

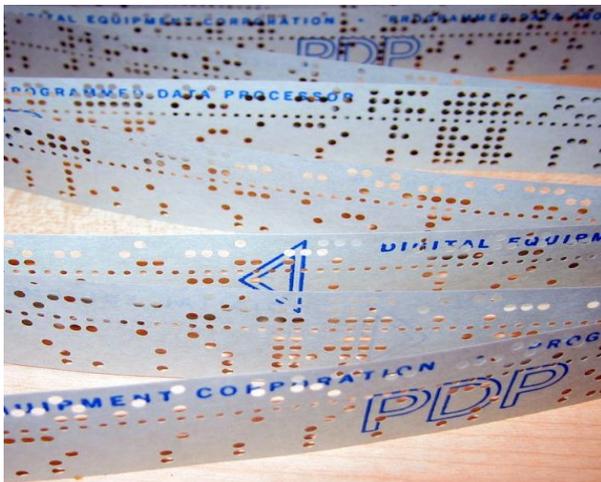
Le modèle en photo est utilisé à partir de 1928 par IBM.
Elles ont progressivement disparues à partir des années 1970.
Sauf aux états uni, ou on en trouve encore dans les fameuses machines-de-votes-qu'il-faut-recompter-à-la-main-après-pour-dire-que-c'est-Bush-qu'a-gagné ...

Les perforations rectangulaires (au nombre de 1, 2 ou 3 par caractère) sont disposées en 80 colonnes et 13 lignes.
C'est de la que viennent les 80 colonnes qui on été la taille maximale d'une instruction COBOL FORTRAN et PL1, la norme d'affichage des premiers écrans, et la taille maximale d'une instruction sur les OS des mini et grand systèmes.

Ces cartes étaient stockées par boîtes de 2 000, et le coin tronqué servait de repère pour les insérer dans le bon sens dans un chargeur de cartes ou pour les remettre à l'endroit quand la boîte tombait par terre...
D'où l'habitude des programmeurs de mettre des commentaires (au crayon a papier) sur leur programmes.

2.2 Les ruban perforé

Le ruban perforé est un long ruban de papier souple et solide, percé de trous circulaires disposés dans le sens de la largeur. Ces trous, disposés de façon normalisée, permettent d'encoder des valeurs sur 8 bits.



Un trou supplémentaire, de plus petite taille et situé vers le milieu de la bande, servait à l'entraînement par le lecteur-perforateur.

Le ruban perforé présentait deux avantages sur la carte perforée : il était beaucoup moins volumineux, et ne risquait pas d'être mis en désordre. Par contre, il avait un inconvénient majeur : la modification d'une valeur sur la bande impliquait un couper coller (littéralement), fragilisant le ruban.

Par exemple, pour modifier quelques octets, il fallait perforer les nouveaux octets sur un bout de ruban neuf, couper la partie que l'on désirait supprimer du ruban original, et insérer, par collage, le nouveau bout de ruban.

Cette technique est la même que celle du montage cinématographique. Lorsque la modification désirée était mineure, on pouvait parfois s'en tirer en perforant (à la main) un trou supplémentaire (transformant un 0 en 1), ou en bouchant un trou avec un autocollant.

3 Les supports magnétiques

3.1 Les bandes magnétiques



Il s'agit d'un ruban de polyester enduit de particules magnétiques (oxyde de fer).

Celle-ci mesure 2 400 pieds de long (732 mètres) pour 1/2 pouce (13 mm) de large

3.1.1 Historique

Les bandes magnétiques ont été inventés vers 1940 pour un usage audio puis Vidéo (VHS, Bétamax, ...).

Les bandes magnétiques ont été utilisées comme mémoires de masse dès les débuts de l'informatique. Dès les années 1950 le

format des bandes devient rapidement standard : une bande mesurait au maximum 2 400 pieds de long (732 mètres) pour ½ pouce (13 mm) de large ; des bobines plus petites de 200, 300 ou 600 pieds ont aussi été produites.

3.1.2 Encodage

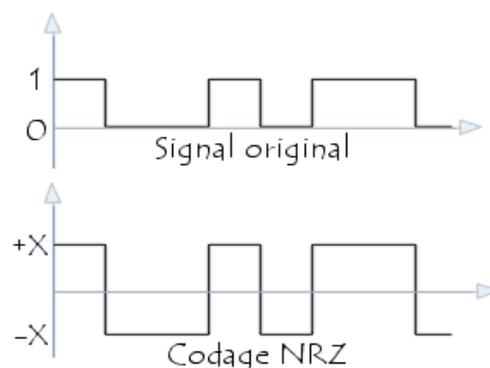
L'encodage, c'est la façon dont une information logique (des 0 et des 1) est transcrite physiquement (des trous et des bosses sur un CD, Des variations de courant électrique dans un câble réseau, ...).

Ne pas confondre encodage et codage (cryptographie).

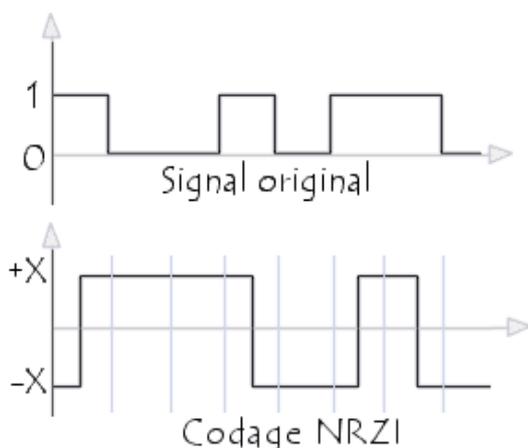
Toute la difficulté est de trouver une nomenclature qui permet d'aller très vite (diminution de la durée de chaque information) tout en résistant le plus possible à un affaiblissement du signal et à des bruits parasites.

3.1.2.1 NRZ (Non Return to Zero)

L'encodage NRZ (signifiant No Return to Zero, soit Non Retour à Zéro) est le premier système d'encodage, car le plus simple. Il consiste tout simplement à transformer les 0 en $-X$ et les 1 en $+X$, de cette façon on a un codage bipolaire dans lequel le signal n'est jamais nul. Par conséquent, le récepteur peut déterminer la présence ou non d'un signal.



3.1.2.2 NRZI (Non Return to Zero Inverted)



L'encodage NRZI est sensiblement différent du codage NRZ. Avec ce codage, lorsque le bit est à 1, le signal change d'état après le top de l'horloge. Lorsque le bit est à 0, le signal ne subit aucun changement d'état.

L'encodage NRZI possède de nombreux avantages, dont :

- La détection de la présence ou non du signal
- La nécessité d'un faible courant de transmission du signal

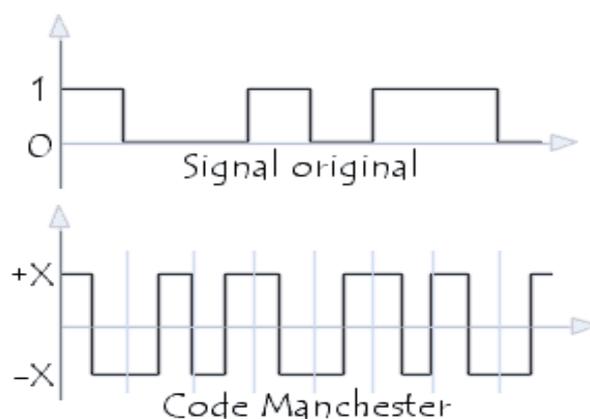
Par contre, il possède un défaut: la présence d'un courant continu lors d'une suite de zéro, gênant la synchronisation entre émetteur et récepteur.

3.1.2.3 PE (Phase Encoding)

L'encodage Manchester, également appelé encodage biphasé ou PE (pour Phase Encode), introduit une transition au milieu de chaque intervalle. Il consiste en fait à faire un OU exclusif (XOR) entre le signal et le signal d'horloge, ce qui se traduit par un front montant lorsque le bit est à zéro, un front descendant dans le cas contraire.

L'encodage Manchester possède de nombreux avantages, dont :

- le non passage par zéro, rendant possible par le récepteur la détection d'un signal
- un spectre occupant une large bande

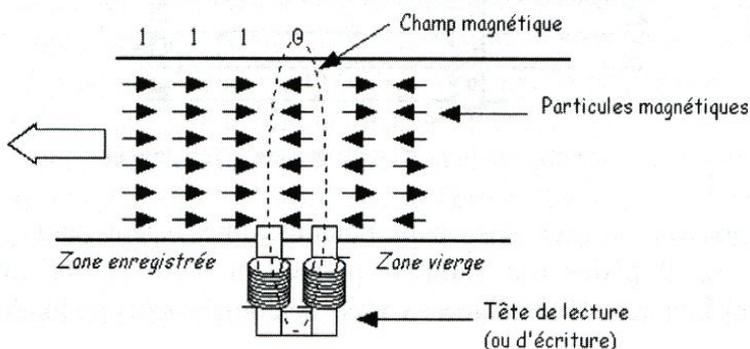


3.1.2.4 GCR (Group Code Recording)

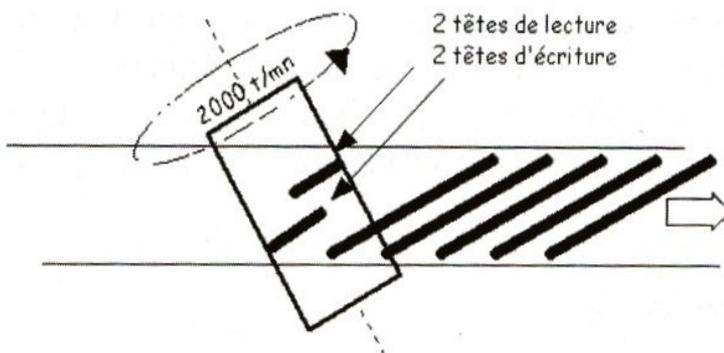
Pour atteindre des densités supérieures, on reprend le principe du NRZI en supprimant les séquences de zéros pour faciliter la synchronisation de la base de temps. Pour cela on utilise 5 bits pour encoder des groupes de 4 bits selon la table 1. Chaque groupe de 4 bits est encodé avant d'être enregistré, en utilisant la méthode NRZI, et décodé à la lecture. Avec ce code il est impossible de trouver plus de deux zéros consécutifs. Dans ces conditions il est plus facile de recadrer en permanence la base de temps sur la fréquence de défilement des informations.

Donnée (4 bits)	Code (5 bits)	Donnée (4 bits)	Code (5 bits)
0000	11001	1000	11010
0001	11011	1001	01001
0010	10010	1010	01010
0011	10011	1011	01011
0100	11101	1100	11110
0101	10101	1101	01101
0110	10110	1110	01110
0111	10111	1111	01111

3.1.3 Fonctionnement



Fonctionnement linéaire

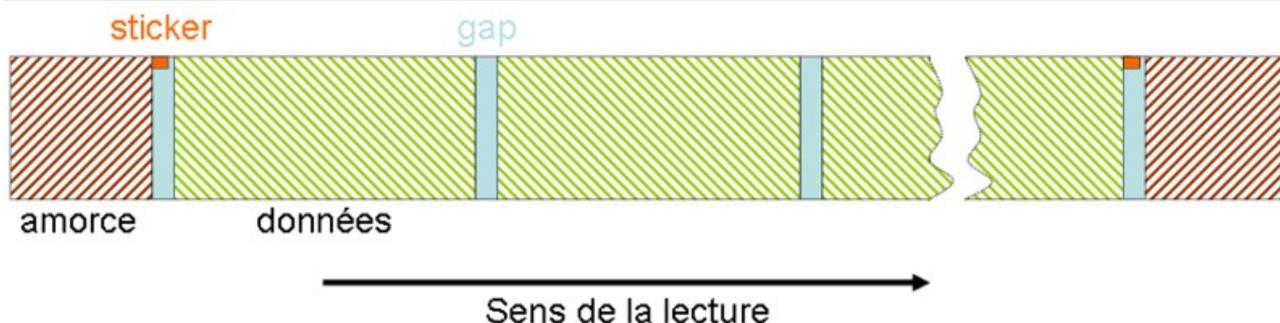


Fonctionnement hélicoïdal

Les données ne sont pas stockées de façon contiguë du début à la fin de la bande. Elles sont stockées dans des blocs séparés par des intervalles (gap).

Ces intervalles permettent au lecteur de bande de s'arrêter avant de reprendre une lecture ou une écriture : il n'est pas possible d'arrêter le déroulement de la bande puis de le reprendre là où il s'était

interrompu. Quand la lecture doit être interrompue, même momentanément (par exemple, lorsque la mémoire tampon est pleine), la bande est rembobinée jusqu'au gap précédent.



Parfois, on appelle la taille du bloc facteur de blocage. C'est à cause de cette organisation que les dérouleurs de bandes entraînent la bande suivant un mouvement saccadé, avec de longues lectures (vers l'avant), puis un bref arrêt, un court rembobinage, avant de reprendre la lecture.

Il est possible de lire les informations dans les deux sens, et cette faculté a été notamment utilisée dans les algorithmes de tri.

Comme pour tout support magnétique, il est possible de mettre le support en mode lecture seule. Sur

une bande magnétique, ceci est accompli en retirant l'anneau de la rainure située à l'arrière de la bande.



Les premiers mètres de bande sont appelés l'amorce. L'amorce est terminée par une étiquette réfléchissante (sticker en anglais) collée sur la bande. Un dispositif de détection photoélectrique sur le dérouleur de bandes détecte cette étiquette qui délimite le début de la zone de données et termine l'étape de « chargement » de la bande. Une seconde étiquette est positionnée à la fin de la bande, et marque la fin de la zone de données. Typiquement, quand celle-ci est détectée par le lecteur, il rembobine la bande automatiquement.

Le sticker de début de bande.

3.2 Les cassettes

Rapidement les bandes ont été mises dans des boîtiers qui facilitaient leur manipulation, évitant d'avoir à utiliser un dérouleur : C'est devenu des cassettes.

Le bon rapport prix/densité des cassettes en font toujours un support de choix pour les sauvegardes informatiques.

3.2.1 Les LTO (*Linear Tape Open*)

LTO (Linear Tape Open) est une technologie de stockage open-source sur bande magnétique, développée conjointement par HP, IBM et Seagate.

Le format LTO Ultrium a été lancé en 2000. Les différentes générations de LTO sont:

- LTO-1: 2000, capacité native 100 Go, débit 20 Mo/s
- LTO-2: 2002, capacité native 200 Go, débit 40 Mo/s
- LTO-3: 2005, capacité native 400 Go, débit 80 Mo/s
- LTO-4: 2007, capacité native 800 Go, débit 120 Mo/s, ajout de cryptage matériel (AES)
- LTO-5: 2008, capacité native 1,6 To, débit 180 Mo/s
- LTO-6: annoncé, capacité prévue 3,2 To, débit prévu 270 Mo/s



Cartouche et lecteur LTO-2 (200 Go / cartouche)

Les capacités et les débits indiqués correspondent à des données non compressées; en pratique on peut considérer un ratio de 2:1. C'est à dire que sur une cartouche LTO-3 on stocke 800 Go !

À noter que le LTO-3 peut écrire plus rapidement que la plupart des disques durs actuels.

Pour info : Une cartouche LTO-3 vaut moins de 50 €.

La durée de vie du média est estimée à 30 ans et 20000 chargements/déchargements.

Le temps de positionnement moyen est de 75 secondes.

3.2.1.1 Exercice

Calculez le coût de stockage d'une ferme de 25 serveurs 40 Go chacun.

Sachant que :

- Il faut inclure le prix d'un lecteur de cartouches
- Il faut un jeu de cartouches par jour de la semaine
- Les coûts logiciels ne sont pas inclus.
- La compression des données est de 2:1

Vous recherchez les meilleurs prix sur internet : Proposez un devis. Le moins cher à gagné.

3.3 Disquettes

3.3.1 Historique

La disquette a été lancée par IBM en 1971 (dans sa version 8 pouces) pour stocker les microprogrammes des systèmes 370 et, accessoirement, envoyer pour un faible coût des mises à jour à leurs possesseurs.

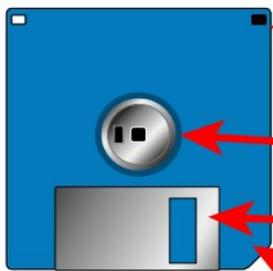
Cette première disquette pouvait stocker 80 000 caractères, soit environ une journée de frappe d'une opératrice de saisie. Pour cette raison, des matériels de saisie sur disquette commencèrent à remplacer les encombrantes et bruyantes perforatrices de cartes utilisées jusque-là.

La seconde génération de disquettes était au format de 5 pouces 1/4, et utilisée entre autres sur l'Apple II. C'est elle qui, formatée en 360 Ko équipa l'IBM PC en 1981, puis en 1,2 Mo le PC/AT en 1983. Disquette se dit en anglais Floppy disk (soit disque souple) car les formats 8 pouces et 5 pouces 1/4 étaient dans des enveloppes en carton. C'est par opposition que l'on a appelé les disques internes Disques dur.

La troisième génération possédait une enveloppe en matière plastique rigide. Introduite dans le monde PC en 1987 pour la série IBM PS/2 en versions 720 Ko et 1,44 Mo.

Il exista une version 2,88 Mo qui ne s'imposa pas. Cette version est dite 3 pouces 1/2 mais, comme elle est issues d'une norme japonaise (et que les japonais utilisent le système métrique) mesure en réalité 3 pouces 1/2 + 1/32 eme ... soit 9 cm.

3.3.2 Technologie



1

2

3

1. Volet de protection en écriture
2. Disque d'entraînement
3. Volet de protection amovible
4. Coque en plastique
5. Disque en papier ou en tissu doux
6. Disque magnétique
7. Secteur d'une piste

Les disquettes ont la même structure que les disques durs.



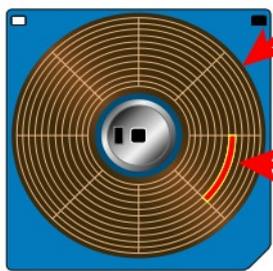
4

5

La différence entre les deux est que les disquettes sont amovibles et qu'elle ne sont composées que d'un seul disque.

Les disquettes sont divisées en pistes : sorte de cercles concentriques répartis à intervalles régulier sur leur surface magnétique.

Les pistes sont numérotées de 0 à n, le nombre de pistes étant n+1, variant avec le type de disquette. La piste 0 est celle située le plus à l'extérieur de la disquette.



6

7

Chaque piste est divisée en un nombre constant de secteurs de taille égale. Le nombre de ces secteurs dépend du format de la disquette.

Chaque secteur représente 512 octets pour un PC. Le secteur (ou bloc) est la plus petite partie du disque que l'ordinateur puisse lire.

La disquette est souvent divisée en deux faces car les lecteurs récents sont équipés de deux têtes de lecture/écriture : une pour chaque face.

On peut donc calculer la capacité d'une disquette par la formule :

Nombre de faces × nombre de pistes × nombre de secteurs/piste × 512 octets/secteur.

3.3.3 Organisation logique d'une disquette au format PC

L'organisation d'une disquette compatible PC se fait en quatre parties :

3.3.3.1 Le secteur de démarrage (boot) :

Situé sur le 1er secteur de la piste n°0 de la tête n°0, on y trouve des informations concernant le type de média, le numéro de série du disque, le nombre de secteurs par piste, le nombre de pistes, le nombre de têtes de lecture/écriture, un optionnel secteur de démarrage (disquette de démarrage), et de références aux autres sections de la disquette.

3.3.3.2 La table d'allocation des fichiers (FAT) :

La FAT est un index enregistrant l'emplacement des fichiers (ou de leurs fragments) sur le disque. En consultant la FAT, l'ordinateur peut déterminer si un secteur est disponible, utilisé ou défectueux. La FAT est écrite en deux copies sur le disque, permettant aux utilitaires de diagnostic de déceler des erreurs en comparant les copies.

3.3.3.3 Le répertoire racine :

On y retrouve les informations sur le volume, les sous-répertoires et les fichiers : nom, taille, date/heure de création et de modification, attributs (archive, lecture seule, caché, système) et surtout, un pointeur vers le secteur où il est stocké.

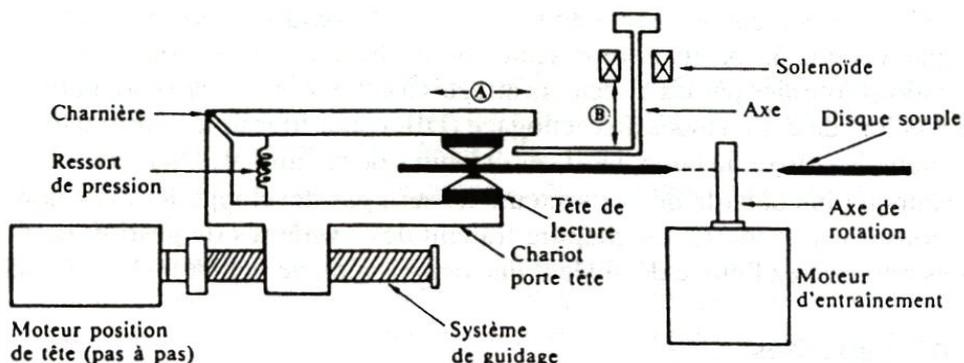
3.3.3.4 Les données :

L'espace restant du disque est utilisé pour stocker les données des fichiers.

3.3.4 Lecture et écriture

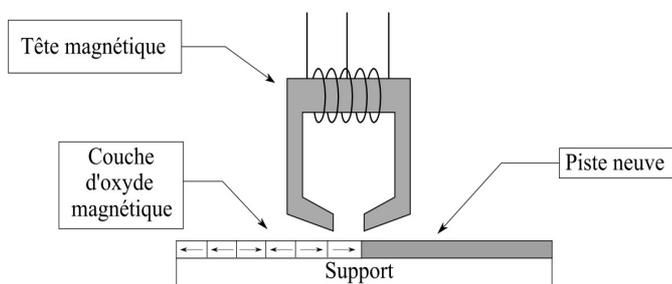
Le lecteur de disquette est composé de deux moteurs :

- Le premier entraîne la disquette et tourne à une vitesse de 300 tours/minute. Dès que l'ordinateur commande une fonction, la disquette tourne et reste un certain temps en marche après les opérations pour



permettre un accès plus rapide à d'autres appels (pas d'attente). Cette vitesse de rotation est réglée grâce à un capteur qui détecte une rotation complète du disque.

- Le second est un moteur pas à pas qui permet de déplacer la tête de lecture/écriture précisément sur la piste voulue.



La tête de lecture/écriture est composée de deux bobines égales placées en sens inverse ce qui permet la lecture et l'écriture de bit, la disquette étant recouvert d'une couche d'oxyde magnétique.

Un bit est positionné ou pas suivant le sens de l'orientation des micro-particules d'oxyde magnétique, dans un sens, le bit est lu comme un « 0 » logique, et dans l'autre sens comme un « 1 » logique. Pour l'écriture, la tête impose un sens aux micro-particules grâce à un champs

magnétique crée avec une bobine ou l'autre suivant le sens que l'on veut donner au bit écrit.

Sur une disquette neuve, les micro-particules sont orientées aléatoirement, elle est donc illisible. Pour écrire sur une disquette, il faut au préalable la formater pour lui donner un format de données : créer le secteur BOOT, les FAT et le répertoire ROOT dans le cas d'une disquette FAT.

3.3.5 Disparition

Leur capacité dérisoire, inférieure à trois mega octet (2,88 Mo) dans sa version la plus raffinée, aggravé par une fiabilité douteuse ne leur permettaient pas de faire face à l'avènement des mémoires flash sur USB qui ont rendu cette technologie totalement obsolète. Elles ont commencées à disparaître en 1998 avec l'avènement du iMac de Apple qui fut le premier ordinateur personnel sans lecteur de disquette. Depuis tout les modèle de Apple sont sans disquette chez les compatible PC le mouvement se fit plus tard et plus lentement, mais aujourd'hui plus aucun ordinateur compatible IBM-PC n'est vendu avec des lecteurs à disquette.

3.4 Disques Zip

Les disques ZIP sont des mémoires sur disquettes amovibles qui ont été mises sur le marché par Iomega en 1994. A l'origine ils existaient en format de 100 MB puis plus tard en 250 MB ou encore 750 MB.



Le matériel pouvait être connecté sur port parallèle, SCSI, USB ou IDE interne, selon les modèles. Certains fabricants d'ordinateurs proposaient même des modèles avec un lecteur intégré.

Les lecteurs 750 n'eurent pas beaucoup de succès, car ils étaient très chers et arrivaient sur le marché alors que les CD-RW (CD réinscriptibles) de même capacité revenaient moins chers et pouvaient subir des écritures à des vitesses comparables.

3.5 Disques dur

3.5.1 Histoire

Inventé en 1956 par IBM, la capacité du disque dur a depuis fortement augmenté tandis que son encombrement a été tout aussi fortement réduit : On en trouve maintenant dans des caméscopes, des lecteurs/enregistreurs de DVD de salon, des consoles de jeux vidéo, des PDA et des téléphones mobiles.



L'abréviation HDD signifie Hard Disk Drive : lecteur de disque dur.

Le premier disque dur, l'IBM 350 (qui faisait partie de l'ordinateur RAMAC 305), avait une capacité de cinq mégaoctets ; il était composé de 50 plateaux de 24 pouces de diamètre (61 centimètres).

IBM commercialisa le premier disque dur de 25 gigaoctets (Deskstar 25 GP), capacité présentée à l'époque par la presse comme disproportionnée par rapport aux besoins réels des particuliers.

Cinq ans plus tard, on considérait 80 Go comme une taille à peine

suffisante. En 50 ans, la capacité des disques durs a été multipliée par un facteur 500 000 puisqu'un disque actuel (2008) peut atteindre 2 To (sous un volume incomparablement moindre).

La surface occupée par un bit d'information sur le disque s'est vue réduite d'un facteur 100 000 en trente ans de recherches et d'innovations, améliorant fondamentalement les capacités de stockage, les

temps d'accès, l'encombrement et le coût de stockage.

3.5.2 Mécanique

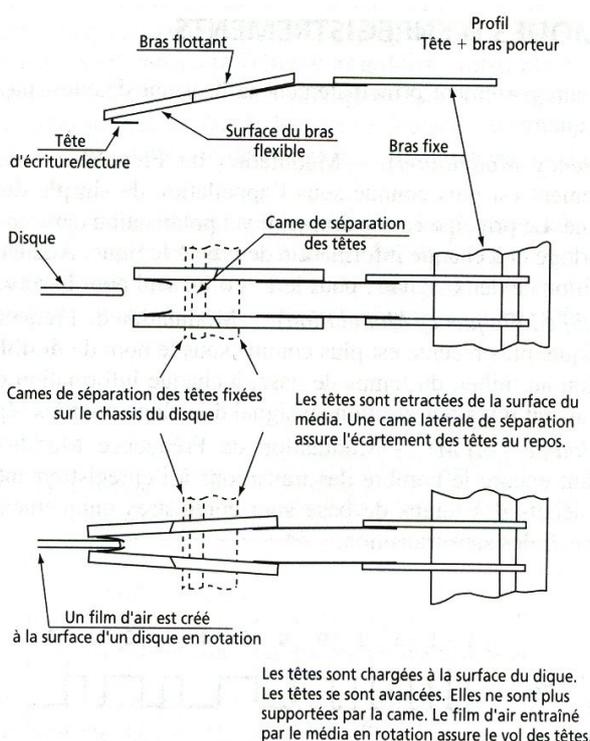
3.5.2.1 Plateaux

Les plateaux sont solidaires d'un axe sur roulements à billes ou à huile. Cet axe est maintenu en mouvement par un moteur électrique. La vitesse de rotation est actuellement comprise entre 3 600 et 15 000 tours/minute (l'échelle typique des vitesses est 3 600, 4 200, 5 400, 7 200, 10 000 et 15 000 tours/minute). **La vitesse de rotation est conservée constante.**

Les plateaux sont composés d'un substrat, autrefois en aluminium (ou en zinc), de plus en plus souvent en verre, traités par diverses couches dont une ferromagnétique recouverte d'une couche de protection. L'état de surface doit être le meilleur possible.



3.5.2.2 Tête de lecture/écriture



Fixées au bout d'un bras, elles sont solidaires d'un second axe qui permet de les faire pivoter en arc de cercle sur la surface des plateaux. Toutes les têtes pivotent donc en même temps. Il y a une tête par surface. Leur géométrie leur permet de voler au-dessus de la surface du plateau sans le toucher : elles reposent sur un coussin d'air créé par la rotation des plateaux. En 1997, les têtes volaient à 25 nanomètres de la surface des plateaux, aujourd'hui cette valeur est d'environ 10 nanomètres. rées par le freinage s'estompent.

À l'arrêt, les têtes doivent être parquées, soit sur une zone spéciale (la plus proche du centre, il n'y a alors pas de données à cet endroit), soit en dehors des plateaux.

Si une ou plusieurs têtes entrent en contact avec la surface des plateaux, cela s'appelle un *atterrissage* et provoque le plus souvent la destruction des informations situées à cet endroit. Une imperfection sur la surface telle qu'une poussière aura le même effet. La mécanique des disques durs est donc

assemblée en salle blanche et toutes les précautions (joints, etc.) sont prises pour qu'aucune impureté ne puisse pénétrer à l'intérieur du boîtier.

Les technologies pour la conception des têtes sont :

- **Tête inductive** (Principe d'un électroaimant)
- **Tête MagnétoRésistive** (Deux têtes : Écriture : Tête inductive, Lecture Tête MR (En présence d'un champ magnétique, sa résistance électrique se trouve modifiée) plus rapide)
- **Tête Giant MagnétoRésistive** (L'écriture continue à être assurée par une tête inductive. La

lecture, quant à elle, repose sur un phénomène découvert par deux physiciens (Albert Fert et Peter Grünberg prix Nobel 2007). Comme avec une tête magnétorésistive, on mesure les changements affectant la résistance électrique d'un élément placé au voisinage d'un champ magnétique, mais le dispositif met en œuvre des matériaux en couches extrêmement minces dont la réponse est beaucoup plus forte que celle obtenue avec le procédé magnétorésistif (d'où le terme giant). Le dispositif étant plus sensible, on peut exploiter des traces magnétiques beaucoup plus petites sur le disque)

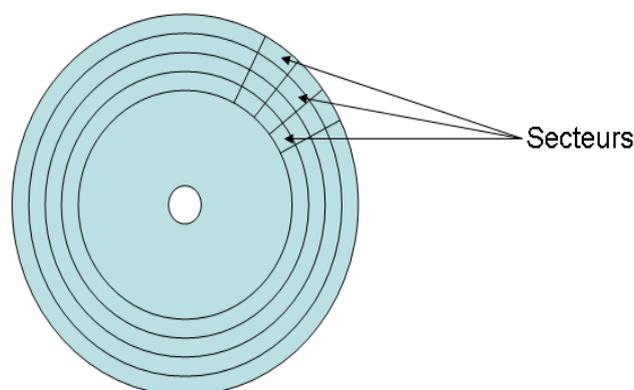
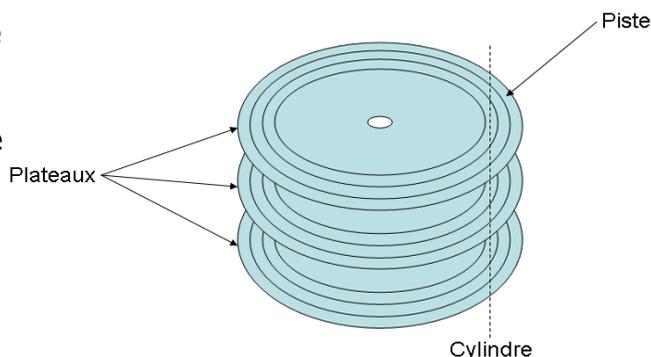
3.5.3 Fonctionnement

Le disque dur est l'organe du PC servant à conserver les données de manière permanente, même lorsque le PC est hors tension, contrairement à la mémoire vive, qui s'efface à chaque redémarrage de l'ordinateur, c'est la raison pour laquelle on parle de mémoire de masse.

Les données sont stockés sur le disque dur sous forme analogique sur une fine couche magnétique de quelques microns d'épaisseur recouverte d'un film protecteur. Un DSP (digital signal processor) se charge de la conversion des données analogiques en données numériques compréhensibles par l'ordinateur (0 ou 1, les bit).

Les têtes ne peuvent se déplacer individuellement et seulement une tête peut lire ou écrire à un moment donné. Un cylindre correspond donc à l'ensemble des données situées sur une même colonne parmi tous les plateaux.

L'ensemble de cette mécanique de précision est contenue dans un boîtier totalement hermétique, car la moindre particule peut détériorer l'état de surface du disque dur.



Les données d'un disque dur sont inscrites sur des pistes disposées en cercles concentriques autour de l'axe de rotation. Leur nombre varie en fonction du type de matériaux utilisés pour les plateaux et la couche magnétique. En simplifiant, le disque dur s'organise en plateaux, cylindres et secteurs. On appelle cylindre l'ensemble des pistes réparties sur les faces de chaque plateau et situées à la même distance de l'axe de rotation

Chaque piste est numérotée. La numérotation débute par 0 et commence à l'extérieur du plateau. Les pistes sont à leur tour divisées en petites portions appelées

secteurs. Leur nombre est déterminé en usine lors d'une phase appelée formatage physique. La numérotation des secteurs, elle, débute à 1. Cette organisation permet à l'ordinateur de localiser sans ambiguïté une zone du disque. L'adresse sera du type : Plateau 1 face intérieure, Cylindre (piste) 4 , secteur 12.

On appelle cluster la zone minimale que peut occuper un fichier sur le disque. Le système d'exploitation utilise des blocs qui sont en fait plusieurs secteurs (entre 1 et 16 secteurs). Un fichier minuscule devra donc occuper plusieurs secteurs (un cluster, taille minimum gérée par Windows).

Un disque dur se différencie par :

- Sa capacité exprimée en Go
- Sa densité exprimée en Go par plateau
- Sa vitesse de rotation exprimée en tours minutes
- Son temps d'accès exprimé en millisecondes

- Son interface, IDE, SCSI, SATA, ...
- Son taux de transfert moyen exprimé en Mo par seconde

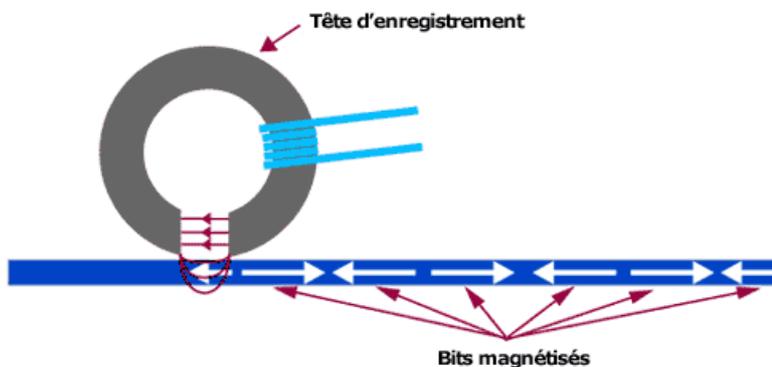
3.5.3.1 Vitesse angulaire et vitesse linéaire

Quand on dit qu'un disque tourne à 5400 trs/min on parle de vitesse angulaire (1 tour = 1 angle de 360 °), cette vitesse est par définition constante. Par contre la vitesse linéaire varie en permanence en fonction de la position des têtes de lecture/écriture du disque par rapport à son centre. Plus les têtes s'éloignent du centre, plus la vitesse linéaire augmente. Plus la vitesse linéaire est grande, plus le débit est important.

Une donnée située près du centre du disque dur va donc être lue moins vite qu'une donnée située au bord. Ce qui est dommage, c'est que l'on ne fait plus de disques durs 5 pouces 1/4 à cause d'un problème d'inertie.

3.5.3.2 La densité d'informations :

Processus d'enregistrement longitudinal



La densité est la quantité d'informations que vous pouvez stocker sur une surface donnée. Elle n'influence que le débit du disque. Il ne faut pas se leurrer : un disque dur avec une très grande densité et une vitesse de rotation plus faible ira généralement plus vite qu'un autre qui a 10 ans et qui tourne à 7200 tours par minute. La difficulté de maîtrise de l'inertie fait que les constructeurs préfèrent augmenter la densité d'informations pour augmenter les performances. Le débit des disques durs a donc été multiplié par 50 avec une vitesse de

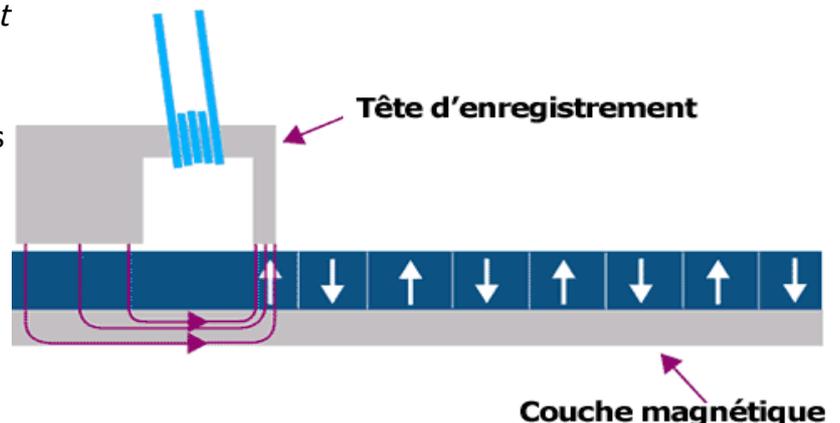
rotation multipliée seulement par 4.

Les informations sur un disque dur sont stockées généralement longitudinalement

Pour pouvoir stocker toujours plus d'informations, il a cependant fallu trouver un autre moyen de stockage plus performant. En effet le stockage longitudinal commençait à atteindre ses limites physiques. Les données sont donc, sur les disques durs les plus récents, stockées verticalement. Il en ressort une densité d'informations accrue.

stockage perpendiculaire

Processus d'enregistrement perpendiculaire



3.5.3.3 Le temps d'accès

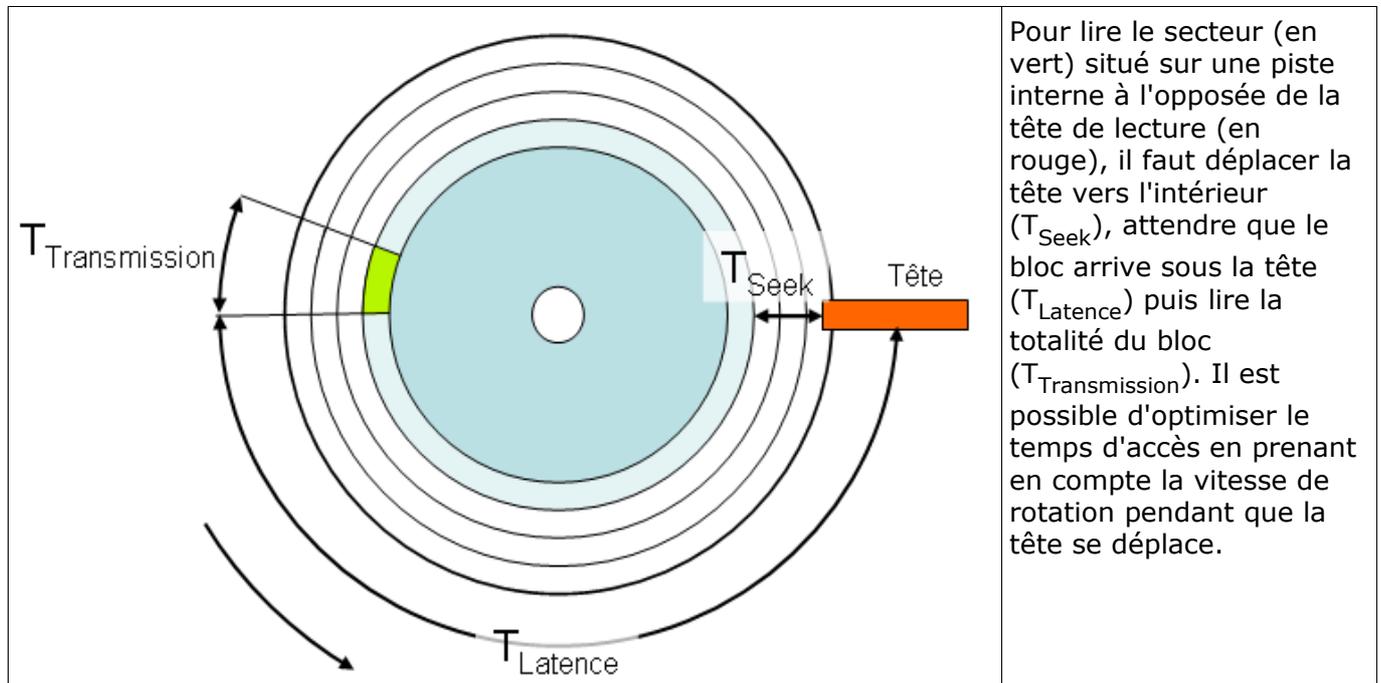
C'est le temps moyen que mettent les têtes de lecture pour trouver les informations. Il est défini comme suit : **Temps d'accès = Temps de latence + Temps d'accès aux données**. Le temps de latence dépend uniquement de la vitesse de rotation du disque, puisqu'il représente le temps nécessaire pour trouver des données suite à un changement de piste (si la donnée se trouve un tour ou un quart de tour plus loin par exemple).

La faible évolution du temps d'accès entre les années 90 et nos jours est un problème d'inertie (énergie

que vous devez dépenser pour arrêter un objet en mouvement).

$$\text{Énergie cinétique} = 1/2 * [\text{Masse} * \text{Vitesse}^2]$$

En augmentant légèrement la vitesse, l'inertie augmente exponentiellement ce qui rend la maîtrise de la mécanique difficile. On pourrait fabriquer des disques plus petits pour diminuer la masse des plateaux et des têtes, mais la vitesse linéaire diminuerait. Bref, c'est l'impasse. Il vaut mieux alors se tourner vers les disques durs SCSI qui offrent des temps d'accès de 3 ms pour certains.



3.5.3.4 Les interfaces (modes de communications)

Anciennes normes :

- Storage Module Device (SMD), très utilisée dans les années 1980, elle était principalement réservée pour les disques de grande capacité installés sur des serveurs.
- SA-1000 un bus utilisé en micro informatique, d'où le ST-506 est dérivé.
- ST-506, très utilisée au début de la micro-informatique dans les années 1980.
- ESDI (Enhanced Small Device Interface), a succédé au ST-506, qu'elle améliore.
- L'interface IDE (ou PATA par opposition au SATA, voir plus loin), la plus courante dans les machines personnelles jusqu'à 2005, appelée aussi ATA (AT ATTACHMENT), à ne pas confondre avec S-ATA, cette dernière l'ayant remplacée.
- SCSI (Small Computer System Interface), plus chère, mais offrant des performances supérieures. Toujours utilisée et améliorée (passage de 8 à 16 bits notamment, et augmentation de la vitesse de transfert, normes SCSI-1, SCSI-2, SCSI-3).
- SAS (Serial Attached SCSI), combine les avantages du SCSI avec ceux du Serial ATA (elle est compatible avec cette dernière).

L'interface SATA :

L'interface SATA (pour Serial ATA) est une évolution de l'IDE. La transmission des données se fait par un bus série et non parallèle, ce qui explique les faibles dimensions des nappes de ces disques durs. Le débit maximum que peut atteindre cette interface est de 300 Mo par seconde pour le moment (révision Sata II, contre 150 Mo/s pour la première version du Serial ATA).



Photo du connecteur de données Serial ATA



Un connecteur d'alimentation électrique SATA. Il est semblable à un connecteur de données, mais en plus large (il possède 15 broches au lieu de 7).

L'Interface Fiber-Channel

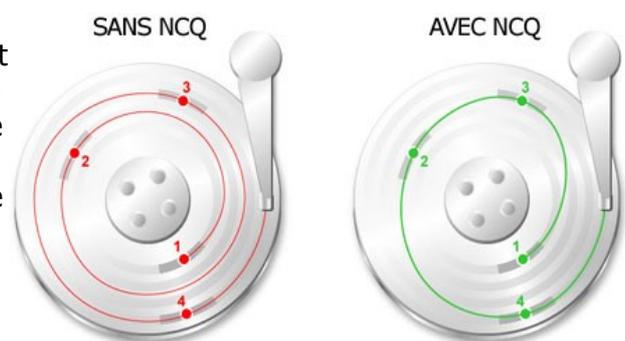
(FC-AL), est un successeur du SCSI. La liaison est série et peut utiliser une connectique fibre optique ou cuivre. Principalement utilisée sur les serveurs.

3.5.3.5 Le cache

Pour pallier aux performances stagnantes des disques durs, les constructeurs leur ont adjoint un cache. Ce cache est présent depuis bien longtemps dans les disques durs. Il peut atteindre désormais 16 Mo aujourd'hui. Le cache sert de relais entre le disque dur et le processeur. Plus sa capacité est élevée, mieux c'est. Attention, cela ne signifie pas pour autant qu'un disque sera plus performant qu'un autre d'une marque concurrente !

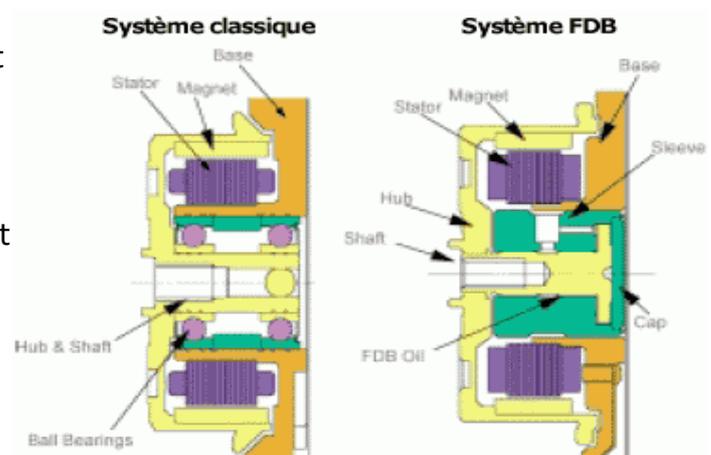
3.5.3.6 Le NCQ (Native Command Queuing)

Le NCQ est une technologie destinée à améliorer les performances des disques durs. Cette technique permet de réorganiser l'ordre des requêtes envoyées au disque dur pour que celui-ci récupère les données en faisant le moins de tours possibles pour récupérer les données demandées (ce qui se fait donc plus rapidement). Cette technologie n'est efficace que si vous ne parcourez pas un seul gros fichier non fragmenté sur le disque et est implantée dans les chipsets les plus récents



3.5.3.7 Le fluid dynamic bearing

Le fluid dynamic bearing (FDB) consiste à placer l'axe de rotation du disque dans un bain d'huile et non simplement dans des billes en acier. La première amélioration perçue est le bruit qui diminue significativement. L'autre amélioration majeure est la durée de vie accrue de ce type de matériel : les billes pouvant se creuser légèrement au bout de longues heures d'utilisation, la précision du disque dur peut en être affectée.



3.5.4 Mesurer la capacité

La capacité d'un disque dur peut être calculée ainsi : **nombre de cylindres * nombre de têtes * nombre de secteurs * nombre d'octets/secteur** (généralement 512)

Cependant, les valeurs de cylindre, tête, & de secteur ne sont pas exactes pour les disques utilisant le "zone bit recording" (enregistrement de morceau zonal Laughing), ou la translation d'adresses. Sur les

disques ATA de taille supérieure à 8 Go, les valeurs sont fixées à 16 383 cylindres, 16 têtes, 63 secteurs pour la compatibilité avec les systèmes d'exploitation plus anciens.

Exemple avec un disque dur SATA Hitachi de fin 2005 :

63 secteurs * 255 têtes * 10 011 cylindres * 512 octets/secteur = 82 343 278 080 octets

soit 76,688 Gio (ou 82,343 Go)

3.5.5 Capacité de stockage

Les capacités actuelles (2008) s'échelonnent entre 20 Go et 2 To. La capacité des disques durs a augmenté beaucoup plus vite que leur rapidité, limitée par la mécanique.

3.5.6 Formats

Les dimensions des disques durs sont normalisées :

- 19 pouces pour les anciens disques
- 8 pouces : génération suivante, permettant de mettre deux disques sur une largeur de baie.
- 5 pouces 1/4 : format apparu dans les années 1980, on le trouve aussi en demi-hauteur.
- 3 pouces 1/2 est la taille standard à ce jour.
- 2 pouces 1/2 pour les ordinateurs portables à l'origine et installé sur les serveurs depuis 2006.
- 1 pouce 1/8 pour les baladeurs numériques, les ordinateurs ultraportables, certains disques durs externes.
- 1 pouce pour les disques dit microdrive (au format des cartes mémoires CompactFlash et sont utilisés de la même manière. Leur capacité varie de 384 Mo à 8 Go.

3.6 La technologie RAID

Le mot RAID désigne une technologie permettant de stocker des données sur de multiples disques durs, en général de manière redondante, afin d'améliorer certaines caractéristiques essentielles de l'ensemble en fonction du type de RAID choisi, qu'il s'agisse de la tolérance aux pannes, de l'intégrité des données, ou des performances de l'ensemble.

RAID était à l'origine l'acronyme de Redundant Array of Inexpensive Disks, ce qui signifie « matrice redondante de disques bon marché ». Aujourd'hui, le mot est devenu l'acronyme de Redundant Array of Independent Disks, ce qui signifie « matrice redondante de disques indépendants », car les disques durs sont de bien meilleure qualité qu'à l'époque.

Cette technologie a été mise au point en 1987 par trois chercheurs (Patterson, Gibson et Katz) à l'Université de Californie (Berkeley). Depuis 1992 c'est le RAID Advisory Board qui gère ces spécifications. Elle consiste à constituer un disque de grosse capacité (donc coûteux) à l'aide de plus petits disques peu onéreux (c'est-à-dire dont le MTBF, Mean Time Between Failure, soit le temps moyen entre deux pannes, est faible).

Les disques assemblés selon la technologie RAID peuvent être utilisés de différentes façons, appelées Niveaux RAID. L'université de Californie en a défini 5, auxquels ont été ajoutés les niveaux 0 et 6. Chacun d'entre-eux décrit la manière de laquelle les données sont réparties sur les disques :

- Niveau 0: appelé striping
- Niveau 1: appelé mirroring, shadowing ou duplexing
- Niveau 2: appelé striping with parity (obsolète)
- Niveau 3: appelé disk array with bit-interleaved data
- Niveau 4: appelé disk array with block-interleaved data

- Niveau 5: appelé disk array with block-interleaved distributed parity
- Niveau 6: appelé disk array with block-interleaved distributed parity

Chacun de ces niveaux constitue un mode d'utilisation de la grappe, en fonction :

- des performances
- du coût
- des accès disques

3.6.1 RAID 0

Le niveau RAID-0, appelé **striping** (traduisez *entrelacement* ou *agrégat par bande*, parfois injustement appelé *stripping*) consiste à stocker les données en les répartissant sur l'ensemble des disques de la grappe. De cette façon, il n'y a pas de redondance, on ne peut donc pas parler de tolérance aux pannes. En effet en cas de défaillance de l'un des disques, l'intégralité des données réparties sur les disques sera perdue.

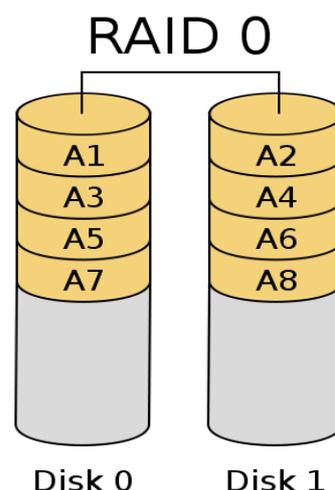
Toutefois, étant donné que chaque disque de la grappe a son propre contrôleur, cela constitue une solution offrant une vitesse de transfert élevée.

Le RAID 0 consiste ainsi en la juxtaposition logique (agrégation) de plusieurs disques durs physiques. En mode RAID-0 les données sont écrites par "bandes" (en anglais *stripes*) :

On parle de facteur d'entrelacement pour caractériser la taille relative des fragments (*bandes*) stockés sur chaque unité physique. Le débit de transfert moyen dépend de ce facteur (plus petite est chaque bande, meilleur est le débit).

Si un des éléments de la grappe est plus grand que les autres, le système de remplissage par bande se trouvera bloqué lorsque le plus petit des disques sera rempli. La taille finale est ainsi égale au double de la capacité du plus petit des deux disques :

- deux disques de 20 Go donneront un disque logique de 40 Go.
- un disque de 10 Go utilisé conjointement avec un disque de 27 Go permettra d'obtenir un disque logique de 20 Go (17 Go du second disque seront alors inutilisés).

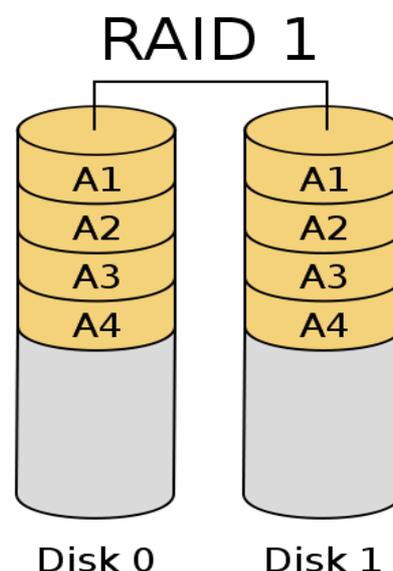


3.6.2 RAID 1

Le niveau 1 a pour but de dupliquer l'information à stocker sur plusieurs disques, on parle donc de mirroring, ou shadowing pour désigner ce procédé.

On obtient ainsi une plus grande sécurité des données, car si l'un des disques tombe en panne, les données sont sauvegardées sur l'autre. D'autre part, la lecture peut être beaucoup plus rapide lorsque les deux disques sont en fonctionnement. Enfin, étant donné que chaque disque possède son propre contrôleur, le serveur peut continuer à fonctionner même lorsque l'un des disques tombe en panne, au même titre qu'un camion pourra continuer à rouler si un de ses pneus crève, car il en a plusieurs sur chaque essieu...

En contrepartie la technologie RAID1 est très onéreuse étant donné que seule la moitié de la capacité de stockage n'est effectivement utilisée.



3.6.3 RAID 2

Le niveau RAID-2 est désormais obsolète, car il propose un contrôle d'erreur par code de Hamming (codes ECC - Error Correction Code), or ce dernier est désormais directement intégré dans les contrôleurs de disques durs.

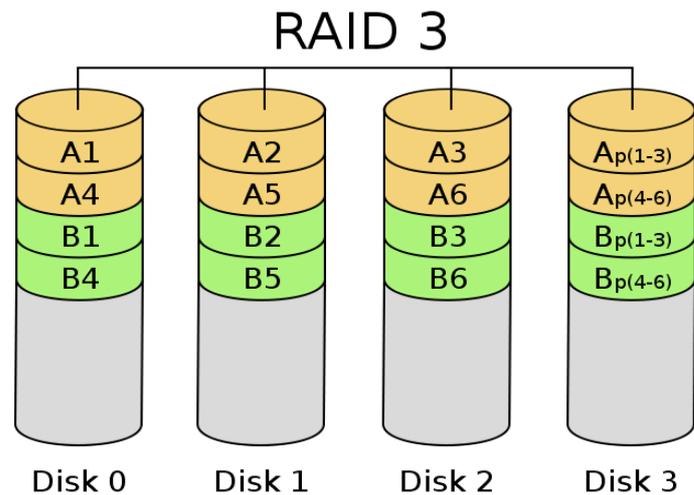
Cette technologie consiste à stocker les données selon le même principe qu'avec le RAID-0 mais en écrivant sur une unité distincte les bits de contrôle ECC (généralement 3 disques ECC sont utilisés pour 4 disques de données).

La technologie RAID 2 offre de piètres performances mais un niveau de sécurité élevé.

3.6.4 RAID 3

Le niveau 3 propose de stocker les données sous forme d'octets sur chaque disque et de dédier un des disques au stockage d'un bit de parité.

De cette manière, si l'un des disques venait à défaillir, il serait possible de reconstituer l'information à partir des autres disques. Après "reconstitution" le contenu du disque défaillant est de nouveau intègre. Par contre, si deux disques venaient à tomber en panne simultanément, il serait alors impossible de remédier à la perte de données.



3.6.5 RAID 4

Le niveau 4 est très proche du niveau 3. La différence se trouve au niveau de la parité, qui est faite sur un secteur (appelé bloc) et non au niveau du bit, et qui est stockée sur un disque dédié. C'est-à-dire plus précisément que la valeur du facteur d'entrelacement est différente par rapport au RAID 3.

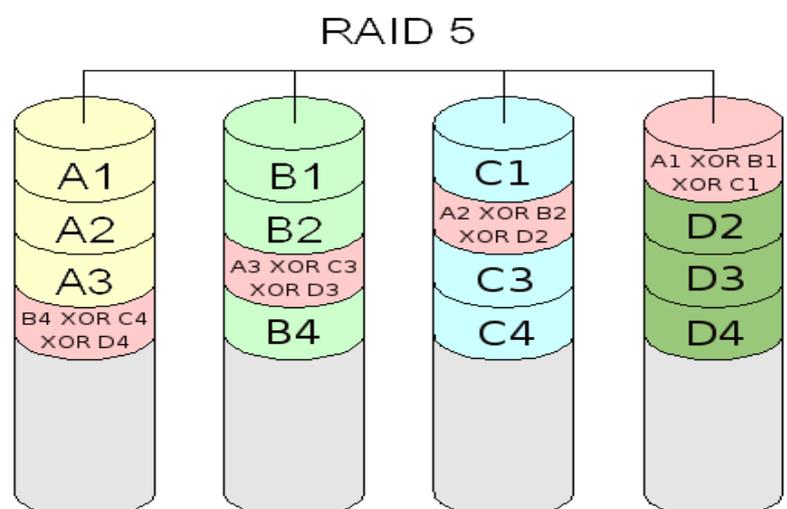
Ainsi, pour lire un nombre de blocs réduits, le système n'a pas à accéder à de multiples lecteurs physiques, mais uniquement à ceux sur lesquels les données sont effectivement stockées. En contrepartie le disque hébergeant les données de contrôle doit avoir un temps d'accès égal à la somme des temps d'accès des autres disques pour ne pas limiter les performances de l'ensemble.

3.6.6 RAID 5

Le niveau 5 est similaire au niveau 4, c'est-à-dire que la parité est calculée au niveau d'un secteur, mais répartie sur l'ensemble des disques de la grappe.

De cette façon, RAID 5 améliore grandement l'accès aux données (aussi bien en lecture qu'en écriture) car l'accès aux bits de parité est réparti sur les différents disques de la grappe.

Le mode RAID-5 permet d'obtenir des performances très proches de celles obtenues en RAID-0, tout en assurant une tolérance aux pannes élevée, c'est

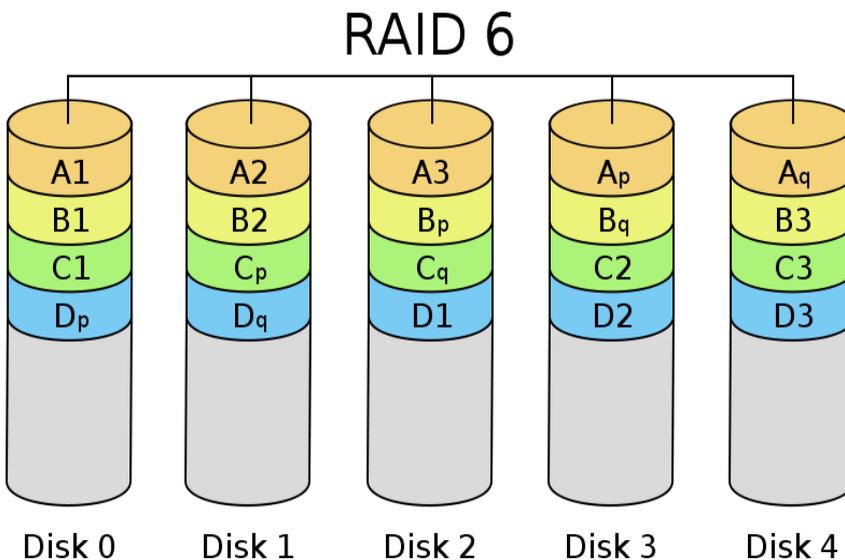


la raison pour laquelle c'est un des modes RAID les plus intéressants en terme de performance et de fiabilité.

L'espace disque utile sur une grappe de n disques étant égal à n-1 disques, il est intéressant d'avoir un grand nombre de disques pour "rentabiliser" le RAID-5.

3.6.7 RAID 6

Le RAID 6 est une évolution du RAID 5 qui accroît la sécurité en utilisant deux informations redondantes au lieu d'une. Il peut donc résister à la défaillance de deux disques. Les fondements mathématiques utilisés pour les informations de redondance du RAID 6 sont beaucoup plus complexes que pour le RAID 5.



Si la sécurité est plus grande, le coût en matériel est plus élevé et la vitesse est moindre. La puissance CPU nécessaire pour calculer les redondances et surtout pour reconstruire un volume défectueux est également très nettement plus importante.

Les défauts majeurs sont :

- Les temps d'écriture sont longs à cause des calculs de redondance complexes.
- Le temps de reconstruction en cas de défaillance simultanée de 2 disques est extrêmement long.

Le RAID 6 est peu utilisé du fait de son surcoût.

3.6.8 Comparaison

Les solutions RAID généralement retenues sont le RAID de niveau 1 et le RAID de niveau 5.

Le choix d'une solution RAID est lié à trois critères :

- la sécurité : RAID 1 et 5 offrent tous les deux un niveau de sécurité élevé, toutefois la méthode de reconstruction des disques varie entre les deux solutions. En cas de panne du système, RAID 5 reconstruit le disque manquant à partir des informations stockées sur les autres disques, tandis que RAID 1 opère une copie disque à disque.
- Les performances : RAID 1 offre de meilleures performances que RAID 5 en lecture, mais souffre lors d'importantes opérations d'écriture.
- Le coût : le coût est directement lié à la capacité de stockage devant être mise en oeuvre pour avoir une certaine capacité effective. La solution RAID 5 offre un volume utile représentant 80 à 90% du volume alloué (le reste servant évidemment au contrôle d'erreur). La solution RAID 1 n'offre par contre qu'un volume disponible représentant 50 % du volume total (étant donné que les informations sont dupliquées).

3.6.9 Mise en place d'une solution RAID

Il existe plusieurs façons différentes de mettre en place une solution RAID sur un serveur :

- de façon logicielle : il s'agit généralement d'un driver au niveau du système d'exploitation de l'ordinateur capable de créer un seul volume logique avec plusieurs disques (SCSI ou IDE).

- de façon matérielle
 - avec des matériels DASD (Direct Access Storage Device) : il s'agit d'unités de stockage externes pourvues d'une alimentation propre. De plus ces matériels sont dotés de connecteurs permettant l'échange de disques à chaud (on dit généralement que ce type de disque est hot swappable). Ce matériel gère lui-même ses disques, si bien qu'il est reconnu comme un disque SCSI standard.
 - avec des contrôleurs de disques RAID : il s'agit de cartes s'enfichant dans des slots PCI ou ISA et permettant de contrôler plusieurs disques durs.

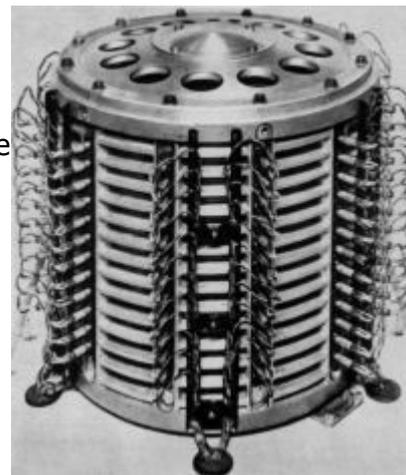
3.7 Tambours

Le tambour possédait une tête de lecture/écriture par piste.

La capacité de stockage par unité de volume était faible mais, par contre, le temps d'accès moyen était bien plus court que celui des disques durs. De ce fait, les tambours étaient des mémoires de masse de choix pour les systèmes à mémoire virtuelle. Une réminiscence de cette époque se retrouve toujours dans les systèmes unix où l'accès à la mémoire de swap se fait par le pseudo pilote de périphérique « /dev/drum ».

Les premiers modèles de tambours mesuraient jusqu'à un mètre de longueur.

Cette technologie a été rendue obsolète par le perfectionnement des disques durs.



3.8 Système de fichiers distribué

Bien qu'il ne s'agisse pas d'une technologie à proprement parler, les systèmes de fichiers distribués ont eu de plus en plus de succès.

Ce sont des disques classiques, accessibles par le réseau (Réseau local ou Internet)

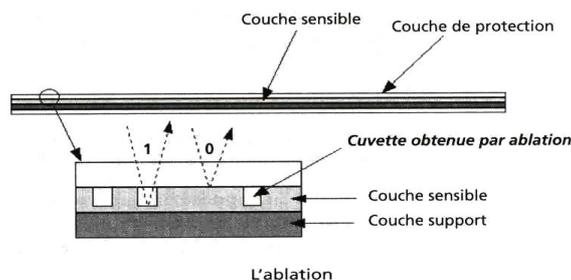
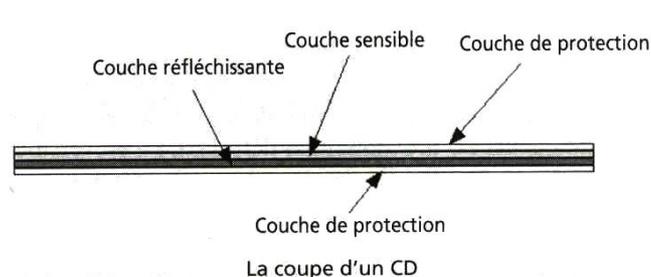
On parle aussi de Serveurs virtuels

4 Support optique

4.1 Les CD

Un disque compact ou CD (abréviation du terme anglais Compact Disc) est un disque optique utilisé pour stocker des données sous forme numérique.

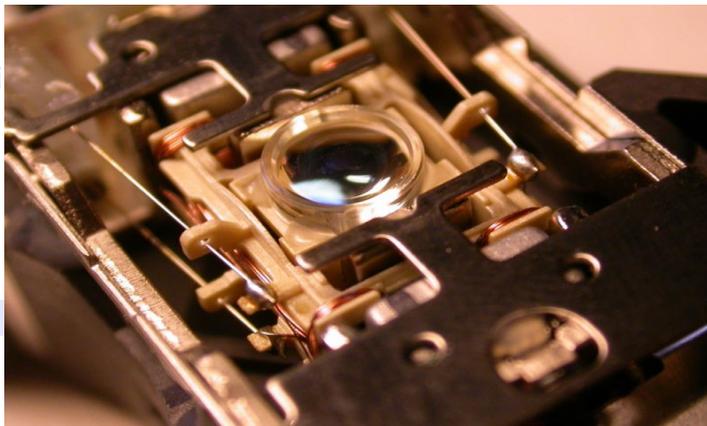
4.1.1 Principe de fonctionnement



Le disque compact repose sur une méthode optique : un faisceau de lumière cohérente (laser : « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ») (en français, « amplification de la lumière par

émission stimulée de rayonnement »)) vient frapper le disque en rotation. Les irrégularités (cavités) dans la surface réfléchissante de celui-ci produisent des variations binaires. Le rayon réfléchi est enregistré (ou non) par un capteur selon l'angle d'incidence.

La lentille d'un lecteur de CD



4.1.2 Histoire

Le disque compact fut inventé conjointement par les firmes Philips et Sony Corporation (mais surtout Philips qui a beaucoup investi dans la recherche sur l'enregistrement optique depuis les années 1950) avec, également, la participation de Hitachi pour l'audio-numérique (CD audio) en 1979.

Il est à l'origine exclusivement dédié aux chaînes stéréo.

Les versions PC n'apparaissent qu'en 1982 sous l'appellation CD-ROM.

4.1.3 CD-ROM

Un CD-ROM (abréviation de Compact Disc Read Only Memory) est un disque compact contenant toutes sortes de données numériques destinées à être lues par un ordinateur. Le CD-ROM est une évolution du disque compact original, qui est dédié aux données numériques musicales prévues pour un lecteur de CD de chaîne Hi-fi. Les cédéroms ont supplanté les disquettes dans la distribution des logiciels et autres données informatiques.

4.1.3.1 Description

Un CD-ROM ne contient que des données non modifiables : il peut être lu par un lecteur de disque optique (lecteur CD), mais ne peut être écrit que par un graveur.

C'est un disque optique en matière plastique, de 12 cm de diamètre pour 1,2 mm d'épaisseur. Cela en fait un support très léger, pouvant contenir de 650 ou 700 Mo de données informatiques, soit respectivement 74 ou 80 minutes d'enregistrement audio dans le format de données des disques compacts originaux (16 bits, stéréo, non compressé, 44 100 Hz).

Comme tout support d'informations numériques, il permet une excellente conservation théorique des données, et en tant que disque lu sans contact (par le laser du lecteur), il n'est pas soumis à l'usure mécanique directe.

Dans la pratique, il est en fait assez modérément fiable : s'il est censé conserver les données durant une centaine d'années, cet argument a été sur-vendu et la réalité se rapprocherait plutôt des dix, voire cinq ans, même en entourant le produit de protections adaptées. Le matériau plastique est en effet sensible aux rayonnements ultraviolets contenu dans la lumière, à la chaleur, et aux rayures de surface (frottements durant les manipulations) qui entraînent rapidement des erreurs de lectures, puis l'impossibilité totale de le lire.

4.1.4 Les CD-R

Un disque compact enregistrable (ou CD-R pour Compact Disc Recordable) est un disque compact qui peut être enregistré une et une seule fois. Le CD-R apparaît pour la première fois en 1988, puis se généralise à la fin des années 1990 pour un prix encore très élevé. Son prix ayant fortement baissé, il est aujourd'hui accessible au grand public.

Les CD-R possèdent une couche chimique, le plus souvent à base de cyanine. Or ce composé est sensible à la lumière. Ainsi, pour inscrire le CD, le laser du graveur va simplement marquer (ou brûler)

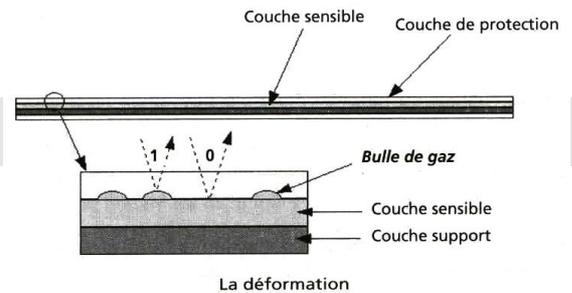
(En anglais graver un CD se dit *To burn*) cette couche chimique.

4.1.4.1 Les différences entre les CD-R et les CD pressés

La principale différence entre le disque compact enregistrable et les CD déjà gravés réside dans la méthode d'inscription des données, et influe notamment sur la durée de vie des supports (5 à 10 ans pour un CD-R, 100 ans pour un CD pressé)(données constructeurs ...).

Les CD déjà inscrits tels les CD audio sont pressés. À partir de l'exemplaire original, dit « Master », on crée le « Glassmaster », un négatif qui va servir de moule. Dans celui-ci on introduit le polycarbonate, à la base de tous les CD pressés, qui est ensuite recouvert de différentes couches protectrices.

Il faut noter que le pressage est une technique rapide, très fiable, permettant de créer des supports durables, mais qui n'est rentable qu'à partir d'un nombre important de CD, car il doit être effectué en usine équipée.



4.1.5 Les CD-RW

Un disque compact réinscriptible (ou CD-RW, pour Compact Disc ReWritable) est un disque compact, sur lequel on peut écrire et réécrire jusqu'à 1000 fois des données informatiques ou audio, cependant les fabricants garantissent souvent entre 1000 et 2000 écritures.

Un CD-RW peut contenir environ 650 ou 700 mégaoctets de données sur un médium CD-RW, et ce pour un nombre illimité d'écritures, contrairement au CD-R.

4.1.5.1 Technologie

La couche réfléchissante en aluminium des disques compacts standard pré-enregistrés est imprimée de manière permanente. Les disques CD-RW ont une couche d'enregistrement à changement de phase et une couche réfléchissante supplémentaire d'argent/aluminium.

Un rayon laser peut faire fondre les cristaux dans la couche d'enregistrement et les mettre dans une phase amorphe non cristalline ou leur faire subir un lent recuit à une température plus basse jusqu'à ce qu'ils retrouvent un état cristallin. Les réflexions respectives des différentes aires les font apparaître en creux ou en bosses comme dans un CD standard.

4.1.5.2 Les lecteurs

Les lecteurs et média CD-RW sont plus chers que leurs homologues CD-R.

Les médias CD-RW ne peuvent être lus que sur des lecteurs CD fabriqués après 1997 à cause de leur réflectivité réduite (15% contre 70%).

La plupart des lecteurs CD-RW peuvent aussi écrire sur un médium CD-R, mais cette écriture est définitive. Mise à part la possibilité d'effacer complètement le contenu d'un disque, les CD-RW sont semblables aux CD-Rs et sont sujets aux mêmes restrictions; c'est-à-dire qu'ils peuvent être étendus, mais pas réécrits de manière sélective, et doivent être « fermés » avant de pouvoir être lus dans un lecteur normal de cédéroms (ordre au logiciel de gravure de mettre sur le CD une information qui signifie qu'il n'y a plus de fichiers en attente de gravure).

4.2 Les DVD

Né en 1995, le sigle DVD signifiait à l'origine « Digital Video Disc », soit « disque vidéo numérique ».

Par la suite, des fabricants ont essayé de populariser, par rétro-acronymie, la dénomination « Digital

Versatile Disc », soit « disque numérique polyvalent ».

Finalement, le DVD Forum a décidé en 1999 que le standard se compose de ces trois simples lettres

Physiquement, les DVD ont pratiquement la même apparence que les CD puisque leurs dimensions sont les mêmes (un disque de 120 millimètres de diamètre ou moins souvent de 80 millimètres).

Cependant sur le plan technique, les principales différences résident dans le format d'encodage employé et la densité des informations inscrites sur le disque.

Le laser employé utilise une longueur d'onde de 635 ou de 650 nm pour une ouverture numérique de 0,60, ce qui permet un écart de piste de 740 nm et une longueur minimale d'alvéole de 400 nm, le diamètre du spot laser étant de 650 nm.

On peut y stocker sept fois plus de données que sur un CD (soit 4,7 Go), et plus encore si le DVD est en double couche ;

Le prix des graveurs et des consommables vierges (le DVD en lui-même) est peu élevé ; la simplicité de fabrication, comparativement à un magnétoscope et ses consommables, en font des instruments moins dispendieux, plus fiables et plus robustes que leurs prédécesseurs ;

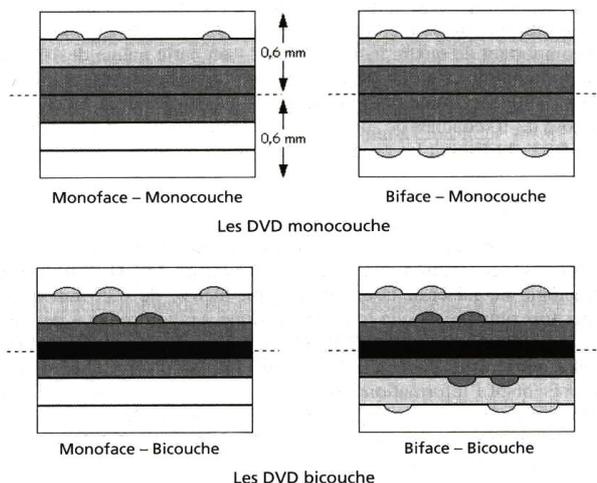
4.2.1 Les DVD-ROM

De même que le CD a été inventé pour remplacer les disques vinyle des chaînes hi-fi, le DVD a été inventé pour remplacer les cassettes Vhs des magnétoscopes.

La version « pour ordinateur » s'appelle DVD-ROM

Le DVD-ROM ressemble comme deux gouttes d'eau au CD-ROM, mais il bénéficie d'une densité d'écriture nettement supérieure qui lui permet de disposer d'une capacité de stockage de données au moins sept fois supérieure.

4.2.1.1 Capacité



DVD-ROM	Facteur de forme 5,25"
Monoface - Monocouche	4,7 Go
Monoface - Bicouche	8,5 Go
Biface - Monocouche	9,4 Go
Biface - Bicouche	17 Go

4.2.1.2 Durée de vie

Selon les constructeurs, elle varie entre 40 et 250 ans. Cependant, l'expérience avec son prédécesseur, le CD-ROM, fait penser que la durée de vie se situerait plutôt entre 3 et 25 ans.

4.2.1.3 Conditions de durée de vie

Pour maximiser la durée de vie d'un DVD-ROM, il faut l'exposer le moins possible aux rayons ultra-violet, le maintenir à une température moyenne de 15°C et l'exposer à une hygrométrie contrôlée qui

se situe à environ 35 %.

Les DVD-ROM vierges se dégradent plus vite avant d'être gravés, d'où l'intérêt de ne pas les garder trop longtemps avant de les utiliser.

Une vitesse de gravure lente est aussi gage d'une meilleure durée de vie pour un DVD-ROM.

4.2.1.4 Usure

Les lectures successives ajoutent à l'usure de ce support, mais ce sont surtout les chocs engendrés lors des lectures (lecteurs portatif ou lecteur d'automobile) qui jouent un rôle prépondérant dans l'usure du DVD-ROM.

4.2.1.5 Qualité du support

La qualité du support entre aussi en ligne de compte, la couche renfermant les données paraît la plus importante (le Métal-azo semble plus performant que la cyanine) mais les couches de vernis sont aussi à prendre en compte.

Certains lecteurs-graveurs de DVD disposent maintenant de la technologie SolidBurn, un procédé créé par Philips afin que le périphérique détermine la meilleure vitesse de gravure possible en fonction de la qualité du support. Ceci n'était possible auparavant que par l'intégration de données au moment de la construction, dans le graveur, ce qui rendait impossible l'identification d'un type de support non répertorié.

Les DVD-R sont moins fragiles que les DVD-RW qui, eux, sont crédités d'une durée de vie de 25 et 100 ans par les constructeurs.

4.2.2 Les DVD-R et DVD+R

Les **DVD-R** et **DVD+R** sont les deux formats de DVD-Rom inscriptibles

4.2.2.1 DVD-R

Aussi noté -R (pour Recordable : enregistrable) cette norme est la première à avoir vu le jour et était principalement destinée à la vidéo. Les informations sauvées sur le support le sont par altération d'une couche inscriptible à l'aide du laser du graveur. Le DVD-Forum est chargé de promouvoir le DVD-R.

Il est aussi à noter qu'une fois que ce type de DVD a été gravé, il n'est pas possible de graver autre chose par la suite, car une bande de sortie est inscrite à la fin de la gravure. Donc s'il y a eu une erreur ou un oubli de quelque chose lors de la première gravure, il faut utiliser un autre DVD. C'est pour ce détail que certains vont préférer le DVD+R.

4.2.2.2 DVD+R

Comme pour le -R, mais la norme est plus récente et est plus adaptée que le (-R) pour le stockage de données. Il permet la visualisation vidéo à tout moment, sans « finalisation » du disque. Ce qui fait que contrairement au DVD-R, il est possible de continuer à écrire des données sur celui-ci même après la première gravure, et ce jusqu'à la fin du support. Par contre, il n'est pas possible de réécrire par dessus (contrairement au DVD RW).

Il possède aussi de meilleures caractéristiques techniques que son cousin (le DVD-R). Il n'existe cependant presque aucune différence visible à l'œil nu entre les -R et le +R. Plus récent, le +R est cependant un peu moins compatible avec les lecteurs DVD de salon (hormis les Philips, promoteur actif du DVD+) et PC pour le moment (2004).

4.2.3 Les DVD+/-RW

Faire un mix des paragraphe 4.1.5 – CD-RW pour le principe technologique et 4.2.2.2 – DVD-/+R pour

la différence entre les deux formats. C'est tout.

4.2.3.1 Les DVD-RAM

Le DVD-RAM est un format de DVD réinscriptibles, au même titre que les DVD+/-RW, dont le principal atout est qu'il permet d'enchaîner aléatoirement lectures et écritures.

Ces rectangles constituent le découpage physique (réalisé en usine) en secteurs du DVD-RAM.

Parmi les trois technologies actuelles concurrentes de DVD réinscriptible (DVD-RAM, DVD+RW et DVD-RW), le DVD-RAM est considéré comme un format fortement fiable, car les disques ont un contrôle d'erreur intégré et un système de gestion de défaut. Par conséquent, un DVD-RAM est perçu comme étant meilleur que les autres technologies de DVD pour une utilisation dans des tâches informatiques traditionnelles comme le stockage de données en général, la copie de secours et l'archivage.

Curieusement, le DVD-RAM a une plus grande présence dans les caméscopes et les appareils de salon (enregistreurs) que dans les ordinateurs.

La structure de disque des DVD-RAM s'apparente à celle des disques durs et à la technologie des disquettes, car les données sont stockées dans des pistes concentriques. Les DVD-RAM peuvent être alors consultés comme n'importe quelle disquette ou disque dur sans logiciel spécial (à condition d'avoir un lecteur adéquat).

A l'opposé, pour les DVD-RW et DVD+RW, les données sont stockées dans une seule longue piste en spirale et exigent l'utilisation d'un logiciel spécial de lecture/écriture par paquets pour lire et écrire des disques de données. Une fausse idée communément répandue stipule qu'un DVD-RAM emploie les technologies magnéto-optiques. En fait, le DVD-RAM utilise un milieu pur à changement de phase, semblable à ceux des CD-RW ou des DVD-RW.

Un tel disque supporte par ailleurs quelques 100 000 cycles d'écriture / réécriture, au lieu des 1000 cycles supportés par un DVD-RW. Ces disques optiques ne peuvent être relus que par un lecteur de DVD de quatrième génération, ou par un autre graveur de DVD-RAM.

Ils peuvent contenir jusqu'à 9,4 Go pour les modèles double face (ou 4,7 pour les modèles simple face), et étaient habituellement contenus dans une cartouche protectrice.

Le fait que les premiers DVD-RAM étaient vendus dans des cartouches et exigeaient des lecteurs appropriés, différents des simples lecteurs DVD de salon ou des classiques graveurs PC, a certainement joué contre cette norme, les utilisateurs préférant les disques DVD+/-RW moins chers, plus simples à utiliser, et compatibles avec leur matériel informatique et audio-visuel.

4.3 Les HD DVD

HD DVD est à la fois un support de vidéo numérique et un sigle de l'abréviation du terme anglais High Density Digital Versatile Disc traduit en français comme disque numérique polyvalent de haute densité. Tout comme pour le CD et le DVD, les données sont stockées sous forme numérique, sur un disque de 12 cm de diamètre. Le « HD » du nom fait également référence à la Haute définition, les films stockés sur ces disques pouvant effectivement être en HD.

Le HD DVD était le principal concurrent du Blu-ray, avec lequel il partage une partie de la technologie. Il était encouragé par **Microsoft**, **NEC**, et **Intel**. Il possède une densité de données plus faible, et pourrait (en principe) être moins cher à produire, ainsi que les périphériques de lecture et d'écriture,



mais le 19 février 2008, **Toshiba** annonçait qu'il abandonnait cette technologie.

4.4 Les Blu-Ray

Le disque Blu-ray ou Blu-ray disc est l'un des successeurs du DVD.

Il est basé sur un rayon laser bleu (longueur d'onde : 405 nm), d'où le nom en anglais "Blue ray" rayon bleu, contracté en "Blu-ray" pour déposer la marque.

Par comparaison avec le laser rouge (longueur d'onde : 780 nm) utilisé pour le CD et le laser orange (longueur d'onde : 650/635 nm) utilisé pour le DVD, il permet de stocker plus d'informations sur la même surface grâce à un rayon plus fin (diamètre du spot laser : 290 nm) induisant des sillons de gravure plus petits et plus rapprochés (écart : 320 nm) et des pits plus courts (longueur minimale : 149 nm).

Les premiers appareils grand public à utiliser cette technologie sont apparus fin 2006, notamment la PlayStation 3.



4.4.1 Capacité et vitesse

Un disque Blu-ray simple couche contient 25 Go. Un disque double couche peut contenir 50 Go. Le taux de transfert est de 36 Mbits/sec (4,5 Mo/s) pour les lecteurs 1X et de 72 Mbits/sec (9 Mo/s) pour les lecteurs 2X actuellement disponibles.

Les standards BD-R (disque enregistrable), BD-RE (réinscriptible) et BD-ROM (lecture seule) font partie des spécifications Blu-ray 2.0. Les disques pré-enregistrés BD-ROM étaient disponibles début 2007 ; le premier BD-ROM a été gravé en novembre 2005 (Sony). Le projet de faire des disques de 100 Go et 200 Go a finalement abouti ; Le disque de 100 Go utilise des couches de 25 Go, tandis que celui de 200 Go utilise des couches de 33,3 Go.

4.4.2 Stockage de données pour les ordinateurs personnels

Sony a lancé un PC portable de la série VAIO qui dispose du premier lecteur/graveur Blu-ray (série AR).

4.5 Mémoire holographique

La mémoire holographique est une mémoire de masse de nouvelle technologie utilisant l'holographie pour stocker de hautes densités de données dans des cristaux ou des polymères photosensibles.

La mémoire holographique est souvent désignée comme étant la prochaine génération de stockage optique des données. En effet, les technologies utilisées pour les CD ou les DVD atteignent leurs limites physiques (à cause de la taille de diffraction limitée des rayons d'écriture). L'holographie permet d'utiliser le volume du support au lieu de se limiter à la surface pour enregistrer des données. De plus, les données peuvent être multiplexées dans le volume d'enregistrement en ajoutant un angle au faisceau enregistreur par rapport au faisceau de référence, ou encore en modifiant sa fréquence ou sa phase.

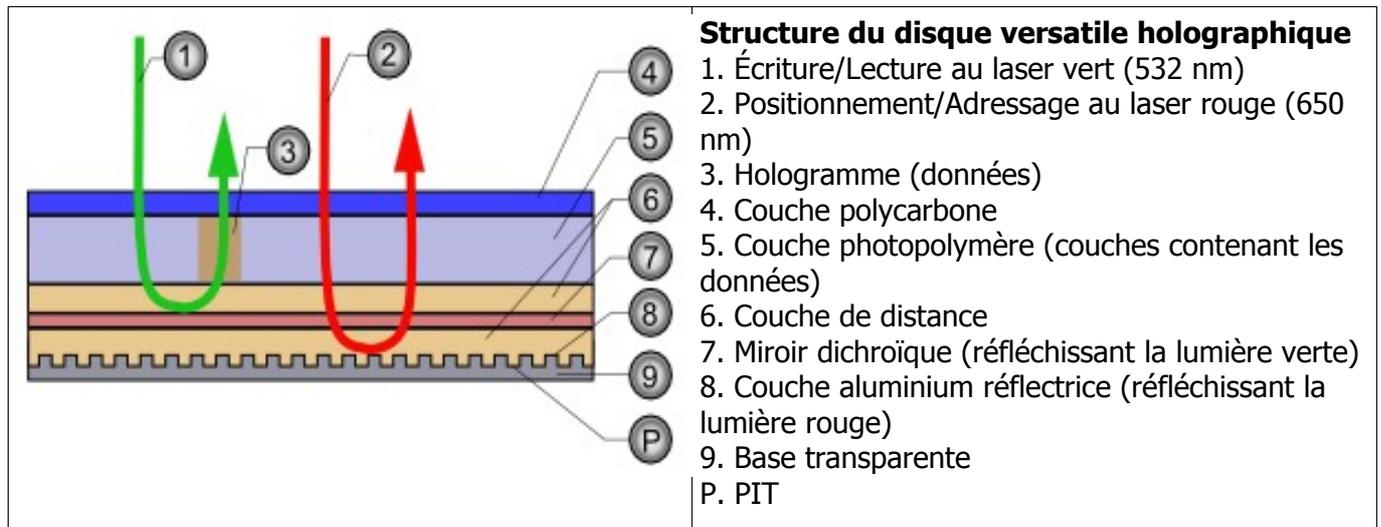
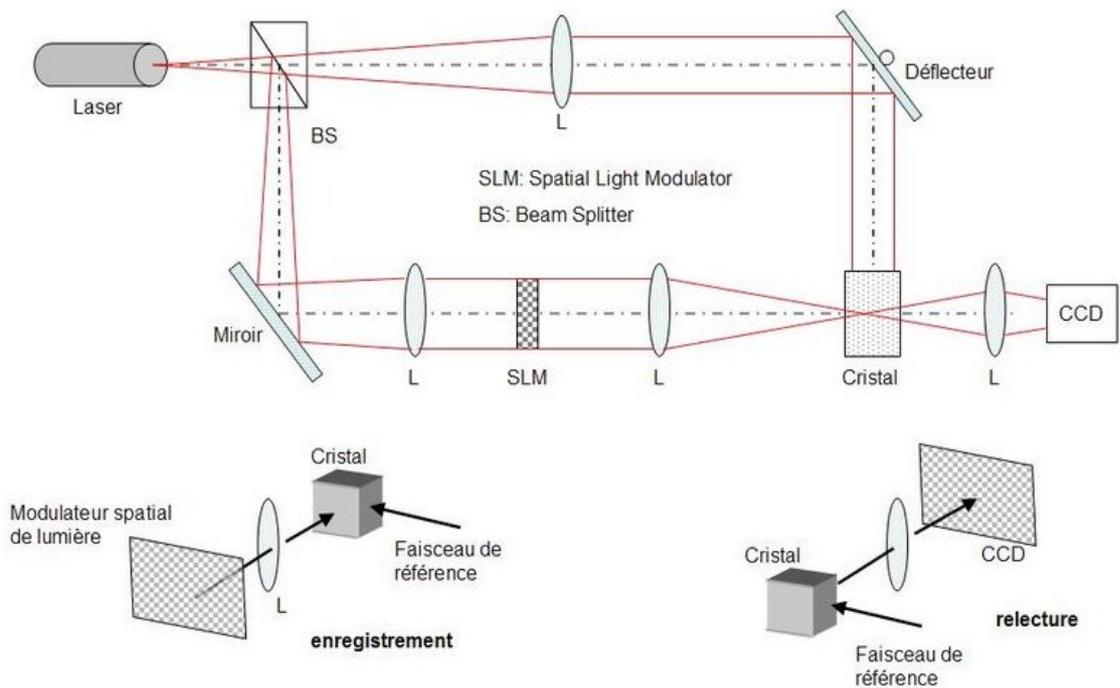
4.5.1 Capacités

On peut en théorie enregistrer un bit dans un cube dont les côtés ont la taille de la longueur d'onde des rayons incidents. Par exemple, avec un laser hélium-néon dont la longueur d'onde est de 632,8 nm (lumière rouge), on pourrait théoriquement enregistrer 4 gigabits dans un millimètre cube.

4.5.2 Principe

Les principes de l'holographie sont connus depuis 1947 et l'idée de stocker des données dans des hologrammes a germé dès les années qui suivirent cette découverte. Les premiers dispositifs de stockage pour systèmes d'information qui expérimentent ce principe sont

par contre récents. Depuis le milieu des années 1990, notamment sous l'impulsion de la DARPA (Defense Advanced Research Project Agency), de grands laboratoires comme ceux d'IBM et de Lucent Technologies et plus récemment Imation ont intensifié les recherches dans ce domaine



En Juin 2006, la société **InPhase Technologies**, annonce la réalisation du premier média de stockage holographique. D'une capacité de 300Go, il mesure 152x135x109mm et atteint un débit de 20Mo/s.

4.6 La "Super-Résolution"

Selon l'opinion de nombreux chercheurs, le disque Blu-ray représente sûrement la dernière des technologies basées sur un support plastique et avec un laser visible. Les ondes violettes et ultraviolettes plus courtes sont absorbées fortement par le plastique utilisé dans la fabrication des disques, et il serait difficile de fabriquer à faible coût des lentilles de qualité supérieure. La lumière absorbée par le



disque ne pourrait pas être lue par la lentille. De plus, la plupart des plastiques s'altèrent sous les rayons ultraviolets, changeant de couleur et se fragilisant. Un système ultraviolet détruirait le plastique utilisé. Les technologies futures prévoient plutôt l'utilisation de plaques de verre (qui n'absorbent pas les ultraviolets autant que le plastique), des lasers ultraviolets et/ou des médias fluorescents multi-couches.

Une autre technologie, développée par le LETI et appelée Super-Résolution, pourrait apparaître vers 2010-2012. La capacité serait portée à 75, voire 100 Go par couche, cette performance étant obtenue en abaissant la longueur d'onde du faisceau laser à 205 nm.

http://www.cea.fr/presse/liste_des_communiqués/blue_ray_et_super_resolution

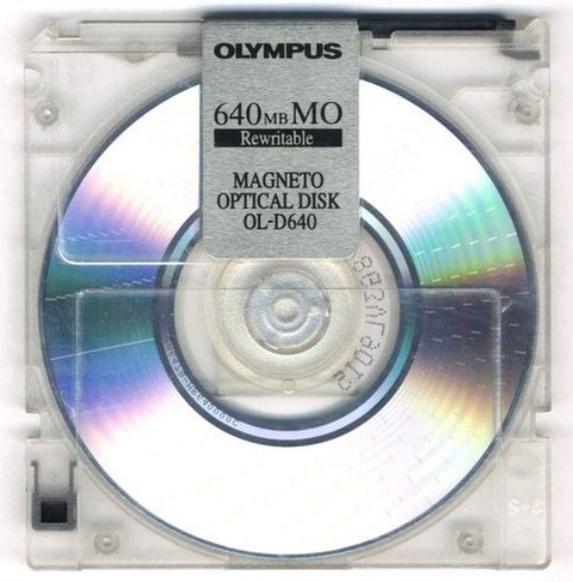
5 Support Magnéto-Optique

5.1 Disque magnéto-optique

Le disque magnéto-optique est une mémoire de masse qui emploie une combinaison des technologies optiques et magnétiques. Cette technologie, créée à la fin des années 80, assure une grande fiabilité. La lecture est purement optique, et, selon la polarisation magnétique de chaque point élémentaire de la surface, c'est un 1 ou un 0 qui est lu. Pour écrire chaque bit, en revanche, le laser du lecteur chauffe le point concerné tandis qu'un champ magnétique lui est appliqué pour le polariser dans un sens (0) ou dans l'autre (1). Le Minidisc de Sony en est un exemple répandu.

L'avantage principal de cette technologie magnéto-optique face à son concurrent purement magnétique est que les supports magnéto-optiques sont insensibles aux perturbations électro-magnétiques (du fait qu'il est nécessaire de chauffer le support afin de pouvoir modifier la polarité). Ainsi, si vous passez un aimant sur un support magnéto-optique en conditions normales, les données ne seront pas altérées, alors que si vous faites de même sur un support magnétique (cassette audio, disquette), les données seront endommagées, voire détruites.

Curieusement, cette technologie n'a pas percé ...



6 systèmes à semi-conducteurs ré-inscriptible

6.1 Les mémoires Flash

La mémoire flash est une mémoire de masse à semi-conducteurs réinscriptible, c'est-à-dire une mémoire possédant les caractéristiques d'une mémoire vive mais dont les données ne disparaissent pas lors d'une mise hors tension. Ainsi, la mémoire flash stocke les bits de données dans des cellules de mémoire, mais les données sont conservées en mémoire lorsque l'alimentation électrique est coupée.

Sa vitesse élevée, sa durée de vie et sa faible consommation (et même nulle au repos) la rendent très utile pour de nombreuses applications : appareils photo numériques, téléphones cellulaires, imprimantes, assistants personnels (PDA), ordinateurs portables ou dispositifs de lecture et d'enregistrement sonore comme les baladeurs numériques, clés USB. De plus, ce type de mémoire ne possède pas d'éléments mécaniques, ce qui lui confère une grande résistance aux chocs.

Les détails technologiques seront étudiés au chapitre suivant.

Tout les formats suivants sont basés sur des mémoires Flash :

- **CompactFlash (CF)** : Il s'agit en fait de cartes PCMCIA raccourcies. On distingue les cartes CompactFlash de type I (CFI) et de type II (CFII) qui se distinguent par l'épaisseur. Dans les cartes CompactFlash, on trouve aussi les Microdrive.
- **SmartMedia cards (SM)**
- **xD Card** : Nouveau format développé par Olympus et Fujifilm, censé remplacer les SmartMedia.
- **MultiMedia cards (MMC)** : Cartes en voie d'obsolescence au profit de la SD.
- **Secure Digital (SD)** : Elles ont le même format physique que les MMC et sont compatibles avec celles-ci. Elles s'en distinguent par la possibilité de chiffrer les données et de gérer les « droits d'auteurs ».
- **Mini SD** : version réduite de la SD classique, utilisée dans certains téléphones mobiles anciens, elle est généralement livrée avec un adaptateur pour les lecteur SD classiques.
- **Micro SD** ou Transflash : version minuscule de la SD, souvent utilisée dans les téléphones portables et également vendue avec un adaptateur pour les SD classiques.
- **SDHC** : (SD High Capacity) SD version haute capacité, pour pallier la limite des 4 Go des SD classiques, elles sont déclinées dans les 3 formats SD, Mini SD et Micro SD
- **SSD** : Solid State Drive . c'est une unité de stockage à base de Flash (voir plus loin).
- **MemoryStick** : Développé par Sony Corporation et SanDisk. Il existe un nouveau format, le « MemoryStick Duo » et aussi « MemoryStick Pro Duo ».
- **MemoryStick Micro M2** : Mémoire minuscule utilisée dans les téléphones portable Sony Ericsson, généralement vendue avec un adaptateur pour les lecteurs memorystick classiques.

6.2 Les clé USB

Une clé USB est un dongle contenant une mémoire de masse (une mémoire flash ou un mini disque dur), à laquelle on peut accéder en le branchant sur un port USB d'ordinateur ou, plus récemment, de certaines chaînes Hi-Fi ou platines DVD de salon.

Les clés USB sont alimentées en énergie par la connexion USB de l'ordinateur sur lequel elles sont branchées. Donc, les clés USB ne nécessitent généralement pas de batteries ou de piles. Elles sont insensibles à la poussière et aux rayures, contrairement aux disquettes, aux CD ou aux DVD, ce qui leur donne un indéniable avantage au niveau de la fiabilité. Les clés actuelles sont en format USB 2.0. Les clés USB sont relativement standardisées, cependant, certaines ne sont pas compatibles avec certains systèmes d'exploitation, nécessitant l'installation d'un pilote.

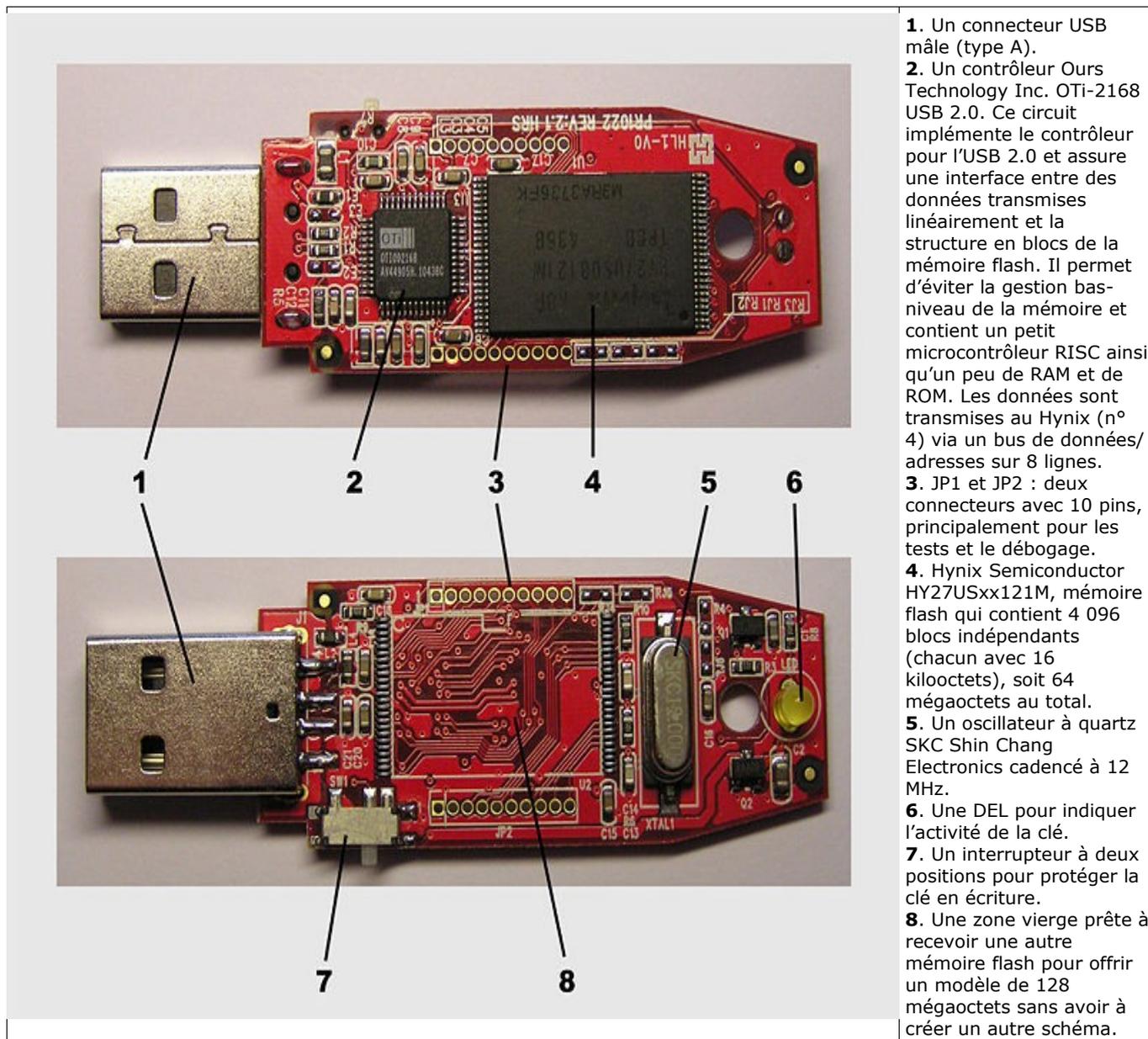
La capacité d'une clé USB peut varier de quelques mégaoctets à quelques gigaoctets. Au début de 2008, les clés les plus populaires ont 1, 2 ou 4 gigaoctets, et jusqu'à 32 gigaoctets pour les plus chères. La capacité réelle est légèrement inférieure à celle qui est annoncée

On trouve maintenant des clés USB basées sur des mini disques durs. Ces clés affichent des capacités encore plus importantes pour des prix plus raisonnables. Ces clés sont aussi alimentées par le bus USB. Par rapport aux clés USB à mémoire flash, leurs débits sont généralement meilleurs mais les temps d'accès sont plus longs. Elles sont aussi un peu plus fragiles et peuvent chauffer en cas d'utilisation intensive. De plus, leur taille est légèrement plus grande mais elles tiennent toujours facilement dans la poche.

En théorie, la mémoire flash est censée conserver ses données pendant dix ans. En pratique, les clefs USB sont extrêmement fiables. Les cas de pertes de données sont souvent dus :

- erreur de manipulation de la part de l'utilisateur ;
- clé cassée, celle-ci dépassant du PC quand elle est branchée ;

- problème logiciel avec un système d'exploitation fermé.



6.2.1 Clé USB et logiciels intégrés

Avec l'augmentation de capacité des clés USB, il est maintenant possible d'installer des logiciels sur une clé USB et de se déplacer partout avec ses données et ses logiciels préférés.

Des sites Web commencent ainsi à proposer des « packs préconstruits » de logiciels payants ou gratuits en version installables sur une clé USB. Par exemple :

- Framakey propose des packs de logiciels libres, modifiés par leur communauté pour fonctionner sur une clé USB
- On peut aussi installer une distribution Linux sur clé USB (clé bootable)

6.3 Les Solid State Drive

Le Solid State Drive (ou SSD) littéralement en français lecteur à état solide est une unité de stockage constituée de mémoire flash contrairement au disque dur (ou HDD) qui lui est conçu avec un système mécanique (plateaux tournant à plusieurs milliers de tours minutes). Ce nouveau lecteur est pressenti pour remplacer le disque dur, d'où le nom qui lui est parfois donné à tort de "Solid State Disk" (alors

qu'il ne contient aucun disque). Il existe aussi des SSD basés sur de la DRAM au lieu de la mémoire flash.

Carte SSD de 8Gb provenant de l'Asus Eee PC 901. La connectique est mini PCI-Express



6.3.1 Avantages

Il a, par rapport au disque dur mécanique traditionnel, certains avantages :

- temps d'accès de 0,1 ms ;
- faible consommation électrique (environ 0,1 Watt en veille, environ 0,9 Watt en activité) ;
- silence de fonctionnement mécanique total (il subsiste néanmoins souvent un sifflement lors de très fortes activités du lecteur, mais cela peut être dû au fait que les lecteurs SSD sont encore peu optimisés) ;
- meilleure résistance aux chocs puisqu'aucune partie mobile n'est présente.

6.3.2 Inconvénients

- Nombre de cycles d'écriture limité à 100 000-300 000 (gênant pour les fichiers de journaux (logs) ou les fichiers temporaires). Néanmoins, des progrès ont été réalisés dans ce domaine. Samsung, par exemple, annonçait en novembre 2006 avoir développé sa technologie MLC (Multi-Level Cell) qui permet de répartir les données sur l'ensemble des cellules de la mémoire. Cette mémoire MLC est néanmoins inférieure à la SLC (Single Level Cell) en terme de performances en écriture et en lecture.
La technologie MLC permettrait un gain substantiel de longévité (30 ans annoncé sur la base d'un débit constant de 1 Go par heure sur le disque).
- Le taux de transfert de données est encore inférieur au disque dur, le gain de performance en utilisation standard n'est alors pas visible.
- Quantité de stockage pour l'instant limitée comparée au disque dur. Les capacités existantes (8, 16, 32, 64 et 128 Go) n'étant pas suffisantes pour occuper le rôle d'unité de stockage principal. Cependant depuis la fin 2007 plusieurs sociétés ont annoncé la production de SSD d'une capacité avoisinant le Téra-octet.
- Le prix est largement supérieur à celui d'un disque dur. Début 2007 1 Go en SSD coûte 8 Dollars contre 0.25 Dollar pour 1 Go de disque dur.

6.3.3 Le successeur du disque dur magnétique ?

Beaucoup de constructeurs commencent à le proposer comme stockage système. Le rôle semble pouvoir lui convenir, puisqu'il offre des capacités suffisantes pour contenir le système d'exploitation – de l'ordre de une à plusieurs dizaines de Go – et de bons temps d'accès. Une configuration adaptée serait donc de combiner un SSD pour le système d'exploitation couplé à un disque magnétique servant au stockage et aux fichiers temporaires (qui demandent beaucoup d'écritures).

Dans les équipements mobiles et de petites dimensions qui sont l'essence de la nouvelle génération d'informatique diffuse et de l'intelligence ambiante, de plus en plus d'experts considèrent que le disque dur magnétique, relativement fragile et d'une taille minimale incompressible du fait d'un système mécanique en rotation, n'est pas la solution optimale. C'est le pari qu'a fait Samsung : celui d'un Solid State Drive (SSD) qui remplacerait la mécanique des disques durs (HDD) par de la mémoire flash. Le fabricant coréen voudrait prendre 20 % des parts de marché du stockage dès 2008 avec cette technologie.