

TECHNOLOGIE DES SUPPORTS

Dr. ZAMOUCHE Djamila

Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Science Exactes

Département d'Informatique

Email : djamila.zamouche@univ-bejaia.dz

2024 / 2025



Table des matières

Objectifs	3
Introduction	4
I - Les supports de stockage	5
1. Les supports magnétiques	5
1.1. Bande magnétique.....	5
1.2. Disque magnétique.....	9
1.3. Évolution des supports magnétiques	13
2. Supports optiques	13
2.1. CD-ROM.....	13
2.2. DVD-ROM	14

Objectifs



Ce cours "**Technologie des supports**" a pour objectifs de :

- Identifier et décrire les supports de stockage ;
- Étudier le fonctionnement interne de ces supports, la manière dont les données y sont organisées ;
- Décrire les méthodes de calcul de la densité d'enregistrement, des temps des opération de L/E et de l'espace de stockage ;
- Connaître l'évolution de ces supports ;
- Identifier les différences fondamentales entre les différents supports.

Introduction



Les supports de stockage sont des dispositifs physiques qui permettent de stocker des informations numériques de manière permanente. Au fil des avancées technologiques, de nombreux supports de stockage sont apparus avec des capacités différentes. Des bandes magnétiques aux disques durs, en passant par les disquettes, les CD, les DVD, les cartes mémoires et les clés USB, les possibilités pour stocker des données n'ont cessé de croître.

Dans ce chapitre, nous étudierons l'évolution des supports de stockage ainsi que leurs caractéristiques techniques. Nous verrons les différents types existants, leur principe de fonctionnement, leur capacité respective, leurs avantages, etc.

Les supports de stockage



Les supports de stockage sont des périphériques d'E /S sur lesquelles on peut effectuer les opérations de lecture/écriture. Leur rôle est la sauvegarde de l'information en plus grande quantité, de manière plus durable. Il s'agit des supports magnétiques (bande et disque) et des supports optiques.

1. Les supports magnétiques

Qu'il s'agisse de bande ou de disque, le principe d'enregistrement sur un support magnétique est le même, il se base sur les effets de magnétisation d'une surface recouverte d'une substance magnétisable.

1.1. Bande magnétique

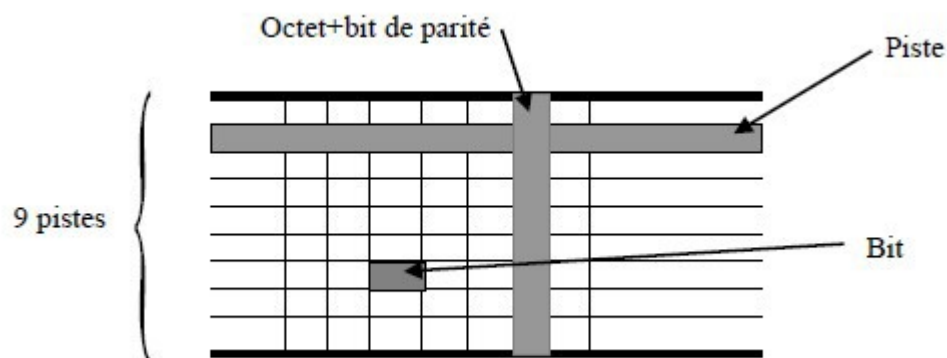


Définition

Une bande magnétique se présente sous la forme d'un ruban en plastique souple recouvert d'une couche magnétisée (oxyde de fer) et enroulée autour d'un support en plastique. Les bandes magnétiques sont exploitées par un dispositif spécial appelé dérouleur de bandes.

Organisation de la bande magnétique

À l'origine, la bande magnétique est organisée en 7 pistes (six de données plus une pour la parité), mais avec le développement des ordinateurs, l'organisation est passée à neuf (09) pistes (huit de données plus une pour la parité). Chaque octet est représenté verticalement tel que chaque bit est stocké sur une piste.

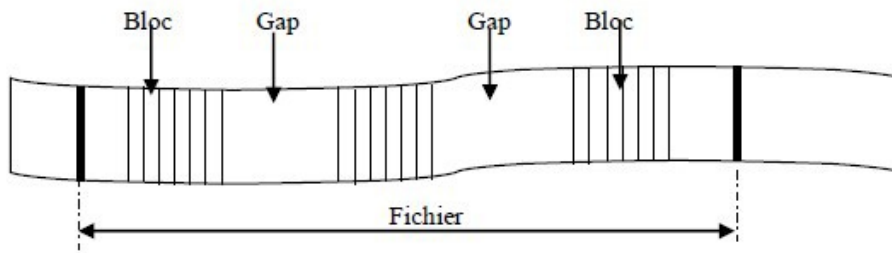


Organisation de la bande magnétique en pistes.

a) Stockage des données

Les données ne sont pas stockées de façon contiguë du début à la fin de la bande. Les informations sont enregistrées sur la bande sous forme de **blocs**, séparés par des zones non magnétisées appelées *espaces inter-blocs* ou *Gaps* selon une densité d'enregistrement donnée.

- La **densité d'enregistrement** est égale au nombre de bits stockés par pouce. Elle est mesurée en bit per inch (bpi).
 - **1 pouce = 2,54 cm**



Organisation des données sous forme de blocs séparés par des gaps.

Le stockage des enregistrements physiques sur les supports de stockage, de façon générale, peut s'effectuer de deux manières différentes :

- **Enregistrement groupé,**
- **Enregistrement non groupé.**

Cette notion de groupage (ou blocage) traduit le fait qu'un enregistrement physique (ou bloc) contienne un ou plusieurs enregistrements logiques. Cela traduit par le **facteur de blocage F**, tel que : $F = N_{el} / N_p$, (N_{el} : nombre d'enregistrements logiques, N_p : nombre d'enregistrements physiques). Ainsi, on parle :

- D'enregistrement groupé (ou bloqué) lorsque $F=n$, c'est à dire qu'un enregistrement physique contient plusieurs enregistrements logiques ;
- D'enregistrement non groupé lorsque $F=1$, c'est à dire qu'un enregistrement physique contient un seul enregistrement logique.

i) Intérêt d'enregistrement bloqué

L'enregistrement bloqué offre plusieurs avantages, les plus importants sont :

- Gagner du temps lors des opérations de L/E ;
- Gagner de l'espace sur le support.

b) Exploitation d'une bande magnétique

Pour une exploitation de la bande magnétique, il convient de connaître deux paramètres essentiels :

- L'espace réel de stockage ;
- Le temps nécessaire à la manipulation (L/E) du fichier sur la bande.

i) Détermination de l'espace de stockage

Pour déterminer l'espace nécessaire au stockage d'un fichier, il faut déterminer :

- L'espace nécessaire au stockage d'un enregistrement physique ;
- L'espace nécessaire au stockage de tout le fichier.

Pour cela, on va considérer les deux cas ($F=1$) et ($F=n$).

1 Cas1 : $F=1$

1. L'espace nécessaire au stockage d'un seul enregistrement physique :

$$E_b = T_{el} / D + E_{ib}$$

T_{el} : Taille d'un enregistrement logique

D : densité d'enregistrement

E_{ib} : espace inter-bloc

2. L'espace nécessaire au stockage de tout le fichier :

$$E_f = N * E_b$$

N : nombre d'enregistrements

E_b : espace nécessaire au stockage d'un seul enregistrement physique + espace inter-bloc

2 Cas2 : F=n**1. L'espace nécessaire au stockage d'un seul enregistrement physique :**

$$E_f = F * T_{el} / D + E_{ib}$$

2. L'espace nécessaire au stockage de tout le fichier :

$$E_f = N_b * E_b$$

N_b : nombre de bloc tel que : $N_b = N_{ef} / F$

**Méthode**

la formule générale permettant de déterminer l'espace réel de stockage d'un fichier sur une bande magnétique et la suivante :

$$E_f = \frac{N_{ef}}{F} * (E_{ib} + F \frac{T_{el}}{D})$$

N_{ef} : nombre d'enregistrements logiques dans le fichier

F : facteur de blocage

E_{ib} : espace inter-blocs

Tel : taille d'un enregistrement logique

D : densité d'enregistrement

**Exemple**

On considère un fichier de 15000 enregistrements de 200 caractères chacun. Calculer l'espace nécessaire à son stockage pour F=1 puis F=20, avec :

Densité d'enregistrement=2650bpi

Espace inter bloc=0,3pouces

ii) Détermination du temps de traitement (L/E) d'un fichier

Le temps de traitement d'une bande magnétique peut être calculé (on exclue le temps de traitement UC) à travers le :

1. Calcul la vitesse de défilement de la bande :

$$V_B = V_t / D$$

tel que :

V_B : vitesse de défilement de la bande mesurée en p/s

V_t : vitesse de transfert mesurée en c/s

D : densité d'enregistrement mesurée en bpi

2. Calcul du temps nécessaire à la lecture d'un bloc :

$$T_b = t_b / V_t$$

tel que :

T_b : temps de lecture d'un bloc mesuré en seconde

t_b : nombre d'octets par bloc (taille d'un bloc)

V_t : vitesse de transfert mesurée en c/s

3. Calcul du temps nécessaire au défilement d'un espace inter-bloc :

$$T_{ib} = E_{ib} / V_B$$

tel que :

T_{ib} : temps de défilement d'un espace inter-bloc mesuré en seconde

E_{ib} : espace inter-bloc mesuré en pouce

V_B : vitesse de la bande mesurée en p/s

Le temps nécessaire à la lecture d'un fichier est le suivant :

$$T_f = N_b * (T_b + T_{ib}) = N_b * (t_b / V_t + E_{ib} / V_B),$$

tel que :

N_b : le nombre de blocs dans le fichier et $N_b = N_{ef} / F$

? Exemple

On considère un fichier de 15000 enregistrements de 175 caractères chacun, stocké sur une bande magnétique. Avec les informations suivantes, calculer le temps de lecture de la bande.

Vitesse de transfert du déroulement : $V_t = 320000$ o/s

Densité d'enregistrement : $D = 6250$ bpi

Espace inter bloc : $E_{ib} = 0,3$ p

Facteur de blocage $F = 30$

c) Taille d'une bande magnétique

La taille mémoire d'une bande magnétique est déterminée par sa longueur, la densité d'enregistrement et la longueur des espaces inter-bloc.

? Exemple

Quelle est la capacité de stockage en octet d'une bande magnétique de longueur 600m avec des blocs de 512 octets et une densité d'enregistrement de 800 BPI avec un espace inter-bloc de 0.1cm.

Solution :

Taille = Nombre de blocs * taille du bloc

- **Calcul du nombre de blocs :**

On a : Longueur totale = Nombre de blocs * (longueur d'un bloc + E_{ib})

Donc, Nombre de blocs = Longueur totale / (longueur d'un bloc + E_{ib})

- **Calcul de la longueur d'un bloc (L_b) :**

800 octet \rightarrow 2.54 cm

512 \rightarrow L_b cm;

$L_b = (512 * 2.54) / 800 = 1.625$ cm

d'où, le nombre de blocs est :

$$\text{Nombre de blocs} = (600 \cdot 100) / (1.625 + 0.1) = 34\,782.60$$

Le nombre de blocs est 34782 blocs.

- **Calcul de la taille mémoire :**

$$\text{Taille} = 34782 \cdot 512 = 17\,808\,384 \text{ octets}$$

d) Caractéristiques d'une bande magnétique

La bande magnétique est caractérisée par un paramètre essentiel : l'accès séquentiel aux informations stockées : pour accéder à un bloc particulier, on est obligé de passer par tous les blocs qui le précèdent. Ce paramètre joue en sa défaveur, puisque cela génère une lenteur et une perte de temps durant les accès aux données.

i) Avantages

- Ce sont des périphériques standard utilisés sur la plupart des systèmes ;
- Elles permettent l'archivage des informations pour une longue durée.

ii) Inconvénients

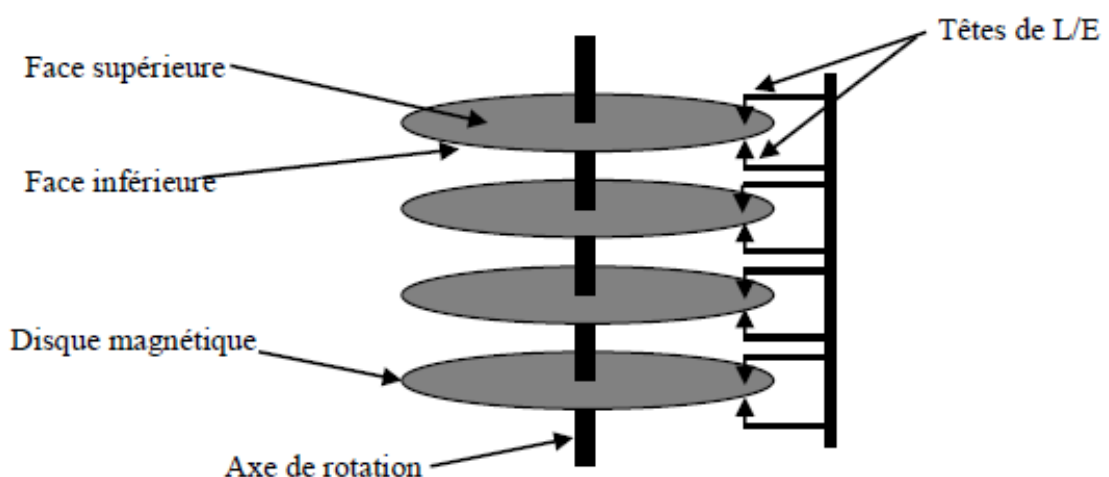
- L'inconvénient majeur des bandes magnétique est la lenteur des opérations de L/E de données. Le temps de latence très élevé en raison de la structure séquentielle des blocs sur la bande.

1.2. Disque magnétique

Un disque magnétique est une plaque circulaire magnétisée. On distingue généralement deux types de disques magnétiques : **les disques durs** et les **disques souples** (disquettes).

a) Disque dur

Un disque dur est constitué d'une pile de disques magnétiques superposés et regroupés autour d'un axe de rotation. Chaque disque possède deux faces, une face supérieure et une face inférieure. A chaque face est associé une tête de L/E fixée sur un bras mobile (deux têtes pour chaque disque magnétique).



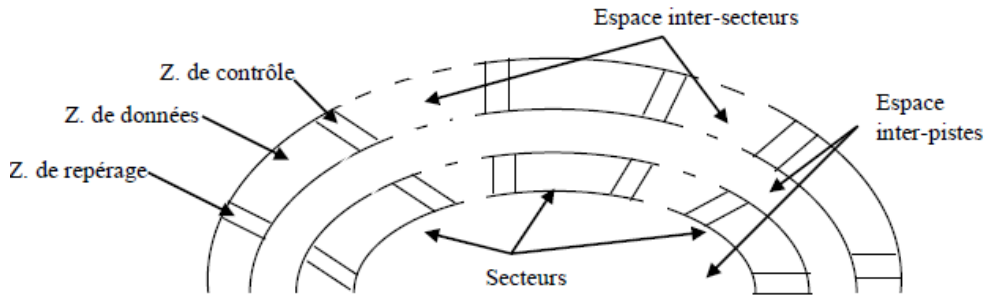
Structure d'un disque dur de 4 plateaux et 8 têtes.

i) Organisation du disque

Les disques sont divisés en secteurs, et les données sont rangées dans ces secteurs sous forme de bits en série. La taille d'un secteur est le plus souvent de 512 octets. Les opérations de L/E se font par secteur. Une suite de secteurs forme une piste sur la surface du disque.

Dans un secteur, on distingue trois zones chacune réservée à des tâches bien précises :

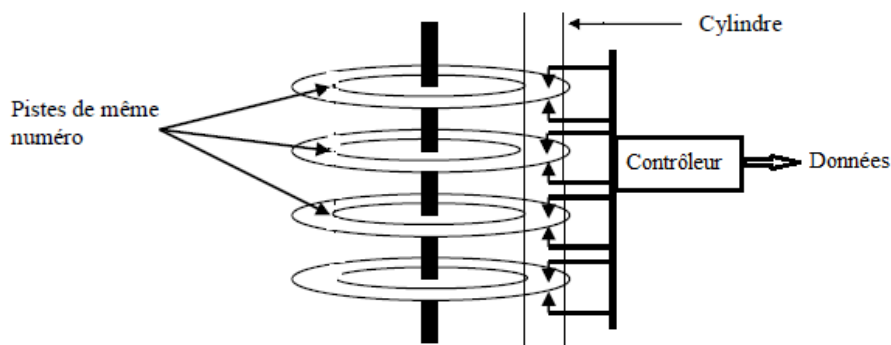
- Zone de données utiles : sert à recevoir les données à stocker sur le secteur,
- Zone repérage : elle contient le numéro du secteur,
- Zone de contrôle : contient un groupe de bits permettant de contrôler les données contenues dans la zone de données utiles.



Organisation des secteurs sur les pistes

L'ensemble des pistes accessible à un moment donné constitue le **cylindre**. La notion de cylindre correspond donc à toutes les données disponibles sans avoir besoin de déplacer les têtes de lecture.

Enfin, le dernier élément est le contrôleur qui sert d'interface avec le système d'exploitation. Le contrôleur reçoit du système des demandes de L/E, et les transforme en mouvements appropriés des têtes de lecture.



Exemple d'un cylindre.

ii) Densité d'enregistrement sur un disque

La densité d'enregistrement est donnée par la formule suivante :

$$D = N_b / L,$$

tel que :

N_b : nombre de bits (ou nombre de bytes)

L : longueur en pouces

Quant à la *densité d'enregistrement linéaire par piste* est calculé comme suit :

$$D_L = N_{bp} / L,$$

tel que :

N_{bp} : nombre de bits par piste (ou nombre de bytes par piste)

L : longueur d'une piste en pouce

? Exemple

Soit un disque avec 64 secteurs par piste. La taille d'un secteur étant de 4096 octets. Si on considère que la longueur d'une piste $L = 37,68\text{cm}$, quelle est la densité d'enregistrement linéaire ?

iii) Capacité d'un disque dur

Capacité d'un disque dur désigne la quantité d'informations qu'un disque peut contenir. Elle est mesurée en octet.

$$C_d = C_s * N_{sp} * N_c * N_t,$$

tel que :

C_s : capacité d'un secteur

N_{sp} : nombre de secteurs par piste

N_c : nombre de cylindres

N_t : nombre de têtes

? Exemple

Considérons un disque dont la géométrie est la suivante : 14têtes, 723cylindres et 51 secteurs, la capacité d'un secteur étant de 512octets. Quel est la capacité du disque ?

iv) Débit de transfert

Le débit de transfert représente la quantité d'informations transférée par unité de temps. Il est mesuré en o/s.

? Exemple

Si pour transférer 512 octets du disque vers la mémoire centrale nécessite 5ms, le débit sera calculé comme suit :

512 octets \rightarrow 5ms

D \rightarrow 1s

$$D = 512/0,005 = 102400\text{c/s} = 100*1024\text{c/s} = 100\text{Ko/s}$$

Donc, le débit de transfert est de 100Ko/s.

v) Les opérations L/E

Les informations stockées sur le disque sont identifiées par des adresses. Une adresse est constituée (1) d'un numéro de tête, (2) d'un numéro de cylindre et (3) d'un numéro de secteur. Ainsi, pour lire une information sur le disque, l'UC fixe au contrôleur du disque la quantité d'informations à lire et lui indique l'adresse correspondante sur le disque. A ce moment là, le contrôleur va effectuer les opérations suivantes :

- Il envoie les signaux nécessaires au positionnement de la tête à l'adresse indiquée ;
- Quand la tête est positionnée sur le secteur concerné, le disque envoie au contrôleur les informations lues en série (bit par bit) ;
- Le contrôleur du disque regroupe ce flot de bits et forme les mots destinés au système.



Presque le même processus est repéré pour l'écriture de données sur le disque. L'UC envoie au contrôleur les informations à stocker bloc par bloc et précise l'adresse à partir de laquelle va s'affecter l'opération d'écriture. Le contrôleur va commander le positionnement de la tête et transmet les données bit par bit.

Pour accéder à une information stockée sur disque, un nombre d'opérations élémentaires sont exécutées. Chacune de ces opérations va nécessiter un certain temps pour son exécution. Le totale de ces temps constitue le **temps d'accès à l'information**, c'est à dire, le temps qui s'écoule entre l'ordre venant du contrôleur pour le positionnement de la tête de L/E jusqu'au transfert complet d'un secteur.

Ainsi, le temps d'accès à une information est égal à la somme des temps suivants :

1. Temps nécessaire pour déplacer la tête pour la positionner sur le bon cylindre (ou temps de recherche) ;
2. Temps de latence (ou délai de rotation) qui correspond au temps de rotation pris par le disque pour amener le bon secteur sous la tête ;
3. Temps nécessaire au transfert d'un secteur ;
4. Temps du contrôleur qui est le temps pris par le contrôleur du disque pour achever l'opération d'E/S.



Le disque peut faire au minimum 0 tours et au maximum 1 tour pour atteindre le bon secteur, ce qui fait que le délai moyen de rotation est égal à un demi tour.



Si on considère qu'un disque tourne à 3600 tours par minute, le délai moyen de rotation sera calculé comme suit :

$3600\text{tours} \rightarrow 1\text{ minute}$

$1/2\text{tours} \rightarrow t\text{ minute}$

$t = 0,5/3600 = 0,000138\text{mn} = 0,0083\text{s} = 8,3\text{ms}$

Ainsi, le temps de rotation moyen pour atteindre le bon secteur est 8,3ms



On veut calculer le temps moyen nécessaire pour lire ou écrire un secteur de 512 octets pour un disque. Pour cela nous avons les informations suivantes :

Temps de recherche moyen = 9ms

Débit de transfert = 4Mo/s

Vitesse de rotation = 7200 tours/mn

Temps du contrôleur = 1ms

Le temps moyen d'accès = temps de recherche moyen + temps de rotation moyen + temps de transfert + temps du contrôleurs.

- le temps de rotation = $0,5/7200 = 4,15\text{ms}$
- le temps de transfert :
4Mo \rightarrow 1s

$512c \rightarrow ts$

$t = 512 / (4 * 1024 * 1024) = 0,000122s = 0,122ms.$

Donc, le temps moyen d'accès = $9 + 4,15 + 0,122 + 1 = 14,272ms.$



1 bit = 0 ou 1

1 octet = 1 caractère = 1 byte = 8 bits

1 Ko = 1024 octets

1 Mo = 1024 Ko

1 Go = 1024 Mo

vi) Avantage

Contrairement aux bandes magnétiques caractérisées par l'accès séquentiel aux données enregistrées, les disques magnétiques se distinguent par un accès direct, ce qui rend leur utilisation plus avantageuse.

b) Le disque souple (disquette)

C'est un disque magnétique constitué d'un seul plateau souple enfermé à l'intérieur d'un mince boîtier de protection.

1.3. Évolution des supports magnétiques

Bien que le principe d'enregistrement sur les supports magnétiques soit resté le même, plusieurs technologies de mise en œuvre ont été élaborées et ce dans le but d'en améliorer l'efficacité, la capacité et le temps d'accès à l'information.

Le premier support magnétique utilisé était la bande magnétique et un peu plus tard, les disques magnétiques qui ont contribué à la révolution de l'ordinateur et de l'Informatique en général.

2. Supports optiques

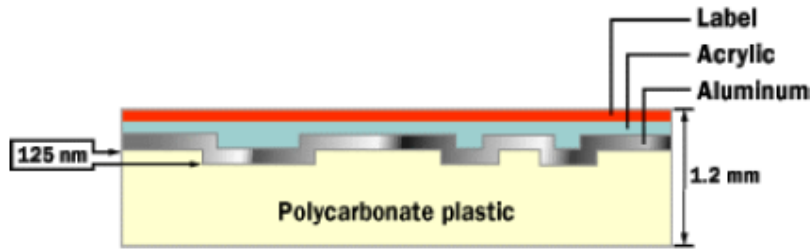
Ces dernières années, de nouveaux supports sont utilisés pour stocker l'information, il s'agit des disques optiques dont les avantages majeurs sont leur grande capacité de stockage et leur amovibilité. On distingue CD ROM (Compact Disk Read Only Memory) et DVD (Digital Versatile Disk).

2.1. CD-ROM

Le CD-ROM est un disque optique de 12 cm de diamètre et de 1mm d'épaisseur, permettant de stocker des informations numériques.

Il est possible de stocker sur ce support des musiques, des images, des vidéos, du texte et tout ce qui peut être enregistré de façon numérique.

Le CD est constitué de matière plastique, recouvert d'une fine pellicule métallique d'aluminium sur une des faces. Les pistes sont gravées en spirales, ce sont en fait des alvéoles d'une profondeur de 125nm et espacées de 1,6 μ . Ces alvéoles forment un code binaire, une alvéole correspond à un 0, un espace à un 1.



Structure d'un disque optique.

? Exemple

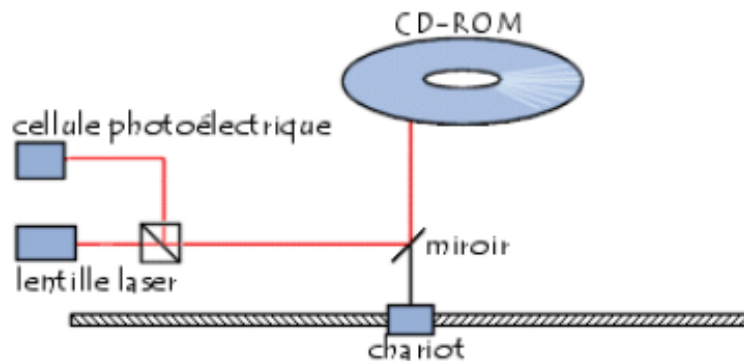
Prenons la séquence suivante : 110010101. Celle-ci correspond sur le CD-ROM à deux espaces, deux trous, un espace, un trou, un espace, un trou, un espace.



On a une séquence binaire que le lecteur parcourt grâce à un laser ; celui-ci est réfléchi lorsqu'il rencontre un espace, il ne l'est pas lorsqu'il rencontre une alvéole.

a) Le lecteur de CD-ROM

C'est une cellule photoélectrique qui permet de capter le rayon réfléchi, grâce à un miroir semi-réfléchissant comme le montre la figure suivant :



Un chariot permet de déplacer le miroir de façon à pouvoir accéder au CD-ROM en entier.

i) 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) ;
- Par son temps d'accès, on définit le temps moyen que le lecteur prend pour atteindre une partie du CD à une autre.

2.2. DVD-ROM

Le DVD-ROM (Digital Versatile Disc - Read Only Memory) est une variante du CD-ROM dont la capacité est largement plus grande. En effet, les alvéoles du DVD sont beaucoup plus petite (0,4µ et un espacement de 0.74µ), impliquant un laser avec une longueur d'onde beaucoup plus faible.

Les DVD existent en version "double couche". Ils sont constitués d'une couche transparente et d'une couche réflexive. Dans le but de lire ces deux couches, le lecteur dispose d'un laser à deux intensités :

- une intensité faible ; le rayon se réfléchit sur la première surface ;
- une plus grande intensité permet au rayon de traverser la première couche et de se réfléchir sur la deuxième surface.



L'intérêt du DVD touche en priorité le stockage vidéo qui demande beaucoup plus d'espace. 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.

Il existe 4 types de DVD différents :

Type de support	Capacité	Temps musical équivalent	Nombre de CD équivalent
CD	650Mo	1h18 min	1
DVD simple face simple couche	4.7Go	9 h 30	7
DVD simple face double couche	8.5Go	17 h 30	13
DVD double face simple couche	9.4Go	19 h	14
DVD double face double couche	17Go	35 h	26