



Les lecteurs CD

Cours de périphériques

HELHO

Vercouter Corentin
2007-2008

Table des matières

1.	Historique.....	4
	a. Définition.....	4
	b. Le disque compact numérique audio.....	4
	c. Le cd-rom.....	4
	d. Le cd-i.....	5
	e. Le cd-rom multimédia.....	6
	f. Les standards.....	8
2.	Le cd.....	10
	a. Les variantes du cd-rom.....	10
	b. Les différents types de cd.....	11
	c. Structure d'un cd.....	12
3.	Le lecteur cd.....	15
	a. Structure d'un lecteur cd.....	15
	b. Fonctionnement du lecteur cd.....	17
	c. Codage des informations.....	19
	d. Structure logique.....	20
	e. Système de fichier.....	22
	f. Méthodes d'écritures.....	23
	g. Caractéristiques techniques.....	24
	h. Les asservissements.....	24
	i. Conclusion.....	25

1. Historique

a. Définition

Le **disque compact** ou **CD** (Compact Disc) a été inventé en 1978 par la société Philips. C'est une galette en matière plastique qui contient de l'information numérisée, gravée de manière définitive sur une piste en spirale, et lue par un procédé optique.

b. Première étape : le disque compact numérique audio

Le CD-Audio a été lancé sur le marché en **1982** par Philips et Sony, on l'appelle souvent CD-DA (Compact Disc-Digital Audio, disque compact numérique audio). Il ne contient que de l'information sonore.

Le CD-Audio, qui offre une qualité d'écoute incomparable, connaît un succès foudroyant : en **1984**, il représente déjà la moitié du marché, et en moins de 10 ans le disque vinyle disparaît complètement.

c. Deuxième étape : le CD-ROM

Devant le succès du disque audio, Philips et Sony songent dès **1984** à étendre l'usage du disque compact au stockage des données informatiques. C'est ainsi que le CD-ROM (Compact Disc- Read Only Memory) fait son apparition en **1985**.

Un lecteur de CD-Audio ne lit que les données audio, un lecteur de CD-ROM permet de lire séparément les deux types de données.

Critiqué, le mixed-mode qui permet d'enregistrer simultanément des données informatiques (en début de piste) et des données sonores à la suite semble en voie d'abandon.

L'existence de deux plates-formes (Macintosh et PC) est à l'origine de la publication, en **1987**, de la norme ISO 9660, définissant la structure et l'organisation logique des données (fichiers) sur CD-ROM. Un disque compatible ISO 9660 (Interchange Level 1) est à priori utilisable sous MS-DOS, Windows, Unix et le système d'exploitation du Macintosh.

d. Troisième étape : le CD-I

Le CD-I est lancé en **1991** aux Etats-Unis, et l'année suivante en Europe.

Le CD-I est la variété de CD-ROM destinée au marché grand public de l'information et des loisirs. A cette époque, rares sont les particuliers propriétaires d'un ordinateur personnel (et plus rares encore les possesseurs d'un lecteur de CD-ROM). La lecture d'un CD-I se fera donc sur un appareil spécifique bon marché, raccordé à un poste de télévision, et piloté par télécommande. Cet appareil possède son système d'exploitation particulier, le CD-RTOS (Compact Disc Real Time Operating System) créé par Philips.

Pour accroître la quantité d'information contenue dans le CD-I, les images sont compressées suivant un procédé qui dépend de leur format. Les données audio peuvent également être compressées, selon le procédé ADPCM (Adaptative Differential Pulse Code Modulation, algorithme non standardisé de compression de données avec pertes), mais ce n'est pas obligatoire.



Lecteur de CD-I Philips

Malgré les efforts de Philips, qui n'a pas hésité à jouer le rôle d'éditeur, le CD-I ne se développe que lentement : on compterait moins d'un million de lecteurs dans le monde aujourd'hui, dont environ 100.000 en France. Les créateurs, qui se plaignent du coût élevé des outils de développement (fonctionnant sous CD-RTOS) et de l'étroitesse du marché, restent peu nombreux. Il existe aujourd'hui des logiciels permettant de créer un CD-I sur micro-ordinateur, mais ils sont peut-être arrivés un peu tard. Curieusement, le CD-I a fait une petite percée sur le marché professionnel, quelques grandes entreprises l'utilisant comme support d'information pour leurs besoins propres.

Également lancé en **1991**, et rival malheureux du CD-I, le CD-TV (Commodore Dynamic Total Vision) a aujourd'hui disparu en tant que format, mais on trouve encore quelques titres dans les catalogues.

e. Quatrième étape : le CD-ROM multimédia

En **1986**, Philips et Sony créent l'IMA (Interactive Multimédia Association), qui regroupe les principaux acteurs du marché du multimédia (IBM, Apple et Microsoft en font partie).

En **1989**, un consortium de constructeurs de micro-ordinateurs et de périphériques, réunis sous l'égide de Microsoft, rédige un ensemble de recommandations appelées MPC (Multimedia Personal Computer). Il s'agit de définir les caractéristiques minimales permettant d'exploiter les produits multimédia sur PC (sous Windows).

La technique évoluant rapidement, la mise à jour MPC2 paraît en **1993** et MPC3 en **1995**.

En **1991** paraît, avec la collaboration de Microsoft, le mode XA (eXtended Architecture) d'enregistrement des données, mode qui étend au CD-ROM l'entrelacement des données et la compression du son, déjà utilisés pour le CD-I. Le nouveau CD peut contenir des images animées : cette fois, le *CD-ROM multimédia* est réellement né. On l'appelle alors CD-ROM/XA, et aujourd'hui, tout simplement, CD-ROM.



En mars **1991**, apparaît le Bridge-Disc (disque pont). C'est un CD lisible à la fois par un lecteur de CD-I, et un lecteur de CD-ROM couplé à un micro-ordinateur équipé du pilote adéquat.

En cette même année **1991** Philips et Sony décrivent les spécifications relatives au CD-R (Compact Disc-Recordable, disque compact inscriptible). Il s'agit d'un disque vierge que l'on peut graver (en CD-ROM, en CD-Audio, ou en CD-I) dans un appareil pilotable par un micro-ordinateur. Cette gravure peut être effectuée en une ou plusieurs fois : on dit alors que le CD est mono-session ou multi-session. Le CD inscriptible permet de produire des CD-ROM à l'unité, ou par petites quantités, sans passer par le mastering et le pressage. En pratique, on reconnaît un CD-R à la couleur dorée de sa face supérieure, et à la couleur bleu-vert de sa face inscriptible.



La réalisation d'un CD-ROM multimédia ne requiert pas, comme ce fut le cas pour le CD-I, de plate-forme spéciale. Il s'effectue grâce à un système auteur, constitué d'un micro-ordinateur équipé de périphériques adéquats. Le principal logiciel utilisé s'appelle logiciel auteur : Toolbook et Director en sont deux exemples célèbres, mais il en existe aujourd'hui de nombreux autres.

En juin 1993, JVC, Sony, Philips et Matsushita définissent le standard Digital Video (initialement appelé Full Motion Video), qui permet de stocker 72 minutes de données vidéo sur un CD, avec une qualité de restitution qui reste inférieure en pratique à celle obtenue avec une cassette VHS. Les données sont compressées d'un facteur 25 à 50, selon la technique MPEG-1 (Moving Pictures Expert Group). Sans la compression, un CD-ROM ne pourrait contenir que deux minutes de vidéo de qualité VHS... et le lecteur capable de lire tout un CD en deux minutes n'existe pas encore!

Le standard Digital Video s'applique à la fois au CD-ROM et au CD-I : le Video-CD est un disque pont. Sur micro-ordinateur, la décompression en temps réel nécessite soit un microprocesseur rapide (150 à 200 MHz) et un logiciel adéquat, soit une carte de décompression et une application de relecture : la seconde solution est à l'heure actuelle considérée comme la meilleure, tant sur le plan technique qu'économique.

En **1993** la baisse du coût des lecteurs de CD-ROM s'amorce, et la vente des ordinateurs aux particuliers décolle. L'un entraînant l'autre, CD-ROM et l'ordinateur domestique se développent dès lors rapidement : en **1994**, aux Etats-Unis, les particuliers achètent plus d'ordinateurs que de postes de télévision. L'année suivante ils achèteront plus de micro-ordinateurs que les entreprises. Dans ce pays, environ 40% des ménages sont équipés d'un micro-ordinateur, et les 2/3 des lecteurs de CD-ROM sont à usage domestique.

f. 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 (noté 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 dûes 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. Le cd

a. Les variantes du CD-ROM

La capacité du CD-Audio est de 74 minutes de musique, mais les éditeurs utilisent à peine 60 minutes. L'idée de se servir des 14 minutes libres sur la piste pour stocker d'autres informations a donné naissance à 2 nouveaux types de CD :

- le CD+G (G pour Graphique), qui contient du son et des images fixes (ou du texte). Lancé sur le marché en 1984, il a aujourd'hui disparu ;

- le CD-I Ready (une variété de CD- I) contient à la fois du son, des images fixes et/ou du texte numérisés. Il se comporte comme un CD-Audio dans un lecteur correspondant, les autres informations étant accessibles uniquement sur un lecteur de CD-I. Ce type de CD ne s'est pas développé.

- Le Photo-CD est un CD-ROM, lancé sur le marché en 1992, et destiné à l'enregistrement de photos numérisées. Son format particulier a été défini par Kodak, avec quatre options possibles suivant la résolution désirée. Il présente deux particularités : il est multisession, et c'est un disque pont (utilisable aussi bien dans un lecteur de CD-ROM que dans un lecteur de CD-I).

- Le Karaoke-CD, très populaire au Japon, est inconnu hors de ce pays. Son standard a été défini par Philips et JVC en 1992. La lecture se fait sur un appareil spécifique, appelé karaoké-vidéo. Ce CD contient de la vidéo, ainsi que le son et les paroles (écrites) de chansons que les utilisateurs entonnent à pleins poumons, dans les soirées animées...

- Le CD-ROM s'introduit aussi dans les consoles de jeu : à l'automne de 1993, la Sega-Mega-CD apparaît sur le

marché avec un lecteur de CD-ROM. Bien entendu, chaque fabricant de console enregistre les données sous un format qui lui est propre...

- En 1996 apparaît le CD-Plus, aujourd'hui appelé CD-Extra, dont les spécifications ont été définies par Philips et Sony l'année précédente. Il contient à la fois des données sonores, lisibles par un lecteur de CD-Audio, et des données multimédia lisibles par un lecteur de CD-ROM.

b. Les Différents types de cd

Pour le commun des mortels, tous les disques compacts se ressemblent: ils ont la même taille et le même aspect, et on les range dans les mêmes boîtes. En les examinant de plus près à l'aide d'un microscope à balayage, tous sont gravés de la même façon. Pour l'informaticien, tous emmagasinent leurs données dans les mêmes secteurs... Si tous ne peuvent pas être lus sur le même appareil, c'est qu'à l'intérieur des secteurs, les données ne sont pas enregistrées exactement de la même manière.

En langage informatique, les secteurs ne sont pas enregistrés selon le même format.

La multiplicité des formats tient, pour une large part, à des raisons historiques. On trouve actuellement sur le marché *huit types distincts* de disque compact :

- le CD-Audio,
- le CD-I,
- le CD-ROM,
- le CD-ROM/XA,
- le Photo-CD,
- le CD-Extra,
- le Vidéo-CD,
- et le CD-ROM pour console de jeux.

A ces nombreux formats correspondent plusieurs types de lecteurs :

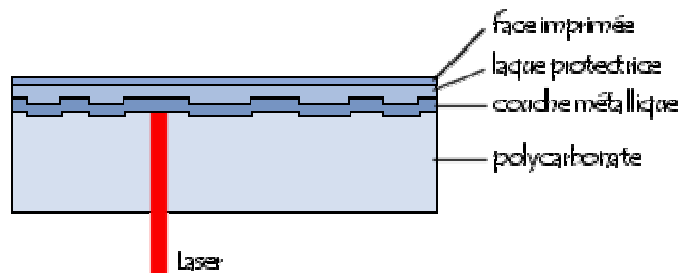
- le lecteur de CD-Audio, que l'on raccorde à l'amplificateur d'une chaîne Hi-Fi.
- le lecteur de CD-I, que l'on raccorde à un poste de télévision.
- le lecteur de CD-ROM, que l'on raccorde à un micro-ordinateur (à moins qu'il n'y soit intégré).
- le lecteur dédié Photo-CD ou Vidéo-CD.
- le lecteur intégré aux consoles de jeux.

Les lecteurs spécifiques possèdent pratiquement les mêmes dispositifs mécaniques et optiques. Ils diffèrent principalement par leur électronique, leur contrôleur étant adapté à un format particulier de secteur. Les lecteurs destinés à être raccordés à un ordinateur, par contre, sont souvent dotés d'un contrôleur multi-format. Les meilleurs appareils peuvent lire : le CD-Audio, le CD-ROM et le CD-ROM/XA, le CD-I (et éventuellement le CD-I Ready), le CD-Extra, ainsi que les disques-ponts tels que le Photo-CD et le Vidéo-CD - et ce pour un coût tout à fait raisonnable.

L'avenir appartient donc à la station multimédia, construite autour d'un micro-ordinateur, dotée d'un lecteur multi-format, et à même d'évoluer avec la technique. Le grand public ne s'y est pas trompé ; il privilégie désormais l'achat d'un micro-ordinateur, au détriment des autres dispositifs multimédia.

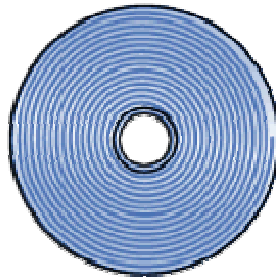
c. Structure d'un cd

Le CD est constitué d'un substrat en matière plastique (polycarbonate) et d'une fine pellicule métallique réfléchissante (or 24 carats 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 une face supérieure imprimée.



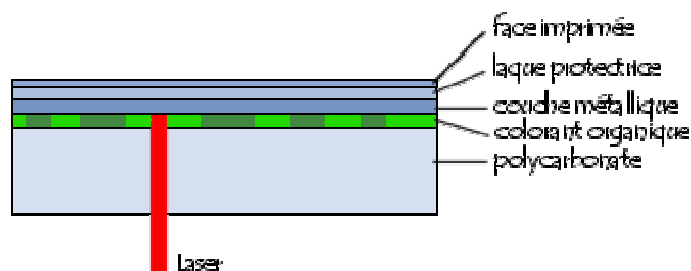
La couche réfléchissante possède de petites alvéoles. Ainsi, lorsque le laser traverse le substrat de polycarbonate, la lumière est réfléchiée sur la couche réfléchissante, sauf lorsque le laser passe sur une alvéole. C'est ce qui permet de coder l'information.

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 *brûlé* 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.

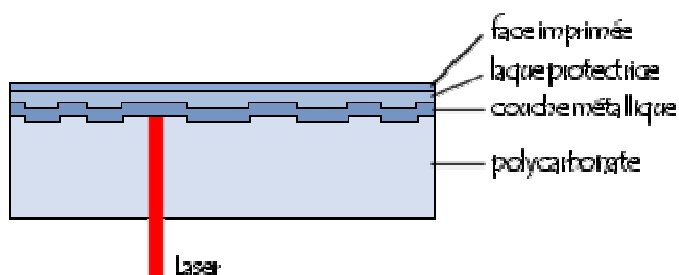


Les colorants les plus souvent utilisés sont :

- 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 $\pm 0.03\mu\text{m}$ (30nm) 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*).



3. Le lecteur cd

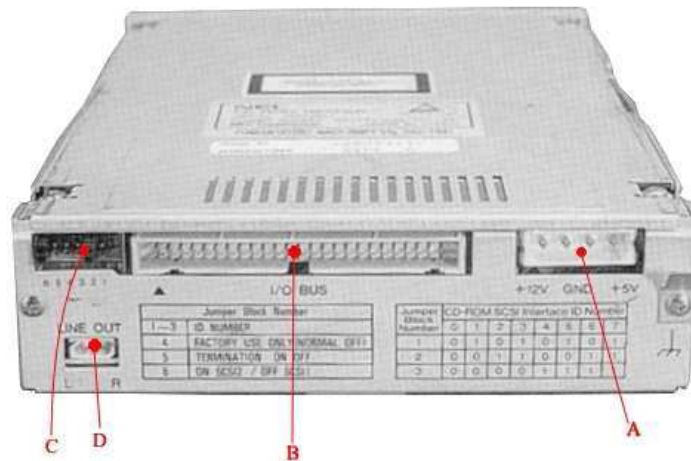
a. Structure d'un lecteur CD

La façade d'un lecteur cd, à quelques variantes près se présente généralement comme ceci :



- A. Chariot.
- B. Touche d'éjection.
- C. Bouton de réglage du volume.
- D. Prise casque audio.
- E. Voyant d'activité.

On retrouve également une touche d'éjection de secours (petit trou permettant d'éjecter le cd si la touche principale est hors-service), des touches de navigation pour les cd audio, etc, etc. Des lecteurs récents intègrent maintenant des afficheurs à cristaux liquides indiquant, directement sur la façade du lecteur, le numéro de la piste du cd-audio, sa durée, etc, etc.



- A. Alimentation.
- B. Connecteur.
- C. Cavalier.
- D. Prise Audio.

A l'arrière du lecteur, on trouve en général :

-Une alimentation : elle se compose de 4 broches. Les deux du centre sont pour la masse (GND sur la photo) celle de gauche est à 12V et celle de droite à 5V (comme indiqué sur la photo).

-Un connecteur d'interface : on peut retrouver des connecteurs IDE, SCSI et un format particulier aux marques Mitsumi, Creative et Sony.

-Un cavalier (ou jumper) de configuration : il permet de définir différents modes d'utilisation du lecteur :

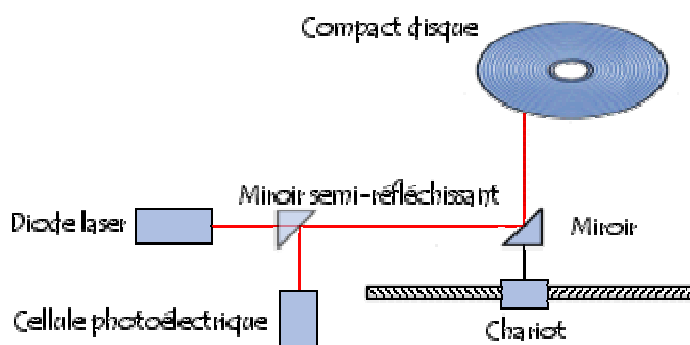
- Position SL (Slave) : mode que l'on choisit dans la plupart des installations. Il permet de raccorder le lecteur de cd sur une nappe déjà utilisée par un autre périphérique (HD, graveur, etc).
- Position MA (Master) : utilisé quand le lecteur est en maître sur la nappe, c'est-à-dire lorsqu'il est seul ou qu'un autre lecteur présent sur la nappe est en SL.
- Position CS (Cable Select) : détermination automatique du mode SL ou MA.

-Une prise audio pouvant comporter 4 broches (2 pour la masse et 2 pour la stéréo, une gauche et une droite). Sur la photo on voit un mini-connecteur sans standard dont les broches sont de gauche à droite «Masse - Canal Gauche - Masse - Canal droit »

b.Fonctionnement du lecteur 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 infrarouge (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 photoélectrique, 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 égale 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.

La vitesse de lecture du lecteur de CD-ROM correspondait à l'origine à la vitesse de lecture d'un CD audio, c'est-à-dire un débit de 150 ko/s. Cette vitesse a par la suite été prise comme référence et notée **1x**. Les générations suivantes de lecteurs de CD-ROM ont été caractérisées par des multiples de cette valeur.

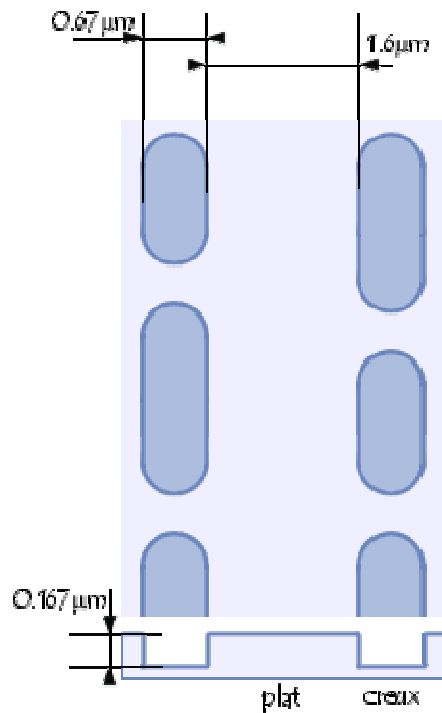
Le tableau suivant donne les équivalences entre les multiples de 1x et le débit :

	Débit	Temps de réponse
1x	150 ko/s	400 à 600 ms
2x	300 ko/s	200 à 400 ms
3x	450 ko/s	180 à 240 ms
4x	600 ko/s	150 à 220 ms
6x	900 ko/s	140 à 200 ms
8x	1200 ko/s	120 à 180 ms
10x	1500 ko/s	100 à 160 ms
12x	1800 ko/s	90 à 150 ms
16x	2400 ko/s	80 à 120 ms
20x	3000 ko/s	75 à 100 ms
24x	3600 ko/s	70 à 90 ms
32x	4500 ko/s	70 à 90 ms

40x	6000 ko/s	60 à 80 ms
52x	7800 ko/s	60 à 80 ms

c.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.



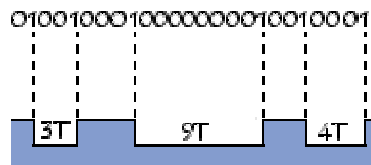
Le laser utilisé pour lire les CD a une longueur d'onde de 780 nm dans l'air. Or, l'indice de réfraction du polycarbonate étant égal à $1,55$, la longueur d'onde du laser dans le polycarbonate vaut $780 / 1,55 = 503\text{ nm} = 0,5\mu\text{m}$.

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 réfléchi. 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 $3.054\mu\text{m}$).



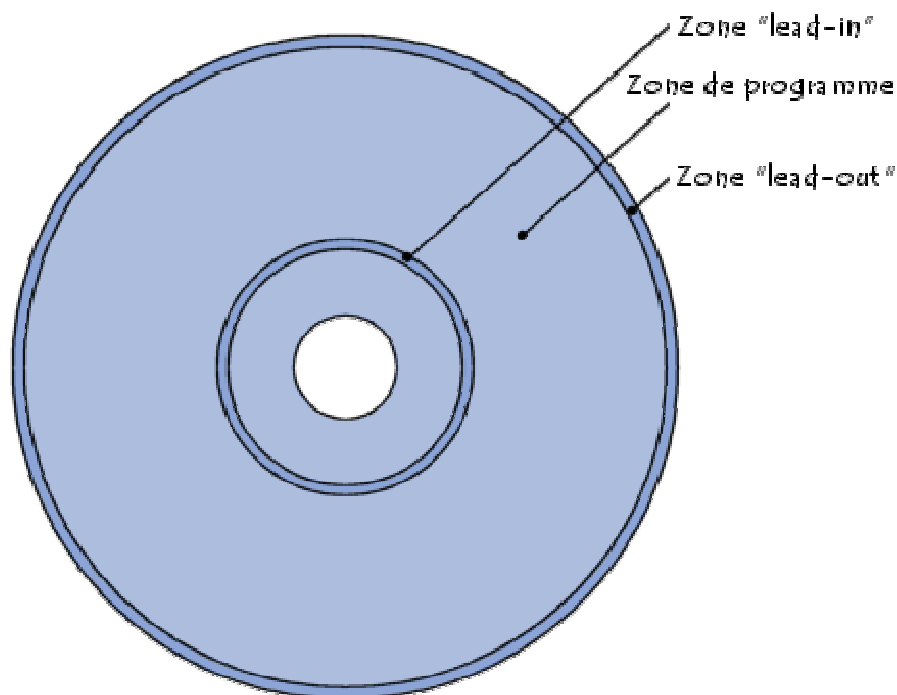
d. Structure logique

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 appelée *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 qu'est possible la commercialisation de supports vierges utilisant des colorants organiques et des couches réfléchissantes différents. A chaque calibration, le graveur note qu'il a effectué un essai. Un maximum de 99 essais par media est autorisé.

e. Système de fichier

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 Organization)* 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. Il s'agit du niveau le plus restrictif. Le respect du niveau 1 permet ainsi de s'assurer que le média sera lisible sur un grand nombre de plates-formes.
- **Niveau 2** : Le format *ISO 9660 Level 2* impose 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** : Le format *ISO 9660 Level 3* n'impose aucune restriction de noms de fichiers ou de répertoires.

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)*.

f.Méthodes d'écritures

- **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 piste 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.

g. Caractéristiques techniques

Un lecteur CD-ROM est caractérisé par les éléments suivants :

- **Vitesse**: la vitesse est calculée par rapport à la vitesse d'un lecteur de CD-Audio (150 Ko/s). Un lecteur allant à 3000Ko/s sera qualifié de 20X (20 fois plus rapide qu'un lecteur 1X).
- **Temps d'accès** : il représente le temps moyen pour aller d'une partie du CD à une autre.
- **Interface** : ATAPI (IDE) ou SCSI ;

h. Les asservissements

Sans eux, rien ne serait possible. La lecture correcte d'un CD exige une bonne focalisation du rayon laser sur la couche réfléchissante du disque. De même, ce rayon doit suivre précisément la "piste de lecture" enroulée en spirale sur le support, et la vitesse de rotation du disque doit être parfaitement contrôlée pour que les creux et les bosses défilent de manière régulière devant le rayon.

Cet ensemble de paramètres est contrôlé par des circuits électroniques d'asservissements.

- La focalisation du rayon est obtenue par un réglage automatique de la distance qui sépare le disque et la lentille optique (la lentille est animée de mouvements linéaires, de haut en bas, à la manière de l'équipage mobile d'un haut-parleur).

- Pour le suivi de piste, la lentille est animée d'un mouvement transversal (dans un plan horizontal), combiné à un déplacement linéaire du bloc optique (le bloc se déplace, en général, sur des rails tubulaires et ses mouvements sont commandés par un moteur, via une crémaillère et un ensemble de pignons).

- La vitesse de rotation du disque est contrôlée par la comparaison entre un signal électrique (fréquence) extrait du disque en lecture, et une fréquence fixe générée par un oscillateur à quartz interne au lecteur.

i. Conclusion

En conclusion, on peut dire que le lecteur cd et le cd sont tous les deux presque dépassés par la montée de nouvelles technologies que l'on ne présente plus avec à sa tête le DVD mais aussi dernièrement le Blu-ray et le hd dvd.