

ENSEIGNEMENT DE PROMOTION SOCIALE

---

Cours de

**STRUCTURE DES ORDINATEURS**

- Supports Optiques -

---

H. Schyns

Août 2008

# Sommaire

<b>1. RAPPEL DE PHYSIQUE</b>
------------------------------

- 1.1. Réflexion de la lumière**
- 1.2. Réflexion décalée**
- 1.3. Application au CD-Rom**
- 1.4. La lecture du CD-ROM**

# 1. Rappels de physique

## 1.1. Réflexion de la lumière

Avant d'aborder le principe de fonctionnement des supports optiques, quelques rappels de physique s'imposent.

Les supports optiques utilisent la lumière pour écrire et lire les données <sup>(1)</sup>.

La lumière peut être vue soit comme un flux de particules appelées photons (nature corpusculaire), soit comme une onde électromagnétique (nature ondulatoire).

Un des problèmes qui nous intéresse plus particulièrement est la manière dont une onde lumineuse se réfléchit quand elle atteint une surface réfléchissante telle qu'une surface métallique polie <sup>(2)</sup>.

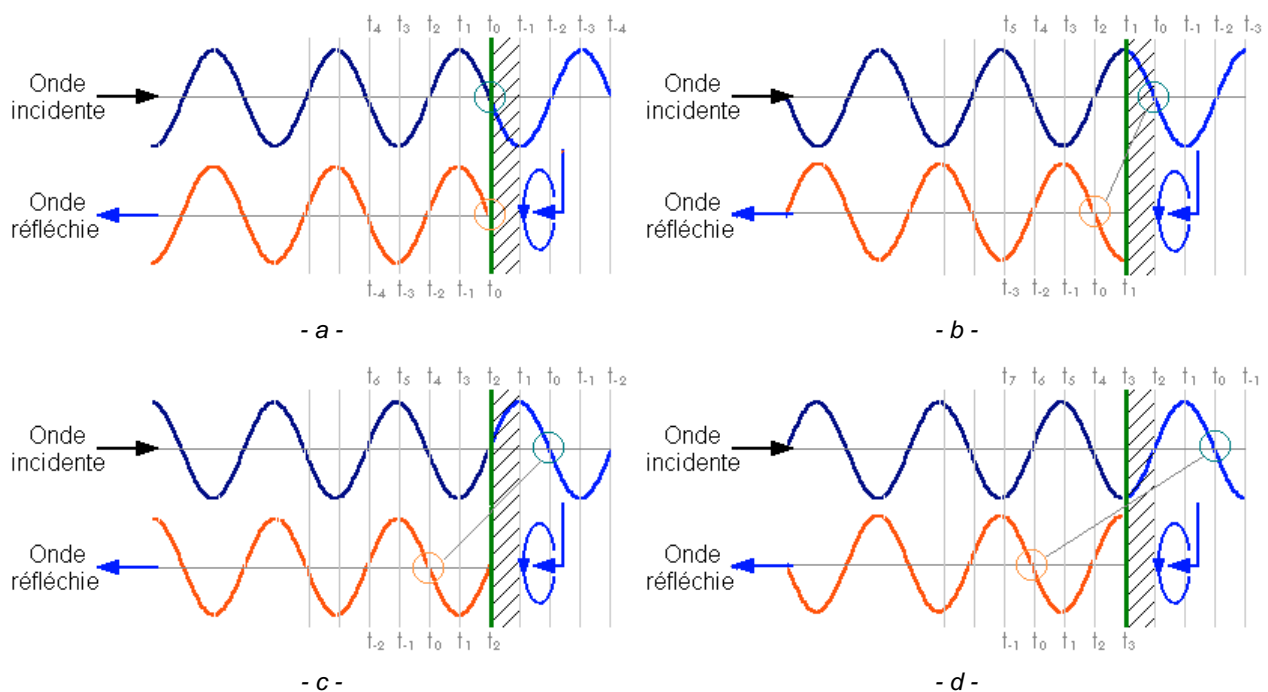


fig. 1.1 Réflexion d'une onde lumineuse sur une surface réfléchissante

La fig. 1.1a représente une onde lumineuse, appelée onde incidente (en bleu), qui arrive de la gauche sur une surface réfléchissante (miroir) représentée par le trait vertical hachuré. L'onde réfléchie (en rouge) repart de la surface réfléchissante et se dirige vers la gauche.

Les deux ondes ont été représentées l'une en dessous de l'autre pour plus de clarté mais en réalité, le point d'arrivée et de départ sont identiques et les deux ondes sont superposées et se propagent en sens opposés.

Les traits verticaux régulièrement espacés représentent les instants auxquels le point de l'onde correspondant arrivera en contact avec le miroir ou a été réfléchi par celui-ci.

1 En toute rigueur, il s'agit de supports mécaniques. L'information est stockée dans le support par pressage ou gravure et non dans la lumière elle-même. La lumière sert simplement à la lecture du support

2 Expliquer POURQUOI une onde lumineuse est réfléchi par une surface métallique est une autre paire de manches que nous laisserons de côté.

Pour dessiner l'onde réfléchie, il faut d'abord imaginer que l'onde incidente se poursuit de l'autre côté du miroir (en bleu clair), ce qui revient à remonter dans le passé. Cette onde "passée" est ensuite rabattue de l'autre côté du miroir. Toutefois, l'expérience montre et la théorie confirme que l'onde réfléchie décalée d'une demi-période par rapport à l'onde incidente. En pratique, tout se passe comme si l'onde était simplement inversée (haut/bas) par rapport à l'onde incidente.

Au fur et à mesure que le temps passe (fig. 1.1a,b,c,d) de nouveaux points de l'onde entrent en contact avec le miroir tandis que les points réfléchis s'en éloignent.

## 1.2. Réflexion décalée

Considérons à présent deux ondes lumineuses envoyées simultanément sur deux surfaces réfléchissantes légèrement décalées (fig. 1.2)

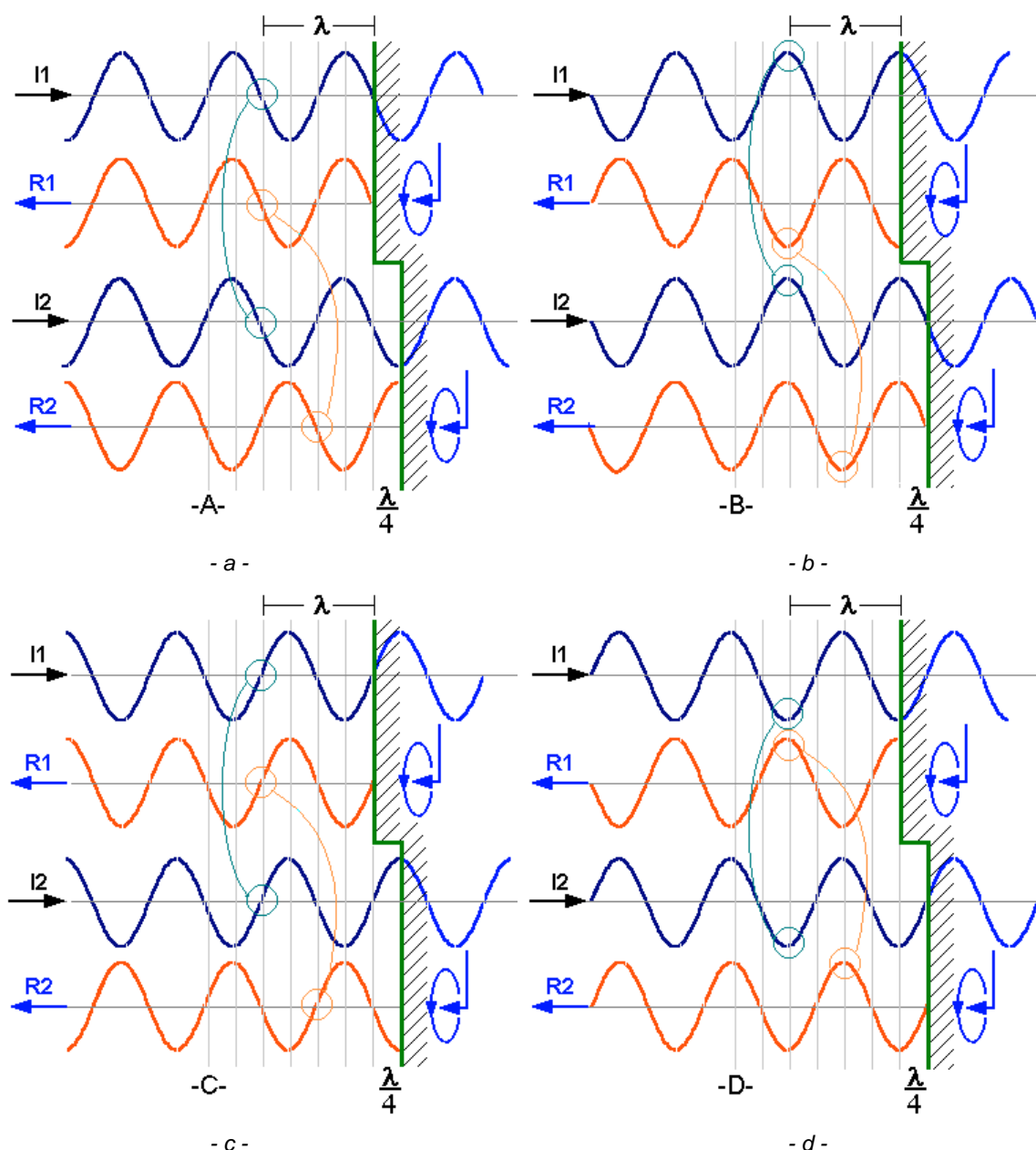


fig. 1.2 Réflexion d'une onde cohérente sur deux surfaces réfléchissantes décalées

Il est très important que ces deux ondes lumineuses  $I_1$  et  $I_2$  soient de **même longueur d'onde**  $\lambda$  et qu'elles soient **en phase**, ce qui signifie que les sommets et creux de l'une soient synchrones avec les sommets et creux de l'autre. De telles

ondes sont dites **monochromatiques** et **cohérentes**. Un faisceau formé d'ondes monochromatiques cohérentes est particulièrement lumineux car toutes les ondes se renforcent. C'est précisément le cas du faisceau émis par un laser.

L'autre point important est que les deux surfaces réfléchissantes soient décalées **très exactement** d'un quart de la longueur de l'onde ( $\lambda/4$ ).

Les deux ondes se réfléchissent, chacune sur sa surface ainsi qu'expliqué au paragraphe précédent et donnent les rayons réfléchis  $R_1$  et  $R_2$ . Ici aussi, les ondes incidentes et réfléchies,  $I_1$ - $R_1$  d'une part,  $I_2$ - $R_2$  d'autre part ont été représentées l'une en dessous de l'autre pour plus de clarté mais en réalité, le point d'arrivée et de départ sont identiques et les deux ondes de chaque couple sont superposées.

On s'aperçoit que, à cause du décalage, les ondes réfléchies  $R_1$  et  $R_2$  sont toujours en **opposition de phase**, c'est-à-dire que, sur une même verticale, les sommets de l'une correspondent au creux de l'autre et inversement. Ceci vient du fait que l'onde inférieure a dû effectuer un trajet plus long que l'onde supérieure, ce qui lui a pris plus de temps. Au retour, elle est en retard d'une demi-longueur d'onde (un quart à l'aller et un quart au retour) et se retrouve en opposition de phase avec l'onde réfléchie dans la partie supérieure du miroir.

Alors que deux ondes en phase se renforcent, deux ondes en opposition de phase s'annihilent : une personne qui observerait le phénomène aurait l'impression qu'aucune lumière n'est réfléchie par le miroir. Il voit bien le faisceau qui arrive sur le miroir, mais pas l'image virtuelle qu'il devrait apercevoir de l'autre côté du miroir. Il y a **extinction** du faisceau lumineux <sup>(1)</sup>.

Il est important de noter que si le décalage des miroirs avait été d'une demi-longueur d'onde au lieu d'un quart, les deux ondes réfléchies auraient à nouveau été en phase. Par contre, pour un décalage de trois quarts de longueur d'onde, l'extinction aurait à nouveau eu lieu <sup>(2)</sup>.

Pour tout autre décalage, il y a atténuation de l'intensité du faisceau lumineux, mais pas extinction.

### 1.3. Application au CD-Rom

Le CD-ROM est conçu pour exploiter le phénomène de réflexion décalée expliqué au paragraphe précédent.

On sait que l'information est encodée sur la surface réfléchissante du CD-ROM grâce à une succession de plateaux et d'alvéoles.

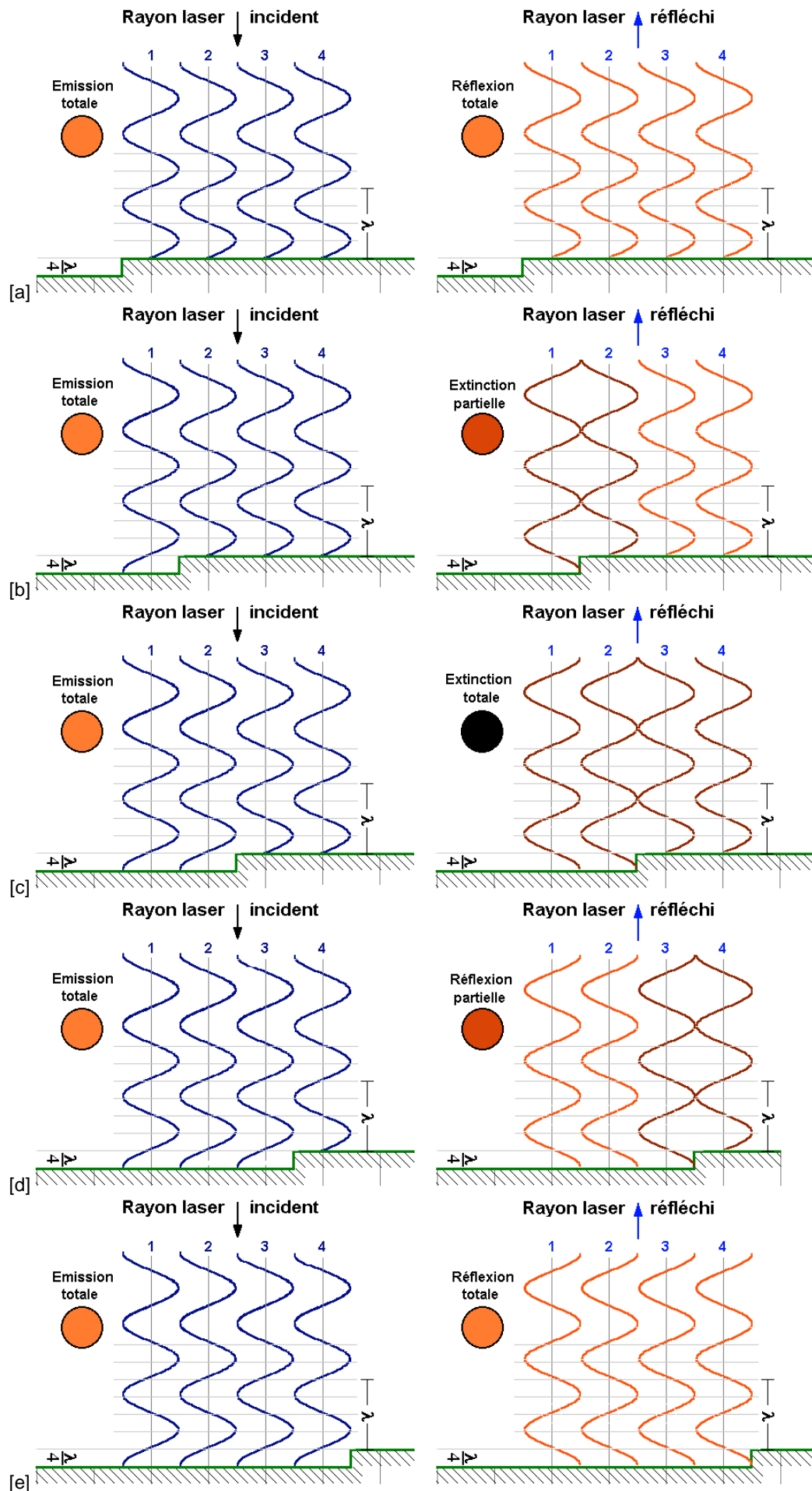
Ce qu'on sait moins, c'est que la profondeur des alvéoles correspond exactement au quart de la longueur d'onde de la lumière émise par le laser qui effectue la lecture. Ceci implique qu'un CD-ROM n'est lisible qu'avec un type de laser bien défini et aucun autre.

La fig. 1.3 illustre ce qui se passe lorsque le faisceau de lumière monochromatique cohérente émise par le laser rencontre le bord d'une alvéole puis la traverse.

Pour plus de clarté, on a représenté à gauche le faisceau incident et à droite le faisceau réfléchi. En réalité, les deux faisceaux sont superposés.

1 Le même phénomène est utilisé en acoustique dans la neutralisation active du bruit.

2 Les décalages qui provoquent l'extinction correspondent à la série  $\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4}, \frac{7}{4}, \dots$



Sur le premier schéma [a], le rayon laser incident, composé de plusieurs ondes, illumine la surface d'un plateau supérieur. Toutes les ondes incidentes sont en phase et toutes les ondes réfléchies sont en phase. L'intensité de la lumière réfléchie est maximale.

Sur le schéma [b], la surface réfléchissante s'est déplacée légèrement vers la droite, amenant le bord d'une alvéole sous le faisceau laser. La plus grande partie du rayon illumine toujours la surface du plateau supérieur mais l'autre partie illumine déjà le fond de l'alvéole. Comme le fond est décalé d'un quart de longueur d'onde par rapport au plateau, les ondes réfléchies par cette zone sont en opposition de phase avec celles réfléchies par le plateau et en neutralisent une partie. L'intensité globale du rayon réfléchi diminue.

Sur le schéma [c], la surface réfléchissante s'est encore déplacée vers la droite. Les zones du plateau et de l'alvéole éclairées par le rayon laser ont exactement la même surface. Les ondes réfléchies par le fond de l'alvéole neutralisent exactement celles réfléchies par le plateau. Il y a extinction totale du rayon réfléchi; son intensité est nulle et aucune lumière ne remonte vers la source.

La surface réfléchissante poursuit son déplacement [d]. Maintenant, c'est l'alvéole qui reçoit la plus grande partie du rayon émis par le laser. Les ondes déphasées sont majoritaires. Une partie d'entre elles sont bien neutralisées par les ondes (non déphasées) réfléchies par le plateau mais les autres poursuivent leur chemin normalement. L'intensité du rayon réfléchi commence à augmenter.

Dans le dernier schéma [e], l'alvéole capte la totalité du rayon. Toutes les ondes réfléchies sont à nouveau en phase. L'intensité de la lumière réfléchie est à nouveau maximale.

Le même phénomène se passe à l'autre extrémité, lorsque la zone éclairée par le rayon passe de l'alvéole au plateau.

#### 1.4. La lecture du CD-ROM

La piste d'un CD-ROM est constituée d'une suite d'alvéoles creusées à la surface du disque et disposées en spirale.

Le rayon laser suit cette spirale lors de la lecture du disque et balaie tantôt la surface du disque, tantôt le fond des alvéoles.

Bien que l'intensité du rayon incident soit constante, celle du rayon réfléchi s'annule à chaque changement de niveau.

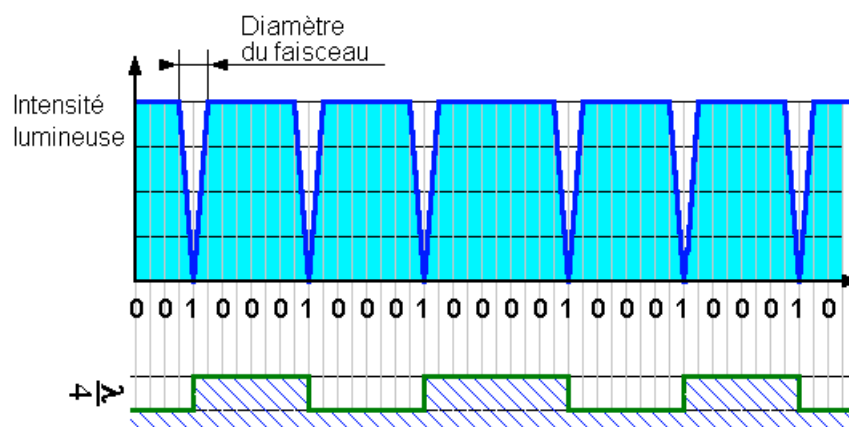
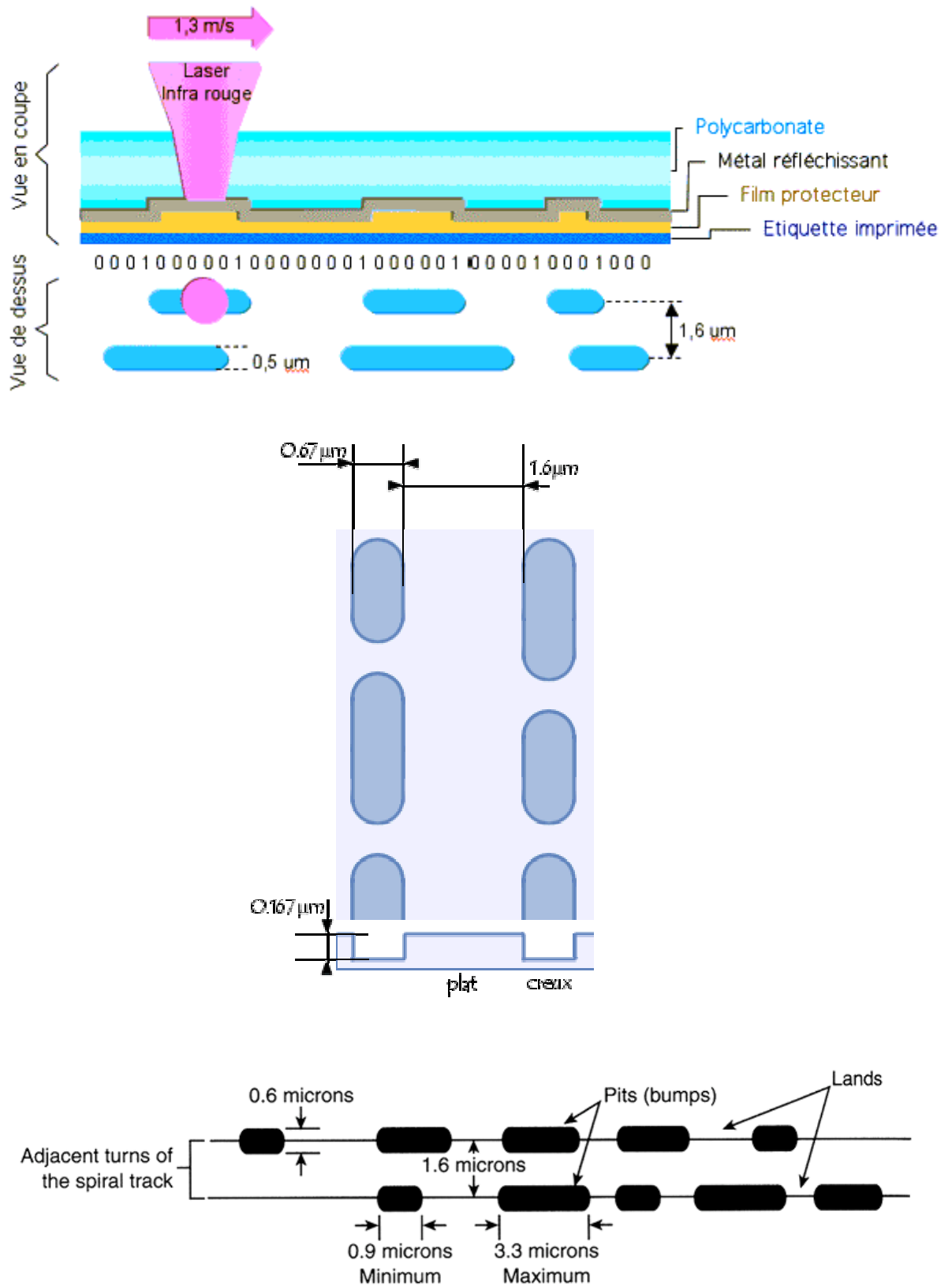
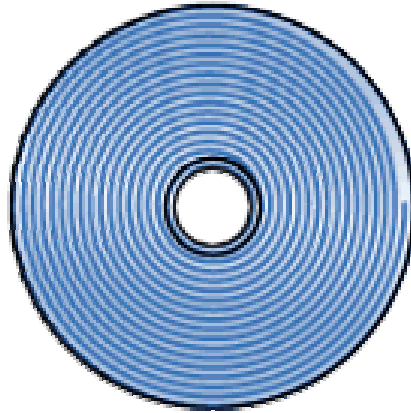


fig. 1.4 Décodage de l'intensité lumineuse en binaire

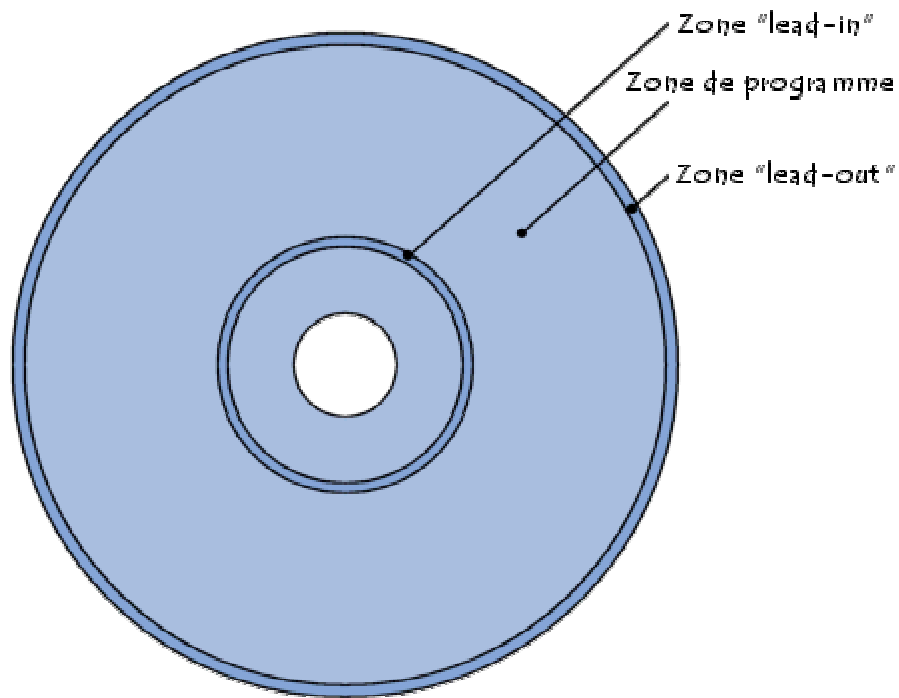
(à suivre...)

**Figure 13.2** Pit, land, and track geometry on a CD.

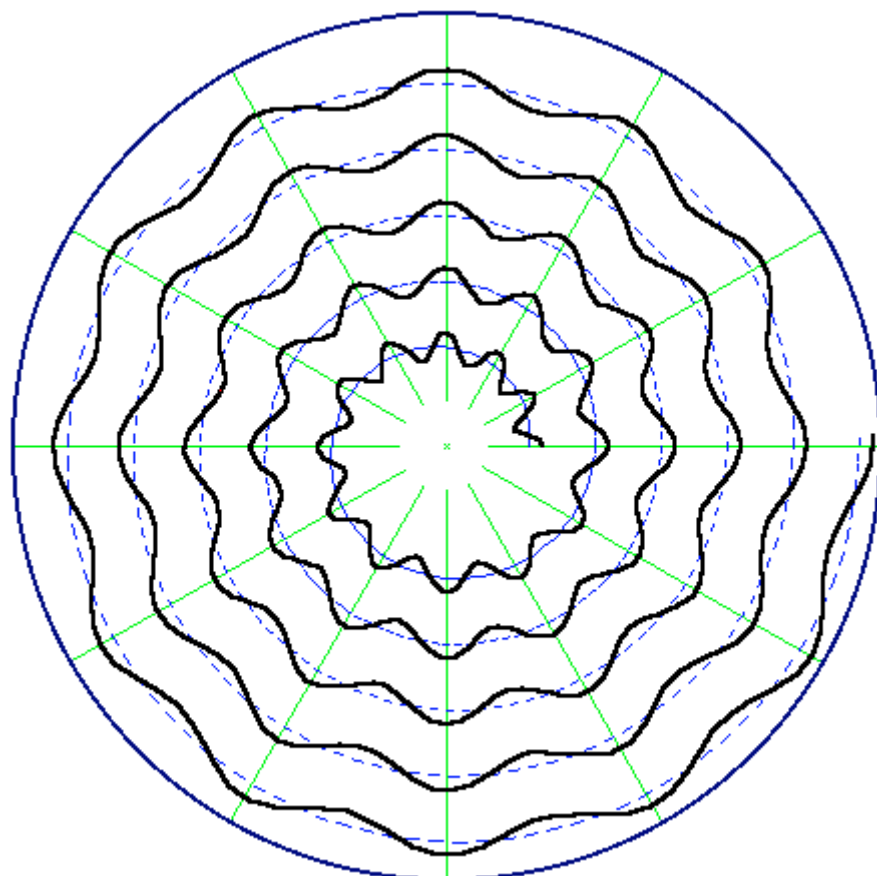




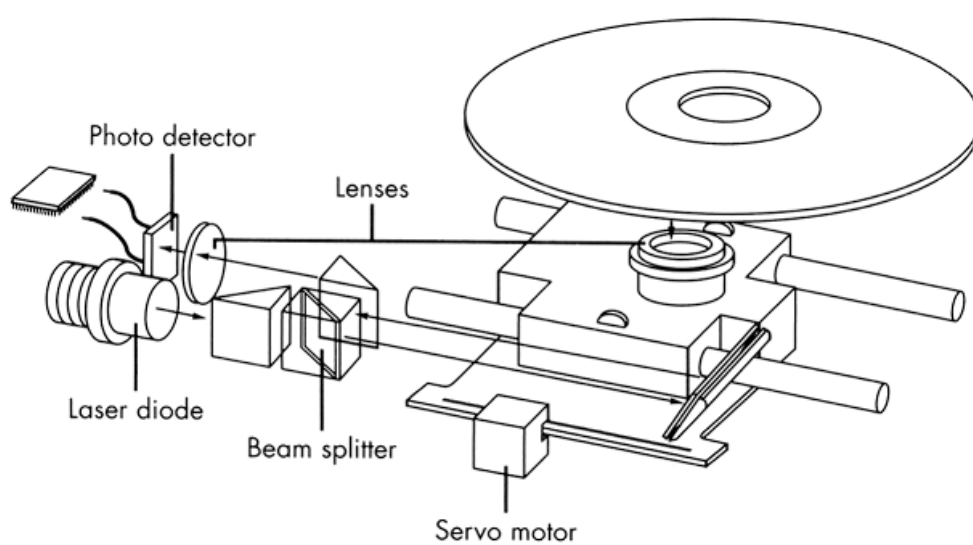
*piste en spirale*



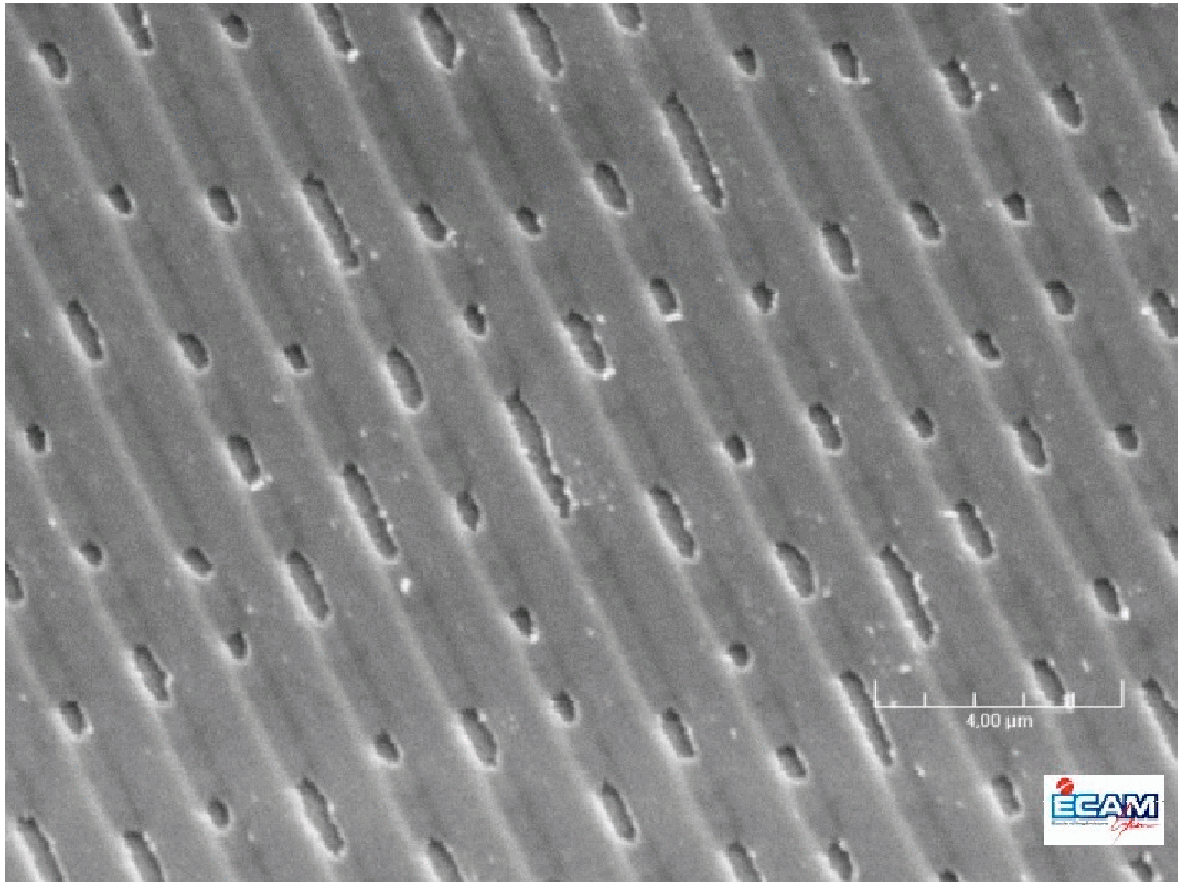
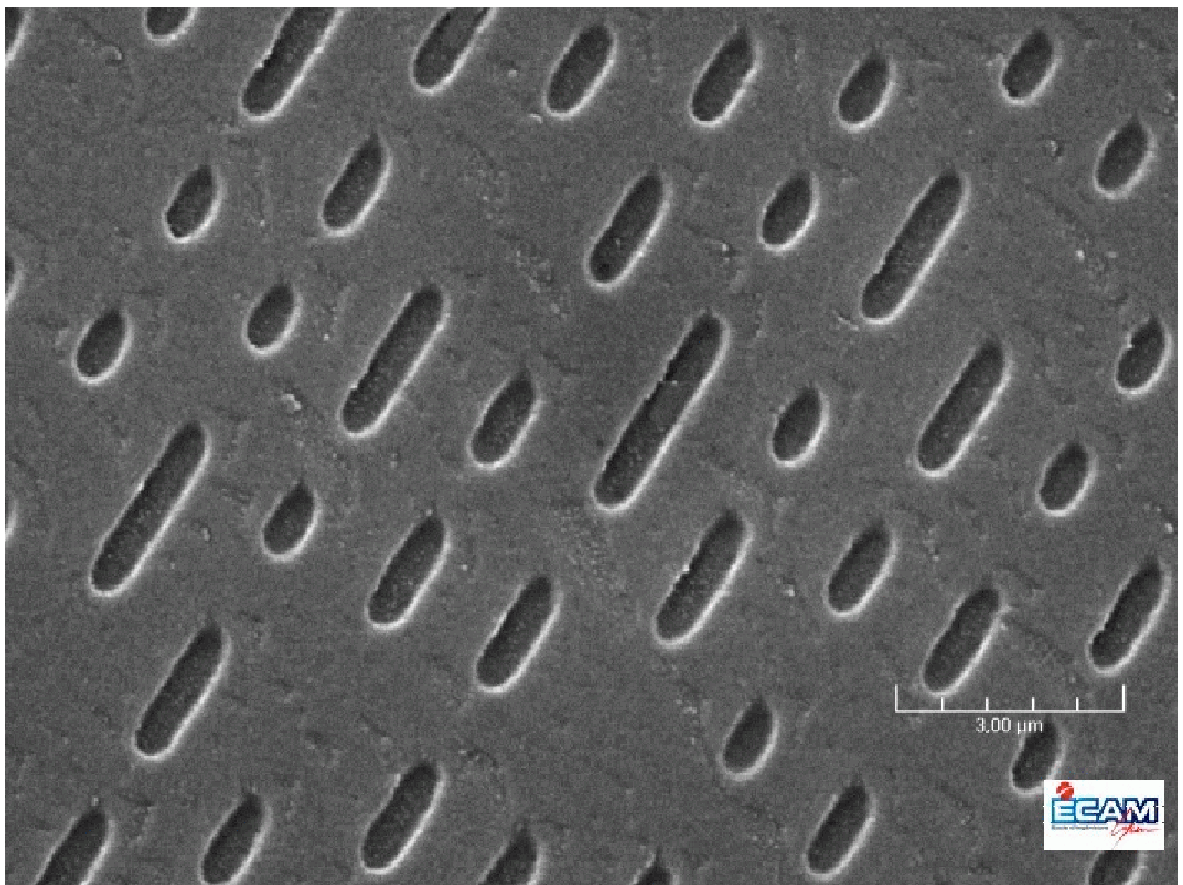
*zones d'un cd*

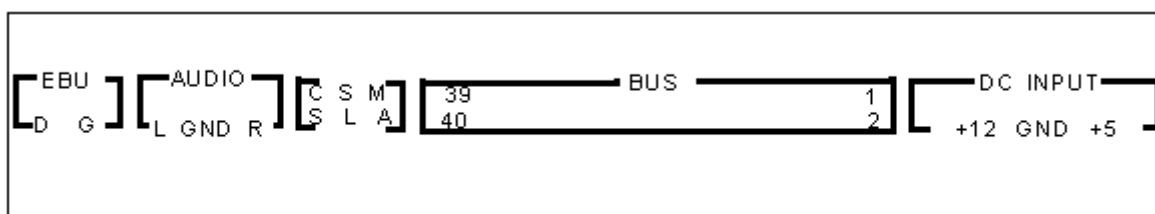
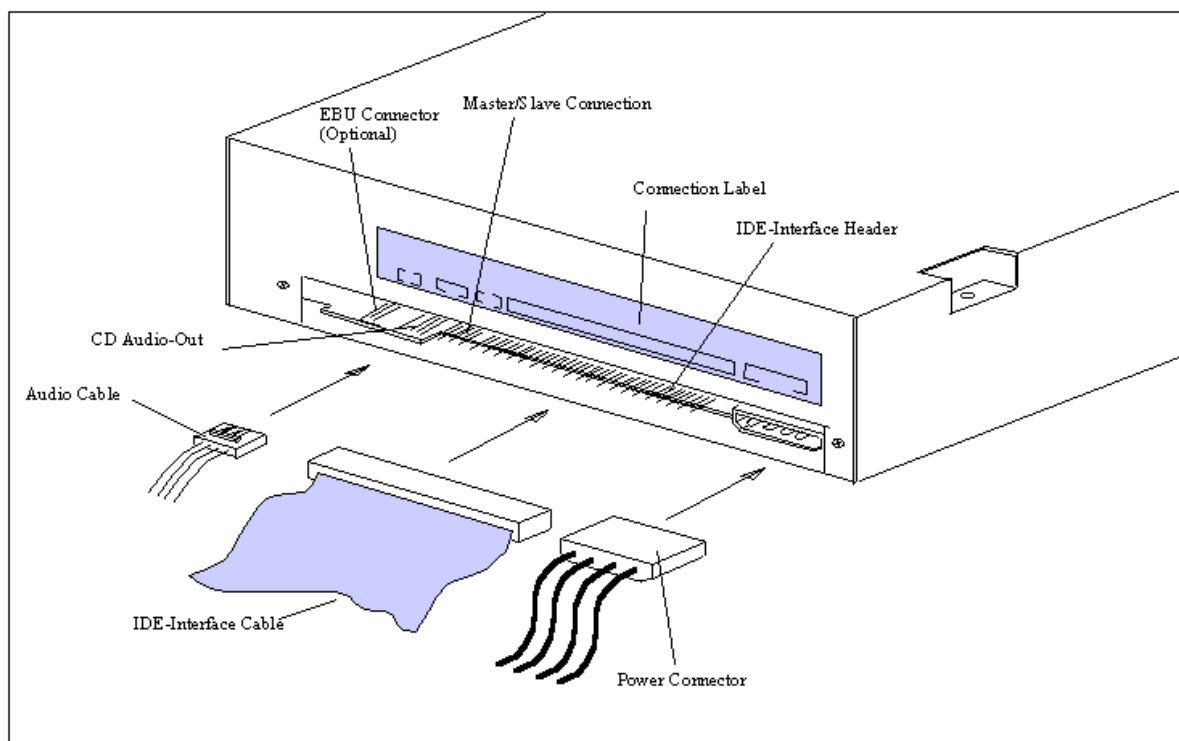


Wobble



Typical components inside a CD-ROM drive.

*CD gravé**CD pressé*



connexions d'un lecteur de CD

## **2. Le lecteur de compact disc**

Le Compact Disc a été inventé par Sony © et Philips © en 1981 afin de constituer un support audio compact de haute qualité permettant un accès direct aux pistes numériques. Il a été officiellement lancé en octobre 1982. En 1984, les spécifications du Compact Disc ont été étendues (avec l'édition du Yellow Book) afin de lui permettre de stocker des données numériques.

### **2.1. La géométrie du CD**

Le CD (Compact Disc) est un disque optique de 12 cm de diamètre et de 1.2 mm d'épaisseur (l'épaisseur peut varier de 1.1 à 1.5 mm) permettant de stocker des informations numériques, c'est-à-dire correspondant à 650 Mo de données informatiques (soient 300 000 pages dactylographiées) ou bien jusqu'à 74 minutes de données audio. Un trou circulaire de 15 mm de diamètre en son milieu permet de centrer le CD.

### **2.2. La composition du CD**

Le CD est constitué d'un substrat en matière plastique (polycarbonate) et d'une fine pellicule métallique réfléchissante (or 24 carat ou alliage d'argent). La couche réfléchissante est recouverte d'une laque anti-UV en acrylique créant un film protecteur pour les données. Enfin, une couche supplémentaire peut être ajoutée afin d'obtenir face supérieure imprimée.

La couche réfléchissante possède de petites alvéoles. Ainsi lorsque le laser traverse le substrat de polycarbonate, la lumière est réfléchiée sur la couche réfléchissante, sauf lorsque le laser passe sur une alvéole, c'est ce qui permet de coder l'information.

Cette information est stockée sur 22188 pistes gravées en spirales (il s'agit en réalité d'une seule piste concentrique).

Les CD achetés dans le commerce sont pressés, c'est-à-dire que les alvéoles sont réalisées grâce à du plastique injecté dans un moule contenant le motif inverse. Une couche métallique est ensuite coulée sur le substrat en polycarbonate, et cette couche métallique est elle-même prise sous une couche protectrice.

Les CD vierges par contre (CD-R) possèdent une couche supplémentaire (située entre le substrat et la couche métallique) composée d'un colorant organique (en anglais dye) pouvant être marqué (le terme brûler est souvent utilisé) par un laser de forte puissance (10 fois celle nécessaire pour la lecture). C'est donc la couche de colorant qui permet d'absorber ou non le faisceau de lumière émis par le laser.

Les colorants les plus souvent utilisés sont :

La cyanine de couleur bleue, donnant une couleur verte lorsque la couche métallique est en or

La phthalocyanine de couleur "vert clair", donnant une couleur dorée lorsque la couche métallique est en or

L'AZO, de couleur bleu foncé

Etant donné que l'information n'est plus stockée sous forme de cavité mais par une marque "colorée", une pré-spirale (en anglais pre-groove) est présente dans le

support vierge afin d'aider le graveur à suivre le chemin en spirale, ce qui évite la présence d'une mécanique de précision sur les graveurs de CD-R.

D'autre part, cette spirale ondule selon une sinusoïdale, appelée wobble, possédant une amplitude de  $\pm 0.03\mu\text{m}$  (30 nm) et une fréquence de 22,05kHz. Le wobble permet de donner une information au graveur sur la vitesse à laquelle il doit graver. Cette information est appelée ATIP (Absolute Time in PreGroove).

### 2.3. La lecture des CD

La tête de lecture est composée d'un laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) émettant un faisceau lumineux et d'une cellule photoélectrique chargée de capter le rayon réfléchi. Le laser utilisé par les lecteurs de CD est un laser infra-rouge (possédant une longueur d'onde de 780 nm) car il est compact et peu coûteux. Une lentille située à proximité du CD focalise le faisceau laser sur les alvéoles.

Un miroir semi-réfléchissant permet à la lumière réfléchie d'atteindre la cellule photo-électrique, comme expliqué sur le dessin suivant:

Un chariot est chargé de déplacer le miroir de façon à permettre à la tête de lecture d'accéder à l'intégralité du CD-ROM.

On distingue généralement deux modes de fonctionnement pour la lecture de CD :

La lecture à vitesse linéaire constante (notée CLV soit constant linear velocity). Il s'agit du mode de fonctionnement des premiers lecteurs de CD-ROM, basé sur le fonctionnement des lecteurs de CD audio ou bien même des vieux tourne-disques. Lorsqu'un disque tourne, la vitesse des pistes situées au centre est moins importante que celle des pistes situées sur l'extérieur, ainsi il est nécessaire d'adapter la vitesse de lecture (donc la vitesse de rotation du disque) en fonction de la position radiale de la tête de lecture. Avec ce procédé la densité d'information est la même sur tout le support, il y a donc un gain de capacité. Les lecteurs de CD audio possèdent une vitesse linéaire comprise entre 1.2 et 1.4 m/s.

La lecture à vitesse de rotation angulaire constante (notée CAV pour constant angular velocity) consiste à ajuster la densité des informations selon l'endroit où elles se trouvent afin d'obtenir le même débit à vitesse de rotation égal en n'importe quel point du disque. Cela crée donc une faible densité de données à la périphérie du disque et une forte densité en son centre.

### 2.4. Le codage des informations

La piste physique est en fait constituée d'alvéoles d'une profondeur de  $0,168\mu\text{m}$ , d'une largeur de  $0.67\mu\text{m}$  et de longueur variable. Les pistes physiques sont écartées entre elles d'une distance d'environ  $1.6\mu\text{m}$ . On nomme creux (en anglais pit) le fond de l'alvéole et on nomme plat (en anglais land) les espaces entre les alvéoles.

Le laser utilisé pour lire les CD a une longueur d'onde de 780nm dans l'air. Or l'indice de réfraction du polycarbonate étant égal à 1.55, la longueur d'onde du laser dans le polycarbonate vaut  $780 / 1.55 = 503\text{nm} = 0.5\mu\text{m}$ .

La profondeur de l'alvéole correspond donc à un quart de la longueur d'onde du faisceau laser, si bien que l'onde se réfléchissant dans le creux parcourt une moitié de longueur d'onde de plus (un quart à l'aller plus un quart au retour) que celle se réfléchissant sur le plat.

De cette façon, lorsque le laser passe au niveau d'une alvéole, l'onde et sa réflexion sont déphasées d'une demi longueur d'onde et s'annulent (interférences destructrices), tout se passe alors comme si aucune lumière n'était réfléchiée. Le passage d'un creux à un plat provoque une chute de signal, représentant un bit.

C'est la longueur de l'alvéole qui permet de définir l'information. La taille d'un bit sur le CD, notée "T", est normalisée et correspond à la distance parcourue par le faisceau lumineux en 231.4 nanosecondes, soit  $0.278 \mu\text{m}$  à la vitesse standard minimale de 1.2 m/s.

D'après le standard EFM (Eight-to-Fourteen Modulation), utilisé pour le stockage d'information sur un CD, il doit toujours y avoir au minimum deux bits à 0 entre deux bits consécutifs à 1 et il ne peut y avoir plus de 10 bits consécutifs à zéro entre deux bits à 1 pour éviter les erreurs. C'est pourquoi la longueur d'une alvéole (ou d'un plat) correspond au minimum à la longueur nécessaire pour stocker la valeur 001 (3T, c'est-à-dire  $0.833 \mu\text{m}$ ) et au maximum à la longueur correspondant à la valeur 0000000001 (11T, soit  $3.054 \mu\text{m}$ ).

## 2.5. Les standards

Il existe de nombreux standards décrivant la façon selon laquelle les informations doivent être stockées sur un disque compact, selon l'usage que l'on désire en faire. Ces standards sont référencés dans des documents appelés books (en français livres) auxquels une couleur a été affectée :

Red book (livre rouge appelé aussi RedBook audio): Développé en 1980 par Sony et Philips, il décrit le format physique d'un CD et l'encodage des CD audio (notés parfois CD-DA pour Compact Disc - Digital Audio). Il définit ainsi une fréquence d'échantillonnage de 44.1 kHz et une résolution de 16 bits en stéréo pour l'enregistrement des données audio.

Yellow book (livre jaune): il a été mis au point en 1984 afin de décrire le format physique des CD de données (CD-ROM pour Compact Disc - Read Only Memory). Il comprend deux modes :

CD-ROM Mode 1 , utilisé pour stocker des données avec un mode de correction d'erreurs (ECC, pour Error Correction Code) permettant d'éviter les pertes de données dues à une détérioration du support

CD-ROM Mode 2, permettant de stocker des données graphiques, vidéo ou audio compressées. Pour pouvoir lire ce type de CD-ROM un lecteur doit être compatible Mode 2.

Green book (livre vert): format physique des CD-I (CD Interactifs de Philips)

Orange book (livre orange): format physique des CD inscriptibles. Il se décline en trois parties :

Partie I: le format des CD-MO (disques magnéto-optiques)

Partie II: le format des CD-WO (Write Once, désormais notés CD-R)

Partie III: le format des CD-RW (CD ReWritable ou CD réinscriptibles)

White book (livre blanc): format physique des CD vidéo (VCD ou VideoCD)

Blue book (livre bleu): format physique des CD extra (CD-XA)

## 2.6. Structure logique d'un CD

Un CD-R, qu'il soit audio ou CD-ROM, est constitué, d'après le Orange Book, de trois zones constituant la zone d'information (information area) :

La zone Lead-in Area (parfois notée LIA) contenant uniquement des informations décrivant le contenu du support (ces informations sont stockées dans la TOC, Table of Contents). La zone Lead-in s'étend du rayon 23 mm au rayon 25 mm. Cette taille est imposée par le besoin de pouvoir stocker des informations concernant un maximum de 99 pistes. La zone Lead-in sert au lecteur de CD à suivre les creux en spirale afin de se synchroniser avec les données présentes dans la zone programme

La zone Programme (Program Area) est la zone contenant les données. Elle commence à partir d'un rayon de 25 mm, s'étend jusqu'à un rayon de 58mm et peut contenir l'équivalent de 76 minutes de données. La zone programme peut contenir un maximum de 99 pistes (ou sessions) d'une longueur minimale de 4 secondes.

La zone Lead-Out (parfois notée LOA) contenant des données nulles (du silence pour un CD audio) marque la fin du CD. Elle commence au rayon 58 mm et doit mesurer au moins 0.5 mm d'épaisseur (radialement). La zone lead-out doit ainsi contenir au minimum 6750 secteurs, soit 90 secondes de silence à la vitesse minimale (1X).

Un CD-R contient, en plus des trois zones décrites ci-dessus, une zone appelée PCA (Power Calibration Area) et une zone PMA (Program Memory Area) constituant à elles deux une zone appelé SUA (System User Area).

La PCA peut être vue comme une zone de test pour le laser afin de lui permettre d'adapter sa puissance au type de support. C'est grâce à cette zone que la commercialisation de supports vierges utilisant des colorants organiques et des couches réfléchissantes différents est possible. A chaque calibration, le graveur note qu'il a effectué un essai. Un maximum de 99 essais par media est autorisé.

## 2.7. Les formats de CD

Le format de CD (ou plus exactement le système de fichiers) s'attache à décrire la manière selon laquelle les données sont stockées dans la zone programme.

Le premier système de fichiers historique pour les CD est le High Sierra Standard.

Le format ISO 9660 normalisé en 1984 par l'ISO (International Standards Organisation) reprend le High Sierra Standard afin de définir la structure des répertoires et des fichiers sur un CD-ROM. Il se décline en trois niveaux :

Niveau 1 : Un CD-ROM formaté en ISO 9660 Level 1 ne peut contenir que des fichiers dont le nom est en majuscule (A-Z), pouvant contenir des chiffres (0-9) ainsi que le caractère "\_". L'ensemble de ces caractères est appelé d-characters. Les répertoires ont un nom limité à 8 d-characters et une profondeur limitée à 8 niveaux de sous-répertoires. De plus la norme ISO 9660 impose que chaque fichier soit stocké de manière continue sur le CD-ROM, sans fragmentation.

Niveau 2 : Le format ISO 9660 Level 2 impose également que chaque fichier soit stocké comme un flux continu d'octets, mais permet un nommage de fichiers plus souple en acceptant notamment les caractères @ - ^ ! \$ % & ( ) # ~ et une profondeur de 32 sous-répertoires maximum.

Niveau 3 :



Microsoft a également défini le format Joliet, une extension au format ISO 9660 permettant d'utiliser des noms de fichiers longs (LFN, long file names) de 64 caractères comprenant des espaces et des caractères accentués selon le codage Unicode.

Le format ISO 9660 Romeo est une option de nommage proposée par Adaptec, indépendante donc du format Joliet, permettant de stocker des fichiers dont le nom peut aller jusqu'à 128 caractères mais ne supportant pas le codage Unicode.

Le format ISO 9660 RockRidge est une extension de nommage au format ISO 9660 lui permettant d'être compatible avec les systèmes de fichiers UNIX.

Afin de pallier les limitations du format ISO 9660 (le rendant notamment inapproprié pour les DVD-ROM), l'OSTA (Optical Storage Technology Association) a mis au point le format ISO 13346, connu sous le nom de UDF (Universal Disk Format).

## 2.8. Les méthodes d'écriture

**Monosession** : Cette méthode crée une seule session sur le disque et ne donne pas la possibilité de rajouter des données ultérieurement.

**Multisession** : Contrairement à la méthode précédente, cette méthode permet de graver un CD en plusieurs fois, en créant une table des matières (TOC pour table of contents) de 14Mo pour chacune des sessions

**Multivolume** : C'est la gravure Multisession qui considère chaque session comme un volume séparé.

**Track At Once** : Cette méthode permet de désactiver le laser entre deux pistes, afin de créer une pause de 2 secondes entre chaque pistes d'un CD audio.

**Disc At Once** : Contrairement à la méthode précédente, le Disc At Once écrit sur le CD en une seule traite (sans pause).

**Packet Writing** : Cette méthode permet la gravure par paquets.

## 2.9. Ses caractéristiques

Le lecteur CD-ROM est caractérisé:

Par sa vitesse: celle-ci est calculée par rapport à la vitesse d'un lecteur de CD-Audio (150 Ko/s). Un lecteur allant à 3000Ko/s sera caractérisé de 20X (20 fois plus vite qu'un lecteur 1X)

Par son temps d'accès. C'est le temps moyen qu'il met pour aller d'une partie du CD à une autre.

Par son type: ATAPI (IDE) ou SCSI

### **3. Le lecteur DVD**

Le DVD-ROM (Digital Versatile Disc - Read Only Memory) est une "variante" du CD-ROM dont la capacité est largement plus grande que celle du CD-ROM. En effet, les alvéoles du DVD sont beaucoup plus petites ( $0,4\mu$  et un espacement de  $0,74\mu$ ), impliquant un laser avec une longueur d'onde beaucoup plus faible.

Les DVD existent en version "double couche", ces disques sont constitués d'une couche transparente à base d'or et d'une couche réflexive à base d'argent.

Pour aller lire ces deux couches le lecteur dispose de deux intensités pour le laser:

avec une intensité faible le rayon se réfléchit sur la surface dorée

lorsqu'on augmente cette intensité le rayon traverse la première couche et se réfléchit sur la surface argentée.

Il existe 4 types de DVD différents:

Type de support	Capacité	Temps musical équivalent	Nombre de CD équivalent
-----------------	----------	--------------------------	-------------------------

CD	650Mo	1h14 min	1
----	-------	----------	---

DVD simple face simple couche	4.7Go	9h30	7
-------------------------------	-------	------	---

DVD simple face double couche	8.5Go	17h30	13
-------------------------------	-------	-------	----

DVD double face simple couche	9.4Go	19h	14
-------------------------------	-------	-----	----

DVD double face double couche	17Go	35h	26
-------------------------------	------	-----	----

L'intérêt du DVD touche en priorité le stockage vidéo qui demande une place de stockage importante. Un DVD de 4,7 Go permet de stocker plus de deux heures de vidéo compressées en MPEG-2 (Motion Picture Experts Group), un format qui permet de compresser les images tout en gardant une très grande qualité d'image.

Les zones

Les DVD Vidéo sont conçus pour n'être consultables que dans certaines régions du monde: c'est le découpage en zone (qui "empêche" le piratage). Il est ainsi théoriquement impossible de lire un DVD d'une zone en étant dans une autre. Heureusement, les lecteurs de DVD pour PC peuvent les lire grâce à des utilitaires.

Les premiers graveurs de DVD sont apparus il y a peu de temps. Le seul frein est l'existence de deux normes concurrentes et incompatibles:

DVD-RAM de Toshiba © et Matsushita © stockant 2.6 Go

DVD-RW de Sony ©, Philips © et HP © stockant 3 Go

Les deux normes permettent de réinscrire des données jusqu'à 1000 fois.

## 4. Codage EFM

SCEN103 -- 12/10 Class Eight-to-Fourteen Modulation Conversion Table  
 EFM is constructed so that each 1 bit is separated by a minimum of two 0's and a maximum of ten 0's. This provides an adequate modulation of signal intensity (sufficient density of pit/land edges encountered) so that the tracking mechanism works properly. A longer run of 0's would cause degradation of tracking...

Decimal	Hex	Binary	EFM	Decimal	Hex	Binary	EFM
0	00	00000000	01001000100000				
1	01	00000001	10000100000000				
2	02	00000010	10010000100000				
3	03	00000011	10001000100000				
4	04	00000100	01000100000000				
5	05	00000101	00000100010000				
6	06	00000110	00010000100000				
7	07	00000111	00100100000000				
8	08	00001000	01001001000000				
9	09	00001001	10000001000000				
10	0A	00001010	10010001000000				
11	0B	00001011	10001001000000				
12	0C	00001100	01000001000000				
13	0D	00001101	00000001000000				
14	0E	00001110	00010001000000				
15	0F	00001111	00100001000000				
16	10	00010000	10000000100000				
17	11	00010001	10000010000000				
18	12	00010010	10010010000000				
19	13	00010011	00100000100000				
20	14	00010100	01000010000000				
21	15	00010101	00000010000000				
22	16	00010110	00010010000000				
23	17	00010111	00100010000000				
24	18	00011000	01001000010000				
25	19	00011001	10000000010000				
26	1A	00011010	10010000010000				
27	1B	00011011	10001000010000				
28	1C	00011100	01000000010000				
29	1D	00011101	00001000010000				
30	1E	00011110	00010000010000				
31	1F	00011111	00100000010000				
32	20	00100000	00000000100000				
33	21	00100001	10000100001000				
34	22	00100010	00001000100000				
35	23	00100011	00100100100000				
36	24	00100100	01000100001000				
37	25	00100101	00000100001000				
38	26	00100110	01000000100000				
39	27	00100111	00100100001000				
40	28	00101000	01001001001000				
41	29	00101001	10000001001000				
42	2A	00101010	10010001001000				
43	2B	00101011	10001001001000				
44	2C	00101100	01000001001000				
45	2D	00101101	00000001001000				
46	2E	00101110	00010001001000				
47	2F	00101111	00100001001000				

48	30	00110000	00000100000000
49	31	00110001	10000010001000
50	32	00110010	10010010001000
51	33	00110011	10000100010000
52	34	00110100	01000010001000
53	35	00110101	00000010001000
54	36	00110110	00010010001000
55	37	00110111	00100010001000
56	38	00111000	01001000001000
57	39	00111001	10000000001000
58	3A	00111010	10010000001000
59	3B	00111011	10001000001000
60	3C	00111100	01000000001000
61	3D	00111101	00001000001000
62	3E	00111110	00010000001000
63	3F	00111111	00100000001000
64	40	01000000	01001000100100
65	41	01000001	10000100100100
66	42	01000010	10010000100100
67	43	01000011	10001000100100
68	44	01000100	01000100100100
69	45	01000101	00000000100100
70	46	01000110	00010000100100
71	47	01000111	00100100100100
72	48	01001000	01001001000100
73	49	01001001	10000001000100
74	4A	01001010	10010001000100
75	4B	01001011	10001001000100
76	4C	01001100	01000001000100
77	4D	01001101	00000001000100
78	4E	01001110	00010001000100
79	4F	01001111	00100001000100
80	50	01010000	10000000100100
81	51	01010001	10000010000100
82	52	01010010	10010010000100
83	53	01010011	00100000100100
84	54	01010100	01000010000100
85	55	01010101	00000010000100
86	56	01010110	00010010000100
87	57	01010111	00100010000100
88	58	01011000	01001000000100
89	59	01011001	10000000000100
90	5A	01011010	10010000000100
91	5B	01011011	10001000000100
92	5C	01011100	01000000000100
93	5D	01011101	00001000000100
94	5E	01011110	00010000000100
95	5F	01011111	00100000000100
96	60	01100000	01001000100010
97	61	01100001	10000100100010
98	62	01100010	10010000100010
99	63	01100011	10001000100010
100	64	01100100	01000100100010
101	65	01100101	00000000100010
102	66	01100110	01000000100100
103	67	01100111	00100100100010
104	68	01101000	01001001000010
105	69	01101001	10000001000010
106	6A	01101010	10010001000010
107	6B	01101011	10001001000010
108	6C	01101100	01000001000010
109	6D	01101101	00000001000010
110	6E	01101110	00010001000010
111	6F	01101111	00100001000010

112	70	01110000	100000000100010
113	71	01110001	100000010000010
114	72	01110010	100100010000010
115	73	01110011	001000000100010
116	74	01110100	010000010000010
117	75	01110101	000000010000010
118	76	01110110	000100100000010
119	77	01110111	001000100000010
120	78	01111000	010010000000010
121	79	01111001	000010010010000
122	7A	01111010	100100000000010
123	7B	01111011	100010000000010
124	7C	01111100	010000000000010
125	7D	01111101	000010000000010
126	7E	01111110	000100000000010
127	7F	01111111	001000000000010
128	80	10000000	010010001000001
129	81	10000001	100000100100001
130	82	10000010	100100000100001
131	83	10000011	100010000100001
132	84	10000100	010000100100001
133	85	10000101	000000000100001
134	86	10000110	000100000100001
135	87	10000111	001001001000001
136	88	10001000	010010010000001
137	89	10001001	100000001000001
138	8A	10001010	100100001000001
139	8B	10001011	100010010000001
140	8C	10001100	010000001000001
141	8D	10001101	000000001000001
142	8E	10001110	000100001000001
143	8F	10001111	001000001000001
144	90	10010000	100000000100001
145	91	10010001	100000010000001
146	92	10010010	100100010000001
147	93	10010011	001000000100001
148	94	10010100	010000010000001
149	95	10010101	000000010000001
150	96	10010110	000100100000001
151	97	10010111	001000100000001
152	98	10011000	010010000000001
153	99	10011001	100000010010000
154	9A	10011010	100100000000001
155	9B	10011011	100010000000001
156	9C	10011100	010000010010000
157	9D	10011101	000010000000001
158	9E	10011110	000100000000001
159	9F	10011111	001000100100000
160	A0	10100000	000010001000001
161	A1	10100001	1000001000001001
162	A2	10100010	0100001000010000
163	A3	10100011	000000100100001
164	A4	10100100	0100001000001001
165	A5	10100101	0000001000001001
166	A6	10100110	010000000100001
167	A7	10100111	001001000001001
168	A8	10101000	01001001001001
169	A9	10101001	100000001001001
170	AA	10101010	100100001001001
171	AB	10101011	10001001001001
172	AC	10101100	010000001001001
173	AD	10101101	000000001001001
174	AE	10101110	000100001001001

175	AF	10101111	00100001001001
176	B0	10110000	00000100100000
177	B1	10110001	10000010001001
178	B2	10110010	10010010001001
179	B3	10110011	00100100010000
180	B4	10110100	01000010001001
181	B5	10110101	00000010001001
182	B6	10110110	00010010001001
183	B7	10110111	00100010001001
184	B8	10111000	01001000001001
185	B9	10111001	10000000001001
186	BA	10111010	10010000001001
187	BB	10111011	10001000001001
188	BC	10111100	01000000001001
189	BD	10111101	00001000001001
190	BE	10111110	00010000001001
191	BF	10111111	00100000001001
192	C0	11000000	01000100100000
193	C1	11000001	10000100010001
194	C2	11000010	10010010010000
195	C3	11000011	00001000100100
196	C4	11000100	01000100010001
197	C5	11000101	00000100010001
198	C6	11000110	00010010010000
199	C7	11000111	00100100010001
200	C8	11001000	00001001000001
201	C9	11001001	10000100000001
202	CA	11001010	00001001000100
203	CB	11001011	00001001000000
204	CC	11001100	01000100000001
205	CD	11001101	00000100000001
206	CE	11001110	00000010010000
207	CF	11001111	00100100000001
208	D0	11010000	00000100100100
209	D1	11010001	10000010010001
210	D2	11010010	10010010010001
211	D3	11010011	10000100100000
212	D4	11010100	01000010010001
213	D5	11010101	00000010010001
214	D6	11010110	00010010010001
215	D7	11010111	00100010010001
216	D8	11011000	01001000010001
217	D9	11011001	10000000010001
218	DA	11011010	10010000010001
219	DB	11011011	10001000010001
220	DC	11011100	01000000010001
221	DD	11011101	00001000010001
222	DE	11011110	00010000010001
223	DF	11011111	00100000010001
224	E0	11100000	01000100000010
225	E1	11100001	00000100000010
226	E2	11100010	10000100010010
227	E3	11100011	00100100000010
228	E4	11100100	01000100010010
229	E5	11100101	00000100010010
230	E6	11100110	01000000100010
231	E7	11100111	00100100010010
232	E8	11101000	10000100000010
233	E9	11101001	10000100000010
234	EA	11101010	00001001001001
235	EB	11101011	00001001000010
236	EC	11101100	01000100000010
237	ED	11101101	00000100000010

238	EE	11101110	00010000100010
239	EF	11101111	00100100000100
240	F0	11110000	00000100100010
241	F1	11110001	10000010010010
242	F2	11110010	10010010010010
243	F3	11110011	00001000100010
244	F4	11110100	01000010010010
245	F5	11110101	00000010010010
246	F6	11110110	00010010010010
247	F7	11110111	00100010010010
248	F8	11111000	01001000010010
249	F9	11111001	10000000010010
250	FA	11111010	10010000010010
251	FB	11111011	10001000010010
252	FC	11111100	01000000010010
253	FD	11111101	00001000010010
254	FE	11111110	00010000010010
255	FF	11111111	00100000010010

Standard ECMA-130 Data Interchange on Read-only 120 mm Optical Data Disks (CD-ROM), available as pdf from EMCA, may be used to confirm the contents above. The data on this page were meant to serve an illustrative purpose for students and should be verified elsewhere before using for other purposes. Thanks to Sidney Cadot for reporting an error in an earlier version and for suggesting the reference mentioned above.

"<http://www.physics.udel.edu/~watson/scen103/efm.html>"

Last updated November 29, 2004.

Copyright George Watson, Univ. of Delaware, 1996.