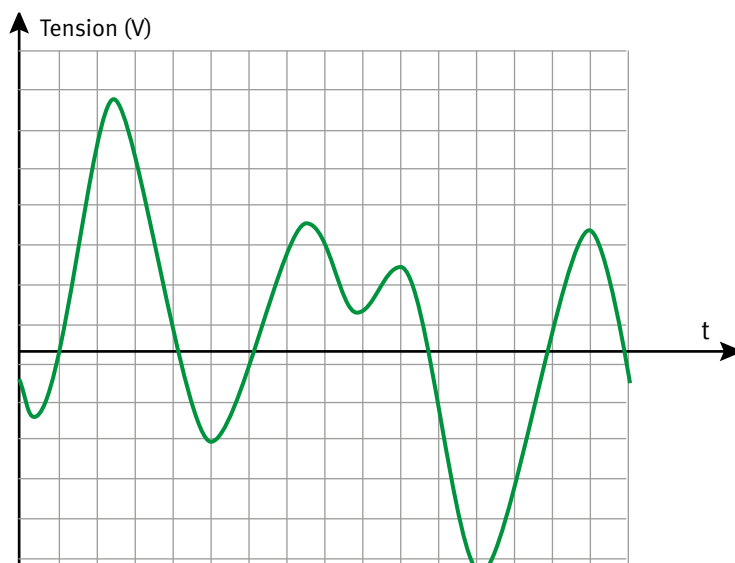
3. Signal analogique et signal numérique

a) Définitions

→ Signal analogique

Un signal est dit analogique s'il représente une grandeur physique sous la forme de variation continue.

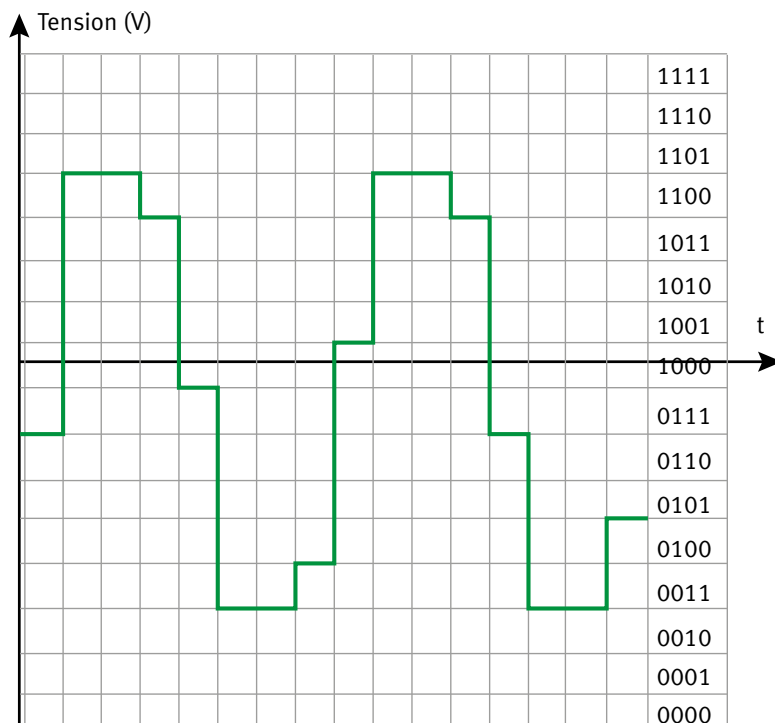
Les grandeurs physiques mesurables (tension, intensité lumineuse, pression, etc.) varient généralement de façon continue, c'est-à-dire qu'elles peuvent prendre une infinité de valeurs différentes.



→ Signal numérique

Un signal est dit numérique s'il représente une grandeur physique sous la forme d'une grandeur ne prenant que des valeurs discrètes de codage par nombre (codage par système binaire 0,1 sous différents formats : 8, 16, 32, 64 bits).

À chaque valeur de la grandeur physique est associé un nombre.



Même si le signal numérique contient moins d'informations que dans le signal analogique dont il est issu, il est peu sensible au bruit et peut transmettre l'information qu'il contient de manière beaucoup plus fidèle ; le signal analogique est très sensible aux perturbations.

Avantages des signaux numériques

- Ils peuvent être stockés plus facilement.
- Ils peuvent être restitués à l'identique.
- Ils permettent de transmettre plusieurs types de données avec un même signal (audio, vidéo...).
- Ils permettent de détecter et de corriger des erreurs de transmission.

On peut, par exemple, faire transiter un signal sonore de qualité hi-fi par une ligne téléphonique sans que la bande passante réduite ni le bruit de cette ligne ne soient gênants, ce qui aurait été impensable avec le signal analogique de départ.

b) Conversion d'un signal analogique en signal numérique

Le passage d'un type de donnée à l'autre se fera par des convertisseurs, composants « mixtes » qui vont manipuler des tensions analogiques en entrée et des signaux logiques en sortie ou vice versa.

Il existe deux catégories de convertisseurs :

- les **Convertisseurs Analogiques Numériques** (CAN), qui vont transformer les tensions analogiques en signaux logiques aptes à être traités par microprocesseur (numérisation des signaux) ;
- les **Convertisseurs Numériques Analogiques** (CNA), qui vont convertir les signaux logiques en tension analogique.

Plusieurs types de convertisseurs sont disponibles dans chaque catégorie, qui se différencient par leur précision, leur vitesse de traitement de l'information, leur prix...

Un exemple de conversion et de traitement de données est la chaîne de transformation du son, de l'enregistrement de la musique à sa restitution par les enceintes acoustiques.

Le son est capté par des micros, dont la très faible tension de sortie est amplifiée. Le signal peut être numérisé directement à ce niveau, et sera alors traité de façon entièrement numérique (mixage...).

Le stockage est numérique. Un lecteur de CD contient des convertisseurs numériques analogiques qui vont retransformer les informations numériques en signal analogique qui sera amplifié avant d'être envoyé aux enceintes.

→ Échantillonnage et quantification

Pour numériser un signal analogique (donc continu), il faut le discrétiser sur deux dimensions : le temps et l'amplitude.

On ne peut pas décrire un signal avec une infinité de valeurs ; on va le mesurer à des instants bien déterminés : c'est ce qu'on appelle l'**échantillonnage**.

Pour ce qui est de l'amplitude, à un intervalle de tension du signal d'entrée on fera correspondre une valeur unique : c'est la **quantification** (voir figure 6). Cette valeur sera ensuite codée (binaire...) et restituée sous forme binaire en sortie du convertisseur pour être traitée par de l'électronique numérique.

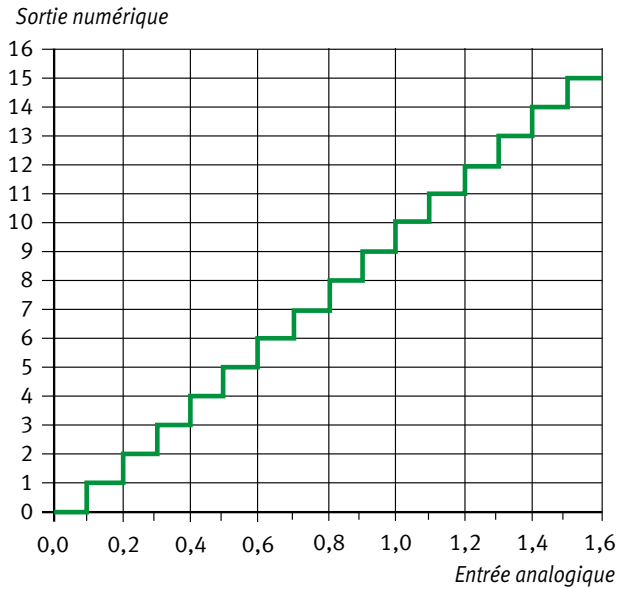


Figure 6

La figure 6 représente le code numérique de sortie en fonction de la tension d'entrée d'un CAN. On y voit clairement les plages de tension associées à un état numérique de sortie :

$V_S = 0$ pour $0 \leq V_e < 0,1V$

$V_S = 1$ pour $0,1 \leq V_e < 0,2V$

$V_S = 6$ pour $0,6 \leq V_e < 0,7V...$

L'étape de quantification de la conversion analogique numérique entraîne une perte d'information.

Un résumé graphique est exprimé sur la figure 7 : on y voit un signal analogique en entrée (une sinusoïde) et les échantillons issus de la conversion analogique numérique, avec la double discrétisation mentionnée.

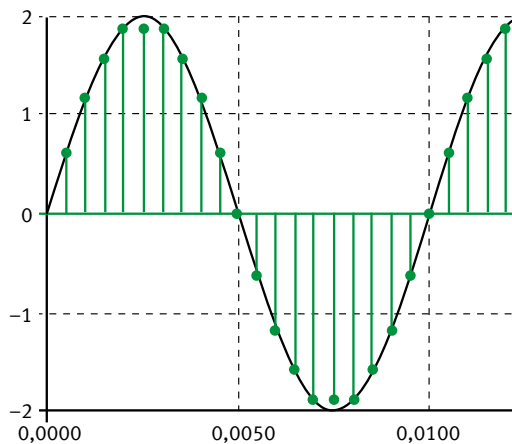


Figure 7 : Signal analogique et numérisé

Activité 9



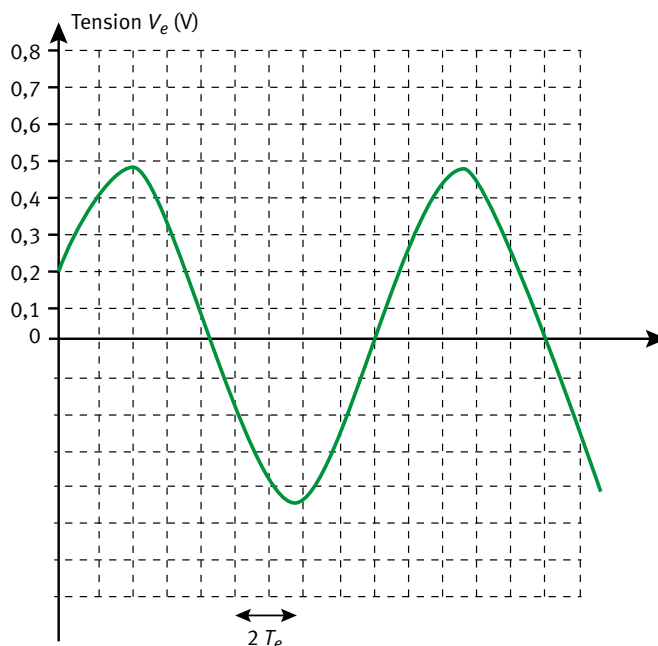
Échantillonner le signal analogique suivant. La période d'échantillonnage T_e est égale à une division.

$V_S = -1$ pour $-0,1 \leq V_e < 0$ V

$V_S = 0$ pour $0 \leq V_e < 0,1$ V

$V_S = 1$ pour $0,1 \leq V_e < 0,2$ V

$V_S = 2$ pour $0,2 \leq V_e < 0,3$ V, ...



→ Numérisation

Une fois la tension échantillonnée, c'est-à-dire mesurée périodiquement pour ne retenir qu'un nombre limité de valeurs, les valeurs sont traduites par le convertisseur analogique/numérique (CAN) sous forme de nombres binaires qui ne peuvent prendre qu'un nombre fini de valeurs : le signal numérique obtenu est quantifié.

La qualité de la conversion dépend essentiellement de la valeur de la **fréquence d'échantillonnage f_e** (nombre de mesures effectuées par seconde) et de celle du **pas p** (plus petit écart de tension entre deux points du signal numérisé) des mesures.

Activité 10



Observer ci-après le même signal numérisé avec la même carte de résolution 4 bits offrant 16 combinaisons (0000, 0001...) mais avec une période d'échantillonnage deux fois plus grande, c'est-à-dire une fréquence deux fois plus petite (schéma 2).

La fréquence du signal analogique est de 1 000 Hz. Quelle est la fréquence d'échantillonnage ?

Quelle est la valeur du pas p en volts ?

Quel est le signal numérisé qui restituera le mieux le signal analogique ?

Schéma 1

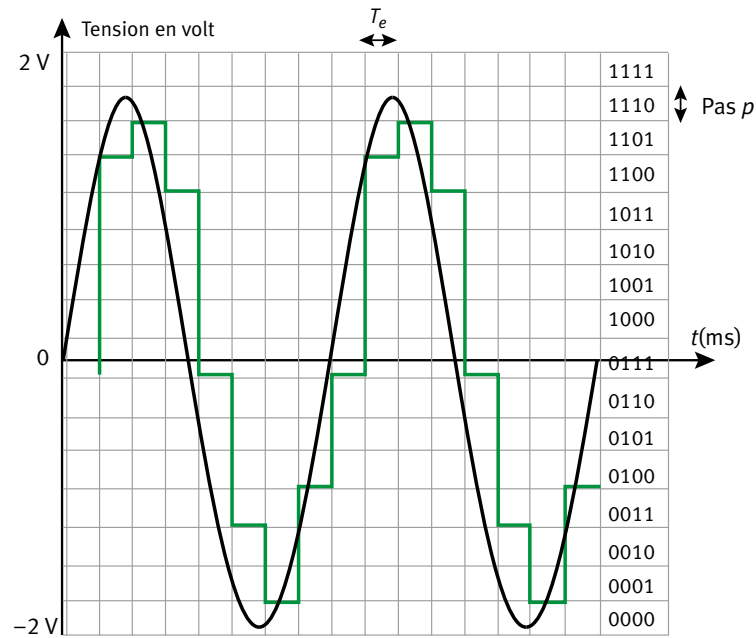
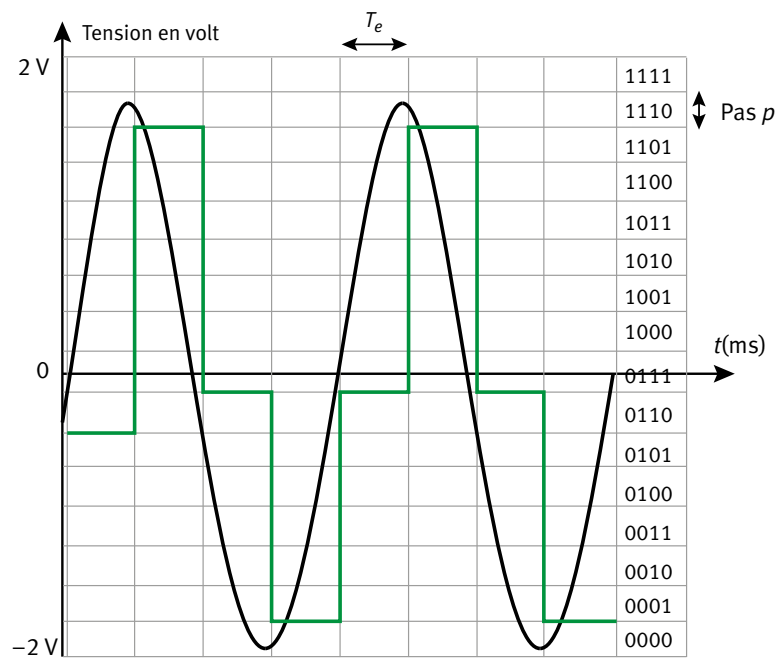


Schéma 2



Le pas p est lié au **nombre n de bits** du convertisseur (ici 4 bits) : pour un calibre donné, plus n est grand et plus p est petit.

Le signal numérisé est d'autant plus proche du signal analogique que :

- la fréquence d'échantillonnage est grande, c'est-à-dire que la période d'échantillonnage T_e est plus faible ;
- le pas du convertisseur est faible : les mesures sont alors codées sur un nombre plus important de valeurs binaires.

Ces deux choix sont limités car ils entraînent une augmentation du nombre de données à traiter. La numérisation d'un son à une fréquence d'échantillonnage élevée améliore sa qualité mais nécessite de grandes capacités de stockage.

Le **théorème de Shannon** stipule que, pour pouvoir numériser correctement un signal, il faut échantillonner à une fréquence double (ou supérieure) à la fréquence du signal analogique que l'on échantillonne.

Un convertisseur analogique numérique (CAN) est un appareil permettant de transformer en valeurs numériques un phénomène variant dans le temps. Lorsque les valeurs numériques peuvent être stockées sous forme binaire (donc par un ordinateur), on parle de données multimédia.

Un ordinateur dit « multimédia » est une machine capable de numériser des documents (papier, audio, vidéo...). Les principaux périphériques comportant des convertisseurs analogiques numériques sont :

- les cartes d'acquisition vidéo,
- les scanners,
- les cartes de capture sonore (la quasi-totalité des cartes son),
- la souris, l'écran et tout mécanisme de pointage,
- les lecteurs (optiques comme le lecteur de CD-ROM, magnétiques comme le disque dur),
- les modems (à la réception).

Les convertisseurs numériques analogiques permettent de restituer un signal numérique en signal analogique. En effet, si une donnée numérique est plus facile à stocker et à manipuler, il faut pouvoir l'exploiter.

Ainsi, sur un ordinateur multimédia, on trouve des convertisseurs numériques analogiques pour la plupart des sorties :

- sorties audio des cartes son,
- synthétiseur musical,
- imprimante,
- modem (à l'émission).

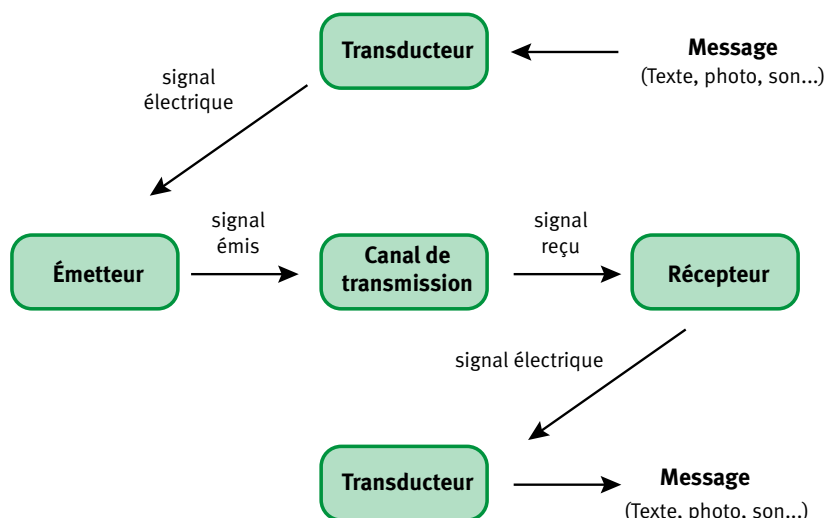


Pour conclure

1. Résumé du chapitre

Une chaîne de transmission de l'information est constituée :

- d'un émetteur ;
- d'un canal de transmission ;
- d'un récepteur.



→ Codage binaire

Avec 2 bits, on peut représenter $2^2 = 4$ états différents :

00 01 10 11

Avec 3 bits, on peut représenter $2^3 = 8$ états différents :

000 001 010 011 100 101 110 111

Un octet
correspond à
8 bits.

Un kilo-octet correspond à 2^{10} octets. Un méga-octet correspond à 2^{10} Ko.

Comment convertir un nombre décimal en binaire ?

Écrivons le nombre $15_{(10)}$ en base 2. Pour cela, on divise successivement par 2, et on obtient :

15		2		
1		7		2
		1		3
				1
				1

Donc $15_{(10)} = 1111_{(2)}$

→ Stockage d'une image numérique

Une image numérique est une image composée d'une succession de pixels.

À chaque pixel est attribuée une couleur, obtenue par synthèse additive de trois composantes rouge, verte et bleue (RVB).

Codage	RVB (ou RGB)	Niveaux de gris	Noir et blanc
Type de codage	1 pixel codé par 3 octets	1 pixel codé par 1 octet	1 pixel codé par 1 bit (0 pour noir, 1 pour blanc)
Nb de bits par octet	8 bits	8 bits	
Nb de bits par pixel	24 bits (3×8 bits)	8 bits	
Nb de couleurs par pixel	$2^{24} = 16$ millions de couleurs	$2^8 = 256$ couleurs	

2. Exercices d'apprentissage

Exercice 1 Quelle est la chaîne de transmission entre un disque Blu-ray placé dans le lecteur de disque et l'écran de télévision ?

Exercice 2 Quel est le codage binaire du chiffre 13 avec 4 bits.

Exercice 3

- ▶ Quelle est la couleur d'un pixel de code RVB « 255; 0; 255 » ?
- ▶ Quel est le code RVB d'un pixel de couleur cyan ?
- ▶ Quel est le code en niveaux de gris d'un pixel blanc ?

Exercice 4 La conversion d'un signal analogique (son) en signal numérique est réalisée avec la carte 8 bits d'un Convertisseur Analogique Numérique (CAN). Les tensions minimale et maximale mesurables sont -2 V et $+2\text{ V}$. Quelle est la valeur du pas utilisé pour cette numérisation en volts ?

3

Procédés physiques de transmission

A

Objectifs d'apprentissage

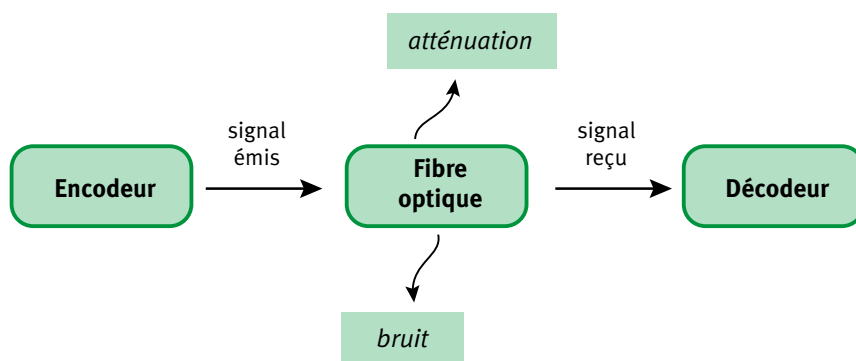
- Exploiter des informations pour comparer les différents types de transmission.
- Caractériser une transmission numérique par son débit binaire.
- Évaluer l'affaiblissement d'un signal à l'aide du coefficient d'atténuation.

B

Pour débiter

Au laboratoire, il est possible de transmettre un son par fibre optique. Il suffit de disposer d'un encodeur qui transforme l'onde sonore en signal numérique et ensuite d'un décodeur qui transforme le signal numérique en onde sonore.

Dans ce chapitre, nous verrons les différents types de propagation du signal et les caractéristiques d'une bonne transmission de l'information.



C

Pour apprendre

1. Propagation libre et propagation guidée

La propagation d'un signal porteur d'informations est :

- **guidée** lorsque les signaux sont contraints de suivre une ligne de transmission entre l'émetteur et le récepteur ;
- **libre** lorsque les signaux peuvent se propager dans toutes les directions de l'espace.

Activité 11



Propagation libre ou guidée ? Cocher les cases concernées par le type de propagation.

	Propagation libre	Propagation guidée
Câble coaxial		
Transmission hertzienne		
Fibre optique		
Câble HDMI		
Réseau Wi-fi		
Télécommande infrarouge		

2. Transmission

→ Transmission par câble

La transmission par câble peut se faire avec des câbles coaxiaux ou des câbles torsadés.

Dans les câbles électriques, les informations sont transmises sous forme de signaux électriques.

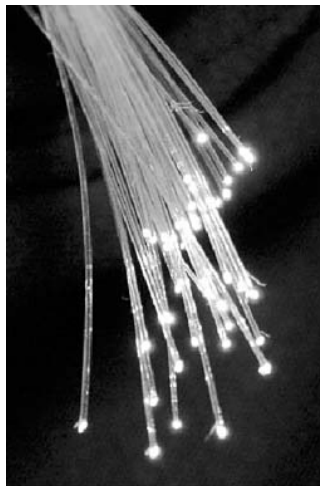
Activité 12



Rechercher ce qu'est un câble HDMI.

→ Transmission par fibre optique : notion de mode

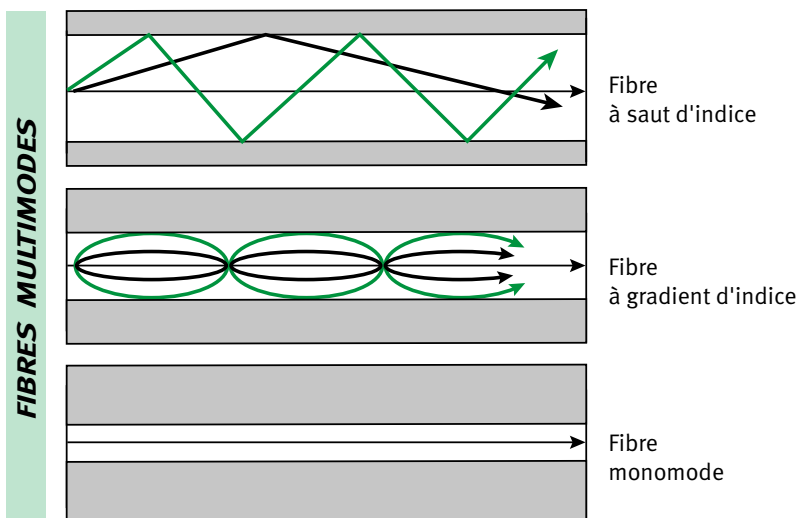
Une fibre optique est un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété d'être conducteur de la lumière ; on utilise le phénomène de réflexion totale.



Source : Wikipédia.

On distingue les fibres monomodales des fibres multimodales.

Dans une fibre monomodale, la lumière ne se propage qu'à proximité de l'axe.



→ Transmission hertzienne

Les ondes hertziennes se propagent dans l'air sur de grandes distances et à grande vitesse. Les ondes hertziennes sont donc un support de choix pour transmettre des informations

Pour une antenne émettrice, l'onde électromagnétique émise a la même fréquence que celle du signal électrique qui lui est transmis ; dans une antenne réceptrice, l'onde électromagnétique engendre un signal électrique de même fréquence.

Le passage d'un courant sinusoïdal dans un fil conducteur crée autour du fil une onde électromagnétique ; cette onde est constituée d'un champ électrique et d'un champ magnétique dont les valeurs varient en fonction du temps à la même fréquence que le courant sinusoïdal du fil.

Les ondes hertziennes sont détectées par des antennes.

Les ondes électromagnétiques se propagent à la vitesse c dans le vide et dans l'air et à une vitesse plus faible dans les autres milieux. Leurs propriétés sont les mêmes que celles de la lumière (réflexion, réfraction, diffraction...).

Les ondes hertziennes traversent la plupart des milieux matériels (bois, verre...) mais elles ne peuvent pas traverser les métaux.

Activité 13



Pourquoi est-il nécessaire d'utiliser une antenne extérieure dans les automobiles pour capter les ondes utilisées en radio ?

Activité 14



Depuis Hertz, on sait que la longueur d'une antenne d'émission doit, au minimum, avoir une longueur égale au quart de la longueur d'onde de l'onde émise.

Calculer la longueur L que devraient avoir les antennes d'émission pour diffuser :

- ① une fréquence sonore de 500 Hz ;
- ② un signal fréquence (HF) de 500 kHz.

3. Caractéristiques d'une transmission

La qualité d'une transmission de données est en partie caractérisée par son débit et par l'atténuation que subit le signal.

a) Le débit binaire

Dans le cas d'une transmission d'un signal numérique, le débit binaire s'exprime en bits.s^{-1} (ou en octet.s^{-1}) et représente la quantité de données numériques pouvant être transférée par unité de temps.

Si la transmission du signal comporte n bits sur une durée Δt , le débit est défini

par :
$$D = \frac{n}{\Delta t}$$

Le débit binaire est le plus souvent exprimé en bits par seconde (bit.s^{-1}) ou un de ses multiples en employant les préfixes du système international : kbit.s^{-1} , Mbit.s^{-1} , Gbit.s^{-1} .

Le **kilobit par seconde** (kbit.s^{-1}) est équivalent à $1\,000 \text{ bit.s}^{-1}$ mais on utilise plutôt : $1 \text{ kbit.s}^{-1} = 2^{10} \text{ bit.s}^{-1}$ soit 1024 bit.s^{-1} .

Le **mégabit par seconde** (Mbit/s) est équivalent à $1\,000 \text{ kbit.s}^{-1}$ soit $2^{20} \text{ bit.s}^{-1}$.

Le **gigabit par seconde** (Gbit/s) est équivalent à $1\,000 \text{ Mbit.s}^{-1}$ soit $2^{30} \text{ bit.s}^{-1}$.

Le débit est aussi exprimé en octets par unité de temps au lieu de bits par unité de temps. Un octet par seconde équivaut à 8 bits par seconde.

Pour les débits exprimés en octets par seconde, on utilise aussi les puissances 2 ($2^{10} = 1024$).

L'écriture correcte du débit en octets n'est pas, par exemple, le ko.s^{-1} mais le kio.s^{-1} .

Activité 15



Remplir le tableau suivant.

Débit	20 Gbit.s^{-1}	50 Mbit.s^{-1}	5 kbits.s^{-1}
Débit en bit.s^{-1}			
Débit en bit.s^{-1} avec les puissances de 2			

b) Coefficient d'atténuation

La qualité d'une transmission de données est caractérisée par son débit mais aussi par l'atténuation que subit le signal.

Lors d'une transmission, le signal subit un affaiblissement lié à la dissipation d'énergie ; la puissance P_s du signal en sortie est inférieure à la puissance P_e du signal en entrée. L'affaiblissement est d'autant plus important que la distance parcourue L par le signal est grande.

Cet affaiblissement est évalué par le coefficient d'atténuation α de la transmission défini par :

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left(\frac{P_e}{P_s} \right)$$

avec α en dB.m⁻¹, L en m, P_e et P_s en W.

Activité 16



Le coefficient d'atténuation d'une fibre optique est de 0,10 dB.km⁻¹ lorsque la longueur d'onde de la lumière transmise vaut 1,6 μm. Calculer le rapport des puissances d'entrée et de sortie lorsque la lumière parcourt 200 km.

Un signal peut aussi subir des distorsions dues aux perturbations extérieures (perturbations électromagnétiques, obstacles naturel, diffraction...).

Ces perturbations sont appelées « bruit ».

Activité 17



Lire les deux documents suivants et comparer l'atténuation de ces ondes hertziennes ainsi que les perturbations subies.

Document 1

Les grandes ondes furent les premières utilisées en radio ; elles ont une portée moyenne de 500 à 1000 km. La bande autorisée étant étroite, on utilise la modulation d'amplitude comme procédé d'émission, ce qui a permis de répartir une dizaine de stations (France-Inter, Europe 1, RTL...) ; les canaux ont une largeur d'environ 10 kHz, ce qui ne permet pas d'obtenir un son de bonne qualité. L'antenne est très encombrante et les ondes sont diffractées par les obstacles au sol ; la réception est sensible aux perturbations atmosphériques.

Document 2

Les ondes métriques (FM) ont une portée limitée à 100 km. L'émetteur est peu encombrant. Toutes les radios locales sont sur cette « bande FM » (Le Mouv, Virgin, RTL 2...). Elles sont peu sensibles à la diffraction mais il est difficile de les recevoir dans les vallées par exemple.

Les bandes de fréquence sont réparties entre les différents utilisateurs ; la bande passante affectée à chacun d'eux est limitée. Les canaux ont une largeur d'environ 300 kHz, ce qui permet une diffusion stéréophonique de qualité.

Les canaux sont strictement réglementés ; il ne faut pas émettre dans une bande de fréquences interdite par la loi.



Pour conclure

1. Résumé du chapitre

La propagation d'un signal porteur d'informations est :

- **guidée** lorsque les signaux sont contraints de suivre une ligne de transmission entre l'émetteur et le récepteur ;

- **libre** lorsque les signaux peuvent se propager dans toutes les directions de l'espace.

La **transmission d'un signal** peut se faire :

- par câble ;
- par fibre optique monomodale ou multimodale ;
- par transmission hertzienne.

La qualité d'une transmission de données est en partie caractérisée par son débit et par l'atténuation que subit le signal.

Le débit binaire s'exprime en bits.s^{-1} (ou en octet.s^{-1}) et représente la quantité d'informations pouvant être transférée par unité de temps.

Si la transmission du signal comporte n bits sur une durée Δt , le débit est défini

par :
$$D = \frac{n}{\Delta t}$$

Le **kilobit par seconde** (kbit.s^{-1}) est équivalent à $1\,000 \text{ bit.s}^{-1}$ mais on utilise plutôt : $1 \text{ kbit.s}^{-1} = 2^{10} \text{ bit.s}^{-1}$ soit 1024 bits.s^{-1} .

Le **mégabit par seconde** (Mbit/s) est équivalent à $1\,000 \text{ kbit.s}^{-1}$ soit $2^{20} \text{ bit.s}^{-1}$.

Le **gigabit par seconde** (Gbit/s) est équivalent à $1\,000 \text{ Mbit.s}^{-1}$ soit $2^{30} \text{ bit.s}^{-1}$.

Lors d'une transmission, le signal subit un affaiblissement ; cet affaiblissement est évalué par le coefficient d'atténuation α de la transmission défini par :

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left(\frac{P_e}{P_s} \right) \quad \text{avec } \alpha \text{ en dB.m}^{-1}, L \text{ en m, } P_e \text{ et } P_s \text{ en W.}$$

2. Exercices d'apprentissage

Exercice 5 Remplir le tableau suivant en plaçant le débit correspondant :

- ▶ 480 Mbit/s
- ▶ 56 kbit/s
- ▶ 2,4 Gbit/s.

	USB 2.0	Modem	HD-Vidéo (1080p 60 Hz)
Débit			

Exercice 6 Atténuation

Le coefficient d'atténuation de la transmission dans un câble est égal à $0,20 \text{ dB.m}^{-1}$.

La puissance d'entrée du signal dans le câble est égale à $0,4 \text{ mW}$.

Déterminer la puissance de sortie si le câble mesure 5 m .

Exercice 7 Quelle serait la durée de téléchargement sur Internet d'un fichier de 125 Mo sachant que le débit est de $13,1 \text{ Mbit.s}^{-1}$?

4

Stockage optique

A

Objectifs d'apprentissage

- Expliquer le principe de la lecture par une approche interférentielle.
- Relier la capacité de stockage et son évolution liée au phénomène de diffraction.

B

Pour débiter

Activité 18



La nouvelle génération de lecteurs CD et DVD comporte un laser bleu (le Blu-ray) dont la technologie utilise une diode laser fonctionnant à une longueur d'onde $\lambda_B = 405 \text{ nm}$ dans le vide, d'une couleur bleue.

Le laser d'un lecteur Blu-ray émet une lumière de longueur d'onde différente de celle des systèmes CD ou DVD (lasers infrarouges et rouges).

- 1 Qu'appelle-t-on lumière polychromatique ?
- 2 À quelles couleurs sont associées les longueurs d'onde correspondant aux limites du domaine visible ?
- 3 Quel est le nom du phénomène physique responsable de l'irisation d'un CD ou d'un DVD éclairé en lumière blanche ?
- 4 Calculer la valeur de la fréquence ν de la radiation utilisée dans la technologie Blu-ray.
- 5 Comparer la longueur d'onde du laser Blu-ray à celle des systèmes CD ou DVD.

Donnée

Célérité de la lumière dans le vide et dans l'air : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

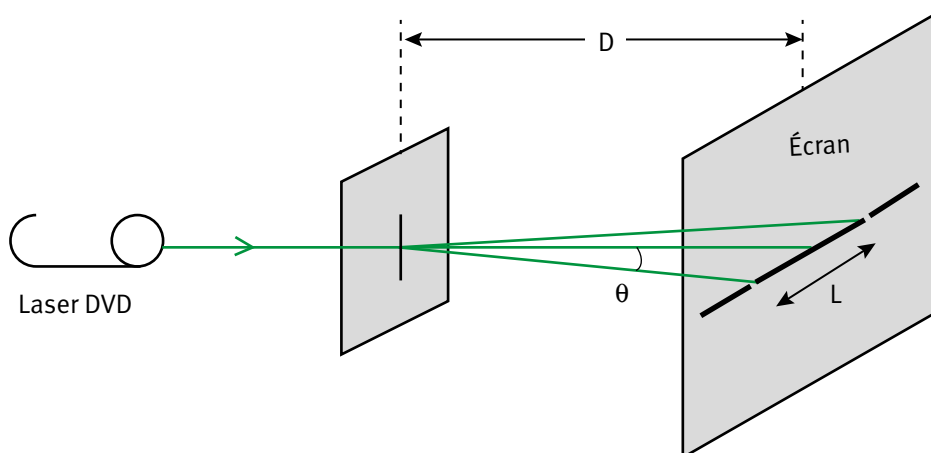
Activité 19



Un disque Blu-ray permet de stocker plus de données qu'un disque DVD pour un disque de même taille (12 cm de diamètre), la taille minimale du point sur lequel le laser grave l'information étant limitée par la diffraction.

On veut retrouver expérimentalement la longueur d'onde λ_D de la radiation monochromatique d'un lecteur DVD.

On utilise pour cela le montage de la figure ci-après, a étant le diamètre du fil, θ le demi-écart angulaire.



1 Expression de λ

- Établir la relation entre θ , L (largeur de la tache centrale de diffraction) et D (distance entre le fil et l'écran). On supposera θ suffisamment petit pour considérer $\tan \theta \approx \theta$ avec θ en radian.
- Donner la relation entre θ , λ_D et a en indiquant l'unité de chaque grandeur.
- En déduire la relation $\lambda_D = \frac{La}{2D}$.

2 Détermination de la longueur d'onde λ_D de la radiation d'un laser de lecteur DVD

Pour la figure de diffraction obtenue avec un laser « DVD », on mesure $L = 4,8$ cm.

On remplace alors le laser « DVD » par le laser utilisé dans le lecteur Blu-ray sans modifier le reste du montage. On obtient une tache de diffraction de largeur $L' = 3,0$ cm.

- Comparer la largeur des taches de diffraction.
- À partir de ces deux expériences, calculer la valeur de la longueur d'onde λ_D de la radiation monochromatique d'un lecteur DVD.

Activité 20



Replacer sur la frise ci-dessous les années correspondant à l'arrivée de la cassette VHS, du disque CD, du disque DVD puis du disque Blu-ray.

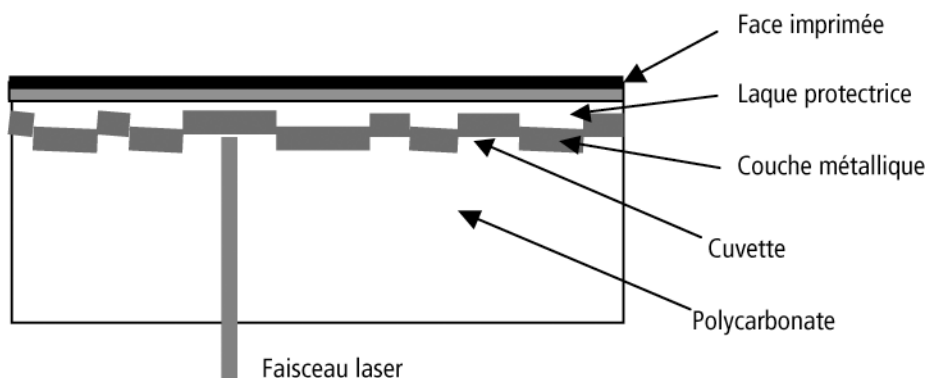




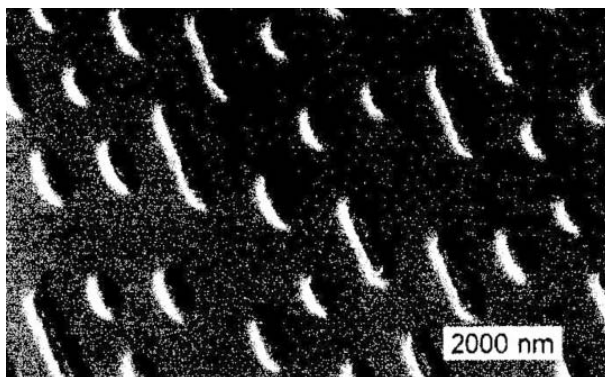
Pour apprendre

1. Écriture des données sur un disque optique

Un disque optique (diamètre 120 mm ; épaisseur 1,2 mm) est formé d'un substrat en matière plastique (polycarbonate) et d'une fine couche métallique sur laquelle ont été creusées des cuvettes disposées le long d'une piste. Ces cuvettes permettent le codage numérique en binaire: elles sont de largeur constante, de longueur variable et de profondeur de quelques dizaines de nanomètres.



Coupe des différentes couches d'un disque compact



Vue au microscope à force atomique des cuvettes permettant le codage numérique des informations

La piste est codée le long d'une spirale dont le pas radial est de $1,6\text{ }\mu\text{m}$ pour les CD, $0,74\text{ }\mu\text{m}$ pour les DVD et $0,3\text{ }\mu\text{m}$ pour le Blu-ray. Cette réduction de pas de la spirale est due à la diminution des longueurs d'onde respectives de lecture : 780 nm pour le CD, 650 nm pour le DVD et 405 nm pour le Blu-ray.

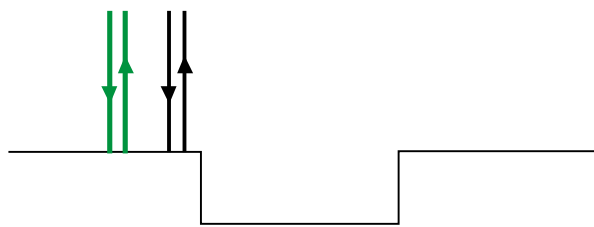
2. Lecture des données sur un disque optique

Lors de la rotation du disque, la lecture des pistes se fait du rayon intérieur vers le rayon extérieur.

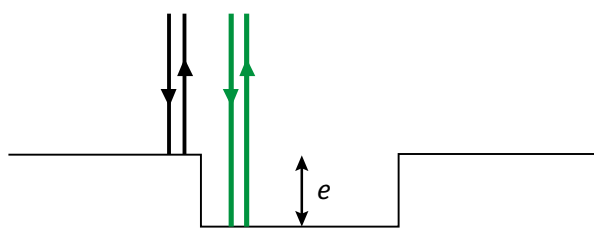
Les cuvettes et les plats défilent dans le plan focal d'un dispositif optique. Ces structures diffractent et réfléchissent le faisceau de lecture. L'analyse des faisceaux en retour permet ainsi de remonter aux codages binaires enregistrés.

Lorsque le faisceau laser du lecteur balaie la piste, la différence de marche δ entre deux rayons se réfléchissant sur la piste entraîne l'apparition d'interférences.

Si le faisceau est entièrement sur un plat entre deux cuvettes, la différence de marche entre les deux rayons (avant et après réflexion) est nulle ($\delta = 0$). **Les interférences sont constructives et l'intensité lumineuse est maximale.**



Si le rayon d'un faisceau se réfléchit dans une cuvette et si l'autre rayon se réfléchit sur un plat, la différence de marche n'est pas nulle et est égale à $2e$. **Les interférences sont destructives et l'intensité lumineuse est minimale.**



Les signaux lumineux provenant de ces interférences sont ensuite convertis en signaux électriques.

Codage binaire des données

Lors du passage d'un plat à un creux, c'est-à-dire lorsque la tension varie, un « 1 » est attribué, de même lors du passage d'un creux à un plat. Un « 0 » est attribué lorsque la tension reste stable.

3. Capacités de stockage

La capacité de stockage d'un disque est liée au nombre de plats et de cuvettes, et donc à leur taille.

La taille des cuvettes est liée à la taille du faisceau du laser de lecture qui est liée à la diffraction.

La capacité de stockage d'un disque est donc liée la diffraction.

Le phénomène de diffraction dû au système de focalisation fait que le faisceau laser converge sous forme d'une tache, le spot. Le diamètre d du spot sur le disque est proportionnel à la longueur d'onde λ de la radiation et dépend de l'ouverture numérique qui dépend du laser utilisé (voir activité suivante).

Comment faire pour augmenter la capacité des disques optiques ?

- Augmenter la taille des disques, ce qui n'est pas souhaité.
- Diminuer la dimension des cuvettes et diminuer l'écartement entre les lignes.

Pour lire les informations gravées, il faut donc diminuer le diamètre du faisceau laser de lecture et donc diminuer la longueur d'onde.

	CD	DVD	Blu-ray
Capacité de stockage (Gio)	0,75	4,4	23

Activité 21 Combien d'octets y a-t-il dans 1 Gio ?



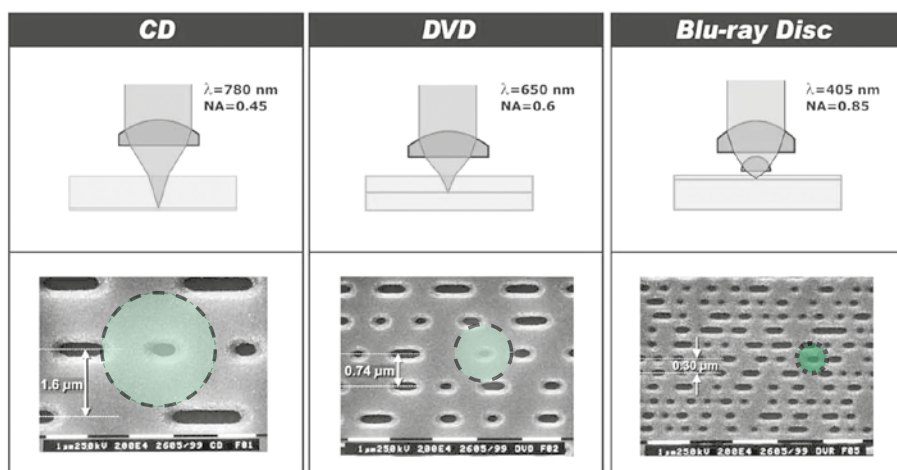
Activité 22 Après avoir pris connaissance des documents, compléter le tableau ci-après. Le résultat trouvé pour le spot du laser DVD est-il en accord avec le document 2 ?



Document 1

Le diamètre d du spot sur le disque vérifie : $d = 1,22 \frac{\lambda}{N_A}$ où λ est la longueur d'onde de la radiation et N_A l'ouverture numérique qui dépend du laser utilisé.

Document 2 : Caractéristiques des CD, DVD et Blu-ray. Les cercles indiquent la taille approximative du spot laser.

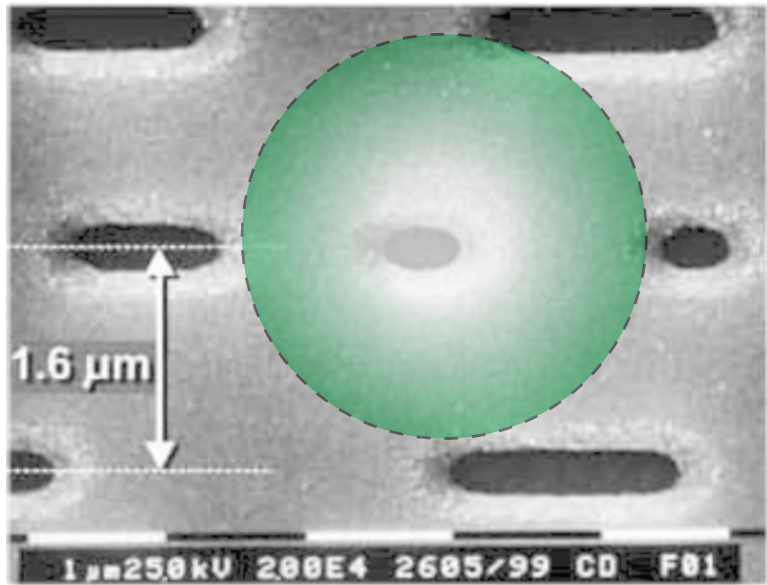


Documents pris sur Internet figurant dans un sujet de polytechnique MP

Connectez-vous sur cned.fr pour la version couleur

Document 3

Connectez-vous sur cned.fr pour la version couleur



	CD	DVD	Blu-ray
Longueur d'onde (nm)			
Espacement entre les lignes (μm)			
Ouverture numérique			
Diamètre du spot laser			

Activité 23 Rechercher quel est le principe d'un disque inscriptible.



Pour conclure

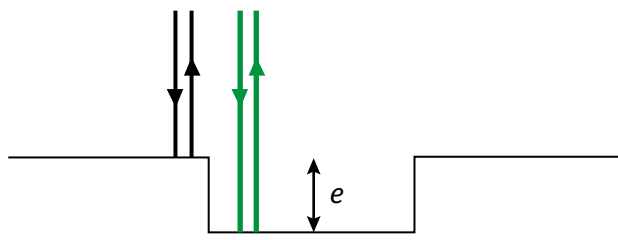
1. Résumé du chapitre

Un disque optique est constitué d'une fine couche métallique sur laquelle ont été creusées des cuvettes disposées le long d'une piste. Ces cuvettes permettent le codage numérique en binaire.

Lorsque le faisceau laser du lecteur balaie la piste d'un disque optique, la différence de marche δ entre deux rayons se réfléchissant sur la piste entraîne l'apparition d'interférences.

Si le faisceau est entièrement sur un plat entre deux cuvettes, la différence de marche entre deux rayons est nulle ($\delta = 0$). Les interférences sont constructives et l'intensité lumineuse est maximale.

Si le rayon d'un faisceau se réfléchit dans une cuvette et si l'autre rayon se réfléchit sur un plat, la différence de marche n'est pas nulle et est égale à $2e$. Les interférences sont destructives et l'intensité lumineuse est minimale.



La taille des cuvettes est liée à la taille du faisceau du laser de lecture qui est liée à la diffraction.

La capacité de stockage d'un disque est donc liée à la diffraction du laser de lecture.

	CD	DVD	Blu-ray
Longueur d'onde (nm)	780	650	405
Capacité de stockage (Gio)	0,75	4,4	23

2. Exercices d'apprentissage

Exercice 8 Le tableau suivant permet de comparer les différents disques optiques.

	CD	DVD	Blu-ray
Longueur d'onde (nm)	780	650	405
Espacement entre les lignes (μm)	1,6	0,74	0,30
Longueur des creux gravés (μm)	0,83	0,40	0,15
Largueur des creux gravés (μm)	0,60	0,40	0,15
Diamètre du spot laser (μm)	2,1	1,3	0,6
Capacité de stockage (Gio)	0,75	4,4	23

- 1 Quel est le phénomène lié à la taille du spot ?
- 2 Justifier le fait que la capacité augmente en passant du CD au Blu-ray.

Exercice 9 Combien de photos de 4 Mo peut-on stocker sur un CD puis sur un DVD ?

5

Pour clore la séquence

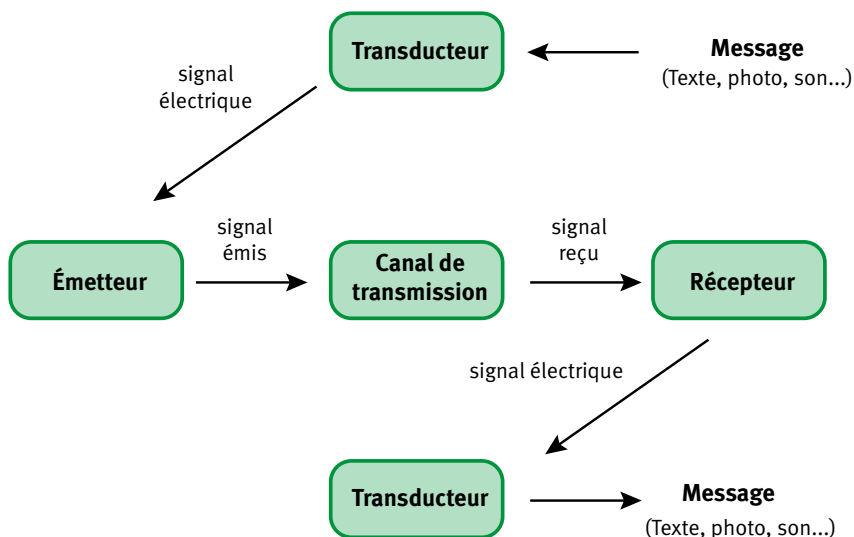
A

Fiche de synthèse

Transmission d'informations

Une chaîne de transmission de l'information est constituée :

- d'un émetteur ;
- d'un canal de transmission ;
- d'un récepteur.



Codage binaire

Avec 2 bits, on peut représenter $2^2 = 4$ états différents :
00 01 10 11

Avec 3, bits on peut représenter $2^3 = 8$ états différents :
000 001 010 011 100 101 110 111

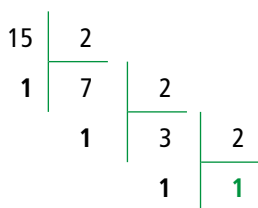
Un kilo-octet correspond à 2^{10} octets. Un méga-octet correspond à 2^{10} Ko.

Un octet
correspond à
8 bits.

Comment convertir un nombre décimal en binaire ?

Écrivons le nombre $15_{(10)}$ en base 2. Pour cela, on divise successivement par 2, et on obtient :

Donc $15_{(10)} = 1111_{(2)}$



Stockage d'une image numérique

Une image numérique est une image composée d'une succession de pixels.

À chaque pixel est attribuée une couleur, obtenue par synthèse additive de trois composantes rouge, verte et bleue (RVB).

Codage	RVB (ou RGB)	Niveaux de gris	Noir et blanc
Type de codage	1 pixel codé pour 3 octets	1 pixel codé par 1 octet	1 pixel codé par 1 bit (0 pour noir, 1 pour blanc)
Nb de bits par octet	8 bits	8 bits	
Nb de bits par pixel	24 bits (3×8 bits)	8 bits	
Nb de couleurs par pixel	224 = 16 millions de couleurs	28 = 256 couleurs	

Procédés physiques de transmission

La propagation d'un signal porteur d'informations est :

- **guidée** lorsque les signaux sont contraints de suivre une ligne de transmission entre l'émetteur et le récepteur ;
- **libre** lorsque les signaux peuvent se propager dans toutes les directions de l'espace.

La transmission d'un signal peut se faire :

- par câble ;
- par fibre optique monomodale ou multimodale ;
- par transmission hertzienne.

La qualité d'une transmission de données est en partie caractérisée par son débit et par l'atténuation que subit le signal.

Le débit binaire s'exprime en bits.s^{-1} (ou en octet.s^{-1}) et représente la quantité d'informations pouvant être transférée par unité de temps.

Si la transmission du signal comporte n bits sur une durée Δt , le débit est défini

par : $D = \frac{n}{\Delta t}$.

Le kilobit par seconde (kbit.s⁻¹) est équivalent à 1 000 bit.s⁻¹ mais on utilise plutôt : 1 kbit.s⁻¹ = 2¹⁰ bit.s⁻¹ soit 1024 bit.s⁻¹.
 Le mégabit par seconde (Mbit/s) est équivalent à 1 000 kbit.s⁻¹ soit 2²⁰ bit.s⁻¹.
 Le gigabit par seconde (Gbit/s) est équivalent à 1 000 Mbit.s⁻¹ soit 2³⁰ bit.s⁻¹.

Lors d'une transmission, le signal subit un affaiblissement ; cet affaiblissement est évalué par le coefficient d'atténuation de la transmission défini par :

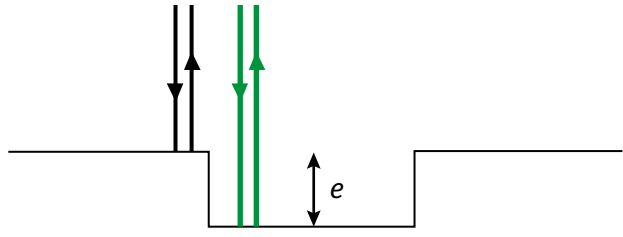
$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left(\frac{P_e}{P_s} \right) \quad \text{avec } \alpha \text{ en dB.m}^{-1}, L \text{ en m, } P_e \text{ et } P_s \text{ en W.}$$

Stockage optique

Lorsque le faisceau laser du lecteur balaie la piste d'un disque optique, la différence de marche δ entre deux rayons se réfléchissant sur la piste entraîne l'apparition d'interférences.

Si le faisceau est entièrement sur un plat entre deux cuvettes, la différence de marche entre deux rayons est nulle ($\delta = 0$). Les interférences sont constructives et l'intensité lumineuse est maximale.

Si le rayon d'un faisceau se réfléchit dans une cuvette et si l'autre rayon se réfléchit sur un plat, la différence de marche n'est pas nulle et est égale à $2e$. Les interférences sont destructives et l'intensité lumineuse est minimale.



La taille des cuvettes est liée à la taille du faisceau du laser de lecture qui est liée à la diffraction.

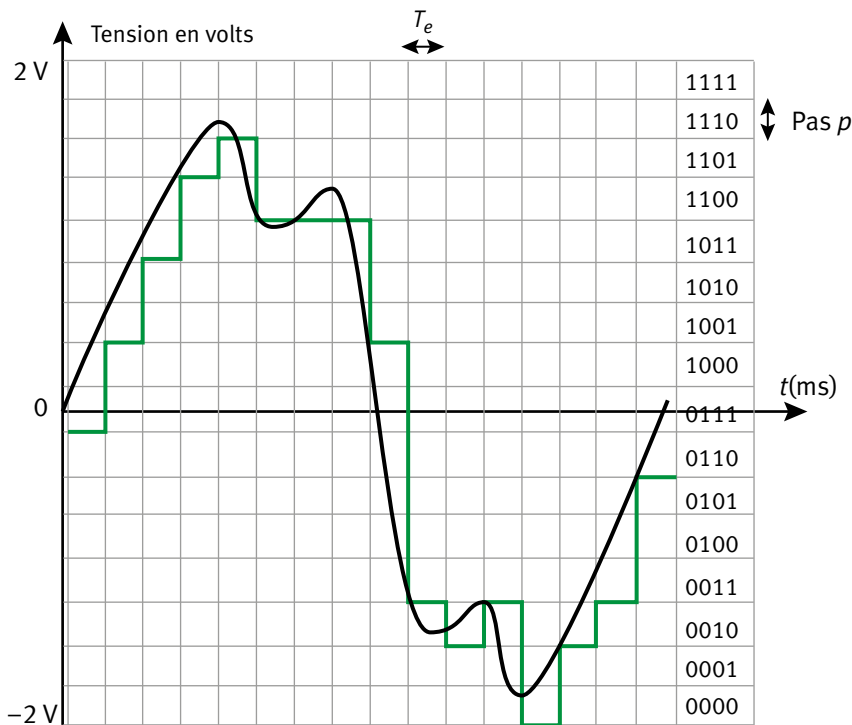
La capacité de stockage d'un disque est donc liée à la diffraction du laser de lecture.

	CD	DVD	Blu-ray
Longueur d'onde (nm)	780	650	405
Ouverture numérique	0,45	0,60	0,85
Diamètre du spot laser	2,1	1,3	0,6
Capacité de stockage (Gio)	0,75	4,4	23

B

Exercices de synthèse

Exercice 1 On réalise la conversion d'un signal analogique (son) en signal numérique avec le Convertisseur Analogique Numérique (CAN) d'une carte d'acquisition.



- 1 Comment fait-on la distinction entre le signal analogique et le signal numérique sur l'enregistrement ci-dessus ?
- 2 Que vaut le nombre n de bits de la carte d'acquisition utilisée pour la numérisation ?
- 3 Quelle est la valeur du pas utilisé pour cette numérisation en volts ?
- 4 Pour que la numérisation d'un son soit la plus fidèle possible, faut-il utiliser une carte d'acquisition avec un nombre de bits important ou faible ?
- 5 À l'aide du document fourni, déterminer la fréquence d'échantillonnage.
On augmente la fréquence d'échantillonnage. Quel inconvénient ces choix impliquent-ils du point de vue du stockage de l'enregistrement ?

Exercice 2 Analyse de documents scientifiques

Comparer, en utilisant un tableau, le procédé de lecture et les capacités de stockage des données numériques des disques optiques. Vérifier les chiffres donnés dans les documents 1, 2 et 3 sur les capacités de stockage avec le tableau du document 4 considéré comme référence.

Document 1 : Le DVD

Né en 1995, le DVD a remplacé la cassette VHS.

L'utilisation du DVD ne nécessite pas de rembobinage, contrairement aux cassettes ; il est possible d'accéder directement à un point précis du film et de voir le film en différentes langues avec ou sans sous-titrage.

La qualité de l'image est supérieure et cette image n'est pas dégradée après plusieurs lectures.

Il est possible de stocker environ sept fois plus de données que sur un CD.

Document 2 : Le Blu-ray

Le Blu-ray est le successeur du CD et du DVD ; il est apparu en France en 2007.

Le rayon laser est bleu, d'où le nom anglais « Blue ray », ce qui a donné la marque Blu-ray.

Le stockage est 4 à 5 fois plus important que sur un DVD.

Un disque dur de 160 Go sera sauvegardé sur quatre disques Blu-ray contre 20 DVD.

Document 3 : Le futur HVD

Le HVD stocke les données dans un hologramme numérique ; il est toujours lu par laser, mais avec deux rayons laser superposés, un laser vert et un laser rouge, qui lisent les données par interférences.

Les disques sont enfermés dans une cartouche, ils ne supportent pas la lumière.

Les disques HVD ont une capacité de stockage de 3,9 téraoctets, ce qui fait environ 6 000 fois la capacité d'un CD-ROM, 830 fois la capacité d'un DVD et 160 fois la capacité d'un disque Blu-ray, le tout sur un support de 12 cm de diamètre identique au DVD mais avec 3,5 mm d'épaisseur au lieu de 1,5.

Document 4 : Tableau de comparaison CD-DVD – Blu-ray

	CD	DVD	Blu-ray
Longueur d'onde (nm)	780	650	405
Capacité de stockage (Gio)	0,75	4,4	23

Exercice 3 Diffraction

Cet exercice décrit une expérience utilisant une lumière de couleur rouge, émise par un laser, de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 633 \text{ nm}$.

I – On place, perpendiculairement au faisceau lumineux et à quelques centimètres du laser, une fente fine et horizontale de largeur a . Un écran situé à une distance D de la fente, montre des taches lumineuses réparties sur une ligne verticale. La tache centrale, plus lumineuse que les autres, est la plus large (voir figure 1).

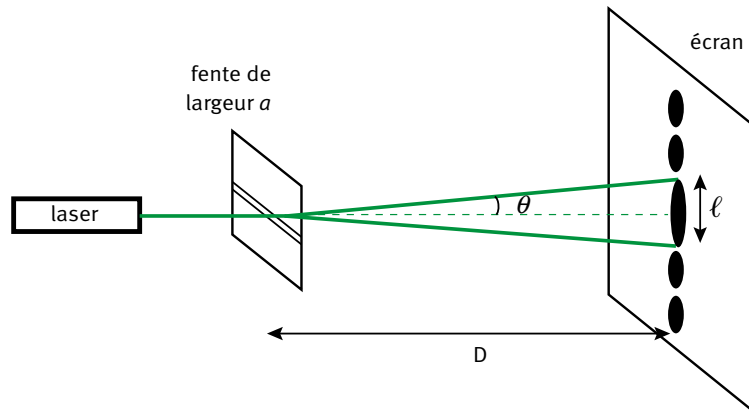
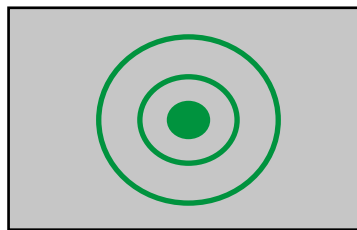


Figure 1

- ❶ Quel phénomène subit la lumière émise par le laser dans cette expérience ?
- ❷ L'angle θ (de la figure 1) est donné par la relation : $\theta = \frac{\lambda}{a}$ (relation (1)).
 - a) Que représente cet angle ?
 - b) Préciser les unités de chaque terme intervenant dans cette relation.
 - c) Comment évolue la largeur de la tache centrale lorsqu'on réduit la largeur de la fente ?
- ❸ Exprimer θ en fonction de la largeur ℓ de la tache centrale et de la distance D (relation (2)). L'angle θ étant faible, on pourra utiliser l'approximation $\tan \theta \approx \theta$.
- ❹ En utilisant les relations (1) et (2), montrer que la largeur a de la fente s'exprime par la relation : $a = \frac{2\lambda D}{\ell}$.
Calculer a .

Données $\ell = 3,8 \cdot 10^{-2}$ m et $D = 3,00$ m.

II – Le phénomène de diffraction se produit lorsque l'ouverture par laquelle passe la lumière est de petite taille. On dit que l'ouverture a diffracté la lumière du laser. Si l'ouverture est circulaire, on observe la figure ci-dessous.



De même dans, un lecteur de disque optique, le diamètre d du spot de lecture sur le disque vérifie : $d = 1,22 \frac{\lambda}{N_A}$, où λ est la longueur d'onde de la radiation et N_A l'ouverture numérique qui dépend du laser utilisé.

Pour diminuer le diamètre du spot, quel paramètre faut-il modifier ?