

Diplôme national de master

Domaine - sciences humaines et sociales

Mention - sciences de l'information et des bibliothèques

Spécialité - archives numériques

Histoire des supports de stockage : de la carte perforée à la clé USB

FLERMOND Richard

Sous la direction de Laurent DUPLOUY
Chef du Service Numérisation - Bibliothèque National de France

Maître de Conférence associé - Enssib

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Laurent DUPLOUY pour ses conseils, ses encouragements à mon égard, sa confiance et pour m'avoir indiqué de nouvelles pistes recherche et de traitement.

Je remercie également Monsieur Gérard CATHALY-PRETOU pour avoir partagé son expérience, et m'avoir indiqué des nouveaux axes de réflexion.

Résumé :

L'augmentation des données est un fait, les établissements privés comme publics ont des obligations juridiques et contractuelles de conservation des données. Ce mémoire a pour but de présenter les supports délaissés, existants mais également ceux en développement. Une analyse sera apportée sur leur utilisation, leurs avantages et leurs inconvénients mais il est également question de s'interroger sur les supports adaptés à chaque usage.

La problématique de la maturité des supports de stockage sera étudiée dans ce mémoire, tout en traitant de la fiabilité du comportement de ceux-ci et du manque de transparence des fabricants.

Descripteurs :

Support de stockage, numérique, maturité, fiabilité, pérennité, information, normes, records management, archivage, sécurité, capacité, accessibilité, optique, magnétique, analogique, flash, quartz, ADN, holographique.

Abstract:

The increase of data is a fact, both public and private institutions have legal and contractual data retention obligations. This thesis aims at presenting the forgotten media, existing but also those in development. An analysis will be made on their use, their advantages and disadvantages but it is also a question of questioning the supports adapted to each use.

The issue of the maturity of storage media will be studied in this paper, while addressing the reliability of the behavior of these and the lack of transparency of the manufacturers.

Keywords:

Storage media, digital, maturity, reliability, sustainability, information, standard, records management, archiving, security, capacity, accessibility, optic, magnetic, analog, flash, quartz, DNA, holographic.

Droits d'auteurs



Cette création est mise à disposition selon le Contrat : « **Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France** » disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr> ou par courrier postal à Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

Sommaire

SIGLES ET ABRÉVIATIONS	7
INTRODUCTION.....	11
1. L'ÉVOLUTION DES SUPPORTS DE STOCKAGE	13
1.1. Support de stockage de première de génération : physique	13
1.1.a. <i>La carte perforée</i>	<i>13</i>
1.1.b. <i>Le ruban perforé.....</i>	<i>17</i>
1.2. Support de stockage de seconde génération : magnétique.....	19
1.2.a. <i>La bande magnétique</i>	<i>20</i>
1.2.b. <i>Le disque dur.....</i>	<i>28</i>
1.2.c. <i>Disquette</i>	<i>37</i>
1.3. Supports de stockage de troisième génération : Les disques optiques numériques enregistrables	40
1.3.a. <i>Laserdisc</i>	<i>40</i>
1.3.b. <i>CD.....</i>	<i>42</i>
1.3.c. <i>DVD</i>	<i>45</i>
1.3.d. <i>Blu-ray</i>	<i>48</i>
1.3.e. <i>M-Disc.....</i>	<i>50</i>
1.3.f. <i>Le stockage magnéto-optique</i>	<i>52</i>
1.4. Supports de stockage de quatrième génération : flash	55
1.4.a. <i>La clé USB.....</i>	<i>55</i>
1.4.b. <i>La carte SD.....</i>	<i>57</i>
1.4.c. <i>Memory stick</i>	<i>58</i>
1.4.d. <i>La carte MMC</i>	<i>59</i>
1.4.e. <i>La carte xD.....</i>	<i>60</i>
1.5. Supports de stockage en développement.....	63
1.5.a. <i>L'ADN.....</i>	<i>63</i>
1.5.b. <i>Quartz</i>	<i>65</i>
1.5.c. <i>Support holographique.....</i>	<i>66</i>
2. PARTIE 2 : ANALYSE DES SUPPORTS DE STOCKAGE.....	69
2.1. Les caractéristiques d'un support de stockage et de l'information pérenne.....	69
2.1.a. <i>Pérennité de l'information</i>	<i>69</i>

2.2. Avantages et inconvénients de chaque support de stockage	70
2.2.a. <i>Quels sont les éléments clefs pour un « vrai » support de stockage pérenne ?</i>	72
2.2.b. <i>Comment reconnaître un support pérenne ?.....</i>	73
2.2.c. <i>Supports de stockage pour l'archivage et supports de stockage pour le records management.....</i>	73
2.2.d. <i>Supports de stockage pour l'archivage</i>	76
2.2.e. <i>L'interopérabilité des supports de stockage ?.....</i>	82
2.3. Expansion infinie des données.....	82
3. LA MATURITÉ.....	84
3.1. Qu'est ce qu'un support de stockage mature ?.....	84
3.2. Quelles sont les clefs pour un support de stockage mature ?.....	85
3.3. Quels sont les supports de stockage n'ayant pas atteint pleinement cette maturité technologique ?.....	88
3.3.a. <i>Le support holographique</i>	88
3.4. Fiabilité du comportement	90
3.4.a. <i>Pourquoi tant de variation ?</i>	90
3.4.b. <i>Pourquoi un manque de transparence ?.....</i>	91
CONCLUSION	93
SOURCES.....	95
BIBLIOGRAPHIE.....	97
ANNEXES.....	115
GLOSSAIRE.....	123
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	125
TABLE DES MATIÈRES.....	127

Sigles et abréviations

ADN: Acide DésoxyriboNucléique

BD: Blu-ray Disc

BNF : Bibliothèque National de France

BVU: Broadcast Video Umatic

CAV: Constant Angular Velocity

CD: Compact Disc

CEATEC: Combined Exhibition of Advanced Technologies

CINES: Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur

CLV: Constant Linear Velocity

DARPA: Defense Advanced Research Project Agency

DAT: Digital Audio Tape

DLT: Digital Linear Tape

DV: Digital Video

DVD: Digital Versatile Disc

DVR: Digital Video Recorder

ECC: Error-Correcting Code

EEPROM: Electricity Erasable Programme Read Only Memory

EMBL: European Molecular Biology Laboratory

EPROM: Erasable Programmable Read Only Memory

FAT: File Allocation Table

GED: Gestion Électronique des Documents

HDD: Hard Drive Disk

HD: Haute definition

HQ: Haute Quality

IBM: International Business Machines

IEC: International Electro technical Commission

ISO: International Organization for Standardization

JIS: Japanese Industrial Standard

JVC: Victor Company of Japan

LNE: Laboratoire National de métrologie et d'Essais

LTO: Linear Tape-Open

MFM: Modified Frequency Modulation

MIT: Massachusetts Institute of Technology

MLC: Multiple Level Cells

MMC: MultiMedia Card

MO: Magnéto-Optique

MS: Memory Stick

Ms: Millisecond

NAB: National Association of Broadcasters

PCI: Peripheral Component Interconnect

PSP: PlayStation Portable

RAID: Redundant Array of Inexpensive Disks

RAM: Random Acces Memory

RAMAC: Ramdom Acces Method of Accounting and Control

RLL: Run-Lengh Limited

ROM: Read-Only Memory

RPM: Rotation Par Minute

RTF: Radiodiffusion Télévision Française

RW : Re Writeable

SAE: Système d'Archivage Electronique

SAS: Serial Attached SCSI

SATA: Serial ATA

SD: Secure Digital

SDA: Secure Digital Association

SDHC: Secure Digital High Capacity
SDSC: Secure Digital Standard Capacity
SDXC: Secure Digital eXtended Capacity
SFF: Small Form Factor
SLC: Single Level Cell
SSD: Solid State Drive
SSHD: Solid State Hybrid Drive
TPM: Tour Par Minute
USB: Universal Serial Bus
VCD: Video Compact Disk
VHS: Video Home System
WORM: Write Once Read Many

INTRODUCTION

Depuis l'origine de l'humanité, l'Homme n'a cessé de laisser des traces écrites, dès l'art rupestre qui est la première forme d'écriture de l'humanité connu, il y a de cela 40 000 ans. Cet art consistait à graver et à peindre sur des murs. On n'en garde encore des vestiges : grotte de Lascaux, Combarelles ou encore de Font de Gaume.

Nous sentons l'importance de l'écriture laissée aux futures générations, nos vestiges, notre savoir, ce moyen de communication qui nous permet de transmettre, partager retracer et raconter tout le vécu de l'histoire de l'Homme et de son environnement.

On se trouve aujourd'hui au 21^{ème} siècle, submergé par une masse de données à flux constant et grandissant. Le défi qui se pose à nous aujourd'hui est de transmettre toutes ces données aux générations futures comme ont tenté nos ancêtres préhistoriques, il y a fort longtemps de cela.

L'information aujourd'hui revêt une nouvelle forme d'écriture, qui est le numérique. Grâce à l'informatique les formats, les types de fichiers et de données numériques n'ont cessé de se développer et de se démocratiser.

Nous disposons aujourd'hui de plusieurs supports de stockage différents, les supports analogiques et numériques. À savoir que les supports analogiques sont apparus avec l'apparition de l'électricité et les supports numériques avec l'apparition de l'informatique.

Aujourd'hui, il n'existe pas véritablement de support dit « pérenne ». À l'heure actuelle aucun support de stockage numérique ne peut dépasser le siècle.

Il est donc nécessaire de s'adapter aux spécificités et aux besoins de chacun. Car comme l'a dit George Bernard Shaw¹ dans *Maximes pour révolutionnaires* « l'homme raisonnable s'adapte au monde ; l'homme déraisonnable s'obstine à essayer d'adapter le monde à lui-même. Tout progrès dépend donc de l'homme déraisonnable ».

¹ George Bernard Shaw : il vécut au 20^{ème} siècle (1856-1950). C'était un dramaturge et critique irlandais.

Quels sont les critères pour garantir la pérennité des données, l'intégrité, l'accessibilité, sécurité des données, et un support de stockage pouvant garantir ces éléments.

Il est important de distinguer les supports analogiques des supports numériques. Les supports analogiques enregistrent un signal, une fréquence à la différence des supports numériques qui convertissent l'information, le signal en suite de 0 et 1 appeler le langage binaire.

Dans le cadre des supports de stockage numérique nous pouvons distinguer 3 grands groupes de supports, les supports magnétiques, les supports optiques, et les supports « flash ».

Ce mémoire aura pour objectif de répondre à plusieurs problématiques. D'abord, quels sont les éléments déterminant un support de stockage pérenne et en parallèle quels sont les éléments à prendre en compte lors de la sélection d'un support compte tenu des besoins en tant que records manager et archiviste.

Le déroulement de ce mémoire se décomposera en trois parties.

Dans le premier chapitre, une présentation générale de chaque grand groupe de support de stockage sera faite. Comprenant une section historique, une section traitant de l'intérêt de chacun de ces supports et enfin un état des lieux actuels de ces supports de stockage. Ce mémoire a pour priorité de traiter l'histoire des supports de stockage à usage informatique et plus précisément numérique.

Le second chapitre consistera en une analyse de chaque support de stockage numérique cité dans le chapitre précédant.

Enfin, le dernier chapitre se consacrera à la notion de maturité des supports de stockage. Les éléments clefs des supports de stockage mature et également les causes de l'abondant des supports. La problématique de la fiabilité de comportement des supports sera également apportée dans ce chapitre.

De plus, le choix de cette présentation du mémoire a pour but de faciliter et d'améliorer l'accessibilité à l'information.

1. L'ÉVOLUTION DES SUPPORTS DE STOCKAGE

Ce chapitre a pour objectif de traiter chaque support de stockage qui ont existé et existent encore de nos jours. Seront également traités les supports en cours de développement. Pour chacun de ces supports de stockage seront détaillés une partie historique, leur utilité, leurs caractéristiques et leur fonctionnement et un état des lieux de leur situation actuelle.

1.1. SUPPORT DE STOCKAGE DE PREMIÈRE DE GÉNÉRATION : PHYSIQUE

Les supports dits de première génération sont obsolète depuis la fin des années 1990. Ils sont considérés comme des supports analogiques, comprenant la carte perforée et le ruban perforé communément appelé bande perforée.

1.1.a. La carte perforée

Origine²

La carte perforée prend ses origines au XVIIIème siècle dans des métiers à tisser, des pianos et des orgues de Barbarie. C'est dans les années 1725 que le système de programmation fit son apparition dans un métier à tisser grâce au ruban perforé. Ce système fut mis en place par le Lyonnais Basile Bouchon.

Le concept fut repris par Jean-Baptiste Falcon dans les années 1728, il remplaça le système du ruban papier par des séries de carte perforée liée les unes aux autres, car les rubans papiers étaient plus fragiles. Ces rubans papiers étaient utilisés dans les métiers à tisser.

Le concept fut à nouveau repris par Jacques de Vaucanson qui remplaça le ruban et la carte perforée par un cylindre métallique.

Joseph Marie Jacquard se basant sur les travaux réalisés, conçut un nouveau modèle. Son modèle fut exporté dans le monde dès les années 1801. C'est à cette

² Youtube, La 1^{er} Carte perforée, www.digitalworld.fr, <https://youtu.be/MDQHE0W-qHs>

période qu'elle fut utilisée dans différents automates mais plus particulièrement dans le piano mécanique et dans l'orgue de Barbarie.

Charles Babbage eu l'idée d'utiliser dans les années 1834 la carte du métier à tisser de Joseph Marie Jacquard pour son prototype de machine analytique, qui est considéré comme étant l'ancêtre de l'ordinateur. C'est l'un de ces fils³ qui finira à sa place sa machine analytique.

Herman Hollerith fut celui qui eu l'idée d'utiliser les cartes perforées comme support d'information pour sa machine à statistique dans les années 1890. A cette époque la carte était dotée de 24 colonnes et de 12 lignes. La machine à carte perforée et les cartes Hollerith furent utilisées par le gouvernement américain pour accélérer le recensement de chaque état des États-Unis lors de la vague migratoire. En 1896, Herman Hollerith lance son entreprise *Tabulating Machine* devenant par la suite l'actuel IBM. C'est un an plus tard en 1897 qu'il revu la carte perforée pour rajouter des zones numériques. Celles-ci étaient comprises entre 0 à 9.

A cette époque 3 grands groupes se disputaient le marché de la carte perforée, IBM, Powers⁴ et Bull.

Intérêt⁵

La carte perforée était principalement utilisée dans les métiers à tisser, les orgues de Barbarie et les fiches binaires. Il a permis d'automatiser certaines tâches, grâce notamment à des machines telle que la trieuse utilisées lors du recensement de la population en 1954.⁶

À savoir que le codage des caractères sur la carte perforée a permis de rendre le traitement automatiques de certains documents et, telles que :

- Bulletin de paie
- Écriture de code source

Le code source est une instruction sous forme de texte, similaire à de la programmation. Il est écrit de manière à être aisément compris par l'homme.

³ La recherche sur le nom du fils n'a malheureusement pas pu aboutir.

⁴ Powers : Powers fut absorbée par Remington-Rand et fusionné dans Unisys.

⁵ Ina.fr, La carte perforée, www.ina.fr/video/CAF97059686

⁶ Ina.fr, « Trieuse », www.ina.fr/video/I06242743/trieuse-video.html

- Calcul et statistique

Une carte perforée au format standard chez IBM (celle des années 1928) pouvait stocker jusqu'à 80 caractères et comportait 80 colonnes. Sur chacune des colonnes étaient stockées un caractère sous forme de perforation. Il s'agit d'une technique semblable ou basée sur le morse et / ou le braille.

Une carte perforée standard mesurait près de 20 centimètres de long et 8 centimètres de large. Elle connut ses débuts dans le milieu informatique des années 1930, et s'est généralisée dans les années 1950 jusqu'à la fin des années 1970.

*Fonctionnement*⁷⁸

La fabrication des cartes perforées n'était pas aussi simple que l'on pourrait le penser, comme les papetiers américains et européens s'en sont rendu compte.

Car les cartes perforées devaient remplir des normes bien précises, pour palier aux problèmes liés à la déformation du support.

La composition devait être en 100 % cellulose écrue ou blanchie, la teneur en cendre ne devait pas excéder 5 % maximum, bulle claire en teinte, pour un poids de 155 grammes au mètre carré minimum, pour un éclatement⁹ compris entre 50 et 70 degrés Muhlen.

Le conditionnement de la carte perforée était également très strict, les cartes devaient être bien compressées pour éviter toute déformation de ces dernières. La déformation était causée par l'hygrométrie¹⁰. Pour les conserver de manière « optimale » il fallait qu'elle reste soit dans leur boîte en carton d'origine, soit dans un bac à carte spécifiquement conçu à cet usage et qui devait être équipé d'une presse carte.

L'utilisation des cartes perforées avait la particularité de devoir être entreposée dans un local d'exploitation pendant une période de 48 heures avant toute utilisation.

⁷ Wikipédia, « Carte perforée », https://fr.wikipedia.org/wiki/Carte_perforee

⁸ Histoireinform, « Les Cartes perforées », www.histoireinform.com/Histoire/+Infos/chr2inf0.htm

⁹ Test de résistance, point de rupture.

¹⁰ L'hygrométrie : c'est la science qui permet de calculer (étudier) le taux d'humidité contenu dans l'environnement.

Les informations étaient enregistrées sous forme de trou, dans son utilisation numérique (informatique) un trou correspondait à 1 et pas de trou correspondait à 0 dans le langage informatique binaire.

État des lieux actuels¹¹

La sortie de la bande magnétique dans les années 1950 amorça le déclin de la carte perforée. Et la production des machines à carte perforée a été arrêtée. Mais ce n'est pas pour autant que l'activité autour de ce support s'arrêta. Car elle servit de support d'entrée et de sortie pour les ordinateurs. Elle a su briller dans l'univers informatique pendant un demi-siècle.

¹¹ IBM, La carte perforée IBM, www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/fr/fr/icons/punchcard/

1.1.b. Le ruban perforé

Origine

A savoir que le ruban perforé est l'une des déclinaisons de la carte perforée traitée précédemment dans le chapitre de la carte perforée.

Le ruban perforé également connu sous l'appellation bande perforée apparut vers les années 1880 avec l'invention de la Monotype¹² et de la machine mécanographique¹³ d'Herman Hollerith. Le ruban fut par la suite repris dans le Code Baudot¹⁴.

Code Baudot fut développé par Émile Baudot dans les années 1874, et également connu sous le nom Alphabet International n°1 ou encore sous le nom code télégraphique. Considéré comme l'un des premiers codes binaires utilisé par des machines, et l'ancêtre du code ASCII. Par la suite il fut modifié pour devenir le code CCITT n°2 qui sera utilisé par le Telex¹⁵.

De manière synthétique le code Baudot est un code à 5 bits. Ce code est doté d'un système de deux jeux de caractère, appelé les « Lower Case » faisant référence au lettre et les « Upper Case » faisant référence au chiffre.

Intérêt¹⁶

Support de première génération dans une utilisation informatique. Il a pour caractéristique physique d'être un ruban de papier souple et solide, percé de trous circulaires disposés dans le sens de la largeur. Ces trous permettaient d'encoder des valeurs de 1 octet soit 8 bits.

Il avait pour avantage comparé à la carte perforée, d'être moins volumineux et d'être plus facile à ordonner et à ranger. Mais il avait pour inconvénient de se fragiliser au fil des modifications. Car chaque modification nécessite de couper et /

¹² La monotype fut son apparition dans les années 1887, c'était une machine de composition d'imprimerie et conçu par Tolbert Lanston, ingénieur américain.

¹³ La mécanographie rassemble différentes techniques électromécaniques et/ou mécaniques qui avaient pour but le calcul, la publication et le traitement de l'information.

¹⁴ Le Code Baudot est l'un des premiers codes binaires qui fut utilisé grâce à une machine, également connu sous l'appellation Code de Gray

¹⁵ Le Telex est un outil téléscripteurs qui servait de réseau de communication.

¹⁶ GUILLOT Philippe, « Le système de Vernam », *La cryptologie : l'art des codes secrets*, Paris, EDP Sciences, 2013, p.26

ou de coller pour rajouter, modifier ou supprimer une information. Ce processus fragilisait le support.

L'une des ses utilisations, était d'être la bande guide dans certaine imprimante. A savoir que ce type de ruban perforé était en plastique à la différence des rubans perforés classiques, qui eux étaient en papier (carton).

L'autre utilisation de ce support, était d'être un moyen de communication entre les puissances pendant la période de la Guerre Froide, connu sous le nom du « téléphone rouge ». Il était nécessaire, pendant cette période d'espionnage, d'échanger en toute sécurité les messages dans un système d'échange sûr. Ce système d'échange sûr était basé sur la cryptographie¹⁷.

*État des lieux actuels*¹⁸

Son déclin semble être identique à celui de la carte perforée. Lors de la sortie dans les années 1970 et la montée en puissance des supports de stockage dits de seconde génération – les supports de stockage magnétique –, le ruban perforé fut peu à peu remplacé par les bandes magnétiques, les cassettes, les disques durs et les disquettes.

Le tableau ci dessous est un récapitulatif des supports physiques, les informations pratique y sont mentionnées. Ces supports sont dit physiques et ont un mode d'enregistrement analogique.

Figure 1 : Récapitulatif des supports de stockage physique

Nom	Capacité de stockage	Vitesse de lecture	Vitesse d'écriture	Réécriture possible	Taux de transfert
La carte perforée	80 octets (80 caractères)	133 caractères par seconde	4 caractères par seconde	Non	X
Bande perforée	X	X	X	Oui	X

¹⁷ La cryptographie est l'une des disciplines de la cryptologie et qui permet de protéger ses messages.

¹⁸ PROD'HOMME Gilles, « Réalisation technologique », *Commande numérique des machines-outils*, 1996, p.17

1.2. SUPPORT DE STOCKAGE DE SECONDE

GÉNÉRATION : MAGNÉTIQUE

Les supports ont un mode d'enregistrement pour la majorité numérique, mise à part un cas particulier qui est celui de la bande magnétique qui a un mode d'enregistrement à la fois analogique et numérique.

La caractéristique principale des supports magnétiques est de recouvrir une ou plusieurs faces d'un matériau magnétique. L'écriture sur ce type de support se fait par aimantation et sa lecture peut-être soit magnétique soit optique.¹⁹

On retrouvera essentiellement des supports magnétiques, comprenant la bande magnétique, la cassette, le disque dur, les cartouches et la disquette.

Ces supports proposent des avantages pour l'archivage des données de façon générale et la sauvegarde, comme une très grande capacité de stockage et leur caractère amovible qui offre la possibilité de délocaliser facilement les données.

Il est intéressant d'indiquer que malgré l'obsolescence de ce support, il a su résister aux évolutions technologiques sur presque un demi-siècle. Grâce notamment à ces nombreuses déclinaisons lui permettant par la même occasion de conserver une bonne part de marché.

Les causes qui limitent la durée de vie des supports de stockage magnétique, surtout celui du disque dur, sont l'usure mécanique, les chocs affectant la tête de lecture ou encore les plateaux.

Il existe un cas particulier, dans le cadre de la lecture par technologie optique, on parle de support magnéto-optique.

¹⁹¹⁹ ADBS L'association des professionnels de l'information et de la documentation, « Support magnétique », www.adbs.fr/support-magnétique-18700.htm?RH=OUTILS_VOC

1.2.a. La bande magnétique²⁰

Origine²¹

La bande magnétique fut inventée par Fritz Pfleumer dans les années 1928. Elle avait alors trois utilisations, audio, vidéo et le stockage informatique.

L'audio fut l'un des premiers domaines d'utilisation, ce qui a permis dans les années 1950 d'enregistrer le son d'émissions de radio comme RTF.

Mais au début la bande magnétique n'enregistrait que des données analogiques sur des magnétophones à bande. Ce n'est que quelques années plus tard grâce notamment à l'apparition du numérique, qu'elle permettra le stockage audio d'informations numériques sur des formats de support tels que Digital Audio Tape dit DAT.

La bande magnétique avait également une autre utilisation, qui était celle d'enregistrer des vidéos. Les premiers enregistrements vidéo se sont faits sur des enregistreurs Ampex²² vidéo au début des années 1960. A cette période la durée d'enregistrement était de maximum 1h30 et leur mode d'enregistrement était analogique.

Ce n'est que 10 ans plus tard, dans les années 1970 que des nouveaux formats d'enregistrement font leur apparition, comme les cassettes de 1 pouce. Ce qui a pu permettre par la suite une utilisation des cassettes de plus en plus mobiles, grâce à des formats de cassette comme les U-matic développés dans les années 1978 et les Betacam dans les années 1982.

L'ouverture pour le grand public s'est faite avec des supports tels que les V2000 de Philips, les Betamax de Sony, le Hi-8 de Sony et surtout la VHS du consortium de fabricants japonais.

Avec l'apparition du numérique, la bande magnétique connaîtra de nouveaux formats pour l'enregistrement vidéo : les mini DV²³ et les Vidéo 8 de Sony. Les

²⁰ Wikipédia, « Bande magnétique », <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Bande-magnetique>

²¹ FUTURAMAISON, « Bande magnétique », www.futura-sciences.com/maison/definitions/maisons-bande-magnetique-11072/

²² Ampex : c'est une entreprise américaine dans le domaine de l'électronique

²³ Mini DV : le DV signifie Digital Video

mini DV étaient spécifiés pour une utilisation liée aux caméras DV, et les Vidéo 8 étaient principalement utilisées dans les caméscopes.

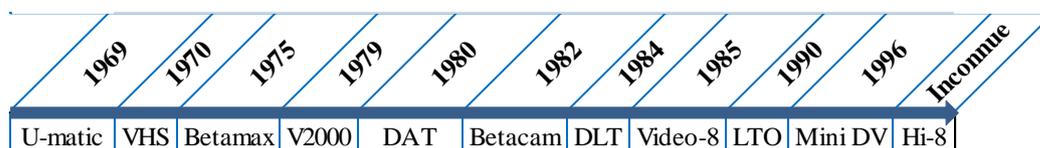
Enfin la dernière utilisation de la bande magnétique était de celle de stockage informatique, dans les débuts de l'ère informatique, vers les années 1950²⁴. Le stockage d'informations sur les bandes magnétiques était pourvu de 2 modes d'enregistrement : l'enregistrement linéaire et l'enregistrement hélicoïdal.

Intérêt

L'intérêt majeur de ce support de stockage est son rapport densité d'enregistrement / prix, et la densité des bandes magnétiques. Sa grande capacité de stockage comme le montre les dernières cartouches LTO-7 de HP pouvant stocker jusqu'à 15 Téraoctets, en font un support encore utilisé dans le domaine de la sauvegarde et de l'archivage. Elle est donc reconnue de nos jours pour la sauvegarde et l'archivage en entreprise. Ce support peut enregistrer des informations analogiques comme numériques.

Supports utilisant la bande magnétique

Figure 2: Chronologie des supports utilisant la bande magnétique



U-matic²⁵

Sortit en 1969, il est l'un des premiers formats d'enregistrement vidéo analogique de la bande magnétique en cassette. En termes de durée d'enregistrement ce support pouvait stocker 22 minutes sur les cassettes U-matic portables de petite taille et 75 minutes pour les U-matic de grande taille. Il en existait 2 versions les Broadcast Video Umatic – les BVU sortis en 1978 – et les Broadcast Video Umatic Sp sortis en 1988. Ces versions d'Umatic avaient pour but d'améliorer la qualité d'enregistrement des vidéos. Ce format

²⁴ 1950 : car n'est que vers 1966 que l'informatique a été définie par l'Académie française, or son existence remonte vers 1949 grâce à ce qui est considéré comme étant le premier ordinateur de John von Neumann.

²⁵ Wikipedia, « U-matic », <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/U-matic>

était à ses débuts le format d'enregistrement utilisé par la télévision mais fut remplacé en 1983 par la Betacam.

VHS²⁶

VHS signifie *Video Home System* (en français système de vidéo à la maison). Ce support de stockage est apparu dans les années 1970 par JVC. Il permettait d'enregistrer et de lire des vidéos grâce aux bandes magnétiques. Doté d'une capacité d'enregistrement allant de 30 minutes pour les cassettes E-30 et à 5 heures pour les cassettes E-300.

Initialement la signification de VHS était *Vertical Helical Scan* (en français balayage hélicoïdal vertical). Cette signification du sigle VHS fut remplacé car trop difficile à retenir de la part du grand public selon l'entreprise. La VHS a su briller auprès du grand public des années 1980 à 1990. Il était utilisé principalement pour l'enregistrement d'émission dans le grand public et comme moyen de diffusion par les professionnels de cinéma.

Les attraits de ce support étaient son prix abordable pour tous les portefeuilles, la fiabilité, la solidité mais surtout son universalité. Par la suite plusieurs modèles de VHS ont vu le jour :

- VHS-HQ (HQ pour Haute Qualité),
- VHS Hi-Fi, VHS-C (C renvoyant à compact),
- S-VHS (S renvoyant à Super ; ce modèle de VHS avait eu une amélioration de la définition de l'imagerie passant 240 lignes à 400 lignes),
- S-VHS-C (cette version regroupait les caractéristiques du VHS-C et du S-VHS)
- W-VHS (une version haute définition des VHS mise à part qu'il pouvait supporter les vidéos en relief, la 3D),
- D-VHS version pouvant enregistrer les vidéos en 720p et 1080p. Il est important de noter que certaine version des VHS n'ont pas véritablement été commercialisées. La sortie des DVD en 1995 à détrôné les cassettes VHS peu à peu.

²⁶ Wikipedia, « Video Home System », https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Video_Home_System

Betamax

La Betamax est un format de cassette vidéo conçu dans les années 1975 par l'entreprise japonaise Sony. C'est un support orienté à un usage grand public. Doté d'une capacité d'enregistrement vidéo allant de 30 minutes à 8 heures.

« L'affaire Betamax » était une affaire judiciaire dans les années 1984 qui opposait Sony à Disney et Universal. Cette affaire traitait « de l'autorisation ou non des magnétoscopes, qui pouvaient permettre de violer les droits d'auteurs. La conclusion du procès, qui fit jurisprudence, a été que le magnéto enregistreur ne permettait pas seulement d'enregistrer des programmes protégés par les droits d'auteurs, et qu'ainsi, on ne pouvait pas interdire son utilisation par présomption de culpabilité »²⁷. Sony mit fin à la production de Betamax en mars 2016.

V2000²⁸

Ce support de stockage était connu sous 4 appellations différentes : Video 2000, V2000, Video Compact Cassette ou encore VCC.

Ce support est apparu en 1979 par la collaboration de l'entreprise néerlandaise Philips et par l'entreprise allemande Grundig. À noter que ce support était une exclusivité européenne. V2000 était un support principalement orienté à un usage grand public. Mais il n'a pas résisté à l'arrivée dans les années 1978 du géant japonais et du VHS, ce qui mit fin au V2000 en 1988.

Cassette DAT²⁹³⁰

DAT signifie *Digital Audio Tape*. Ce support est conçu en 1980 par l'entreprise japonaise Sony. La cassette DAT est un support de stockage numérique pour l'enregistrement sonore. Il est orienté pour un usage professionnel notamment à cause du coût de l'acquisition du support et du matériel nécessaire à son emploi. La capacité de stockage est comprise entre 4 Go à 160 Go pour le modèle HP DAT 160.

²⁷ Wikipedia, « Betamax », <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Betamax> , chapitre « L'affaire Betamax »

²⁸ Wikipedia, « V2000 », <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/V2000>

²⁹ Wikipedia, « Digital Audio Tape », https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Digital_Audio_Tape

³⁰ LDLC.com, « HP DAT 160 160 Go », m.ldlc.com/fiche/PB00073353.html

Betacam³¹

La Betacam est apparue en 1982 par l'entreprise japonaise Sony. C'est un format analogique d'enregistrement hélicoïdal³² de vidéo à usage professionnel. Cet enregistrement se fait sur la bande magnétique. Il existe 2 tailles de Betacam indiqué par la mention S et L.

En 1987 est conçue la Betacam SP, signifiant « Superior Performance ». Elle avait pour caractéristique d'augmenter la définition horizontale à 400 lignes, comparée à la version Betacam d'origine qui était de 300 lignes, ainsi que la fiabilité, la bande passante et la qualité sonore. La Betacam SP fut la nouvelle norme d'utilisation auprès des chaînes de télévision, jusqu'à la fin des années 1990.

En 1993 sort le Digital Betacam (en français le Betacam numérique), également connu sous l'abrégié Bétanum. Le terme « digital » indique un mode d'enregistrement numérique à la différence des précédents Betacam cités.

Le changement s'opère au niveau du prix, d'une meilleure qualité du support et donc d'une meilleure fiabilité. Un gain de place est également à marquer car l'encombrement de cette version a été limité. En effet, le support était de plus petite taille. Ces cassettes avaient une capacité d'enregistrement d'une durée de 40 minutes pour les versions de petites tailles ou 124 minutes pour les versions de grande taille.

Par la suite une nouvelle version des *Digital Betacam* voit le jour en 1996, les Betacam SX. Il s'agit également d'un format d'enregistrement numérique de vidéos. On ne constate pas de changements majeurs d'un point de vue technologique mise à part que son prix est plus bas que la version précédente.

Cartouche DLT³³³⁴

DLT signifie *Digital Linear Tape*. Ce support, conçu pour la sauvegarde de données informatiques, fut développé en 1984 par Digital Equipment Corporation,

³¹ Wikipedia, « Betacam », <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Betacam>

³² Sony, "Sony digital videocassette recorder DVW-M2000P DVW-2000P", <https://www.sony.fr/pro/support/attachment/237486623676/operationmanual.pdf?token=-ZV93NTZPqb98mLq3Pw6Oc5iYqx0Tà6HEUGuvEA7>

³³ LDLC High Tech Experience.com, « Cartouche DLT (Digital Linear Tape) », www.ldlc.com/fiche/PB00055772.html

³⁴ Wikipedia, « Digital Linear Tape », https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Digital_Linear_Tape

le modèle fut racheté en 1994 par Quantum Corporation. Il s'en suivit le développement de 2 versions : une destinée « aux portefeuilles limités » développée par Benchmark Storage Innovations puis à nouveau racheté par Quantum en 2002 et l'autre version offre une plus grande capacité, connu sous l'appellation Super DLT ou SDLT.

Dans les années 2005 la version SDLT est passée sous l'appellation DLT-S et la version destinée aux petits budgets est devenu DLT-V. La capacité maximale connue pour la version DLT-S est de 800 Gigas pour un taux de transfert de 60 Mo par seconde. Cette version est sortie en 2006. En ce qui concerne la version DLT-V la capacité maximale connue est de 160 Gigas, pour un taux de transfert de 10 Mo par seconde, cette version a vu le jour en 2005.

Video 8³⁵³⁶

Ce format analogique était connu sous 3 appellations différentes : Video 8, V8 ou 8mm. Il fut développé principalement par l'entreprise japonaise Sony et plusieurs autres marques dans les années 1985. Il connu un fort attrait auprès des usagés de caméscope. Doté d'une capacité d'enregistrement allant de 60 minutes à 120 minutes. Il fut également utilisé comme support pour l'archivage informatique. Il a été remplacé par le format numérique, Digital Video (DV) en 1996.

Cartouche LTO³⁷³⁸

LTO signifie *Linear Tape-Open*. Ce support a été conçu dans les années 1990 par la collaboration de 3 entreprises américaines : IBM, Seagate et HP. Commercialisé en 2000, ce support est devenu une étoile montante.

En termes de capacité de stockage il a su évoluer plutôt rapidement passant de la génération LTO-1 offrant 100 Go en 2000 à 15 To pour la génération LTO-7 pour l'année 2015. De plus une nouvelle génération de LTO est déjà en développement, la LTO-8 version qui devrait être conçue pour fournir 32 To de capacité de

³⁵ Wikipedia, « 8 mm video format », https://en.m.wikipedia.org/wiki/8_mm_video_format

³⁶ Wikipedia, « Video 8 », https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Video_8

³⁷ Wikipedia, « Linear Tape-Open », https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Linear_Tape-Open

³⁸ LDLC.com, « HP C79761 Ultrium 6,25 To », m.ldlc.com/fiche/PB00208552

stockage. La température de conservation des cartouches LTO est de l'ordre de 5 à 10°C et sa température de fonctionnement devrait se situer en de 20°C.³⁹

Ce support existe avec la caractéristique WORM ou RW. Il est intéressant de noter que le format des cartouches LTO est un format dit ouvert, ce qui signifie qu'il est publique et interopérable.

L'intérêt des formats dit ouvert réside dans l'aspect que les données n'est dépendant d'aucun éditeur et / ou d'aucun logiciel, car les spécifications de ce type de format sont publiques. Ce type de format sont reconnu comme étant interopérable, ce qui signifie qu'il ne son dépendant d'aucun logiciel. Les formats ouverts sont reconnu comme étant pérenne, car les données pourront être lisibles et modifiables dans plusieurs années. De plus la liberté de choix offerte par les formats libres permet d'éviter le monopole d'un éditeur en particulier, nous rendant par la même occasion captif de son système.

Mini DV⁴⁰

DV signifie Digital Video (en français vidéo numérique). Le MiniDV est support de stockage numérique utilisant la bande magnétique, il vu le jour en 1996. Ce support avait une durée d'enregistrement allant de 30 minutes à 1 heure.

Hi-8⁴²

Le Hi-8 est support de stockage analogique de l'entreprise japonaise Sony. Ce support a principalement été utilisé dans les caméscopes grand public.

*Fonctionnement*⁴³

Il se compose dans sa composition de plusieurs éléments : le liant, les cristaux magnétiques et le support.

³⁹ Olivier Pavie, KrollOntrack, "Dossier sauvegarder ses données: Comment optimiser la conservation des cartouches magnétiques?", <https://www.ontrack.fr/blog/dossier-sauvegardr-ses-donnees-comment-optimiser-la-conservation-des-bandes-magnétiques/>

⁴⁰ Wikipedia, « MiniDV », <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/MiniDV>

⁴¹ Les NUMERIQUES, « les secrets de la cassette DV », www.lesnumeriques.com/camescope/secrets-cassette-dv-a234.html

⁴² Wikipedia, « Hi-8 », <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Hi-8>

⁴³ Larousse, « bande magnétique », www.larousse.fr/encyclopédie/divers/bande_magnetique/185901

Le support renvoie au film qui est en matière plastique souple. Ce support plastique doit être fabriqué de façon qu'il puisse résister à la chaleur et à la déformation que pourrait causer le mécanisme. Les cristaux magnétiques sont du diamètre de l'ordre du micromètre et sont issus soit du chrome, soit de l'oxyde de fer.

L'enregistrement des données sur la bande magnétique se fait à l'aide des cristaux magnétiques, grâce à l'aimantation. C'est à ce niveau que l'écriture, la lecture et l'effacement se réalisent.

Il existe différents formats de bande que l'on peut retrouver dans les cassettes audio, dans les VHS, ou dans les disques. Les bandes d'une largeur de 6,35 mm sont généralement utilisées dans les magnétophones. Celle des cassettes audio est de 3,17 mm.

Deux types d'enregistrement : un dit linéaire et l'autre hélicoïdal.

Enregistrement linéaire⁴⁴

C'est un système d'enregistrement moins complexe, du point de vue de l'alignement des bandes magnétiques et du mécanisme, que le modèle hélicoïdal. Ce mode d'enregistrement simplifié offre des avantages différents de ceux du mode d'enregistrement hélicoïdal, soit une plus grande fiabilité et robustesse du support.

Enregistrement hélicoïdal⁴⁵

Il s'agit d'un système d'enregistrement sur bande dans lequel « la tête de lecture/écriture est tournante, et inscrit des pistes transversalement sur la bande, décrivant ainsi un pas hélicoïdal. Cette technique, fragile, mais de haute densité tous autres paramètres étant inchangés, a été initialement popularisée par l'enregistrement VHS. En matière de stockage, on la trouve dans les DAT, 8 mm Exabyte, VXA, et divers autres formats. »

⁴⁴ THE FREE LIBRARY, « Helical Scan Vs. Linear Recording Tape Drivers », <https://www.google.fr/amp/s/www.thefreelibrary.com/amp/Helical+Scan+Vs.+Linear+Recording+Tape+Drivers.a06240>

⁴⁵ RIFF news, Glossaire des NTIC, www.riff.org/definition_enregistrement_helicoidal_stockage

Figure 3: Fonctionnement de l'enregistrement linéaire et hélicoïdal⁴⁶

De plus, l'importance de l'épaisseur d'une bande magnétique améliore sa qualité d'enregistrement audio et sa résistance par la même occasion.

État des lieux actuels

La bande magnétique est encore un support de stockage numérique utilisée de nos jours. Cependant, son usage est plutôt destiné aux professionnels et aux entreprises pour une sauvegarde critique et un archivage de données de l'ordre de la trentaine d'années selon les conditions de conservation des supports. Les cartouches LTO peuvent être considérés comme étant un standard dans le milieu professionnel. Néanmoins l'acquisition des lecteurs de cartouches LTO reste plutôt élevée, de l'ordre de plus de 1300 € pour un lecteur Tandberg LTO-6 HH⁴⁷. Les cartouches restent aisément accessibles de l'ordre en moyenne de 100 € pour une cartouche LTO-6 par exemple la HP C7976A. De plus le lecteur est identifié comme étant « fragile » et un système plus complexe si nous le comparons au disque dur. Il nécessite un logiciel spécifique pour la gestion du lecteur LTO.

1.2.b. Le disque dur

Origine

Il fut inventé dans les années 1956 par Reynold Johnson. À cette époque les disques durs avaient été commandés par l'US Air Force par la firme IBM. C'était un RMAC 305 (*Radom Access Method of Accounting and Control*).

⁴⁶ Wikipedia, « Bande magnétique », https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Bande_magnetique

⁴⁷ InServices, « la sauvegarde : RDX ou LTO, lequel choisir ? », www.inservices.fr/techmag/19-conseils-de-pro/89-la-sauvegarde-avec-rdx.html

Ce disque dur tournait à 3600 tours par minute et avait une capacité de 5 mégaoctets, pour un taux de transfert de 8,8 kilooctets par seconde, mais avec un poids impressionnant d'une tonne. Ce support était disponible en location à prix coutant, soit 35 000 \$.

En 1962 le modèle 1302 fut introduit par IBM passant de 5 mégaoctets à 28 mégaoctets. C'est dans les années 1962 que le fabricant commença à commercialiser ce type de disque dur.

C'est à partir de 1973 qu'IBM commercialisa Winchester 3340⁴⁸ qui offrait une plus grande capacité de 30 Mo comparé au RAMAC, une taille et un poids réduit également. Ces avantages lui ont permis d'être plus accessible et en parallèle d'être le nouveau standard des supports de stockage.

C'est en 1981, soit 25 ans plus tard, que le disque dur PC fut conçu. Il pouvait stocker 40 Mo de données et avait un débit de transfert de 625 Ko par seconde, grâce à une technique d'encodage dit MFM (*Modified Frequency Modulation*). Par la suite ils ont pu augmenter leur capacité de stockage et l'amélioration de leur taux de transfert, en passant une autre technique d'encodage : le RLL (*Run-Length Limited*).⁴⁹

De façon synthétique l'encodage RLL est une évolution de l'encodage MFM. Cette évolution réside dans la longueur d'exécution et la limite d'exécution. De plus ce qui le rend plus efficace que l'encodage MFM, c'est sa capacité à pouvoir traiter plusieurs groupes de bits au lieu de coder un bit à la fois.⁵⁰

Intérêt

Le disque dur est un support magnétique qui permet de stocker tous types de données : vidéo, photo, audio. Il est utilisé principalement dans les ordinateurs.

Aujourd'hui, nous avons des disques durs pouvant atteindre une capacité de stockage de 10 To et ayant des vitesses de rotation de 7200 RPM (Rotation Par Minute) et bien plus.

⁴⁸ Le nom Winchester fait référence à la carabine américaine.

⁴⁹ PC Guide. « Run Lenght Limited », www.pcguides.com/ref/hdd/geom/dataRLL-c.html

⁵⁰ Bestofmedia Team. Tom'sHARDWARE. « Hard Drives 101 : Magnetic Storage », www.tomshardware.com/reviews/hard-drive-magnetix-storage-hdd.3005-6.html

L'intérêt de la vitesse de rotation (RPM) des disques durs, renseigne sur 2 éléments : le temps d'accès à l'information et au temps nécessaire pour que la tête de lecture puisse à atteindre les données.

Les différentes vitesses de rotation⁵¹

- **5400 RPM** : se sont des performances que l'on peut considérer comme étant standard. Principalement retrouvées dans des machines peu performantes. Utilisées dans des machines portatives et des machines de bureau.
- **7200 RPM** : version aussi retrouvée dans les machines de bureau comme portative. Il offre un temps d'accès à l'information dans les environs de 12 à 14 ms.
- **10 000 RPM** : version moins courante que les versions citées précédemment, offrant un temps d'accès d'environ 7 ms. Il possède un intérêt à être exploiter en mode RAID 0 et de préférence sur des appareils fixe car à ce niveau la consommation d'énergie est élevée.
- **15 000 RPM** : ce type de performance est retrouvé dans un usage dédié au serveur avec des temps d'accès d'environ 3 ms.

Mémoire cache

La « mémoire cache » a pour fonction de conserver les données les plus consultées par le disque dur. Grâce à cette conservation que l'on pourrait considérer de proximité, les performances de lecture du disque s'en retrouvent améliorées de manière générale. Ce qui est conservé en mémoire cache, c'est la même information répétée et relu.

Formats de disque dur

Il existe 2 formats de disque dur : les 3 pouces et demi (3'' ½) et les 2 pouces et demi (2'' ½).

Les 3 pouces sont destinés aux machines de bureau alors que les 2 pouces sont destinés à un usage mobile et sont intégrées dans les machines portatives.

⁵¹ CCM, « Choisir son disque dur », www.commentcamarche.net/faq/11079-choisir-son-disque-dur

La technologie RAID⁵²

La technologie RAID (*Redundant Array of Inexpensive Disks* ou *Redundant Array of Independent Disks*, en français ensemble redondant de disques indépendants) est apparue en 1987 à l'université de Californie aux États-Unis par 3 chercheurs, David A. Patterson, Randy H. Katz et Garth A. Gibson.

Il consiste à former une grande unité de stockage, grâce au regroupement de plusieurs disques durs. Cette grande unité est connue sous l'appellation grappe. Les caractéristiques principales de cette technologie permettent d'améliorer la capacité totale de l'unité, la vitesse d'écriture, et une plus forte « tolérance » aux pannes.

Il existe plusieurs niveaux de RAID et chaque RAID à ses spécificités :

- Niveau 0

Connu sous le nom de « *striping* » (entrelacement), ce niveau de RAID permet la répartition des données sur tous les disques. Ce qui signifie qu'il n'y a pas de redondance des données. Les données pourront donc disparaître si une panne vient à subvenir. Le point fort de ce niveau de RAID est de fournir une grande vitesse de transfert et une capacité de stockage améliorée.

- Niveau 1

Connu sous le nom de « *mirroring* », ce niveau de RAID permet la duplication des données sur plusieurs disques. Grâce à ce procédé de duplication, la sécurité des données s'en retrouve améliorée. Il faut prendre en compte que sur ce niveau de RAID on ne dispose pas pleinement de la capacité maximale de stockage, car réservée à la duplication des données. Ceci le rend assez coûteux car pour compenser la capacité de stockage perdue, il sera nécessaire de faire l'acquisition de plus de disque. On peut le comparer par exemple : « au même titre qu'un camion pourra continuer à rouler si un de ses pneus crève, car il a plusieurs sur chaque essieu... »⁵³.

⁵² CCM, « Le RAID c'est quoi ? », www.commentcamarche.net/faq/159-le-raid-c-est-quoi

⁵³ CCM, « Le RAID c'est quoi ? », www.commentcamarche.net/faq/159-le-raid-c-est-quoi, chap. « Niveau 1 »

- Niveau 2

Ce niveau de RAID est doté d'un contrôleur d'erreur par code Hamming, connu également sous le nom de code ECC (Error Correction Code). Sur la « même » base que le niveau 0, il répartit les données sur plusieurs disques mais en utilisant un autre type d'unité, les bits de contrôle ECC.

Ce système lui offre un niveau de sécurité élevé mais au détriment des performances qui s'en retrouve réduite. Ce niveau de RAID est considéré comme étant obsolète car désormais les contrôleurs d'erreur par code Hamming sont directement intégrés au sein des disques durs.

- Niveau 3

Ce niveau a la caractéristique de sauvegarder les données sous la forme d'octets. Ces octets sont sauvegardés sur plusieurs disques. L'un des disques devra être dédié à ce qui est appelé bit de parité⁵⁴. Le souci avec ce système de détection d'erreurs est qu'il ne détecte que les erreurs impaires et les erreurs détectées ne sont pas corrigées automatiquement lors de la détection. Son point fort, est de reconstituer les données défectueuses à partir des autres disques durs.

- Niveau 4

Similaire au niveau 3, à la différence que les données qui étaient stockées au niveau des bits, sont stockées sur un secteur appelé « bloc ». Son point fort est d'accéder directement sur les disques où les données sont stockées. À la différence du niveau 3 où le système devait passer par plusieurs disques pour retrouver l'information.

- Niveau 5

Le niveau 5 est similaire au RAID du niveau 4 à la différence que le secteur (le bloc) n'est plus sur un disque dédié mais il est réparti sur plusieurs disques. Ce qui lui offre à la différence du niveau 3 et 4 un meilleur accès aux données, que se

⁵⁴ Bit de parité : « ce système a pour but d'ajouter un bit à un certain nombre de bits de données appelé mot de code dont la valeur est que le nombre total de bits à 1 soit pair », CCM, « Contrôleur d'erreur (CRC) », www.commentcamarche.net/contents/97-controleur-d-erreur-crc, chap. Contrôle de parité

soit en écriture comme en lecture. Ainsi, ce niveau de RAID est intéressant, ses performances sont quasiment similaires à celui du niveau 0 et a l'avantage à l'instar du niveau 0 d'être tolérant à la panne dans le cas d'un seul disque.

- Niveau 6

Ce niveau de RAID est similaire à celui du 5. Il peut conserver l'intégrité des données même après 2 pannes de disque.

Il est intéressant de noter qu'il est tout fait possible de faire différentes combinaisons de RAID comme par exemple le RAID 10 qui est la combinaison du RAID 1 + 0 ou encore le RAID 50 qui est la combinaison du RAID 5 + 0. De plus il existe des niveaux de RAID dit spéciaux : RAID 5E, 5DP, RAID TP etc.

Les niveaux de RAID principalement utilisés sont le niveau 0, le 1 et le 5. Le niveau 0 est le RAID qui offre le plus de performance (vitesse d'écriture, et lecture et capacité). Le niveau 1 est sûrement celui qui offre le plus de sécurité des données en dupliquant tous les données à l'identique. Les niveaux RAID 3 et 4 sont moins utilisés à l'avantage du RAID 5, qui offre un équilibre entre sécurité et performance.

Disque dur grand public et disque dur professionnel

Il faut distinguer 2 catégories de disque dur, les disques durs grands publics et ceux à vocation professionnelle.

Les éléments qui permettent de les distinguer sont leur vitesse de rotation, le format physique et l'interface. L'interface connue pour un usage professionnel est SATA⁵⁵ et SAS⁵⁶. La vitesse de rotation du disque dur (RPM ou TPM) offre des débits plus élevés, un temps d'accès plus court. Mais en contre partie elle engendre une consommation d'énergie plus importante, des températures plus élevées et des nuisances sonores plus importantes.

⁵⁵ SATA : cette interface a remplacé IDE. SATA est également connu sous l'appellation Serial ATA

⁵⁶ SAS : similaire au SCSI

Il existe pour les professionnels un modèle de disque dur au format 2,5 pouces (format de disque dur pour un usage normalement portatif) : les SFF⁵⁷. La différence de ce format réside dans l'épaisseur des disques durs. La version 2,5 pouces SFF (15 mm) sera plus épais que la version 2,5 pouces grand public (9,5 mm en moyenne). Le format SFF permet une réduction du temps d'accès, l'augmentation de la densité mais impactant négativement la capacité totale du disque dur.

De plus, le disque dur remplit la majorité des éléments essentiels cités précédemment dans « *Les caractéristiques essentiels d'un « bon » support de stockage* ». Notamment, la vitesse dans son ensemble, la fiabilité du support dans la gestion et la sécurité des données grâce à la technologie RAID, la « facilité d'utilisation », la sécurité grâce à des options de cryptage offerts dans certains disques dur, et un très bon rapport giga / prix, pour des capacités de stockage élevées.

On observe également que ce qui semble coûter le plus cher n'est pas la capacité de stockage mais la vitesse de rotation, le taux de transfert et la mémoire cache.

La mémoire cache peut être considérée comme une mémoire vive tel que les RAM, elle stock les instructions et les informations les plus consultées par le système et des logiciels. Ce système permet un gain de performance sur la vitesse d'accès des instructions et informations.⁵⁸

Certaines caractéristiques ont leur importance comme : le RAID, résistance aux chocs (pour les modèles portatifs), le cryptage de donnée, et le stockage en ligne.

Voici un exemple entre 2 modèles de disque dur interne, Seagate Entreprise Performance 15k HDD 600 Go et un autre Seagate BarraCuda 5 To (ST5000LM000) :

⁵⁷ SFF : signifie Small Form Factor

⁵⁸ LeMagIT, « Mémoire cache », www.legamit.fr/definition/Memoire-cache

Figure 4: Comparatif entre 2 disques durs 2,5

Caractéristiques	Seagate Entreprise Performance	Seagate Barracuda
Capacité	600 Go	5 To
RPM	15 000	5400
Taille du cache	256 Mo	128 Mo
Taux de transfert	12 Go / seconde	6 Go / seconde
Usage	Serveur / professionnel	Machine de bureau / grand public
Prix	646 €	275 €

Au fil des années, le disque dur a été développé tant dans ses capacités de stockage que ses performances tout en réduisant ses coûts de fabrication et de vente. Son utilisation fut largement généralisée dans le domaine de l'informatique dans l'univers grand public comme professionnel.

Il a fait son apparition à grande échelle dans les premiers ordinateurs grand public. Il offrait de nombreux avantages pour les utilisateurs, soit une bonne durée de vie du support (5 ans en moyenne), une capacité importante, un faible coût 0,005 \$ par Mo et une grande possibilité de réécriture avec un temps d'accès relativement court, soit 4 à 8 ms.

*Fonctionnement*⁵⁹

Le disque dur est composé de plusieurs éléments. Des plateaux coaxiaux, qui sont recouverts d'une couche de matériau magnétique. C'est sur cette partie que les données sont enregistrées. De 1 à 8 plateaux pouvant tourner à plusieurs milliers tours par minute. Concernant le disque dur, on retrouve sur le marché 4 grandes grandeurs de rotation par minute, le « standard » 5400 RPM⁶⁰, le 7200 RPM, le 10 000 RPM et enfin le 15 000 RPM. La lecture et l'écriture des données sur le

⁵⁹ Futura Tech, « Disque dur : principe et fonctionnement », www.futura-science.com/tech/dossiers/informatique-fonctionnement-cd-rom-dvd-etc-105/page/3/

⁶⁰ RPM : Rotation Par Minute

disque dur se font grâce à la tête. Cette dernière se déplace sur la surface des plateaux avec pour particularité d'avoir un coussin d'air séparant la tête et la surface des plateaux. La grandeur d'espacement entre la tête et les plateaux sont entre 0,2 et 0,5 μ m.

De plus le tout est confiné dans une coque étanche qui permet de protéger le mécanisme et les plateaux de la poussière. En effet, la moindre particule de poussière pourra endommager la surface d'écriture et de lecture du disque dur.

Figure 5: Composition d'un disque dur



État des lieux actuels

Le disque dur a progressivement évolué pendant les soixante-et-un ans passés pour être un support de stockage professionnel comme grand public à moindre de coût. Il existe aujourd'hui des disques durs dit « hybride », connu sous le nom SSHD. Les SSHD ont la particularité d'utiliser à la fois la technologie magnétique (HDD) et flash (SSD). Le disque dur magnétique est considéré comme étant le support de stockage leader dans le domaine. Mais cette tendance est susceptible de changer, remise en cause par les technologies à mémoires flash dont les SSD.

1.2.c. Disquette⁶¹⁶²

Origine

La disquette est apparue en 1967 et fut commercialisée au début des années 1970, développé par la société IBM. Elle avait pour but de stocker les microprogrammes des systèmes 370⁶³.

Cette première version de la disquette d'IBM avait un diamètre de 8 pouces, pour une capacité de stockage de 80 Ko.

C'est la sortie de la disquette qui a progressivement remplacé la carte perforée.

Lors de la deuxième génération de disquette dans les années 1981, cette disquette était utilisée notamment par l'Olivetti P6060⁶⁴ et l'Apple II⁶⁵. Elle avait une capacité de 360 Ko et était intégrée dans l'IBM PC. La capacité fut augmentée de 840 Ko pour une capacité totale de 1200 Kio⁶⁶ en double face en 1987.

Intérêt

Premier support de stockage amovible introduit par les ordinateurs, ses atouts majeurs à ses débuts étaient son faible coût et sa portabilité pour une dimension standard de 8 pouces de longueur.

La première disquette avait pour capacité de stockage de 80 Ko. Ce support de stockage amovible magnétique avait une capacité de stockage pouvant aller jusqu'à 2,88 Mo, ce qui permettait de sauvegarder les fichiers textes et photos.

⁶¹ Gralon, « La disquette : fonctionnement et évolution », <https://www.google.fr/amp/s/m.gralon.net/article/amp/materiel/-et-consommables/materiel-informatique-et-consommable-informatique/la-disquette-fonctionnement-et-evolution-2401.html>

⁶² Tom's HARDWARE the authority on tech, « Gros plan sur le stockage: la disquette », www.tomshardware.fr/articles/plan-disquette,1-6492.html

IBM 360 et 370 est calculateur conçu dans les années 1965 par la société multinationale américaine International Business Machines.⁶³

⁶⁴ L'Olivetti P6060 est un micro ordinateur sorti en 1977.

⁶⁵ L'Apple II est l'un des premiers ordinateurs conçu par Steve Wozniak et commercialisé en 1977

⁶⁶ Kio symbole d'unité du kibioctet.

*Fonctionnement*⁶⁷

La disquette était munie de piste magnétique. La lecture et l'écriture sur ces pistes magnétiques était faite grâce à une tête de lecture. Les disquettes avaient pour la plupart une vitesse de rotation de 300 tours par minute.

Le tout était protégé par un boîtier en plastique qui pouvait être souple ou dur. Les disquettes qui avaient pour boîtier un plastique souple avaient un diamètre de 5,25 pouces à la différence des boîtiers rigides qui avaient un diamètre de 3,5 pouces.

État des lieux actuels

En 1998 avec la sortie du premier ordinateur portable d'Apple, lors de la conception de l'Imac, en manque de place sur la machine le périphérique de la disquette n'a pas été intégré directement à celle-ci.

Puis dans les débuts de l'an 2000, la disquette fut concurrencée par d'autres supports de stockage amovible tels que le compact disk⁶⁸, et la clé USB.

Les raisons qui ont évincé la disquette comme support de stockage amovible ont été sa faible capacité de stockage, sa lenteur d'accès aux données et également sa fragilité. De plus une autre raison pourrait justifier cet engouement pour ces nouveaux supports de stockage amovible. Il s'agit, par exemple, du faible coût d'acquisition des logiciels des CD et des DVD à la différence des disquettes.

De plus, la disquette est également connue sous l'appellation « disque souple », ce qui donne en anglais « *floppy disk* ». La production des disquettes s'étant arrêtée en 2011, il est encore possible d'en acheter auprès de revendeurs. Il est également possible d'augmenter la capacité de stockage de la disquette de quelques Mo à plusieurs Go.⁶⁹

⁶⁷ Tom's HARDWARE The Authority On Tech, « Gros plan sur le stockage : la disquette, www.tomshardware.fr/articles/plan-disquette.1-6492.html

⁶⁸ Compact disk plus connue sous le nom de CD.

⁶⁹ Journaldugeek, « 118 Go de stockage dans une disquette 3,5 pouces », www.journaldugeek.com/2016/02/27/118-go-de-stockage-dans-une-disquette-35-pouces/

Le tableau ci-dessous est un récapitulatif des supports magnétiques délaissés ou existants encore, les informations pratiques y sont mentionnées.

Figure 6: Récapitulatif des supports de stockage magnétique

Nom	Capacité de stockage	Vitesse de lecture	Vitesse d'écriture	Réinscriptible	Taux de transfert
La bande magnétique ⁷⁰	400 Go à 220 To en cours de développement	x	x	Oui	400 Mo par seconde
Cassette	200 Go à 6, 25 To	1, 4 To par heure	1, 4 To par heure	Oui	1, 4 To par heure
La disquette	1,44 Mo	x	x	Oui	500Kbits/seconde
Le disque dur	10 To	X	X	Oui	6 Go/seconde
Cartouche magnétique LTO	200 Go à 15 To (120 To prévu pour LTO-10)	2, 5 To par heure pour LTO-7	2, 5 To par heure pour LTO-7	Les deux dépend de la génération et du modèle choisi	300 Mo/seconde LTO-7 (1100 Mo par seconde prévu pour LTO-10)
Cartouche magnétique DAT	4 Go à 160 (jusqu'à 320 Go de donnée peuvent être compressé)	86, 4 Go/heure	86, 4 Go/heure	???	12 Mo / seconde
Cartouche magnétique DLT	100 Mo à 800 Go				160 Mo/ seconde

⁷⁰ Il existe plusieurs types de bande magnétique « différente », qui sont propriétaires.

1.3. SUPPORTS DE STOCKAGE DE TROISIÈME GÉNÉRATION : LES DISQUES OPTIQUES NUMÉRIQUES ENREGISTRABLES

Les supports de troisième génération sont principalement optiques. Nous pouvons distinguer trois grands groupes de support optique : les CD, les DVD et les Blu-ray aussi appelés BD-R.

Les supports de stockage optiques utilisent la technologie laser. Ces supports sont utilisés dans différents contextes, tels que l'audio, la vidéo et l'informatique.

Ils sont conçus en polycarbonate et sont recouvert d'une couche d'aluminium. La lecture des données se fait grâce à un laser. Les données apparaissent et sont stockées sous forme de petites alvéoles.

Ces types de support optique finissent par s'abimer au fil des années, principalement en parti à cause des rayures sur la surface du support ou de l'oxydation.

Néanmoins il existe des supports optiques plus résistants à leur environnement et normalement ayant une plus grande durée de vie, les M-Disc et les disques optiques à base de saphir.

Les disques saphirs développés par la start-up française Arnano ne sera pas développé et étudié dans ce mémoire car ne rentrant pas exactement dans mon orientation d'étude. Mais il est doté d'élément certain dans le cadre de l'archivage de donnée pérenne.

1.3.a. Laserdisc⁷¹

Le Laserdisc un est support optique analogique. Support de stockage ayant un diamètre de 30 cm. Pouvant contenir du son, des vidéos analogiques ou numérique.

Origine

Le Laserdisc fut inventé dans les années 1950, puis fut repris par la société Philips dans les années 1969. D'origine conçu pour conserver les données informatiques,

⁷¹ Wikipédai, « Laserdisc », <https://fr.wikipedia.org/wiki/Laserdisc>

il fut par la suite développé pour une conservation d'image et de vidéo. Il fut présenté au public dans les années 1972 et la commercialisation du support débuta dans les années 1978.

Le support était en partie financé par la firme MCA, qui souhaitait développer son marché de catalogue de film auprès du grand public.

Intérêt

« Le Laserdisc a ouvert la voie au DVD, dont le marché est cent fois plus important »⁷².

Il a une résolution de 576 x 450, si on le compare à la résolution d'un DVD qui est de 720 x 576. L'un des grands intérêts du Laserdisc était sa non compression de l'image, de plus grâce à sa technologie de codage le CAV⁷³, les arrêts sur images était considéré comme étant « parfaite », à la différence des VHS.

Ce support pouvait enregistrer 30 à 60 minutes par face.

Il était reconnu pour sa meilleure qualité d'image et de son, si nous le comparons aux cassettes VHS. De plus la durée de vie du Laserdisc était supérieure à celui de la cassette, cette différence dans la durée de vie semblait être causée par la tête de lecture optique et non magnétique.

Il était doté de deux modes d'enregistrement :

- **CAV** : ce mode d'enregistrement permettait un arrêt sur image, un ralenti ou une accélération parfaite. Ceci était rendu possible grâce à la vitesse de rotation du disque qui était identique. Mais en contrepartie la durée d'enregistrement était limitée à 30 minutes par face.
- **CLV⁷⁴** : ce mode d'enregistrement permettait d'enregistrer plus de données, ce qui offrait la possibilité de stocker 1 heure à la différence du mode CAV. Mais en contrepartie ce mode d'enregistrement ne disposait pas d'arrêt sur image et de la fonction pas à pas. Par la suite ils ont pu intégrer certaines fonctionnalités du mode d'enregistrement CAV, grâce à une mémoire trame supplémentaire.

⁷² Olivier HUMBAIRE, LesEchos.fr, "Laserdisc, le DVD avant l'heure », https://www.lesechos.fr/28/07/2010/LesEchos/20728-032-ECH_laserdisc--le-dvd-zvznt-l-heure.htm

⁷³ CAV : signifie Constant Angular Velocity

⁷⁴ CLV : signifie Constant Linear Velocity

État des lieux

La dimension de 30 cm du Laserdisc, la catalogué comme étant trop encombrant. Cette impression d'encombrement était également dû au fait qu'il fallait tourner le disque pour avoir accès à la suite des données, comme les vidéos. Il existait néanmoins des lecteurs le faisant automatiquement mais marqué par une courte interruption.

Il était également trop cher, comparé au VHS. Il n'a pas pu trouver son marché, ayant atteint dans les environ de 10% de parts de marché au Japon.⁷⁵ Il a été remplacé dès les années 1997 et définitivement remplacé dans les années 2000 par le DVD.

De plus les raisons susceptible de son « échec » auprès du grand public, était peut-être dû sa complexité d'utilisation, si nous le comparons aux cassettes VHS reconnu à cette période pour son prix bas et sa simplicité d'utilisation. «*Une platine Laserdisc coûtait trois fois plus cher qu'un magnétoscope* »⁷⁶

1.3.b. CD⁷⁷

Origine

Le *Compact Disk* voit le jour en 1979 de l'union de la société de Sony Corporation et de Philips. Ils avaient pour projet de faire en sorte que les platines lasers soient dotés d'une puce électronique. Ce produit destiné au grand public, les premiers *Compact Disk* furent commercialisés dans les années 1982.

Le *Compact Disk* offrira une avancée notable par rapport aux vinyles⁷⁸.

Il existe deux formats de taille standards pour le CD : 12 cm et 8 cm.

⁷⁵ Pierre DANDUMONT, tom'sHARDWARE, "Le Laserdisc c'est fini", www.tomshardware.fr/articles/laserdisc-dvd-terme.1-8976.html

⁷⁶ Olivier Humbaire, LesEchos.fr, "Laserdisc, le DVD avant l'heure", https://www.lesechos.fr/28/07/2010/LesEchos/20728-032-ECH_laserdisc--le-dvd-avant-l-heure.htm

⁷⁷ CLEMENTS Ken, Understanding and Servicing CD Players, Great Britain, 1998, p.172 (total)

⁷⁸ Le disque microsillon plus connu sous le nom vinyle est un disque phonographique, support principal de diffusion de musique aux XXème siècles.

*Intérêt*⁷⁹

Il est intéressant de noter que ce support n'est constitué d'aucune pièce mécanique et conçu sous un seul bloc. Et son absence d'utilisation de pièce mécanique laissait penser que sa durée de vie aurait forcément été très importante en tous les cas nettement supérieur aux supports de stockage tel que les disques durs par exemple.⁸⁰

Il existe plusieurs types de *Compact Disk* :

CD-I

Lancé en 1987 par Philips, cette technologie pouvait permettre des présentations interactives. Cependant, elle n'a pas obtenu le succès escompté.

CD-R ou CD enregistrable,

Le R renvoie à Recordable. Ce modèle est apparu en 1988. Son principal point fort réside dans sa fonction à pouvoir enregistrer facilement ses données sur ce support, à l'aide d'un simple ordinateur muni d'un lecteur CD. En revanche, il n'est pas réinscriptible ce qui peut constituer un inconvénient ou un atout selon l'usage.

CD-RW pour Re-Writable,

Ce modèle est apparu dans les années 1990. Il présente l'avantage d'être réinscriptible, ce qui signifie que l'utilisateur a la possibilité de pouvoir supprimer son fichier et de pouvoir le remplacer par un nouveau.

CD-Audio

Ce modèle de support optique a pour particularité d'avoir un usage uniquement porté sur l'audio. Les données sont codées sur 16 bits à 44 kHz⁸¹. Ce format peut être lu grâce à un ordinateur, une chaîne hi-fi, et même un autoradio. Pour une durée d'écoute et de stockage allant de 74 minutes à 80 minutes.

⁷⁹ www.01net.com/actualites/tout-savoir-sur-les-cd-les-dvd-et-leurs-formats-denregistrement-345202.html

⁸⁰ Jean-Charles Hourcade, Frank Laloë, Erich Spitz, *Longévité de l'information numérique*, France, 2010, p.31-32.

⁸¹ KHz : Kilohertz, unité de mesure de fréquence

CD-ROM, ROM (Read Only Memory),

La particularité du modèle est de contenir des fichiers informatiques. Pour une capacité allant de 650 Mo à 700 Mo.

CD-Extra

Le CD-extra est le mélange entre un CD-ROM et un CD-audio, ce qui signifie que ce support peut contenir sur le même support des fichiers informatiques et des pistes audio.

VCD

VCD pour Video Compact Disc, conçu de la base d'un CD-ROM mais orienté pour le stockage de film. Le format fichier de ce modèle est le Mpeg-1⁸² reconnaissable par son extension « .mpg ». La définition de ce format est 352 x 288 pixels, une qualité similaire et comparable à celle d'une VHS.

S-VCD

Le S renvoie à Super. Ce modèle est une version améliorée du VCD présenté précédemment. L'amélioration porte sur le format des films stocker qui passent en Mpeg-2. Ce format offre une définition de 480 x 576. Mais cette évolution qui offre une qualité visuelle augmentée, réduit son temps d'enregistrement, le faisant passer à une trentaine de minutes.

Mini-DVD

Ce modèle de support optique à la caractéristique d'être un DVD-Vidéo gravé sur un CD-ROM. Le Mini-DVD contient des fichiers VOB⁸³ au format Mpeg-2.

*État des lieux actuels*⁸⁴

Le *Compact Disk* est un support encore utilisé dans le domaine de l'archivage, car il offre un gain d'espace conséquent mais également est pourvu d'une longévité de vie pouvant aller selon les constructeurs à 200 ans. A savoir que cette durée de

⁸² MPEG-1 : est une norme de compression vidéo et audio définie par la norme ISO / CEI – 11172.

⁸³ Fichier VOB : Video Object Block, signifie que le support contient le fichier d'un DVD vidéo.

⁸⁴ Jean-Charles Hourcade, Frank Laloë, Erich Spitz, *Longévité de l'information numérique*, France, 2010, p.31-32.

vie est à prendre avec précaution car selon les analyses du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais la durée de vie du *Compact Disk* est clairement en dessous des durées indiquées par les constructeurs, pouvant dans certains cas avoir une durée de vie inférieure à 1 an.

Pour ce qui est de l'utilisation grand public le *Compact Disk* est nettement moins utilisé car remplacé par des technologies magnétiques et flash, telles que les SSD, les Disques durs, les clés USB, etc.

1.3.c. DVD

« DVD » signifie *Digital Versatile Disc* que l'on peut traduire en français par « Disque numérique polyvalent ». Les DVD ont les mêmes dimensions que le CD. Cette version de disques optiques offre des capacités de stockage bien plus élevées que celles des CD. Il existe 4 grandes versions de DVD, ces versions ont pour différence leurs capacités de stockage allant de 4,7 Go à 17 Go.

Le DVD-5 dispose de 4,7 Go, le DVD 9 de 8,5 Go, le DVD 10 de 9,4 Go, et le DVD-17 dispose de 17 Go.

Les différences de stockage par version sont dus au nombre de faces et de couches que dispose ce support. Sachant que le nombre maximum de face par support est de deux et que le nombre de couche est de deux maximums par face. Soit un total de quatre couches qu'on pourrait traduire par l'addition de quatre DVD-5.

Il existe deux formats standards pour les DVD 8 cm ou 12 cm.

Origine

Le DVD fut conçu dans les années 1995 par trois grands groupes japonais, Sony, Panasonic et Toshiba et une société néerlandaise, Philips.

Vers fin 1996, les premiers lecteurs DVD sont commercialisés au Japon, suivi par les États-Unis au début des années 1997 et enfin la France au début des années 1998. Lors de la sortie du DVD, les cassettes VHS ont été mises de côté par les distributeurs.

Intérêt

Il est intéressant de noter que ce support n'est constitué d'aucune pièce mécanique et conçu sous un seul bloc. Aussi, son absence d'utilisation de pièce mécanique lui offre quelque s'avantage sur sa durée de vie.

Il existe plusieurs types de DVD

- DVD-R⁸⁵ et DVD+R

Le R renvoie à Recordable, ce qui signifie que les données ne peuvent être enregistrées qu'une seule fois. Les données peuvent être lues mais ne peuvent plus être effacées.

La différence entre les DVD avec le symbole « - » (moins) et celui avec les DVD avec le symbole « + » (plus). Ces symboles indiquent deux grands consortiums, le DVD forum apparu en 1997 et DVD+RW apparu en 2001. De plus au début ces deux formats n'était pas compatibles il fallait donc avoir un lecteur et un graveur adéquat pour le format « - » (moins) et un format adéquat pour le format « + » (plus). Aujourd'hui les lecteurs et graveurs sont multi formats.⁸⁶

- DVD-RW et DVD+RW

Le RW renvoie à ReWriteable, ce qui signifie que les données peuvent être enregistrées et supprimées dans une limite de 1000 fois et la lecture reste possible de façon illimité.⁸⁷

- DVD-Audio⁸⁸

Support conçu pour stocker du son en haute définition, soit 24 bits en 192 kHz avec une utilisation de la bande passante allant de 1 à 88000 Hz. Il dispose d'un second atout qui est le multicanal, doté également de 24 bits mais avec 96 Hz, et une bande passante allant de 1 à 44000 Hz.

⁸⁵ www.build-your-own-computer-.com/dvd-drive-difference.html

⁸⁶ www.bhmag.fr/astuces/difference-entre-entre-les-normes-dvd-rrw-et-dvdrrw-291

⁸⁷ Wikipédia, « Disque compact réinscriptible », https://fr.wikipedia.org/wiki/Disque_compact_réinscriptible

⁸⁸ www.le-homecinema.com/faq-dvd-audio-.php

- DVD-ROM

Support conçu pour stocker des données informatiques. Il est principalement utilisé dans les jeux vidéo, systèmes d'exploitation et logiciels. Le point fort de ce type de support est sa grande capacité de stockage et son faible coût.

- Mode Vidéo et mode VR⁸⁹

Mode conçu pour enregistrer les vidéos et le son ainsi que des films. Ces modes d'enregistrement sont disponibles sur les DVD modèles RW. À savoir que le mode vidéo est le mode d'enregistrement par défaut.

Le VR signifie *Video Recorder*. Le mode VR permet de graver des DVD de salon et permet l'édition de la vidéo, depuis un graveur de salon. Il n'est pas très généralisé. Ce mode est conçu pour stocker de la vidéo ou du son, généralement enregistré depuis la télévision ou un caméscope.

Les options d'édition permettent de modifier les images sauvegardées en mode VR, d'effacer des scènes et de trier l'ordre des scènes. Il n'est pas très compatible, car seuls les lecteurs DVD RW avec l'indication mode VR peuvent lire ces DVD.

Le mode vidéo à moins d'option d'édition mais permet la lecture et l'édition sur ordinateur. Les options d'édition de ce mode permettent notamment d'effacer des scènes après enregistrement en « mode Vidéo ». Ils peuvent être lus sur la plupart des lecteurs de DVD.

- DVD-RAM

Ce support est réinscriptible, son point fort est de permettre d'enchaîner aléatoirement les lectures et les écritures. Il est important de noter que cette version de DVD est orientée pour un usage professionnel. Le DVD-RAM

⁸⁹ www.canoncanadafr.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/6480/disques-et-modes-denregistrement-%28video-ou-vr%29

n'est pas compatible avec les platines DVD de salon et de la plupart des lecteurs et graveurs d'ordinateur.

État des lieux actuels

On observe la disparition des lecteurs de DVD sur les appareils bureautiques, tel que les ordinateurs portable car de moins en moins utilisés par le grand public et remplacés au profit du support de stockage de quatrième génération telles que les USB, carte SD, carte microSD et autres.

De manière générale la durée de vie d'un DVD est d'une dizaine d'année en moyenne.⁹⁰

Note : de manière générale les conditions de conservation des CD et DVD sont dans les grandes lignes identiques, soient :

- Conserver les CD et DVD dans un lieu sombre, sec, propre et frais
- Idéalement les conserver dans une position verticale et de préférence dans leur boîtier
- La température devrait être comprise entre 4 à 20°C pour un taux d'humidité relative entre 20 à 50%

1.3.d. Blu-ray⁹¹

Origine

Le Blu-ray Disc a vu le jour de la collaboration de Sony et de Pioneer. La première apparition du Blu-ray telle que nous la connaissons est apparue sous forme de prototype de lecteur DVR Blue lors de l'exposition CEATEC.

En 2002 un communiqué de presse indique l'alliance commune pour la conception d'un support de stockage optique de haute capacité. Cette alliance fut composée de Sony, Philips, Samsung, Hitachi, Sharp, Pioneer, Thomson, Matsushita et LG Electronics. De cette alliance naquit le « *Blu-ray Disc Founder group* » qui avait

⁹⁰ Arte, "Quelle est la durée de vie d'un CD?", future.arte.tv/fr/quelle-est-la-durée-de-vie-dun-cd

⁹¹ TAYLOR Jim, CRAWFORD Charles G., ARMBRUST Christen M., ZINK Michael, *Blu-ray Disc Demystified*, McGraw-Hill Education, 2008, 432p

pour objectif de développer le format Blu-ray. C'est lors du mois de juin 2002 que la première version du Blu-ray fut arrêtée, « Profile 1.0 ».

Le terme Blu-ray : Blu renvoyant à blue, terme anglais signifiant bleu et ray au terme rayon ; car le laser du Blu-ray est bleu.

Intérêt

Ce support de stockage optique offre une haute capacité de stockage tout en bénéficiant de la même surface que les CD et les DVD. Principalement utilisé pour le stockage de vidéo en haute définition, c'est-à-dire des vidéos en HD ou Full HD voire même de la ultra définition.

L'*archival Disc* est un nouveau format développé par Panasonic et Sony. Support optique lancé en 2015 et orienté pour les besoins des professionnels de l'archivage, cette version du Blu-ray est conçu de base pour 300 Go pouvant atteindre jusqu'à 1 To.

Aussi, les disques optiques sont des supports plutôt résistants :

« Les disques optiques ont d'excellentes propriétés pour se protéger contre l'environnement, telles que la résistance à la poussière et à l'eau et, peuvent supporter des modifications de température et d'humidité lorsqu'ils sont stockés » défend Sony⁹². Il indique également que les lecteurs optiques ont la capacité de lire les supports optiques des générations passées CD, DVD, Blu-ray.

État des lieux actuels

Le succès des premiers Blu-ray (classique) fut moindre, car lors de sa sortie, l'offre des films très haute définition était faible et le coût à l'acquisition du matériel nécessaire à l'exploitation de ce support était lourd.

Désormais, le Blu-ray Ultra HD semble connaître un succès plus important que le Blu-ray « classique ». Les raisons de ce nouveau succès semblent provenir du coût du matériel mais également de l'offre grandissante des films en Ultra HD.

En 2015 un nouveau format de support optique l'Archival Disc voit le jour. Format destiné à un usage professionnel avant tout, et offrant plus du double de la capacité de stockage d'un Blu-ray soit 300 Go à sa sortie. Cette prouesse à été rendu

⁹² Article rédigé par Guillaume CHAMPEAU le 10 mars 2014 sur Numerama.com.

possible non pas en changeant la technologie du laser mais en optimisant l'espace entre chaque disque de donnée, grâce au « *track pitch* ». ⁹³

1.3.e. M-Disc⁹⁴

M-Disc signifie Millennial Disc, faisant un clin d'œil à la start-up américaine Millenniata.

Origine

Ce support de stockage optique fut dévoilé en 2009 par la start-up américaine Millenniata avec la collaboration du groupe coréen LG. À la tête de la technologie derrière le M-Disc Matthieu Linford, Henry O'Connell, Barry Lunt et Douglas Hansen.

Intérêt⁹⁵

Le grand point fort de ce support de stockage réside dans sa grande durée de vie indiquée par les développeurs, qui serait de l'ordre du « millénaire », 1961 ans exactement. Cette durée de vie est à prendre avec précaution, car les propriétés exactes du M-Disc sont secrètes et sous brevet. Néanmoins le M-Disc est présenté comme ayant une durée de vie supérieure à celle des DVD standard.

Conçu pour être enregistrable une fois et non réinscriptible, il est doté des capacités de stockage identique à un DVD-R soit 4,7 Go, d'un Blu-ray R soit de 25 ou 50 Go et même d'un Blu-ray XL soit 100 Go.

Fonctionnement⁹⁶

Il semblerait que c'est le matériel de conception du M-Disc qui lui permet d'avoir une telle longévité. Le matériel utilisé pour sa conception est inerte à l'oxydation causé par l'oxygène et ayant un point de fusion compris entre 200° et 1000°

⁹³ Numerama, « Archival Disc : un nouveau format optique par Sony et Panasonic », www.numerama.com/magazine/28698-archival-disc-blu-ray-successeur-format-stockage-optique-sony-panasonic.html

⁹⁴ Wikipédia, « M-Disc », <https://wikipedia.org/wiki/M-DISC>

⁹⁵ Jean ELYAN, Le Monde Informatique, « Une start-up met au point un disque optique inusable », www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-une-start-up-met-au-point-un-disque-optique-inusable-34368-page-2.html

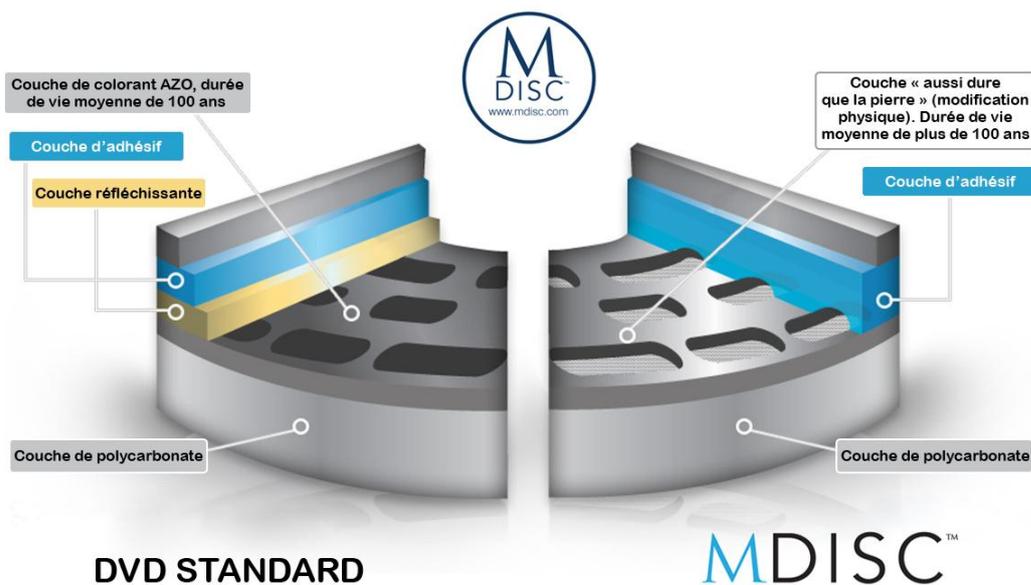
⁹⁶ Millenniata, « M-Disc Lifetime Testing », pin.association-aristote.fr/lib/exe/fetch.php/public/presentations/2012/pin20120927_1mdisc.pdf

Celsius. De plus, il semblerait que la couche utilisée pour le M-Disc soit d'origine minérale et non organique.

Le laser utilisé pour enregistrer les données est plus puissant que le laser utilisé normalement mais en contrepartie la vitesse d'écriture est limitée à 4x le rendant plus long que les DVD ou les Blu-ray.

Il est important de prendre connaissance des graveurs compatibles avec ce support sont : Asus, Buffalo Technology LTD, LG, Lite-On Group, Samsung, iGadgitz, HP, Pioneer, Panasonic, Freecom, et Systor. Néanmoins la lecture reste possible sous toutes les marques car le matériel ne change pas seulement le logiciel d'exploitation.

Figure 7: Structure d'un DVD et d'un M-Disc⁹⁷



État des lieux actuels

Le M-Disc semble offrir une plus grande longévité que les DVD standard et les Blu-ray. Support uniquement enregistrable mais également 30% plus cher en moyenne que le DVD-R de 4,7 Go, 18% plus cher que BD-R de 25 Go et 37% plus cher que les BD-R XL de 100 Go.

⁹⁷ Pierre DANDUMON, Journal du lapin, « M-Disc, les DVD qui durent 1000 ans », www.journaldulapin.com/2016/09/27/m-disc-dvd/

Néanmoins les brevets et les secrets autour de la technologie des M-Disc le rendant opaque à la différence des autres supports optiques qui sont normalisées comme par exemple les CD peuvent être problématique pour en garantir sa pérennité.

1.3.f. Le stockage magnéto-optique

Le support de stockage magnéto-optique peut-être considéré comme un cas particulier, car alliant la technologie magnétique et la technologie optique. Connue également sous l'acronyme MO pour magnéto-optique.

Origine

Support apparu dans les années 1990

Intérêt

Support de stockage alliant la technologie optique et la technologie magnétique. Destiné à un usage principalement professionnel, ce support était reconnu pour sa bonne longévité d'une trentaine d'année en moyenne et vendu par les constructeurs comme HP pour une durée de vie de 100 ans.⁹⁸ Il semblait être intéressant pour un archivage à long terme. Il utilise des disques optiques réinscriptibles certifiés pour une « longévité supérieure ». Une capacité de stockage pouvant atteindre jusqu'à 30 Go. Il était également présenté comme ayant : « *une meilleur résistance aux chocs, à la poussière, à la température, à l'humidité et aux rayonnements magnétiques.* »⁹⁹

Fonctionnement

Il conserve les dimensions d'un CD classique, qui est lui-même intégré dans une cartouche dit de protection semblable à celle des disquettes magnétiques. La lecture des données se fait via un laser et c'est la polarisation magnétique qui permet d'identifier le signal du langage binaire soit 0 ou 1. L'enregistrement des données se fait à l'aide d'un laser.

⁹⁸ Eurocapa solutions, « HP Disque magnéto-optique REW -9,1 Gb », eurocapa.com/c7983a.html

⁹⁹ Cdiscount, « HP- Disque magnéto-optique-2,6 Go-Mac/PC », <https://www.cdiscount.com/informatique/cdr-dvdr-sauvegardes/hp-disque-magneto-optique-2-6-go-mac-pc/f-10721-hew0088698074664.html#pres>

*État des lieux actuels*¹⁰⁰

Les disques magnéto-optiques étaient initialement conçus pour un usage professionnel, ce qui pourrait expliquer un coût à l'acquisition du support compris entre 60 à 70 € en moyenne pour 2,6 Go et entre 90 à 100 € en moyenne pour une capacité de 9,1 Go. Un prix que nous pourrions considérer élevé comparé aux autres supports de stockage purement optique ou magnétique. De plus l'acquisition du lecteur est également élevée. Ce support de stockage devait être une alternative aux CD, disquettes et disques durs. Il semblerait que la part du marché ciblé, c'est-à-dire le marché professionnel ait interrompu la maturité des disques magnéto-optiques. Cette part du marché présente une limite d'importance, qui est sa taille, trop petite comparée au marché public, pour assurer sa maturité.

De plus, l'augmentation « rapide » de la capacité de stockage des supports et de leur baisse des prix à rendu le disque magnéto-optique peu compétitif et attractif.

Le tableau si dessous est un récapitulatif des supports optiques existants, les informations pratique y sont mentionnées. Ces supports possèdent un mode d'enregistrement numérique.

Figure 8: Récapitulatif des supports de stockage optique

Nom	Capacité de stockage	Vitesse de lecture	Vitesse d'écriture	Réinscriptible	Taux de transfert
CD -/+ R	650 Mo à 700 Mo	X	48 x	Non	8 Mo/seconde
CD -/+ RW	650 Mo à 700 Mo	X	48x	Oui	8 Mo / seconde
DVD R	4, 7 Go à 8, 5 Go	X	8 x	Non	X
DVD R DL				Non	
DVD RW				Oui	
Blu-ray-R (BD-R)	25 Go à 100 Go	6x	4 x	Non	Jusqu'à 4800 Mo / seconde

¹⁰⁰ Journal du net (JDN), « Le stockage magnéto-optique », www.journaldunet.com/solutions/0705/070515-histoire-technologies-stockage/10.shtml

L'évolution des supports de stockage

Blu-ray-R DL (BD-R / SL / DL / XL)	25 Go, 50 Go à 100 Go	6x	6x	Non	
Blu-ray- RE(BD- RE)	50 Go	X	2 x	Oui	X
M-Disc	4,7 Go à 100 Go	X	4x	Non	X
Magnéto- optique	2,6 Go à 30 Go	X	X	Oui	8Mo/ seconde

1.4. SUPPORTS DE STOCKAGE DE QUATRIÈME GÉNÉRATION : FLASH¹⁰¹

La mémoire flash tire ses origines de la technologie EPROM et EEPROM, qui a pour caractéristique d'être une mémoire morte réinscriptible. Nous avons les USB, les SD, les microSD, les SSD etc. Ces supports sont principalement utilisés dans les téléphones portables, appareils photo, consoles de salon et portables. Le point fort de ce type de support de stockage est sa grande vitesse d'accès avec des capacités de stockage comparables à ceux d'un disque dur « classique », c'est le cas des SSD.

La durée de vie de ce support présente une particularité. Théoriquement, moins les supports de mémoire flash sont utilisés plus leur durée de vie est grande. La durée d'une mémoire Flash est calculée sur son nombre d'écriture et d'effacement que subissent les données sur le support. Néanmoins, pour conserver de manière durable ces données, il est nécessaire de les conserver en sécurité et dans de bonnes conditions.

1.4.a. La clé USB¹⁰²

USB signifie « *Universal Serial Bus* » que l'on pourrait traduire littéralement en français par « Bus universel en série ». C'est un support de stockage amovible. La technologie USB permet de connecter des périphériques informatiques sur un ordinateur et autres appareils pourvu de port USB mais seulement si la machine est en fonction.

Origine

La technologie USB vu le jour dès les années 1996.

La clé USB fut inventée par le Malaisien Pua Khein Seng après avoir poursuivi ses études et obtenu sa maîtrise spécialisée sur la technologie USB. Elle fut développée dans les années 2000, et la commercialisation des clés USB en 2001.

¹⁰¹ Jean-Charles Hourcade, Frank Laloë, Erich Spitz, Longévité de l'information numérique, Les « mémoires flash », p.35

¹⁰² MARTIN Michel, « la clé USB », *Mon premier PC sous Vista*, Pearson Éducation France, 2007, 433p

Intérêt

Ce support est considéré comme étant polyvalent. La clé USB est de petite taille et donc facile à transporter. De plus, du fait que ce support soit dépourvu de pièce mécanique, il est d'autant plus résistant aux chocs, à la poussière et aux rayures. Il est pourvu d'un autre atout avantageux qui est sa faible consommation d'énergie.

Ce support est très intéressant dans le cadre d'une sauvegarde de données.

La technologie a su se développer en passant d'une version USB 1.0 à 3.1.

La principale caractéristique de la technologie USB à retenir concerne sa capacité de transfert des données. Elle est de 1,5 Mo à 12 Mo par seconde pour la version USB 1.0, de 480 Mo par seconde pour l'USB 2.0, de 5 Go théorique par seconde pour l'USB 3.0 mais dans la réalité il délivre une capacité de 4 Go par seconde et enfin 10 Go par seconde pour l'USB 3.1.

Il existe également une version WIFI appelé Wireless USB apparue en 2005 ayant une capacité de transfert des données de 480 Mo par seconde.

La capacité de stockage a su évoluer rapidement au fil des années. De 1 Go en 2001 par le fabricant Netac Technology à 512¹⁰³ Go aujourd'hui par le fabricant Corsair.

À noter que ce support est reconnu par plusieurs systèmes d'exploitation, tel que Windows XP, Vista, Seven, 8.0, 8.1, 10, les systèmes d'exploitation Macintosh mais également plusieurs versions des systèmes d'exploitation Linux.

Aujourd'hui nous avons peu de donnée sur la durée de vie des clés USB car pas assez de recul dans le temps.

Fonctionnement

Les clés USB obtient sont alimentation par sa connexion USB.

État des lieux actuels

Utilisation grand public et une utilisation dans le cadre professionnel se délimitant à la sauvegarde de donnée pour une période relativement courte (moins de 1 mois).

¹⁰³ Corsair Flash Survivor Stealth 3.0

1.4.b. La carte SD¹⁰⁴

Origine

SD signifie en anglais *Secure Digital* et parfois appelé SDSC pour *SD Standard Capacity*.

Elle est conçue de l'alliance de trois grands groupes, les groupes japonais Toshiba et Panasonic et le groupe américain SanDisk dans les années 2000.

Intérêt

Le point fort de ce stockage est sa caractéristique amovible. Ce support est très utilisé dans les consoles de jeu vidéo (PSP...), les caméscopes numériques, les appareils photo numérique, dans les systèmes de navigation de type GPS, les téléphones mobiles types « smartphones ».

Il existe aujourd'hui 3 modèles de carte SD et 3 versions dérivées, reconnaissable par le terme Micro, les SD et les Micro SD, les SDHC et les Micro SDHC et enfin les SDXC et les Micro SDXC

- **SD** : le modèle standard que l'on retrouve par défaut dans les smartphones, les appareils photo numériques. La capacité de ce modèle pouvant aller de 128 Mo à 2 Go (format par défaut FAT16¹⁰⁵).
- **Micro SD** : Ce modèle est apparu en 2005 par la *SD Association*. Plus petit que le format SD classique, il a su s'imposer face à la miniSD. Principalement utilisé dans les smartphones, les tablettes et autres appareils numériques.
- **SDHC** : HC signifie Haute Capacité. La capacité de ce modèle pouvant aller de 4 Go à 32 Go (format par défaut FAT32). La carte SDHC est basée sur la spécification SDA 2.0
- **Micro SDHC** : une version dérivé du format SDHC, et plus petit. Disposant de capacité de stockage pouvant aller jusqu'à 128 Go.

¹⁰⁴ SanDisk, 2015. Caractéristiques et compatibilités des cartes SD/SDHC/SDXC. https://kb-fr.sandisk.com/app/answers/detail/a_id/8863/~caractéristiques-et-compatibilités-des-cartes-sd%2Fsdhc%2Fsdxc

¹⁰⁵ FAT signifie File allocation table ce qui donne en français table d'allocation de fichier.

- **SDXC : XC** signifie Capacité étendue. La capacité de ce modèle pouvant aller de 64 Go à 2 To (format par défaut exFAT). La carte SDXC est basée sur la spécification SDA 3.0.
- **Micro SDXC** : La capacité de stockage de la carte SD a su évoluer très rapidement pour atteindre des capacités d'un demi-Tera soit 512 Go pour les modèles SDXC.

État des lieux actuels

La carte SD est le nouveau support de stockage « standard » pour les appareils portatifs, tels que les appareils photo numérique, les smartphones, et certaines consoles portatifs à partir de 2010.

Ceci a entraîné l'abandon d'autres supports amovibles tel que les Memory Stick de Sony.

1.4.c. Memory stick

La carte mémoire Memory stick est également connu sous l'abréviation MS ou encore MS Card.

Origine

La carte mémoire Memory stick a vu le jour en janvier 2000 sous la collaboration de l'entreprise japonaise Sony et celle de l'entreprise américaine SanDisk.

Intérêt¹⁰⁶

La carte mémoire Memory stick a pour architecture EEPROM de type NAND. EEPROM signifie *Electrically Erasable Read Only Memory*, mais dans le cadre des supports flash la particularité de cette architecture est d'être effaçable.

La Memory stick possède une dimension de 21, 5 mm x 50, 0 mm x 2, 8 mm.

Sa capacité de stockage pouvait atteindre jusqu'à 32 Go pour une vitesse de transfert pouvant atteindre 50 Mo par seconde pour le modèle Carte mémoire ultra-rapide Memory stock pro DUO.

¹⁰⁶ Sony, « Cartes mémoire, mémoire flash et disques durs externes », <https://www.sony.fr/electronics/peripheriques-stockage/t/memory-stick>

Il peut fonctionner par des températures comprises entre 25 °C et 85 °C.

État des lieux actuels

Les Memory stick de l'entreprise japonaise Sony ont été peu à peu remplacé dès les années 2010 par le format de carte mémoire SD. Néanmoins le format Memory stick de Sony est encore utilisé dans certains appareils portatifs.

1.4.d. La carte MMC

Origine

La carte mémoire MMC a été conçue en novembre 1997 par l'entreprise allemande Siemens et par l'entreprise américaine SanDisk. MMC signifie MultiMedia Card.

Intérêt

L'architecture de ce type de support de mémoire est basée sur une combinaison de mémoire morte appelée également mémoire ROM.

Ce type d'architecture qui semble similaire à la mémoire RAM a pourtant bien des différences. L'acronyme ROM signifie « *Read Only Memory* ». Les différences entre les mémoires RAM et les mémoires ROM, les mémoires ROM sauvegarde les données même en absence de courant à la différence des mémoires RAM qui nécessitent une alimentation.

Au sein de la carte mémoire MMC, la mémoire ROM a pour fonction la lecture seule des applications et est complétée par la mémoire flash qui a pour fonction l'écriture et la lecture.

Les cartes mémoires MMC possèdent 2 voltages différents, 3,3 V et 5 V.

Les MMC à 3,3 V sont équipés d'une encoche à gauche et celles avec 5 V sont équipées d'une encoche à droite.

Le taux de transfert de ce support varie en moyenne de 2 Mo / s et peuvent atteindre 2, 5 Mo / s et ont des capacités de stockage pouvant atteindre les 2 Go.

Les cartes mémoires MMC mesurent 24 mm x 32 mm x 1,4 mm.

De plus la fourchette de conservation du support est intéressante car les températures sont comprises entre -20 à 85°C et la température moyenne de fonctionnement laisse un peu de marge car elles sont comprises entre 0 et 60°C.

*État des lieux actuels*¹⁰⁷

Les cartes mémoire MMC ont été remplacées et par les cartes mémoires SD qui sont par la même occasion devenues le format « standard » pour la majorité des appareils photo, téléphones portables ou consoles.

Ce qui pourrait expliquer le remplacement des cartes mémoire MMC par les cartes mémoires SD semble provenir de leurs différences au niveau de leurs caractéristiques.

Le taux de transfert maximum connu d'une carte mémoire MMC est de 6 Mo par seconde (modèle Crucial MultiMedia Card 1 Go) alors que la carte SD peut atteindre 300 Mo par seconde (modèle SanDisk Carte mémoire SDXC Extreme PRO UHS-II U3 128 Go).

Le boîtier de protection des cartes MMC est plus fin (mesurant 24 mm x 32 mm x 1,4 mm) que celui de la SD (mesurant 24 mm x 32 mm x 2,1 mm) ce qui procure une plus grande longévité mais surtout une plus grande résistance aux décharges électrostatiques pour les cartes mémoires SD.

L'une des différences importantes à indiquer est la capacité de stockage. La carte mémoire MMC pouvait atteindre 1 Go pour le modèle Crucial MultiMedia Card 1 Go à la différence de la carte SD qui peut atteindre 128 Go pour le modèle SanDisk Carte mémoire SDXC Extreme PRO UHS-II U3 128 Go.

1.4.e. La carte xD¹⁰⁸

Origine

C'est une création de la collaboration japonaise du constructeur d'imagerie, de photographie et optique Olympus et de Fujifilm dans le domaine également de la photographie.

¹⁰⁷ Nikon, Différences entre une carte mémoire SD et une carte mémoire MMC, https://www.nikonimgsupport.com/ni/NI_article?articleNo=000002784&configured=1&lang=fr_CA

¹⁰⁸ Wikipedia, 2016, Carte xD. https://fr.wikipedia.org/wiki/Carte_xD

Développée pour remplacer le format SmartMedia¹⁰⁹, car celle-ci avait une capacité de stockage limitée (128 Mo) et une perte de vitesse.

Intérêt

La carte xD est utilisée principalement pour les téléphones, les ordinateurs, et les appareils photo.

La particularité de la Carte xD est le fait que le contrôleur ne soit pas intégré sur la carte en elle-même mais dans le dispositif de lecture. Ce qui avait théoriquement 3 avantages, aucune limitation de vitesse et de capacité avec en plus un coût plus faible à la fabrication.

Mais la réalité est tout autre car la capacité et la vitesse sont tous deux dépendants du contrôleur intégré dans le lecteur, le rendant au final plus cher.

Il existe trois types de carte xD :

- **Carte xD** : c'est le modèle standard qui peut-être utilisé dans les appareils ayant une compatibilité avec cette dernière.
- **Carte xD type M** : ce modèle de carte utilise une mémoire dite mémoire MLC¹¹⁰, ce qui signifie que c'est 2 bits par cellule. L'avantage de ce modèle est de fournir une grande capacité de stockage avec en contre partie un faible débit.
- **Carte xD type H** : ce modèle de carte utilise une mémoire dite mémoire SLC¹¹¹, ce qui signifie que c'est 1 bit par cellule. Son avantage est d'offrir un débit élevé mais avec en contre partie une capacité de stockage limitée et également un coût élevé.

État des lieux actuels

Ce support de stockage fut délaissé progressivement pour être remplacé par la carte SD à partir de la fin de l'année 2010. A savoir que les trois types de cartes xD n'étaient pas forcément compatibles les unes avec les autres, ce qui posait un problème d'interopérabilité.

¹⁰⁹ SmartMedia est une carte mémoire amovible.

¹¹⁰ MLC signifie Multi Layer Cell équivalent en français à Cellule Multi-niveaux

¹¹¹ SLC signifie Single Layer Cell équivalent en français à Cellule Mono-niveau.

Le tableau si dessous est un récapitulatif des supports flash existants, les informations pratique y sont mentionnées. Ces supports de stockage ont un mode d'enregistrement numérique.

Figure 9: Récapitulatif des supports de stockage flash

Nom	Capacité de stockage	Vitesse d'écriture	Vitesse de lecture	Réinscriptible	Taux de transfert
Clé USB	8 Go à 512 Go	X	X	Oui	6 Mo/seconde
Carte mémoire CompactFlash	256 Go	160 Mo / seconde	140 Mo / seconde	Oui	
Carte mémoire micro SDHC	128 Go	90 Mo / seconde	45 Mo /seconde	Oui	
Carte mémoire micro SDXC	256 Go	275 Mo / seconde	100 Mo / seconde	Oui	
Carte mémoire Multimedia Card	64 Mo à 1 Go	6 Mo / seconde	6 Mo / seconde	Oui	

Nom	Capacité de stockage	Vitesse d'écriture	Vitesse de lecture	Réinscriptible	Taux de transfert
Carte mémoire SDHC	64 Go	90 Mo / seconde	60 Mo / seconde	Oui	
Carte mémoire xD-Picture Card	64 Mo à 2 Go	5 Mo / seconde	3 Mo / seconde	Oui	
Carte mémoire SDXC	256 Go	90 Mo / seconde	60 Mo / seconde	Oui	
SSD SLC	16 Go à 512 Go	800 Mo / seconde	750 Mo / seconde	Oui	

SSD MLC	2 To	3500 Mo / seconde	2100 Mo / seconde	Oui	80 Mo/seconde
SSD TLC	4 To	540 Mo / seconde	520 Mo / seconde	Oui	

1.5. SUPPORTS DE STOCKAGE EN DÉVELOPPEMENT

1.5.a. L'ADN¹¹²¹¹³¹¹⁴

L'ADN signifie *Acide Désoxyribonucléique*. C'est le support génétique héréditaire de toutes les espèces vivantes sur Terre.

Origine

L'ADN stocke l'information génétique des être vivants depuis toujours.

En 1953 Francis Crick et James Watson font la découverte de la structure en double hélice de l'ADN. Le premier séquençage connu de l'ADN se fait en 1977 sur un organisme biologique, le virus phiX174. Le séquençage du génome de l'Homme fut initié en 1989 dans le cadre du projet Génome humain et débuta en 2003 soit 14 ans après le lancement du projet.

En 2012 l'encodage d'un ouvrage sur un ADN de synthèse, par l'Américain Georg Church. Dans la même année le Britannique Nick Goldman encode les « Sonnets » de Shakespeare.

Intérêt

L'information peut être conservée sur des centaines de milliers d'années selon les estimations des chercheurs. Cette estimation fut démontrée par l'école polytechnique fédérale de Zurich.

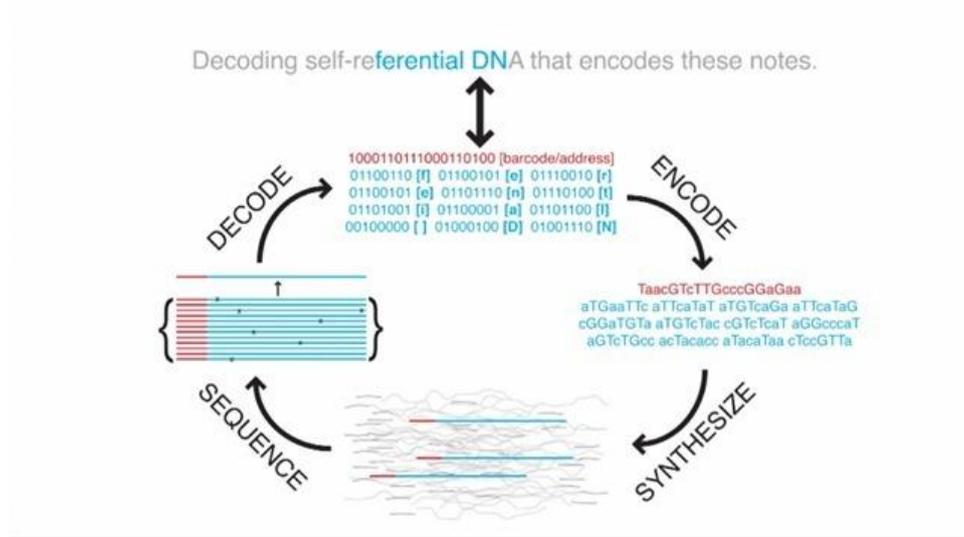
¹¹² Le journal CNRS, Des molécules pour stocker l'information, <https://lejournald.cnrs.fr/articles/des-molecules-pour-stocker-linformation>

¹¹³ , George M.Church, Yuan Gao, Sriram Kosuri, Next-Generation Digital Information Storage DNA

¹¹⁴ Howard Colquhoun, Jean-François Lutz, Nature Chemistry

La molécule de l'ADN pourrait stocker sans altération des données sur une durée de plus de deux millénaires d'années et pourrait devenir un support révolutionnant le stockage de données numériques.

Figure 10: Schéma du cycle d'encodage et de décodage sur l'ADN¹¹⁵



État des lieux actuels¹¹⁶

Récemment les suisses ont permis de faire une avancée significative dans la recherche en résolvant le problème de conservation de l'information sur une longue durée.

Mais il y a à l'heure actuelle 2 véritables obstacles de taille auxquels ce support devra faire face :

- Pas de réécriture possible car une fois les données écrites et « vitrifiées », il devient alors impossible de corriger l'information
- Le coût de cette technologie reste à l'heure actuelle très élevé

Pour la question des coûts le Docteur Nick GOLDMAN du laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL) indique qu'il y aurait de grandes chances de les abaisser de manière significative rendant la technologie accessible d'ici 10 ans.

¹¹⁵ GuruMeditation, www.gurumed.org/2012/08/18/les-puces-adn-sont-desormais-le-support-de-stockage-connu-pouvant-contenir-la-plus-grande-densite-dinformation-vido/

¹¹⁶ Vimeo.com, Wyss Institute, Information Storage In DNA, <https://vimeo.com/47615970>

En parallèle, Microsoft développe un langage spécifique nommé *DNA Strand Displacement Tool*. Ce langage pourrait concevoir des séquences génétiques pouvant faire fonctionner les circuits électroniques, indique la MIT Technology Review.

1.5.b. Quartz¹¹⁷

Le quartz est minéral du groupe des silicates¹¹⁸. Il peut se former sous deux formes différentes, des cristaux de taille microscopique ou sous forme de grands cristaux. Il peut-être incolore ou coloré.

Origine

Le développement du quartz comme support de stockage vient de la collaboration de deux universités. L'université du Royaume-Uni Southampton et l'université du Pays-Bas Eindhoven.

Intérêt

Le quartz est doté d'une stabilité thermique remarquable. Il est en mesure de résister à des températures pouvant atteindre 1000 degrés Celsius et même à des bains d'acide.

Il est pourvu d'une longévité extraordinaire car il peut rester intact pendant 14 milliards d'année selon les chercheurs de l'université de Southampton.¹¹⁹

Selon Peter Kazan, professeur à l'Optoelectronic Research Centre et travaillant également à l'université de Southampton : « *cette technologie peut assurer le dernier témoignage de notre civilisation : tout ce que nous avons appris ne sera jamais oublié* »¹²⁰.

La raison qui fait que nous pouvons considérer le support cristal de quartz comme un support optique, est que le stockage des données se fait par impulsion laser ultra

¹¹⁷ <https://www.industrie-techno.com/un-support-de-stockage-en-cristal-de-quartz-ultra-resistant.42717>

¹¹⁸ Silicate est composé d'un sel combinant, la silice et d'autres oxydes métalliques.

¹¹⁹ www.southampton.ac.uk/news/2016/02/5d-data-storage-update.page

¹²⁰ www.southampton.ac.uk/news/2016/02/5d-data-storage-update.page

court¹²¹. Ce processus d'enregistrement par laser, est d'ailleurs l'une des caractéristiques d'un support optique.

État des lieux actuels

Ce support de stockage est en cours de développement et de recherche. À l'heure actuelle des chercheurs de l'université de Southampton ont réussi à stocker 360 To sur un support de quartz nanostructure d'une taille d'une pièce de monnaie.

L'université japonaise Kyoto est en collaboration avec l'entreprise japonaise électronique Hitachi dans le développement de ce support de stockage d'avenir.

Les chercheurs cherchent désormais à établir des liens commerciaux avec des partenaires pour commercialiser ce nouveau support de stockage.

1.5.c. Support holographique

Origine

Les premiers concepts de l'holographie sont connus dès les années 1947. Les travaux sur l'holographie comme support de stockage ont été initiés par la DARPA¹²² dans les années 1990 puis entrepris par Lucent Technologies¹²³, l'IBM et enfin Imation¹²⁴.

Intérêt

Tout comme les autres supports optiques, le CD et le DVD, le support holographique peut-être en lecture seule ou réinscriptible.

En théorie, il serait en mesure d'offrir une grande vitesse d'accès.

¹²¹ Milliardième de seconde.

¹²² DARPA : Defense Advanced Research Project Agency, c'est le département de la Défense des Etats-Unis chargée de la recherche et développement des nouvelles technologies destinées à un usage militaire.

¹²³ Lucent technologies : est une ancienne société américaine dans le domaine de l'équipement et de l'ingénierie de la télécommunication. Désormais fusionné à Alcatel France pour devenir Alcatel-Lucent.

¹²⁴ Imation : c'est une société américaine dans le domaine des produits électroniques et les produits de stockage de données. Aujourd'hui sous le nom de GlassBridge Entreprises.

État des lieux actuels

Le support holographique devait normalement être commercialisé dès 2001. En 2005 à Las Vegas aux États-Unis au NAB¹²⁵ la société Inphase avait présenté son prototype de support holographique. Après plusieurs annonces et relances pour la commercialisation de son support entre 2006 et 2007 aucun support ne fut commercialisé.

Le support holographique ne semble toujours pas avoir trouvé son marché, pourtant il laissait penser dès les années 2000 s'imposer face aux autres leaders du marché.

Le support de stockage holographique, est considéré comme étant un support de stockage optique, car il utilise la technologie du laser pour graver ses données.

¹²⁵ NAB : National Association of Broadcasters

2. PARTIE 2 : ANALYSE DES SUPPORTS DE STOCKAGE

Cette partie présentera les points forts et les points faibles des différents supports de stockage répertoriés. Une mise en lumière de l'intérêt de chacun de ces supports par rapport aux besoins d'un système de records management et d'un système d'archivage sera apportée.

2.1. LES CARACTÉRISTIQUES D'UN SUPPORT DE STOCKAGE ET DE L'INFORMATION PÉRENNE

2.1.a. Pérennité de l'information

Un support de stockage pour le records management ou l'archivage doit pouvoir garantir la pérennité de l'information et des données qu'il supporte. En effet, il doit être capable de garantir :

- **L'intégrité des données** : « C'est la confirmation que les données qui ont été envoyées, reçues ou stockées sont complètes et n'ont pas été modifiées. »¹²⁶
- **L'accessibilité des données** : les données doivent être accessibles par défaut, aux usagés habilités, soit une « organisation des données cohérente et efficace (plan de classement). »
- **L'intelligibilité des données**¹²⁷ : « désigne le niveau cognitif exigé pour saisir le sens et la portée de l'élément de connaissance informée incluse dans les informations disponibles. Elle peut réclamer en effet plus ou moins haut « degré de technicité » relatif à la lecture compréhensive (Molle, 2002). On distinguera

¹²⁶ Règlement (CE) No 460/2004 du parlement européen et du conseil du 10 mars 2004 instituant l'Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information. www.marche-public.fr/Terminologie/Entrees/integrite-des-donnees.htm

¹²⁷ Savoir CDI, Intelligibilité de l'information, <https://www.reseau-canope.fr/savoirscdi/chercher/dictionnaire-des-concepts-info-des-documentaires/i/intelligibilite-de-linformation.html>

cependant le niveau cognitif exigé pour la compréhension des informations (intelligibilité) de la densité de l'information (charge informationnelle). »

- **La sécurité des données¹²⁸** : « Il peut-être définie comme un dispositif global dont la mise en œuvre assure que l'information d'une façon qui garantit un niveau approprié de protection de cette information et des actifs liés dans le but d'en garantir, sa disponibilité, son intégrité, et sa confidentialité. La sécurité de l'information est donc un domaine vaste : il couvre la sécurité des systèmes d'informations et des réseaux, la protection vis-à-vis de l'intelligence économique, la classification de l'information, la gestion des actifs informationnels. »
- **La pérennité des données:** « État de ce qui dure longtemps éternellement. Chose établie pour une longue durée qui garantie dans le temps. »¹²⁹

2.2. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE CHAQUE SUPPORT DE STOCKAGE

Il existe de nombreux supports de stockage. Chacun de ces supports de stockage présentes des avantages mais également des inconvénients.

Figure 11 : Tableau récapitulatif des avantages et des inconvénients de chaque support de stockage numérique

Nom	Description	Avantage	Inconvénient
Clé USB	Support de stockage amovible qui utilise la technologie Flash et donc n'est pas pourvu d'un système mécanique.	Ce support de stockage est amovible et attractif au niveau du prix. Il facilite le partage et la copie numérique des données.	Il est limité par sa capacité de stockage. Facile à perdre
Cartes mémoires	Utilisées dans les appareils, tel que les	Ce support de stockage est	Il est limité par sa capacité de

¹²⁸¹²⁸ Ysosecure, Les enjeux de la sécurité de l'information, <https://www.ysosecure.com/securite-information/enjeux-besoins-securite-inforamation.html>

¹²⁹ Linternaute, Dictionnaire français, www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/perennite/

	<p>consoles de jeux vidéo, les appareils photos numériques et les lecteurs de musique.</p> <p>Il existe trois modèles phares, les Memory Stick (MS), les Secure Digital (SD), et les CompactFlash (CF).</p>	<p>amovible.</p> <p>Il est attractif au niveau du prix.</p>	<p>stockage.</p> <p>Facile à perdre.</p>
Bande magnétique		<p>Très haute capacité de stockage jusqu'à 6,25 To.</p> <p>Bonne durée de vie (30 ans en moyenne).</p>	
Disque dur HDD	<p>Support utilisant la technologie magnétique</p>	<p>Coût Giga attractif (entre 0,075 € et 0,1 €).</p> <p>Très répandu dans le commerce.</p> <p>Très haute capacité de stockage.</p> <p>Adapté au stockage quotidien.</p>	<p>Il est sensible aux chocs et aux coupures de courant.</p>
Disque dur SSD	<p>Utilise la technologie Flash, ce qui signifie qu'elle est dépourvue d'un système mécanique.</p>	<p>Capacité de transfert des données rapide.</p> <p>Il est résistant au choc.</p> <p>Il consomme peu d'énergie.</p> <p>Silencieux.</p>	<p>Coût Giga plutôt élevé (entre 1 € et 1,5 € par Go)¹³⁰</p> <p>Sa capacité de stockage reste un peu limitée (comparé au HDD)</p> <p>Durée de vie limitée.¹³¹</p>
CD	<p>A pour fonction le stockage et la sauvegarde de donnée numérique.</p>	<p>Ce support n'est pas volumineux.</p> <p>La plupart des machines de bureautique sont équipés de lecteur</p>	<p>Sensible à son environnement, principalement la température et aux rayures</p> <p>Ne dispose pas</p>

¹³⁰ LDLC.com high-tech, « Les SSD », www.ldlc.com/guides/AL00000666/les-ssd/

¹³¹ Top infos, « Choisir un disque dur SSD : Avantage et inconvénient », www.top-infos.fr/choisir-un-disque-dur-ssd-avantage-et-inconvient/

DVD		CD et DVD.	d'accès à distance Se dégrade dans le temps Dispose d'une capacité de stockage limitée
-----	--	------------	--

2.2.a. Quels sont les éléments clefs pour un « vrai » support de stockage pérenne ?

Par définition un support de stockage pérenne, entend un support ayant une durée de vie conséquente. Une durée de vie fonctionnelle sur le long terme comprend une période d'au moins 30 ans et plus.

Mais la problématique ne se pose pas simplement à se limiter au support en lui-même mais surtout aux données à conserver et son environnement.

Car, le support de stockage doit durer dans le temps, encore faut-il prendre dans l'équation le facteur de fiabilité des supports. Un facteur qu'on peut considérer encore aujourd'hui comme difficile à déterminer à cause du manque de transparence des fabricants.

Les caractéristiques à prendre en compte pour un support de stockage pérenne comprennent la conservation des données dans des conditions maximales. C'est-à-dire pouvoir garantir l'intégrité et la fiabilité des données en tout temps. Mais il est essentiel de conserver l'environnement des données, c'est-à-dire les métadonnées servant à décrire les données et les formats.

Les métadonnées existent sous forme numérique comme non numérique et comprennent plusieurs éléments dont, le nom, le titre, les mots-clés, auteur, date... Ces éléments ont pour intérêt de faciliter la recherche, la gestion, l'archivage, de gérer, de protéger les droits et de pouvoir authentifier un document.¹³²

L'environnement du support physique est également une question essentielle à traiter. Car comme nous l'ont montré les supports du passé, dès lors que nous remplaçons un support de stockage par une nouvelle technologie, il faut prendre en

¹³² BNF, « Document numérique et métadonnées », www.bnf.fr/fr/professionnels/numerisation_boiteoutils/a.metadonnees_doc_numerique.html

compte les lecteurs, les périphériques, les pièces de remplacement, mais aussi les ressources humaines : les techniciens de maintenance.

2.2.b. Comment reconnaître un support pérenne ?

On entend par support pérenne un support qui est doté d'une durée de vie longue c'est-à-dire plus de 30 ans comme l'indique le Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur (CINES).

De plus nous nous basons également des enseignements dispensés par les enseignants de l'ENSSIB, dans les cours de l'archivage numérique et ses enjeux et celui de la conservation et archivage des documents numériques.

On se base sur le cycle de vie des documents et devant le défi que représente la conservation des données dans le cadre d'un archivage historique et à valeur patrimonial. C'est tout naturellement que nous rejoignons la durée indiquée par le CINES, soit 30 ans et plus.

2.2.c. Supports de stockage pour l'archivage et supports de stockage pour le records management

Quelles caractéristiques pour le records management ?

Il faut comprendre que le *records manager* a pour responsabilité de veiller sur le cycle de vie des documents. Et il se doit donc de garantir et de disposer à tout instant de l'accessibilité des documents ou des données afin de se prémunir des risques économiques ou encore juridiques.

Il faut être en mesure de discerner les documents critiques, vitaux et confidentiels pour l'entreprise. Ce qui comprend :

- La définition du cycle de vie des documents
- Quels types de document est à conserver
- Quelle est durée de conservation nécessaire pour les documents

Les documents « actifs, contractuels » et indispensables à l'activité de l'entreprise, demandent une accessibilité à tous instants. Souvent intégrés dans un

outil de travail de type GED¹³³ ou SAE¹³⁴, il faut donc déterminer un support de stockage qui répond au mieux à ces obligations et besoins.

Le support de stockage a donc tout intérêt à pouvoir garantir certains paramètres :

- Permettre une accessibilité à distance
- Avoir une durée de vie de 5 ans voire de 10 ans
- Avoir un taux de transfert de données satisfaisant
- Garantir l'intégrité des documents ou des données

Quels risques ?¹³⁵

Plusieurs mesures sont à prendre en considération lors de la sélection des supports de stockage :

- Les risques humains

Les erreurs humaines, en causant une mauvaise manipulation pouvant causer l'effacement des données, la perte ou le vol des données (piratage).

- Les risques environnementaux

Les catastrophes naturelles, telles que les incendies, les inondations, les séismes etc. Les dangers liés aux structures des établissements.

- Les risques matériels

Ce type de risque englobe, le dysfonctionnement de matériel.

Les caractéristiques essentielles d'un support de stockage optimal

- **La vitesse :** Elle rassemble plusieurs éléments. Vitesse de transfert des données, d'écriture et de lecture. La nécessité des ces caractéristiques est de pouvoir

¹³³ GED : Gestion Électronique des Documents.

¹³⁴SAE : Système d'Archivage Électronique.

¹³⁵ DUPLOUY Laurent, HUC Claude, BANAT-BERGER, « Proposition de classification des risques », dans L'archivage numérique à long terme, Paris, 2009, p.153-160

traiter le flux de donnée constant, gérer les sauvegardes, dans le but limiter la perte de donnée.

- **Fiabilité du support** : La durée de vie du support est capitale.
- **Facilité d'utilisation** : Signifie que le support de stockage doit être simple à sa mise en place (installation), à l'utilisation, et à la maintenance.
- **Sécurité** : La meilleure option pour garantir la sûreté des données, est le cryptage ou être déconnecté du réseau mais ce n'est pas une solution envisageable dans le cadre de la gestion quotidienne des documents d'activité.
- **Compatibilité** : Il faut comprendre par compatibilité, la notion d'interopérabilité vers divers systèmes.
- **Mode d'enregistrement** : Back up, incrémentaux, différentiels.
- **Environnement** : Résistance aux facteurs environnementaux, tel que la poussière, les rayures, la chaleur, les coupures de courant, les chocs, l'humidité etc.

Quels sont les supports de stockage adaptés à ce domaine

Les Disques durs HDD¹³⁶

Si nous nous basons sur les éléments clefs et des besoins dans la gestion des documents d'activités en tant que *records manager* par exemple. Le disque dur semble être l'une des options les plus intéressantes pour répondre à ces besoins. Support de stockage alliant de façon convenable une bonne vitesse d'accès, de lecture et d'écriture pour un rapport densité (giga) prix relativement bas, dans le cas où nous le comparons à son concurrent direct les supports de stockage flash dont la SSD.

Le disque dur est reconnu pour être l'un des plus adaptés au stockage quotidien de nombreux fichiers numériques.

La technologie RAID le rendant dotant plus intéressant, comme le RAID 0 améliorant les performances de vitesse comme de capacité de stockage ou encore

¹³⁶ Yannick GUERRINI, Tom's HARDWARE the authority on tech, « Test disques durs : 88 modèles professionnels et pour les NAS testés », www.tomshardware.fr/articles/disques-durs-nas-sata-sas.2-887.html

le RAID 1 pour une sécurité des données sans oublier le RAID 5 étant le compromis « parfait » entre la performance et la sécurité des données.

Support reconnu par les professionnels et le grand public pour sa facilité d'accès et d'utilisation.

Le point négatif de ce type de support réside dans son contexte environnemental, car il est sensible aux chocs, à la poussière, aux coupures de courant et à la chaleur, néanmoins il existe des solutions pour se prémunir de ces risques. De plus la durée de vie des disques durs a une moyenne de 5 ans.

Les Disque dur SSD

Les disques durs flash SSD offrent dans un premier temps une meilleure vitesse d'écriture, de lecture, et de transfert à celle des disques durs magnétiques HDD de manière générale.

Les SSD répondent aussi bien mieux aux facteurs risques environnementaux, tel que les coupures de courant car n'étant pas munie de pièce mécanique comme son homologue magnétique, à la poussière, aux chocs, à la consommation d'énergie et enfin à la nuisance sonore. Sa capacité de stockage à un rapport prix giga plus élevé que la technologie magnétique mais on observe que cette tendance change au fil des années, rendant ce support de plus en plus compétitif et attractif.

Il existe 2 interfaces, le PCI-Express et le M.2.

2.2.d. Supports de stockage pour l'archivage

L'archivage permet de préserver la mémoire, l'histoire et les actions des entreprises privées ou les établissements publics. Les documents et les données ont une valeur historique et patrimoniale mais aussi juridique. C'est le cas des documents à valeur probante, par exemple :

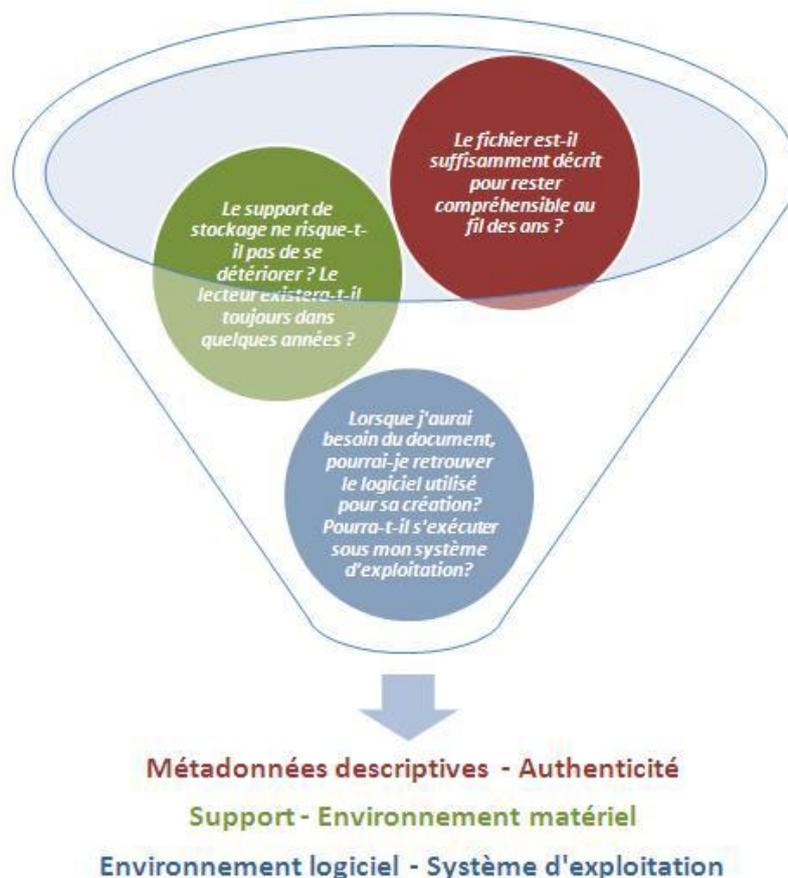
- Les états civils
- Les cadastres
- Les contrats
- Des documents contractuels et engageants

L'archivage définitive à une durée d'une trentaine d'année ou au delà comme l'indique le CINES¹³⁷. La problématique forte de la conservation des documents sur une si longue durée doit obligatoirement passer par l'accompagnement des documents dans le temps. Car sur de telles périodes la technologie et les supports de stockage sont voués à évoluer et donc inexorablement par la même occasion rendre les supports d'aujourd'hui obsolètes.

Les éléments à prendre en considération

- L'obsolescence matérielle
- L'obsolescence logicielle
- L'obsolescence du format de fichier

Figure 12: Les principaux risques qui menacent les données¹³⁸



¹³⁷ CINES : Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur.

¹³⁸ Cines, Concept d'archivage numérique pérenne, <https://www.cines.fr/archivage/un-concept-des-problematiques/le-concept-darchivage-numerique-perenne/>

Il est donc nécessaire selon le CINES de prévoir et de conserver des copies de chaque documents sur différents supports de stockage et de préférence les stocker dans différents établissements. La migration des documents et des données sur des supports de stockage récents est également une procédure recommandée.

Les critères à prendre en compte :

- Durée de vie du support de stockage
- Bonne résistance aux facteurs environnementaux
- Coût de l'archivage
- Fiabilité du fournisseur / popularité du support de stockage
- La fonctionnalité hors ligne

Les supports de stockage intéressants dans ce cadre

Les CD¹³⁹

Le CD offre une capacité de stockage atteignant 700 Mo. La durée de vie des CD est en moyenne de 2 à 5 ans. Ces fluctuations de longévité sont causées par la qualité du produit et son environnement de conservation mais il semblera que l'environnement de conservation n'offre pas un gain significatif selon Kurt Gerecke¹⁴⁰. Il est préférable de stocker ces CD dans un lieu frais et à l'abri de la lumière.¹⁴¹

Les DVD

Les DVD offre une capacité de stockage atteignant 4,7 Go à 8,5 Go. La durée de vie des DVD similaire à leur homologue, soit en moyenne de 2 à 5 ans. Ces fluctuations de longévité sont causées par la qualité du produit et son environnement de conservation mais il semblera que l'environnement de conservation n'offre pas un gain significatif selon Kurt Gerecke¹⁴². Il est préférable de stocker ces CD dans un lieu frais et noir.

¹³⁹ ¹³⁹ BERAHOU Foued, LAMBERT Jean-Michel, PERDEREAU, « Pérennité des disques optiques », *CD-R et DVD-R sont-ils des supports pérennes d'archivages ?*, Paris, INA Éditions, p.19-32

¹⁴⁰ Kurt Gerecke : c'est un physicien et expert en stockage chez IBM.

¹⁴¹ GRANDONTAGE Yves, Silicon, « CD et DVD gravés : durée de vie limitée, de 2 à 5 ans », www.silicon.fr/cd-et-dvd-graves-duree-de-vie-limitee-de-2-a-5-ans-14164.html?inf_by=599ec167671db869678b479b

¹⁴² Kurt Gerecke : c'est un physicien et expert en stockage chez IBM.

Les Blu-ray

Ce support de stockage optique offre des capacités atteignant d'une simple couche 27 Go et pour un quadruple couche 128 Go. Son point fort réside dans sa capacité de stockage supérieure comparé aux autres supports de stockage optique.

M-Disc

Ce support de stockage optique offre un véritable intérêt pour l'archivage, notamment grâce à sa longévité supérieure aux DVD standards et aux Blu-ray. Pour des capacités de stockage similaire aux DVD et aux BD. De plus aucune modification n'est possible après enregistrement des données car le support est uniquement enregistrable et non réinscriptible et de ce fait garantissant l'authenticité des données.

Les bandes magnétiques

La bande magnétique a la particularité d'être à la fois un support numérique et un support analogique. Son système de stockage peut-être soit linéaire soit hélicoïdal. La bande magnétique a une durée de vie de 40 ans voire plus dans de bonnes de conservation.

L'importance et l'intérêt de ce support de stockage sont tels que Google l'utilise comme « Backup »¹⁴³ :

*« Nous utilisons des bandes parce qu'elles sont vraiment un dernier recours très rentable pour Gmail. La raison pour laquelle incluons l'utilisation des bandes n'est pas la peur de perdre des données physiques mais si un bug se produisait, il détruirait toutes les copies de vos données en ligne et votre seule protection est d'avoir un support qui ne soit pas connecté à la même plateforme afin de pouvoir les retrouver »,*¹⁴⁴ disait Urs Hölzle¹⁴⁵.

Les risques de dégradation sont faibles et elles ont une durée vie convenable.

¹⁴³ Backup : terme anglais signifiant à la fois sauvegarde des données et système de redondance (système de secours).

¹⁴⁴ Incident produit en 2011. Les e-mails des utilisateurs Gmail se sont retrouvés vidés et dans des cas extrême se sont retrouvés supprimés des disques durs des datacenters de Google. Et grâce à leur sauvegarde sur bande magnétique ils ont pu restaurer les e-mails supprimés.

¹⁴⁵ Urs Hölzle : il est le vice-président des infrastructures et « Super Googleur » chez Google.

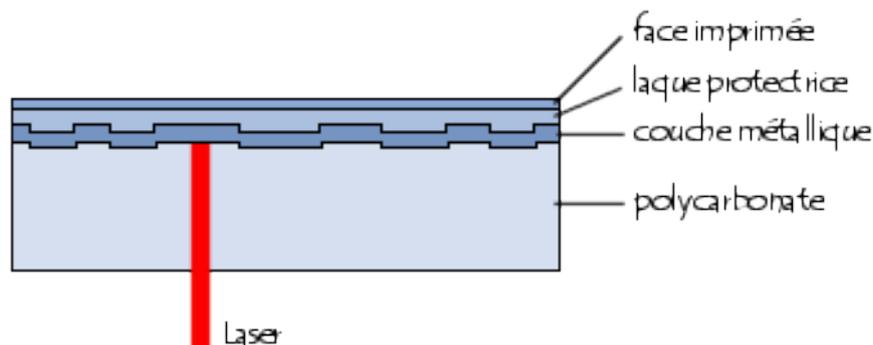
Quelles mesures à prendre

- Éviter les rayures
- Éviter le gras
- Se renseigner sur les matériaux de fabrication

Il aurait été intéressant voire important de pouvoir se renseigner sur les matériaux de fabrication des supports optiques car si le matériel est de mauvaise qualité et ou de bas de gamme. Ce type de procédé peut accélérer les risques de dégradation du support par oxydation de ce dernier par exemple. Les composants principaux de ce type de support sont le polycarbonate¹⁴⁶, la laque protectrice, la couche métallique, et enfin la face imprimée.

Ce type de procédure vise à réduire le coût des matériaux.

Figure 13: Les différentes couches d'un support optique¹⁴⁷



Les CD vierges ont la particularité d'avoir une couche supplémentaire. Cette couche supplémentaire est le colorant organique qui se situe entre la couche métallique et le polycarbonate.

- Se renseigner sur les méthodes de fabrication

La méthode de fabrication est à prendre en compte, car en réduisant par exemple l'épaisseur des couches de protection on augmente par la même occasion la vitesse d'oxydation du support optique.

Ce type de procédure vise à réduire le coût de fabrication du produit.

¹⁴⁶ Polycarbonate : est issu de la famille des polymères qui donne la matière plastique.

¹⁴⁷ Source : www.commentcamarche.net/contents/736-cd-cd-audio-et-audio-rom

Néanmoins nous sommes conscients que ce type de renseignement est difficile à obtenir car les fabricants ne souhaitent pas forcément communiquer à ce sujet.

- La méthode d'impression des données sur le support

Il existe deux méthodes d'impression des données sur ce support optique : par gravure des données ou par pression des données.

La différence dans ces méthodes d'inscription des données sont dans la durée de vie. Un support gravé durera moins longtemps qu'un support pressé.

- L'importance de la « colorie »

La colorie renvoie aux trois différents types de substrat utilisés dans l'élaboration de ce type de support. Le substrat bleuté est estimé à une durée de vie moyenne allant de 5 à 7 ans. Le substrat à base d'argent est estimé à une durée de vie allant de 6 à 8 ans. Et le substrat à base d'or est estimé à une durée de vie allant de 8 à 10 ans. Ces estimations ont été menées par l'IBM¹⁴⁸ en début 2006.

- Élaborer une veille technologique

L'importance de la veille technologique résulte de l'évolution des appareils bureautiques. Car comme constaté sur les ordinateurs actuels, les lecteurs et graveurs CD/DVD sont de moins en moins présents sur les machines commercialisées au profit des ports USB et des cartes mémoires.

- Norme intéressante pour la pérennité des supports de stockage optique

La norme ISO 18927 : définit la spécification de la méthode des tests à faire pour estimer la durée de vie des données enregistrées sur les supports optiques. Le champ d'étude de la norme se concentre principalement sur les effets de l'humidité et de la température.

La norme ISO/IEC 10149 : cette norme renseigne sur les caractéristiques des supports optiques de 120 mm, pour l'échange d'informations entre les systèmes de traitement de l'information et pour le stockage de l'information.

¹⁴⁸ IBM : International Business Machines.

La norme ISO/IEC 16963 : cette norme similaire à la norme ISO 18927, renseigne sur une estimation de la durée de vie de récupération des données stockées sur les supports optiques.

La norme ISO/IEC 10995 : cette norme est similaire à la norme ISO 18927, elle renseigne sur une estimation de la durée de vie de récupération des données stockées sur les supports optiques.

La norme ISO/IEC 29121 : cette norme renseigne sur les méthodes de migrations des données pour l'archivage à long terme pour les supports de stockage optique.

Figure 14: Normes pour support de stockage optique¹⁴⁹

Status of standards related to archiving for optical discs				
		Life expectancy test	Operation	Format
CD	ISO	ISO 18927 ISO/IEC 16963		ISO/IEC 10149 
	JIS		JIS Z6017	JUS X 6281 
DVD	ISO	ISO/IEC 10995 ISO/IEC 16963	ISO/IEC 29121	ISO/IEC 16448 
	JIS		JIS X 6255 JIS Z 6017	JIS X 6241
BD	ISO JIS	Being standardized by the optical disc industry organization.		

JIS: Japanese standards

The international standards related to optical disc archiving are set for CD and DVD : Format, Life expectancy test, Operation.
The similar standards for BD are being elaborated.

JVC

2.2.e. L'interopérabilité des supports de stockage ?

2.3. EXPANSION INFINIE DES DONNÉES

Au fil des années, les supports de stockage ont vu des améliorations de leur capacité de stockage, ils ont gagné en performance, en limitation de la consommation d'électricité mais surtout le développement dans l'infiniment plus petit a connu une grande avancée.

Malgré le perfectionnement des supports de stockage et l'avancé technologique du 21^{ème} siècle, nous restons confrontés face à la même problématique du 20^{ème} siècle. Jusqu'à aujourd'hui il nous est impossible de fabriquer des supports de stockage

¹⁴⁹ JVC, « Optical Disc Archiving using the guidelines defined by the international standards », pin.association-aristote.fr/lib/exe/fetch.php/public/presentations/2012/pin20120927_2jvc.pdf

permanent et fiable à 100%. Tous les matériels se détériorent au fil du temps et avec l'utilisation. Face au développement de ces mêmes supports de stockage et de leur capacité de stockage, en parallèle nous sommes confrontés à une augmentation des volumes de données à stocker.

Selon une étude du cabinet d'analyse Entreprise Strategy Group 1 « *les personnes interrogées constatent des taux annuels de croissance de données compris entre 11 et 30%.* »

En 2012 Christophe Dessimoz de l'université Collège London avait calculé le volume de la production de l'humanité de données numériques, soit 3 zettactets, « *si on les stockait toutes dans des clefs USB de dernière génération, d'une capacité de 1 téraoctet (1012 octets) chacune, celles-ci empliraient un volume équivalent à deux piscines Olympiques* »

3. LA MATURITÉ

La définition d'un support de stockage ayant atteint sa maturité donnée par le dictionnaire français L'internaute est : « *Arrivé à maturité, qui a atteint son développement final* ». ¹⁵⁰ Toutefois le terme « final » utilisé dans la définition est à prendre avec précaution dans le cas des supports de stockage car rien n'est figé et ces supports sont en constante évolution.

3.1. QU'EST CE QU'UN SUPPORT DE STOCKAGE MATURE ?

Selon moi, un support de stockage mature est un support que l'on pourrait qualifier de « réussi » et qui a su durer dans le temps. Car la maturité dans ce contexte, renvoie à la notion de développement abouti des supports.

Un support populaire offre des garanties sur le long terme. Néanmoins ces garanties sont à prendre avec des précautions, car l'évolution des supports est inéluctable. Une augmentation toujours plus grande des capacités de stockage et de vitesse de transfert sont de mise.

La sécurité des supports n'est pas en reste car les cybers attaques ne sont plus des cas isolés : « *Les vols de données : une menace chiffrée. Les vols de données peuvent représenter pour les entreprises un coût colossal. Selon l'étude IBM / Ponemon Institute réalisée auprès de 350 entreprises dans 11 pays, le coût total consolidé moyen d'une violation de données est de 3, 8 millions de dollars, ce qui représente une augmentation de 23% depuis 2013* ». ¹⁵¹

Nous avons présenté des exemples de support de stockage qui n'ont pas pu suivre évolution nécessaire pour rester attractif, tels que la disquette, la carte perforée et la bande perforée.

Le coût au giga n'est surtout pas à exclure, car son importance pour les marchés grands publics, réside dans son rapport prix / giga et également dans l'accessibilité

¹⁵⁰ Linternaute, dictionnaire français, « mature », www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/mature/

¹⁵¹ LesEchos.fr, « Le vol de données et son impact sur l'image des entreprises » <https://www.google.fr/amp/s/www.lesechos.fr/amp/90/1195290.php>

de ce support. Tous ces éléments peuvent permettre de connaître les tendances de consommation et de maturité des supports de stockage.

La pérennité découle à mon sens de la maturité des supports de stockage, plus un support aura les moyens technologiques de répondre aux besoins cités précédemment, plus il aura des chances de durer dans le temps et peut-être considéré comme une valeur sûre mais seulement pendant une période donnée. En effet, la technologie est vouée à changer et les besoins également.

Je pense que désormais on peut considérer la question de la consommation d'énergie, comme étant un élément à prendre en compte dans la maturité d'un support et donc de sa pérennité.

3.2. QUELLES SONT LES CLEFS POUR UN SUPPORT DE STOCKAGE MATURE ?

Il est important de mentionner ici le marketing pour définir la conception d'un support de stockage qui a pour vocation d'atteindre la « maturité ». Cette maturité offre quelques garanties dont son utilisation sur le plus ou moins long terme.

Notons l'importance de cette maturité dans le cadre d'un investissement sur le long terme, pour l'acquisition des supports de stockage, et de l'infrastructure nécessaire pour sa bonne conservation et exploitation des supports :

- Capacité de stockage

La capacité des supports de stockage est toujours plus importante, mais en même temps la demande en capacité de stockage est elle-même à son tour toujours plus importante. Car nos supports actuels demandent des conditions particulières de stockage pour garantir leur durée de vie mais nécessite également de l'espace.

Mon raisonnement sur le sujet est simple, si on garde les supports actuels dans leur état en tout cas, en sachant que le besoin de capacité de stockage est grandissant, nous allons nous retrouver saturés en termes d'espace pour stocker les supports de stockage. On assiste, par ailleurs, à une course à la miniaturisation de ces derniers, ce phénomène n'est pas un cas isolé au support de stockage mais également à des appareils informatiques tels que les ordinateurs portables. L'intérêt aujourd'hui

c'est de gagner en capacité de stockage tout en réduisant leur taille au maximum et leur consommation.

- Prix (rapport giga prix ou densité prix)

L'importance du prix, réside dans la relation « grande capacité » de giga à petit prix car les supports de stockage numériques sont un investissement pour le grand public et un investissement conséquent pour les professionnels.

Les professionnels doivent prendre en compte plusieurs paramètres dans le choix de leur support de stockage que se soit pour le court, le moyen et le long terme. Le court terme correspondrait à une durée comprise de 0 à 5 ans. Le moyen terme correspondrait à une durée comprise entre 10 et 15 ans et enfin le long terme à une durée supérieur à 20 ans.

Au mieux un support de stockage pourra répondre à toute ces attentes, plus grande sera sa durée de vie (sa maturité). Mais nous ne sommes jamais à l'abri d'un « bond » technologique. Les supports offrant le « meilleur » rapport giga/prix, sont ceux utilisant la technologie magnétique et optique aujourd'hui en tous les cas.

- L'interopérabilité des formats

Cette question est associée au format d'exploitation des supports de stockage. Un format généralisé voire normalisé, standard, présente de nombreux avantages dans cette question de maturité des supports.

La différence entre les formats ouverts et les formats propriétaires, réside dans la notion d'accès libre et d'accès privatisé. Les dangers dans le choix des formats propriétaires sont que si l'entreprise venait à fermer, vos données pourraient être inutilisables ou en tout cas compromis. On peut considérer que l'on est en désavantage face au propriétaire du format. Par exemple : les formats bureautiques de Microsoft office, sont des formats propriétaires et donc fermés. Ce qui signifie que les données peuvent être techniquement lues que par les logiciels de Microsoft : « *Si Microsoft disparaît, nos documents disparaissent aussi. Les*

formats propriétaires ne garantissent pas la pérennité et l'interopérabilité des données. »¹⁵².

Ce paramètre ne semble pas être un élément de pérennité. À la différence, un format ouvert est « libre » d'accès, les spécifications sont ouvertes et modifiables par tous. Il est bien plus difficile de voir disparaître un format ouvert. « Les formats libres garantissent la pérennité et l'interopérabilité des données. »¹⁵³

On peut donc considérer que les données enregistrées sous un format libre nous appartient « totalement » et sont davantage pérenne et compatibles que les données enregistrées sous un format propriétaire, nous appartenant partiellement.

- Évolution dans le temps

Il est essentiel que le support de stockage puisse évoluer avec son temps et suivre les besoins de consommation du grand public comme des professionnels. Effectivement, les premiers supports de stockage – la disquette, la carte et la bande perforée – n'ont pas pu suivre le besoin grandissant en capacité de stockage mais également la nécessité d'avoir un débit de transfert plus élevé », les échanges étant grandissant et les reproductions plus nombreuses.

Cette évolution dans le temps des supports de stockage semble prendre le chemin adéquat concernant les bandes magnétiques, les disques durs, les CD et DVD.

- Utilisation grand public

L'utilisation grand public est à mon sens l'une des clefs essentielles à la pérennité d'un support de stockage. L'histoire des supports de stockage nous le montre, si nous prenons comme exemple le support de stockage magnéto-optique qui était reconnu comme étant très performant, sur sa durée de vie, de l'ordre de 30 ans en moyenne. Ce support était sensé être une alternative intéressante aux CD-ROM, aux disques durs et aux disquettes.

¹⁵² Halpanet Services Internet auto-hébergés, « Formats libres et propriétaires », <https://www.halpanet.org/content/formats-libres-proprietaires>, Chap, Les formats propriétaires

¹⁵³ Halpanet Services Internet auto-hébergés, « Formats libres et propriétaires », <https://www.halpanet.org/content/formats-libres-proprietaires>, Chap, Les formats libres

Mais n'a pas pu s'imposer car le marché professionnel ciblé était bien trop petit pour durer sur le long terme. On peut donc en déduire toute l'importance du marché grand public sur la pérennité d'un support de stockage.

3.3. QUELS SONT LES SUPPORTS DE STOCKAGE N'AYANT PAS ATTEINT PLEINEMENT CETTE MATURITÉ TECHNOLOGIQUE ?

3.3.a. Le support holographique

Un format propriétaire : complexité d'utilisation pour tout public

Une utilisation pour le plus grand nombre, est à mon sens l'un des critères clés pour la maturité d'un support de stockage. La maturité offre une garantie de fabrication et d'exploitation d'un support sur le long terme et invite à l'investissement. Malheureusement ce n'était pas indiqué par les développeurs travaillant sur le projet des mémoires holographiques comme le rappelle Alexandre LAURENT : « *dans un premier temps, ses usages seront vraisemblablement cantonnés à l'univers des professionnels.* »¹⁵⁴

De plus si on s'intéresse à la mise en place et à la l'utilisation de la mémoire holographique. On observe une mise en place qui demande des moyens d'installation et d'entretien particulier, comparé aux supports de stockage « standards »¹⁵⁵.

Le prix à son importance dans la maturité d'un support ainsi que son environnement. L'environnement comprend les moyens d'écriture et de lecture mais également de stockage dans son conditionnement pour une conservation « optimale ». Le prix d'un lecteur de support holographique étant encore

¹⁵⁴ Alexandre LAURENT, L'usinenouvelle, « La mémoire holographique sort du laboratoire », www.usinenouvelle.com/article/la-memoire-holographique-sort-du-laboratoire.N17207

¹⁵⁵ Support de stockage standard: Cartouche magnétique, disque dur, CD, DVD...

aujourd'hui élevé : « *cependant, le prix de vente du lecteur HDV est de 18 000 euros et le disque HVD de 300 Go est au misérable prix de 180 euros* »¹⁵⁶.

*Capacité encore limitée*¹⁵⁷

Si on compare la capacité de stockage par rapport à la concurrence déjà existante, telle que la technologie des supports magnétiques et celle de la technologie des mémoires flash, les promesses faites sur la capacité de stockage des mémoires holographiques sont telles :

- En 2007 les développeurs annonçaient 300 Go.
- En 2008 les développeurs annonçaient 800 Go.
- En 2010 les développeurs annonçaient 1600 Go.

Les capacités indiquées sont non réinscriptibles, cette fonctionnalité est intéressante dans le cadre d'un archivage définitive à vocation historique.

Les promesses faites sur la capacité de stockage pour ceux ayant la caractéristique d'être réinscriptible :

- Pour 2008 la promesse qui était faite est une capacité de stockage de 300 Go.
- Pour 2010 la promesse qui était faite est une capacité de stockage de 800 Go

On observe tout de même que la mémoire holographique à une évolution de sa capacité de stockage relativement rapide.

Complexité de mise en place

Le système holographique demande une mise en place particulière dans le cadre de leur industrialisation¹⁵⁸. La mise en place automatique dans la fabrication n'a attiré aucun fabricant.

¹⁵⁶ JHAEHNEL Be Technogeek, « L'évolution des supports de stockage : de la disquette à l'holographie. », www.jonathanhaehnel.fr/blog/artcile/l-evolution-des-supports-de-stockage-de-la-disquette-a-l-holographie.html

¹⁵⁷ L'usinenouvelle, « La mémoire holographique sort du laboratoire », www.usinenouvelle.com/article/la-memoire-holographique-sort-du-laboratoire.N17207

¹⁵⁸ Industrialisation : processus de fabrication automatique à la chaîne.

Le support holographique devait normalement être commercialisé dès 2001. En 2005 à Las Vegas aux Etats-Unis au NAB¹⁵⁹ la société Inphase avait présenté son prototype de support holographique. Après plusieurs annonces et relances pour la commercialisation de son support entre 2006 et 2007 aucun support ne fut commercialisé :

*« Pour General Electric, cette avancée témoigne de la viabilité du format et du potentiel qui serait le sien s'il était lancé sur le marché. En dépit de cet enthousiasme de bon aloi, il faudra sans doute encore quelques années au stockage holographique pour sortir des labos. ».*¹⁶⁰

3.4. FIABILITÉ DU COMPORTEMENT

La fiabilité du comportement signifie simplement que des supports de stockage de la même marque, de la même génération, et utilisant la même technologie n'auront pas forcément la même durée de vie malgré une indication identique des supports auprès des fabricants.

3.4.a. Pourquoi tant de variation ?

Les variations peuvent être causées par l'utilisation de différentes matières premières lors du processus de fabrication. Ces matériaux peuvent être plus ou moins de bonne qualité. Comme le rappelle Robert L. Scheier dans Computerworld *« Not All USB Drives Are Created Equal »*¹⁶¹.

On observe également que les sites de vente des fabricants comme ceux des revendeurs n'indiquent que très rarement les matériaux utilisés et aucunement l'origine des matières premières et encore les méthodes de transformation.

¹⁵⁹ NAB : National Association of Broadcasters

¹⁶⁰LAURENT Alexandre, "Stockage: GE grave 500 Go sur un disque holographique", Clubic, www.clubic.com/disque-dur-memoire/actualite-437100-stockage-ge-grave-500-disque-holographique.html

¹⁶¹L. SCHEIER Robert, "Not All USB Drives Are Created Equal", Computerworld, www.computerworld.com/article/2551434/data-center/not-all-usb-drives-are-created-equal-.html

3.4.b. Pourquoi un manque de transparence ?

Lors de l'élaboration de ce mémoire nous avons contacté plusieurs fabricants de support de stockage, malheureusement aucun n'a souhaité communiquer sur le sujet.

D'après mes échanges avec Monsieur Gérard Cathaly-Pretou, on peut comprendre ce manque de transparence de la part des fabricants pour des raisons :

Économique

Les matériaux ne se valent pas et ne sont pas à 100 % identiques les uns des autres. De plus un autre facteur peut influencer la qualité des matériaux, c'est l'étape de transformation du produit brute en produit transformé. Dans notre course dans la productivité et la rentabilité certains fabricants délaissent la qualité de la matière première et de l'étape de transformation au détriment de la qualité du produit final ce qui impacte, en tout cas dans le domaine des supports de stockage, sur la durée de vie de ces dernières. Sinon comment pourrions-nous expliquer de telles variations dans la durée de vie entre 2 supports de stockage aux apparences identiques et ayant le même traitement de conservation et d'utilisation. Un exemple qui revient souvent concerne les supports optiques type CD, de la même marque, de la gamme, de la même année et du même fournisseur qui n'ont pas eu la même durée de vie : le CD 1 à durer 5 ans alors que le CD 2 à durer 10 ans.

CONCLUSION

L'évolution technologique des stockages a très peu changé au fil des années. La bande magnétique, le CD-ROM et le disque dur sont des supports de stockage toujours d'actualité après plus d'une trentaine d'année. On ne constate pas de révolution majeure car le marché se découpe toujours entre le stockage magnétique, optique, et le flash.

Il faut tout de même remarquer que les supports se sont considérablement bien développés. Tous les supports ont été améliorés dans leurs capacités de stockage et leurs taux de transfert.

Ceux qui n'ont pas suivi cette évolution comme la carte perforée ou la disquette, sont tout simplement devenu obsolètes et ont finit par disparaître des marchés.

A l'heure actuelle le marché du stockage numérique tourne autour du disque dur, notamment grâce à ses qualités telles que, son prix au giga, sa vitesse de lecture et d'écriture satisfaisante et une importante capacité de réécriture. Il domine pour le moment tous les domaines, de l'appareil portable aux appareils fixe et dans le domaine de l'archivage.

Mais il semblerait que la tendance tende à changer car la mémoire flash a su faire un bond technologique notamment sur sa capacité de stockage mais également sur son implantation sur d'autres appareils tels que les ordinateurs. Les SSD connaissent une grande montée en puissance grâce à des atouts tels que, sa faible consommation d'énergie, sa grande capacité de stockage, sa très grande vitesse d'écriture et de lecture et une bonne capacité de réécriture mais il est surtout plus résistant au choc comparé à son homologue le disque dur.

A l'heure actuelle nous n'avons pas de réel support de stockage dit « pérenne ». Les indications fournies par les fabricants de support de stockage ne semblent pas correspondre avec la réalité. Aucun support numérique n'est véritablement pérenne.

Car la notion de pérennité ne doit pas se cantonner simplement au support en lui-même mais s'étendre à ce qui fait la valeur du support, c'est-à-dire ces données. Ce n'est pas le disque dur qui donne de la valeur aux données mais les données qui donnent la valeur au disque dur.

Le support doit être vu comme un récipient, par exemple : une bouteille d'eau, l'étiquette sur la bouteille peut-être considérée comme étant les métadonnées, la bouteille en elle-même (vide) représente le support et l'eau contenu dans la bouteille représente les données. Cet exemple me sert à faire remarquer l'importance de tous ces éléments, mais en indiquant l'ordre de priorité à conserver c'est-à-dire les données.

Tous se dégradent inexorablement, entraînant la perte irréversible des données stockées. Les plus «résistants » sont : les disques optiques, c'est-à-dire les CD, DVD et les Blu-ray: si les disques réinscriptibles se dégradent très vite (moins d'un an pour certains d'entre eux), ceux qui ont été pressés restent intacts au moins une vingtaine d'années. Mais « *personne ne sait exactement combien de temps* », reconnaît le physicien Franck Laloë¹⁶².

Les supports analogiques semblent avoir encore des beaux jours devant eux. Comme nous le montre l'industrie des films américains, qui semble utiliser les supports analogiques (bande magnétique) pour l'archivage des ses films à long terme et le stockage numérique pour le court et le moyen terme¹⁶³.

Peut-être les problématiques liées à la capacité et la pérennité des supports et de l'information seront résolus grâce aux supports de stockage en développement. L'ADN et le quartz offrant tous deux un potentiel intéressant.

¹⁶² Franck Laloë, *Longévité de l'information numérique*, 2010

¹⁶³ The science and technology council of the academy of motion picture arts and sciences, *The digital dilemma*, 2007, p. 40.

SOURCES

Entretiens

Entretien téléphonique avec Gérard CATHALY-PRETOU du 17/05/2017 au 20/06/2017

Sites

La conservation du support numérique, LEDOUX Thomas, BNF, 2013, www.bnf.fr/documents/consnum_support.pdf

LDLC, www.ldlc.com

Topbiz.fr, www.topbiz.fr

Materiel.net Informatique & High-Tech, www.materiel.net

Verbatim, www.verbatim.fr

Samsung, Disque SSD, www.samsung.com/fr/consumer/memory-storage/ssd/

Western Digital, <https://www.wdc.com/fr-fr/>

SanDisk, Compact flash, <https://www.sandisk.fr/home/memory-cards/compact-flash/extremepro-compactflash>

Kingston, www.kingston.com/fr/usb

HP Connected Backup, www8.hp.com/fr/fr/campaigns/storage-media/lto-5.html

Corsair, Stockage, www.corsair.com/fr-fr/storage

LaCie, Disque dur, www.lacie.com/fr/fr/search/?keyword=Disque%20dur&tab=document_ck&start=0&sugg=&from=&feedtype=support_download.product_manual

Seagate, Disques durs externes portables, www.seagate.com/fr/fr/products/laptop-mobile-storage/laptop-external-drives/

Seagate, Disques durs internes et spécialisés, www.seagate.com/fr/fr/internal-hard-drives/

Kingston, Carte SD, www.kingston.com/fr/flash/sd_cards

Normes¹⁶⁴

ISO International Organization for Standardization.

<https://www.iso.org/home.html>

ISO/CEI 10995:2011

ISO/TR 17797:2014

ISO/CEI 16963:2015

ISO/CEI 16963:2017

PD ISO/TR 17797:2014

.

¹⁶⁴ Ces normes me semblent intéressantes à consulter, on me basant sur leurs intitulés et leurs résumés.

BIBLIOGRAPHIE

Support en général

Jonathan Haehnel. « *Évolution des supports de stockage de la disquette à l'holographique* » [En ligne]. Disponible sur : <<http://www.jonathanhaehnel.fr/blog/article/1-evolution-des-supports-de-stockage-de-la-disquette-a-l-holographie.html>> (consulté le 20 janvier 2017)

CHAILLOT Mathias. Capital. « *La folle évolution du stockage informatique* » [En ligne]. Disponible sur : <www.capital.fr/economie-politique/la-folle-evolution-du-stockage-informatique-953110> (consulté le 8 décembre 2016)

Wikipédia. « *Stockage d'information* » [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Storage_d'information> (consulté le 13 décembre 2016)

DROTHIER Yves. Journal du Net (JDN). « *Histoire technologies de stockage* » [En ligne]. Disponible sur : <<http://www.journaldunet.com/solutions/0705/070515-histoire-technologies-stockage/2.shtml>> (consulté le 6 janvier 2017)

PREZI. « *Histoire des différents supports de stockage* » [En ligne]. Disponible sur <<https://prezi.com/c-p7ij949h1/histoire-des-differents-supports-de-stockage/>> (consulté le 13 janvier 2017)

EMSI. « *Le stockage en informatique* » [En ligne]. Disponible sur : <www.emsi-histoireinformatique.fr/le-stockage-en-informatique/> (consulté le 3 janvier 2017)

Le Parisien. « *Définition support de stockage* » [En ligne]. Disponible sur : <dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/support-de-stockage/fr-fr/> (consulté le 2 mars)

DJEBALI Olivier. Companeo. « *Les différents supports de stockage* » [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.companeo.com/sauvegarde-informatique/guide/support-de-stockage#0> > (consulté le 16 mars 2017)

C2i. « *Les supports de stockage* » [En ligne]. Disponible sur : <<https://c2i.education.fr/ressources/D1.4;5-SupportStockage.pdf>> (consulté 22 mars 2017)

GAVOIS Sebastien. Next in pact. « *50 ans d'évolution du stockage : de la capacité au coût par Go* » [En ligne]. Disponible sur : <<https://www.nextinpact.com/news/81709-informatique-50-ans-devolution-stockage-capacite-au-cout-par-go.htm> > (consulté le 29 mars 2017)

Dailymotion. « *Histoire du stockage numérique* » [En ligne]. Disponible sur : <www.dailymotion.com/video/xwx5eb_histoire-du-stockage-numerique_tech > (consulté le 11 mars 2017)

Nathalie PAYET, [En ligne]. Disponible sur : <<http://nathalie.payet.pagesperso-orange.fr/fiches/structuredonnees/structure1.htm>> (consulté le 9 février 2017)

Companeo. [En ligne]. Disponible sur: <<http://www.companeo.com/sauvegarde-informatique/guide/support-de-stockage#0>> (consulté le 28 février 2017)

The science and technology council of the academy of motion picture arts and sciences, *The digital dilemma*, 2007, p. 40

HOURCADE Jean-Charles, LALOË Franck et SPITZ Erich, « *Longévité de l'information numérique : les données que nous voulons garder vont-elles s'effacer ?* », Bulletin des bibliothèques de France [en ligne], n° 1, 2011: <http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2011-01-0091-005>. ISSN 1292-8399

Support analogique

Youtube. « *La 1^{er} Carte perforée* » [En ligne]. Disponible sur : <www.digitalworld.fr, <https://youtu.be/MDQHE0W-qHs>> (consulté le 4 janvier 2017)

Ina.fr. « *La carte perforée* » [En ligne]. Disponible sur : <m.ina.fr/video/CAF97059686> (consulté le 21 janvier)

Wikipédia. « *Carte perforée* » [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Carte_perforee> (consulté le (5 janvier 2017)

Histoireinform. « *Les Cartes perforées* » [En ligne]. Disponible sur : <www.histoireinform.com/Histoire/+Infos/chr2inf0.htm> (consulté le 26 janvier 2017)

IBM. « *La carte perforée IBM* » [En ligne]. Disponible sur: <www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/fr/fr/icons/punchcard/> (consulté le 12 avril 2017)

Ina.fr. « *Trieuse* » [En ligne]. Disponible sur : <www.ina.fr/video/I06242743/trieuse-video.html> (consulté le 13 novembre)

GUILLOT Philippe, « Le système de Vernam », *La cryptologie : l'art des codes secrets*, Paris, EDP Sciences, 2013, p.26

PROD'HOMME Gilles, « Réalisation technologique », *Commande numérique des machines-outils*, 1996, p.17

Support magnétique

ADBS L'association des professionnels de l'information et de la documentation. « *Support magnétique* » [En ligne]. Disponible sur : <www.adbs.fr/support-magnétique-18700.htm?RH=OUTILS_VOC> (consulté le 22 février 2017)

Wikipédia. « *Bande magnétique* » [En ligne]. Disponible sur : <<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Bande-magnetique>> (consulté le 16 novembre 2016)

FUTURAMAISON. « *Bande magnétique* » [En ligne]. Disponible sur : <www.futura-sciences.com/maison/definitions/maisons-bande-magnetique-11072/> (consulté le 10 décembre 2016)

Wikipedia. « *U-matic* » [En ligne]. Disponible sur : <<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/U-matic>> (consulté le 04 avril 2017)

Wikipedia. « *Betacam* » [En ligne]. Disponible sur : <<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Betacam>> (consulté le 15 mars 2017)

Wikipedia. « *Video Home System* » [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Video_Home_System> (consulté le 14 avril 2017)

Wikipedia. « *MiniDV* » [En ligne]. Disponible sur :
<<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/MiniDV>> (consulté le 03 mai 2017)

Les NUMERIQUES. « *Les secrets de la cassette DV* » [En ligne]. Disponible sur :
<www.lesnumeriques.com/comescope/secrets-cassette-dv-a234.html>
(consulté le 27 avril 2017)

Wikipedia. « *Hi-8* » [En ligne]. Disponible sur :
<<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Hi-8>> (consulté le 06 avril 2017)

Wikipedia. « *8 mm video format* » [En ligne]. Disponible sur :
<https://en.m.wikipedia.org/wiki/8_mm_video_format> (consulté le 16 mars 2017)

Wikipedia. « *Video 8* » [En ligne]. Disponible sur :
<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Video_8> (consulté le 28 novembre 2016)

Wikipedia. « *V2000* » [En ligne]. Disponible sur :
<<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/V2000>> (consulté le 25 avril 2016)

Wikipedia. « *Betamax* » [En ligne]. Disponible sur :
<<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Betamax>> (consulté 05 février 2017), chapitre
« L'affaire Betamax »

Wikipedia. « *Linear Tape-Open* » [En ligne]. Disponible sur :
<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Linear_Tape-Open> (consulté le 24 février 2017)

LDLC.com. «*HP C79761 Ultrium 6, 25 To*» [En ligne]. Disponible sur: <m.ldlc.com/fiche/PB00208552> (consulté le 09 février 2017)

Wikipedia. «*Digital Audio Tape*» [En ligne]. Disponible sur: <[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Digital Audio Tape](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Digital_Audio_Tape)> (consulté le 27 avril 2017)

LDLC.com. «*HP DAT 160 160 Go*» [En ligne]. Disponible sur: <m.ldlc.com/fiche/PB00073353.html> (consulté le 17 mai 2017)

LDLC High Tech Experience.com. «*Cartouche DLT (Digital Linear Tape)*» [En ligne]. Disponible sur: <www.ldlc.com/fiche/PB00055772.html> (consulté le 21 juin 2017)

Wikipedia. «*Digital Linear Tape*» [En ligne]. Disponible sur: <[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Digital Linear Tape](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Digital_Linear_Tape)> (consulté le 13 octobre 2016)

Larousse. «*Bande magnétique*» [En ligne]. Disponible sur: <www.larousse.fr/encyclopédie/divers/bande_magnetique/185901> (consulté le 20 octobre 2016)

THE FREE LIBRARY. «*Helical Scan Vs. Linear Recording Tape Drivers*» [En ligne]. Disponible sur: <<https://www.google.fr/amp/s/www.thefreelibrary.com/amp/Helical+Scan+Vs.+Linear+Recording+Tape+Drives.a06240>> (consulté le 30 novembre)

RIFF news. Glossaire des NTIC [En ligne]. Disponible sur: <www.riff.org/definition_enregistrement_helicoidal_stockage> (consulté le 19 janvier 2017)

CCM. « *Choisir son disque dur* » [En ligne]. Disponible sur : <www.commentcamarche.net/faq/11079-choisir-son-disque-dur> (consulté le 30 mars 2017)

CCM. « *Le RAID c'est quoi ?* » [En ligne]. Disponible sur : <www.commentcamarche.net/faq/159-le-raid-c-est-quoi> (consulté le 14 avril 2017)

Gralon. « *La disquette : fonctionnement et évolution* » [En ligne]. Disponible sur : <<https://www.google.fr/amp/s/m.gralon.net/article/amp/materiel/-et-consommables/materiel-informatique-et-consommable-informatique/la-disquette-fonctionnement-et-evolution-2401.html>> (consulté le 25 mai 2017)

Tom's HARDWARE the authority on tech. « *Gros plan sur le stockage: la disquette* » [En ligne]. Disponible sur : <www.tomshardware.fr/articles/plan-disquette,1-6492.html> (consulté le 15 février 2017)

Journaldugeek. « *118 Go de stockage dans une disquette 3,5 pouces* » [En ligne]. Disponible sur : <www.journaldugeek.com/2016/02/27/118-go-de-stockage-dans-une-disquette-35-pouces/> (consulté le 22 février 2017)

InServices. « *La sauvegarde : RDX ou LTO, lequel choisir ?* », [En ligne]. Disponible sur : < www.inservices.fr/techmag/19-conseils-de-pro/89-la-sauvegarde-avec-rdx.html > (consulté le 11 février 2017)

PC Guide. « *Run Length Limited* », [En ligne]. Disponible sur: < www.pcguides.com/ref/hdd/geom/dataRLL-c.html > (consulté le 18 mars 2017)

Bestofmedia Team. Tom'sHARDWARE. « *Hard Drives 101: Magnetic Storage* », [En ligne]. Disponible sur: < www.tomshardware.com/reviews/hard-drive-magnetix-storage-hdd,3005-6.html > (consulté le 11 avril 2017)

Support optique

01net. « *Tout savoir sur les CD, les DVD et leurs formats d'enregistrement* » [En ligne]. Disponible sur : <www.01net.com/actualites/tout-savoir-sur-les-cd-les-dvd-et-leurs-formats-denregistrement-345202.html> (consulté le 29 mars 2017)

Wikipédia, « *Laserdisc* », [En ligne]. Disponible sur : <<https://fr.wikipedia.org/wiki/Laserdisc>> (consulté le 20 juin 2017)

Pierre DANDUMONT, tom'sHARDWARE, « *Le Laserdisc c'est fini* », [En ligne]. Disponible sur : <www.tomshardware.fr/articles/laserdisc-dvd-terme,1-8976.html> (consulté le 18 juin 2017)

Olivier HUMBAIRE, LesEchos.fr, « *Laserdisc, le DVD avant l'heure* », [En ligne]. Disponible sur : <https://www.lesechos.fr/28/07/2010/LesEchos/20728-032-ECH_laserdisc--le-dvd-avant-l-heure.htm> (consulté le 14 juin 2017)

CLEMENTS Ken, *Understanding and Serviving CD Players*, Great Britain, 1998, p.172 (total)

Olivier HUMBAIRE, LesEchos.fr, « *Laserdisc, le DVD avant l'heure* », [En ligne]. Disponible sur : <https://www.lesechos.fr/28/07/2010/LesEchos/20728-032-ECH_laserdisc--le-dvd-zvznt-l-heure.htm> (consulté le 20 juin 2017)

Jean-Charles HOURCADE, Frank LALOË, Erich SPITZ, « *Longévité de l'information numérique* », France, 2010, p.31-32

Build your own computer. « *DVD drive différence* » [En ligne]. Disponible sur : <www.build-your-own-computer.com/dvd-drive-difference.html> (consulté le 04 mars 2017)

Wikipédia, « *Disque compact réinscriptible* », [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Disque_compact_réinscriptible> (consulté le 18 avril 2017)

Eurocapa solutions, « *HP Disque magnéto-optique REW -9,1 Gb* », [En ligne]. Disponible sur : <eurocapa.com/c7983a.html> (consulté le 7 mai 2017)

Cdiscount, « *HP- Disque magnéto-optique-2,6 Go-Mac/PC* », [En ligne]. Disponible sur : <<https://www.cdiscount.com/informatique/cdr-dvdr-sauvegardes/hp-disque-magneto-optique-2-6-go-mac-pc/f-10721-hew0088698074664.html#pres>> (consulté le 7 mai 2017)

Homecinema. « *DVD audio* » [En ligne]. Disponible sur : <www.le-homecinema.com/faq-dvd-audio-.php> (consulté le 7 mars 2017)

Canon Canada. « *Disques et modes d'enregistrement* » [En ligne]. Disponible sur : <www.canoncanadafr.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/6480/disques-et-modes-denregistrement-%28video-ou-vr%29> (consulté le 09 mars 2017)

BHMAG. « *Différence entre les normes DVD RRW et DVDRRW* » [En ligne]. Disponible sur : <www.bhmag.fr/astuces/difference-entre-entre-les-normes-dvd-rrw-et-dvdrrw-291> (consulté le 12 mars 2017)

Article rédigé par Guillaume CHAMPEAU le 10 mars 2014 sur Numerama.com.

Arte, « *Quelle est la durée de vie d'un CD?* », [En ligne]. Disponible sur : < future.arte.tv/fr/quelle-est-la-durée-de-vie-dun-cd > (consulté le 21 avril 2017)

TAYLOR Jim, CRAWFORD Charles G., ARMBRUST Christen M., ZINK Michael, *Blu-ray Disc Demystified*, McGraw-Hill Education, 2008, 432p

Nikon. « *Différences entre une carte mémoire SD et une carte mémoire MMC* » [En ligne]. Disponible sur : < https://www.nikonimgsupport.com/ni/NI_article?articleNo=000002784&configured=1&lang=fr_CA > (consulté le 20 mars 2017)

Pierre DANDUMON, Journal du lapin, « *M-Disc, les DVD qui durent 1000 ans* », [En ligne]. Disponible sur : < www.journaldulapin.com/2016/09/27/m-disc-dvd/ > (consulté le 15 mars 2017)

Numerama, « *Archival Disc : un nouveau format optique par Sony et Panasonic* », [En ligne]. Disponible sur : < www.numerama.com/magazine/28698-archival-disc-blu-ray-successeur-format-stockage-optique-sony-panasonic.html > (consulté le 1 juillet 2017)

Wikipédia, « *M-Disc* », [En ligne]. Disponible sur : < <https://wikipedia.org/wiki/M-DISC> > (consulté le 1 juillet 2017)

Jean ELYAN, Lemonde Informatique, « *Une start-up met au point un disque optique inusable* », [En ligne]. Disponible sur : < www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-une-start-up-met-au-point-un-disque-optique-inusable-34368-page-2.html > (consulté le 4 juillet 2017)

Millenniata, « *M-Disc Lifetime Testing* », [En ligne]. Disponible sur: < pin.association-

aristote.fr/lib/exe/fetch.php/public/presentations/2012/pin20120927_1mdisc.pdf >
(consulté le 4 juillet 2017)

Support flash

Jean-Charles HOURCADE, Frank LALOË, Erich SPITZ, « *Longévité de l'information numérique* », Les « mémoires flash », p.35

MARTIN Michel, « *la clé USB* », *Mon premier PC sous Vista*, Pearson Éducation France, 2007, 433p

SanDisk, 2015. « *Caractéristiques et compatibilités des cartes SD/SDHC/SDXC* ». [En ligne]. Disponible sur : < https://kb-fr.sandisk.com/app/answers/detail/a_id/8863/~caracteristiques-et-compatibilites-des-cartes-sd%2Fsdhc%2Fsdxc > (consulté le 17 mai 2017)

Nikon, « *Différences entre une carte mémoire SD et une carte mémoire MMC* », [En ligne]. Disponible sur : < https://www.nikoningsupport.com/ni/NI_article?articleNo=000002784&configured=1&lang=fr_CA > (consulté le 14 mai 2017)

Wikipedia, « *Carte xD* ». [En ligne]. Disponible sur : < https://fr.wikipedia.org/wiki/Carte_xD > (consulté le 26 mai 2017)

Sony. « *Cartes mémoire, mémoire flash et disques durs externes* » [En ligne]. Disponible sur : <<https://www.sony.fr/electronics/peripheriques-stockage/t/memory-stick>> (consulté le 23 mars 2017)

Support en développement

Le journal CNRS. « *Des molécules pour stocker l'information* » [En ligne]. Disponible sur : <<https://lejournal.cnrs.fr/articles/des-molecules-pour-stocker-linformation>> (consulté le 11 avril 2017)

George M.CHURCH, Yuan GAO, Sriram KOSURI, “*Next-Generation Digital Information Storage DNA*”

Howard COLQUHOUN, Jean-François LUTZ, « *Nature Chemistry* »

Industrie-techno. « Un support de stockage en cristal de quartz ultra résistant », [En ligne]. Disponible sur : <<https://www.industrie-techno.com/un-support-de-stockage-en-cristal-de-quartz-ultra-resistant.42717>> (consulté le 14 avril 2017)

GuruMeditation. “*Les puces AND sont désormais le support de stockage connu pouvant contenir la plus grande densité d'information*” [En ligne]. Disponible sur : <www.gurumed.org/2012/08/18/les-puces-adn-sont-desormais-le-support-de-stockage-connu-pouvant-contenir-la-plus-grande-densit-dinformation-vido/> (consulté le 13 avril 2017)

Vimeo.com. “*Wyss Institute, Information Storage In DNA*” [En ligne]. Disponible sur : <<https://vimeo.com/47615970>> (consulté le 27 avril 2017)

Southampton.Ac.UK. « *Data storage update*”, [En ligne]. Disponible sur : <www.southampton.ac.uk/news/2016/02/5d-data-storage-update.page> (consulté le 18 mai 2017)

Analyse des supports de stockage: avantage et inconvénient par usage

CINES, « *Concept d'archivage numérique pérenne* », [En ligne]. Disponible sur : <<https://www.cines.fr/archivage/un-concept-des-problematiques/le-concept-darchivage-numerique-perenne/>> (consulté le 02 mai 2017)

Comment ça marche. « *CD audio et CD ROM* », [En ligne]. Disponible sur : <www.commentcamarche.net/contents/736-cd-cd-audio-et-audio-rom> (consulté le 18 février)

« *Archivage et stockage pérennes: enjeux et réalisations* » / sous la direction de Corinne Leblond. Paris : Hermès science publications : Lavoisier, impr. 2009. 1 vol. (224-III p.) ; 24 cm

Ghita RAHAL, « *Grilles de calcul et clouds [D.V.D.] : une (r)évolution dans le monde du calcul et du stockage des données* », le 15 octobre 2013 ; réal. Lyon : Bibliothèque municipale de Lyon, 2013. 1 DVD zone 2 (1 h 22 mn) : couleur PAL, sonore

CARBONE Pierre. « *Numérique et archivage pérenne* ». Bulletin des bibliothèques de France [en ligne], n° 5, 2013 : Disponible sur : <<http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2013-05-0043-010>. ISSN 1292-8399 > (consulté le 21 septembre 2017)

OKRET Christine, « *L'avenir numérique* ». Bulletin des bibliothèques de France [en ligne], n° 2, 1999: Disponible sur : <<http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-1999-02-0094-002>. ISSN 1292-8399> (consulté le 21 septembre 2017)

Règlement (CE) No 460/2004 du parlement européen et du conseil du 10 mars 2004 instituant l'Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information. « *Intégrité des données* », [En ligne]. Disponible sur : <

www.marche-public.fr/Terminologie/Entrees/integrite-des-donnees.htm >
(consulté le 18 novembre 2017)

Savoir CDI, « *Intelligibilité de l'information* », [En ligne]. Disponible sur : <
<https://www.reseau-canope.fr/savoircdi/chercher/dictionnaire-des-concepts-info-des-documentaires/i/intelligibilte-de-linformation.html> > (consulté le 19 novembre 2017)

Ysosecure, « *Les enjeux de la sécurité de l'information* », [En ligne]. Disponible sur : <
<https://www.ysosecure.com/secureite-information/enjeux-besoins-secureite-inforamation.html> > (consulté le 8 juin 2017)

Linternaute, Dictionnaire français, [En ligne]. Disponible sur : <
www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/perennite/ > (consulté le 8 juin 2017)

LDLC.com high-tech, « *Les SSD* », [En ligne]. Disponible sur: <
www.ldlc.com/guides/AL00000666/les-ssd/ > (consulté le 4 mars 2017)

Top infos, « *Choisir un disque dur SSD : Avantage et inconvénient* », [En ligne]. Disponible sur : <
www.top-infos.fr/choisir-un-disque-dur-ssd-avantage-et-inconvenient/ > (consulté le 6 mars 2017)

BNF, « *Document numérique et métadonnées* », [En ligne]. Disponible sur : <
www.bnf.fr/fr/professionnels/numerisation_boiteoutils/a.metadannes_doc_numerique.html > (consulté le 9 juillet 2017)

DUPOUY Laurent, HUC Claude, BANAT-BERGER, « Proposition de classification des risques », dans *L'archivage numérique à long terme*, Paris, 2009, p.153-160

Yannick GUERRINI, Tom's HARDWARE the authority on tech, « *Test disques durs : 88 modèles professionnels et pour les NAS testés* », [En ligne]. Disponible sur : < www.tomshardware.fr/articles/disques-durs-nas-sata-sas,2-887.html > (consulté le 17 août 2017)

BERAHOU Foued, LAMBERT Jean-Michel, PERDEREAU, « Pérennité des disques optiques », *CD-R et DVD-R sont-ils des supports pérennes d'archivages ?*, Paris, INA Éditions, p.19-32

GRANDONTAGE Yves, Silicon, « *CD et DVD gravés : durée de vie limitée, de 2 à 5 ans* », [En ligne]. Disponible sur : < www.silicon.fr/cd-et-dvd-graves-duree-de-vie-limitee-de-2-a-5-ans-14164.html?inf_by=599ec167671db869678b479b > (consulté le 19 mai 2017)

Annie-Claude BINDYK. « *La pérennisation de l'information numérique* ». Bulletin des bibliothèques de France [en ligne], n° 6, 2002: Disponible sur : <<http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2002-06-0109-010>. ISSN 1292-8399 > (consulté le 23 novembre 2017)

JVC, « *Optical Disc Archiving using the guidelines defined by the international standards* », [En ligne]. Disponible sur: < pin.association-aristote.fr/lib/exe/fetch.php/public/presentations/2012/pin20120927_2jvc.pdf > (consulté le 11 juin 2017)

Maturité

ADBS L'association des professionnels de l'information et de la documentation. « *Support de stockage* » [En ligne]. Disponible sur : <www.adbs.fr/support-stockage-18696.htm?RH=OUTILS_VOC> (consulté le 19 mai 2017)

L'Internaute. Dictionnaire français, « *Mature* » [En ligne]. Disponible sur : [<www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/mature/>](http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/mature/) (consulté le 30 juin)

LesEchos.fr. « *Le vol de données et son impact sur l'image des entreprises* » [En ligne]. Disponible sur : <https://www.google.fr/amp/s/www.lesechos.fr/amp/90/1195290.php> (consulté le 07 juin 2017)

L'usinenouvelle. « *La mémoire holographique sort du laboratoire* » [En ligne]. Disponible sur : www.usinenouvelle.com/article/la-memoire-holographique-sort-du-laboratoire.N17207 (consulté le 10 mai 2017)

JHAEHNEL Be Technologueek. « *L'évolution des supports de stockage : de la disquette à l'holographie.* » [En ligne]. Disponible sur : www.jonathanhaehnel.fr/blog/artcile/l-evolution-des-supports-de-stockage-de-la-disquette-a-l-holographie.html (consulté le 24 mai 2017)

L'usinenouvelle. « *La mémoire holographique sort du laboratoire* » [En ligne]. Disponible sur : www.usinenouvelle.com/article/la-memoire-holographique-sort-du-laboratoire.N17207 (consulté le 16 mai 2017)

LAURENT Alexandre. Clubic. « *Stockage: GE grave 500 Go sur un disque holographique* » [En ligne]. Disponible sur : www.clubic.com/disque-dur-memoire/actualite-437100-stockage-ge-grave-500-disque-holographique.html (consulté le 26 avril 2017)

Halpanet Services Internet auto-hébergés, « *Formats libres et propriétaires* », [En ligne]. Disponible sur : <https://www.halpanet.org/content/formats-libres-proprietaires> >, Chap, Les formats propriétaires (consulté le 17 juillet 2017)

Alexandre LAURENT, L'usinenouvelle, « *La mémoire holographique sort du laboratoire* », [En ligne]. Disponible sur : < www.usinenouvelle.com/article/la-memoire-holographique-sort-du-laboratoire.N17207 > (consulté le 18 juillet 2017)

L. SCHEIER Robert. Computerworld. "*Not All USB Drives Are Created Equal*" [En ligne]. Disponible sur: <www.computerworld.com/article/2551434/data-center/not-all-usb-drives-are-created-equal-.html> (consulté le 21 avril 2017)

ANNEXES

Table des annexes

DOCUMENTS D'ÉTUDES DU LNE.....	116
ENTRETIENS AVEC GÉRARD CATHALY-PRETOU.....	119

DOCUMENTS D'ÉTUDES DU LNE

3.5. COMPARATIF DE LA QUALITÉ DES DVD±R ET DES BD-R POUR L'ARCHIVAGE DES DONNÉES NUMÉRIQUES¹⁶⁵

CONCLUSION

DVD±R

- Les DVD enregistrables sont plus difficiles à graver correctement que les CD-R. Le choix du graveur est très important pour obtenir une bonne qualité de gravure initiale avec un modèle de DVD-R.
- 4 modèles de DVD-R ont été retenus pour leur bonne tenue au vieillissement accéléré :
 - FTI Gold et Platinum Archival
 - Verbatim « standard » 16x
 - JVC Archival Grade
- En raison de leur sensibilité à la lumière, il est nécessaire de conserver à l'abri de la lumière les DVD enregistrables ayant une couche à base de colorant organique.

BD-R

- Les BD-R de type LTH ne présentent pas des caractéristiques leur permettant d'être recommandés pour l'archivage.
- Les BD-R de type HTL, en particulier les modèles de *Panasonic* et *Sony*, sont aussi performants que les DVD-R pour la tenue au vieillissement accéléré et sont quasiment insensibles à la lumière.



¹⁶⁵ LAMBERT Jean-Michel, « Conclusion », *Comparatif de la qualité des DVD± et des BD-R pour l'archivage des données numériques*, 2012, <https://www.lne.fr/sites/default/files/inline-files/etude-qualite-dvd-bd-nov-2012-lambert.pdf>

3.6. CD-R, DVD-R, BD-R, MODÈLES POUR UNE CONSERVATION DE LONGUE DURÉE¹⁶⁶



Le progrès, une passion à partager
 LABORATOIRES DE TRAPPES
 29 avenue Roger Hennequin – 78197 Trappes Cedex
 Tél. : 01 30 69 10 00 - Fax : 01 30 69 12 34

CD-R, DVD-R, BD-R

Modèles pour une conservation de longue durée

Le Laboratoire national de métrologie et d'essais réalise périodiquement un certain nombre d'essais de vieillissement accéléré de disques optiques. Ces essais répondent à des demandes du Service Interministériel des Archives de France (SIAF). Ils ne permettent pas de prédire ce que sera la durée de vie réelle de ces disques ; cependant, ils identifient les disques qui ont auront la durée de vie la plus longue. Ce tableau est mis à jour à chaque nouvelle étude.

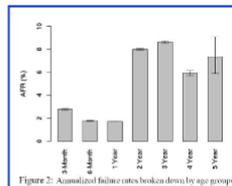
Type de support	Anné de l'étude	Modèles recommandés	Code d'identification du fabricant	Vitesse de gravure	
				Maximale	Recommandée
CD-R	2008	MPO Gold White Inkjet	97 25 07 (MPO)	32x	16x
		DELKIN Archival Gold	97 27 58 (Mitsui Chemicals)	52x	16x
DVD-R	2012	FTI Gold Archival et Platinum Archival	TTG02 (TDK)	8x	8x
		VERBATIM "standard"	MCC 03RG20 (Mitsubishi)	16x	8x
		JVC Archival Grade	TYG03 (Taiyo Yuden)	16x	8x
BD-R (HTL)	2012	PANASONIC	MEI T02 (001)	4x	4x
		SONY	SONY NN3 (002)	6x	6x

¹⁶⁶ LNE, *CD-R, DVD-R, BD-R, Modèles pour une conservation de longue durée*, <https://documents.lne.fr/publications/guides-documents-techniques/liste-CD-DVD-recommandes-gis-don.pdf>

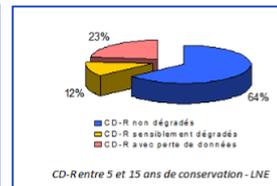
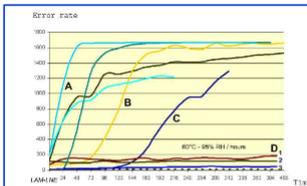
3.7. LA NORMALISATION, CONSEIL SCIENTIFIQUE DU GIS SPADON¹⁶⁷

Besoins des utilisateurs/ archivistes

- Les utilisateurs veulent la garantie de pouvoir accéder à l'information enregistrée sur les média tout au long de la durée de conservation.
- Plusieurs études ont montrées que les données constructeurs ne sont pas suffisantes pour garantir l'accès à l'information sur de longues durées



Failure Trends in a Large Disk Drive Population (Google-2007)



Etude du vieillissement naturel d'une collection privée de CD-R - LNE 2009

13/10/2015

CS GIS SPADON

6

¹⁶⁷ CATHALY-PRETOU Gérard, FONTAINE Jean Marc, PERDEREAU Jacques, « Besoins des utilisateurs/archivistes », *La normalisation*, 2015, <https://www.lne.fr/sites/default/files/inline-files/GIS-SPADON-normalisation-archivage-electronique-JP.PDF>

ENTRETIENS AVEC GÉRARD CATHALY-PRETOU

Nom de l'informant : Gérard CATHALY-PRETOU

Expert indépendant dans le domaine des NTI (stockage et numérisation)

Nom du collecteur : Richard FLERMOND

Mode d'entretien : Téléphonique

Mode de retranscription : écrit, propos pouvant être modifiés

Durée : 1^{er} entretien 30 minutes, 2^{ème} entretien 1 heure, 3^{ème} entretien 30 minutes

RETRANSCRIPTION D'ENTRETIEN TÉLÉPHONIQUE DU 17/05/2017, POUR UNE DURÉE DE 30 MINUTES

L'un des points essentiels à retenir de ces échanges, concerne sur la fiabilité de comportement des moyens de stockage utilisés dans les systèmes informatiques de gestion de l'information. L'estimation de cette fiabilité implique, entre autre, d'avoir des données de traçabilité sur la fabrication des supports de stockage.

Car nous avons bien accès aux caractéristiques du produit sans pour autant savoir d'où ils viennent, et de connaître exactement quand ils ont été fabriqués par qui et comment ont-ils été contrôlés. Ces éléments sont au moins aussi importants que les annonces de durée de vie des supports. Exemple pour 2 supports optiques de même gamme et qui sont donc sensées « avoir la même durée de vie », nous pouvons nous retrouver avec un support qui dure 30 ans tandis que l'autre support pourtant de la même gamme aura une durée de vie de 3 ans. La disparité de comportement de certains supports peut être due à une multitude de paramètres dont les principaux, outre les conditions d'utilisation, sont la qualité de fabrication, la précision et la pertinence du contrôle de production. Malgré plusieurs relances, enquêtes et études, aucune entreprise ne semble vouloir s'exprimer sur le sujet.

L'un des constats qui a été fait c'est que nous posons des questions sur la durée de vie du support, sur le rapport coût bits, sur la consommation d'énergie, et sur la sécurité, ces questions sont essentielles et légitimes mais on devrait également se poser des questions sur le support en question sur lequel on enregistre nos données.

RETRANSCRIPTION ENTRETIEN TÉLÉPHONIQUE DU 19/07/2017, POUR UNE DURÉE DE COMMUNICATION DE 1 HEURE

Lors de cet entretien ce qui est ressorti, c'est l'importance des données. Et qu'une attention particulière doit être apportée à leur sécurité. Néanmoins il est nécessaire de définir la période d'utilité des données pour être « efficace ».

L'accent est porté sur 3 critères lors de la sélection du support de stockage adapté, l'accès, la capacité, et la durée de vie.

Le prix du support est d'une importance moindre par rapport à la valeur des données qu'il contient. En cas d'accident, le coût de reconstitution des données est généralement plus élevé que le remplacement du support.

Exemple : « on casse une bouteille de vin de 19XX, c'est le liquide qui a de l'importance pas son contenant ».

Quel que soit le support d'enregistrement choisi (optique disque ou bande magnétique, mémoire flash), les évolutions techniques continues et par la même occasion tirent le coût du gigaoctet stocké vers le bas.

Un autre aspect de l'évaluation des moyens de stockage c'est le coût de fonctionnement lié aux contraintes environnementales nécessaires au fonctionnement des systèmes de gestion de l'information qui les utilisent. Il est toujours édifiant de voir les coûts de sécurité, de consommation électrique et les contraintes de climatisation des « Datacenters ». Pour le choix des lieux de stockage, il faut également prendre en considération les risques liés à de possibles catastrophes naturelles. Mais toutes ces précautions pour mettre à l'abri ces supports et donc nos données ont un coût conséquent.

D'où le récent intérêt de délocaliser ces moyens de stockage dans des régions du nord telle que la Suède ou encore l'Islande pour limiter les coûts de la climatisation chargée d'évacuer la chaleur dégagée par les systèmes.

Aujourd'hui l'option la plus sûre que nous avons pour conserver nos données, c'est leur duplication mais cette méthode est financièrement extrêmement couteuse.

Il faut également mentionner que les mesures ne se limitent pas à la conservation des données et du support mais également à tout l'environnement (métadonnées)

qui entoure les données et le support, comme notamment la signature électronique, qui faut être en mesure de garantir sur le long terme.

Dans le cadre d'une conservation à long terme, les supports optiques, particulièrement les WORM, ont longtemps été considérés comme une solution efficace, grâce à leur robustesse et leur stabilité dans le temps et qui offre moins de risque au moment de l'exploitation des données.

Le century-disc (support optique en verre) malgré ses atouts indéniables tels qu'une grande stabilité et une durée de vie supérieure aux supports optiques classiques conçu en polycarbonate, n'a pas su trouver son marché, Ce qui a freiné son développement est son coût extrêmement élevé et une capacité limitée.

Les mémoires magnétiques sont les plus utilisées pour le stockage de données, les bandes de grande capacité sont très présentes dans des unités de stockage de masse. Les disques durs, plus adaptés pour une utilisation quotidienne par leurs temps d'accès, sont également la base technique des centres de stockage de données. A l'instar des bandes magnétiques, leur capacité de stockage est en constante augmentation.

On peut citer également les mémoires flash (clés USB et SSD par exemple) dont les perfectionnements et l'augmentation de capacité permettent d'envisager leur emploi pour le stockage à court terme.

Les raisons qui font que le support holographique n'a pas pu être commercialisé, est dû en partie à sa complexité. La complexité de ce support est sur plusieurs niveaux, notamment complexité dans le processus d'industrialisation « automatique » observé pour être trop couteux et complexe. La complexité de conservation et d'exploitation du support et des données sauvegardées. Support qui ne semble pas facile d'accès et d'utilisation. Mais les besoins du marché ne semblaient avoir besoin de ce support, le besoin en tout cas n'était pas ressenti car par exemple les supports magnétiques tels que le disque dur « remplissait » toujours les besoins des usagers publics comme professionnels. Et surtout ce type de support « historique » avait déjà fait ces preuves. Et pourtant les promesses théoriques faites par ce support était fortement intéressante, il y a des chances que dans quelques années avec les avancées technologiques, il puisse se développer.

Retranscription entretien téléphonique du 20/06/2017, pour une durée de 30 minutes

Il n'y a pas actuellement de vraie réponse au problème posé par les gigantesques quantités d'informations à sauvegarder pour les générations futures. Quand on parle de siècles ou de millénaires, la conservation nécessaire de moyens techniques, de langages machines voire de langages de description devient particulièrement critique.

Pourquoi l'ADN comme support de stockage est un choix intéressant ? La durée de vie de l'ADN est extraordinaire, exemple : « les chercheurs qui ont pu prélever de l'ADN de mammoth en Sibérie, après plusieurs milliers d'année. ». De plus qui peut garantir que dans les années avenir l'Homme puisse lire voire déchiffrer nos informations, alors que l'ADN oui. Il offre d'autres avantages comme une capacité de stockage qui dépasse nos supports de stockage actuels et semble avoir tous les caractéristiques nécessaires pour garantir l'intégrité des données sur le long terme.

Mais le problème se pose sur l'usage courant du support, le plan pratique semble bien complexe. Il pourrait rencontrer les mêmes problèmes qu'avait rencontrés la mémoire holographique. La cause pour rappel était due à sa complexité et à son coût bien trop élevé.

La démarche et la recherche est tout à fait intéressante, de plus comme nous l'a montré l'histoire, à leur sortie les compact disques, coutaient une fortune et c'est avec l'avancée technologique que les coûts de fabrication ont pu baisser et permettre le développement du support.

GLOSSAIRE¹⁶⁸

- Amovible : se dit d'une mémoire ou d'un disque dur d'ordinateur dont le support d'enregistrement d'informations peut-être séparé du mécanisme d'entraînement et de l'unité de lecture-écriture
- Code Baudot : ou code télégraphique, est un des premiers codes de télécommunication binaire issu d'une machine, il utilise 5 bits par caractères et 2 jeux de caractères.
- Cryptographie : ensemble des techniques de chiffrement qui assurent l'inviolabilité de textes et, en informatique, de données.
- Mécanographie : méthode de dépouillement, de tri ou d'établissement de documents administratifs, comptables ou commerciaux, fondée sur l'utilisation de machines traitant mécaniquement des cartes perforées.
- Monotype : estampe résultant de l'impression sur papier d'une composition qui a été non pas gravée, mais peinte sur la planche, le cuivre.
- Nanostructure : ensemble d'atomes dont l'une des dimensions est comprise entre 0,1 et 100 nanomètres, c'est-à-dire comprise entre une taille moléculaire et microscopique. Un nanomètre est un milliard de fois plus petit que le mètre.
- Oxydation : réaction chimique, souvent provoquée par l'oxygène, par laquelle on retire des électrons à un atome ou une molécule.
- Pérenne : qui dure longtemps ou depuis longtemps.
- Pouce : unité de longueur valant 25,4 mm, encore en usage dans certain pays anglo-saxons ; cette même unité, utilisée partout dans le monde, pour exprimer la taille des écrans (ordinateurs, smartphones, etc.).
- Portabilité : caractère d'un appareil, d'un matériel portable.
- Polycarbonate : composé macromoléculaire dont la chaîne est formée par la répétition régulière de fonctions carbonate organique. (Résistants au

¹⁶⁸ Les définitions proviennent du dictionnaire Larousse en ligne. www.larousse.fr/dictionnaires/francais

choc et très transparents, les polycarbonates sont utilisés pour l'emballage alimentaire. Ils sont mis en forme par injection ou par extrusion.)

- Substrat : support en matière isolante destiné à recevoir l'impression d'un circuit électrique ou électronique et de divers composants de ce circuit pour constituer des circuits hybrides.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Récapitulatif des supports de stockage physique.....	18
Figure 2: Chronologie des supports utilisant la bande magnétique	21
Figure 3: Fonctionnement de l'enregistrement linéaire et hélicoïdal	28
Figure 4: Comparatif entre 2 disques durs 2,5	35
Figure 5: Composition d'un disque dur.....	36
Figure 6: Récapitulatif des supports de stockage magnétique.....	39
Figure 7: Structure d'un DVD et d'un M-Disc.....	51
Figure 8: Récapitulatif des supports de stockage optique	53
Figure 9: Récapitulatif des supports de stockage flash.....	62
Figure 10: Schéma du cycle d'encodage et de décodage sur l'ADN	64
Figure 11 : Tableau récapitulatif des avantages et des inconvénients de chaque support de stockage numérique	70
Figure 12: Les principaux risques qui menacent les données.....	77
Figure 13: Les différentes couches d'un support optique.....	80
Figure 14: Normes pour support de stockage optique	82

TABLE DES MATIÈRES

SIGLES ET ABRÉVIATIONS	7
INTRODUCTION.....	11
1. L'ÉVOLUTION DES SUPPORTS DE STOCKAGE	13
1.1. Support de stockage de première de génération : physique	13
<i>1.1.a. La carte perforée</i>	<i>13</i>
Origine.....	13
Intérêt.....	14
Fonctionnement	15
État des lieux actuels	16
<i>1.1.b. Le ruban perforé.....</i>	<i>17</i>
Origine.....	17
Intérêt.....	17
État des lieux actuels	18
1.2. Support de stockage de seconde génération : magnétique.....	19
<i>1.2.a. La bande magnétique</i>	<i>20</i>
Origine.....	20
Intérêt.....	21
Supports utilisant la bande magnétique.....	21
U-matic.....	21
VHS	22
Betamax.....	23
V2000.....	23
Cassette DAT.....	23
Betacam.....	24
Cartouche DLT	24
Video 8.....	25
Cartouche LTO	25
Mini DV	26
Hi-8	26
Fonctionnement	26
Deux types d'enregistrement : un dit linéaire et l'autre hélicoïdal.	27

Enregistrement linéaire	27
Enregistrement hélicoïdal	27
État des lieux actuels	28
<i>1.2.b. Le disque dur</i>	28
Origine	28
Intérêt.....	29
Les différentes vitesses de rotation	30
Mémoire cache.....	30
Formats de disque dur	30
La technologie RAID	31
Disque dur grand public et disque dur professionnel	33
Fonctionnement	35
État des lieux actuels	36
<i>1.2.c. Disquette</i>	37
Origine	37
Intérêt.....	37
Fonctionnement	38
État des lieux actuels	38
1.3. Supports de stockage de troisième génération : Les disques optiques numériques enregistrables	40
<i>1.3.a. Laserdisc</i>	40
Origine	40
Intérêt.....	41
État des lieux.....	42
<i>1.3.b. CD</i>	42
Origine	42
Intérêt.....	43
CD-I	43
CD-R ou CD enregistrable,.....	43
CD-RW pour Re-Writable,	43
CD-Audio	43
CD-ROM, ROM (Read Only Memory),	44
CD-Extra	44
VCD	44

S-VCD.....	44
Mini-DVD	44
État des lieux actuels	44
1.3.c. DVD.....	45
Origine.....	45
Intérêt.....	46
Il existe plusieurs types de DVD.....	46
État des lieux actuels	48
1.3.d. Blu-ray.....	48
Origine.....	48
Intérêt.....	49
État des lieux actuels	49
1.3.e. M-Disc.....	50
Origine.....	50
Intérêt.....	50
Fonctionnement	50
État des lieux actuels	51
1.3.f. Le stockage magnéto-optique	52
Origine.....	52
Intérêt.....	52
Fonctionnement	52
État des lieux actuels	53
1.4. Supports de stockage de quatrième génération : flash	55
1.4.a. La clé USB.....	55
Origine.....	55
Intérêt.....	56
Fonctionnement	56
État des lieux actuels	56
1.4.b. La carte SD.....	57
Origine.....	57
Intérêt.....	57
État des lieux actuels	58
1.4.c. Memory stick	58
Origine.....	58

Intérêt.....	58
État des lieux actuels	59
<i>1.4.d. La carte MMC</i>	<i>59</i>
Origine.....	59
Intérêt.....	59
État des lieux actuels	60
<i>1.4.e. La carte xD.....</i>	<i>60</i>
Origine.....	60
Intérêt.....	61
État des lieux actuels	61
1.5. Supports de stockage en développement.....	63
<i>1.5.a. L'ADN.....</i>	<i>63</i>
Origine.....	63
Intérêt.....	63
État des lieux actuels	64
<i>1.5.b. Quartz</i>	<i>65</i>
Origine.....	65
Intérêt.....	65
État des lieux actuels	66
<i>1.5.c. Support holographique.....</i>	<i>66</i>
Origine.....	66
Intérêt.....	66
État des lieux actuels	67
2. PARTIE 2 : ANALYSE DES SUPPORTS DE STOCKAGE.....	69
2.1. Les caractéristiques d'un support de stockage et de l'information pérenne.....	69
<i>2.1.a. Pérennité de l'information</i>	<i>69</i>
2.2. Avantages et inconvénients de chaque support de stockage	70
<i>2.2.a. Quels sont les éléments clefs pour un « vrai » support de stockage pérenne ?.....</i>	<i>72</i>
<i>2.2.b. Comment reconnaître un support pérenne ?.....</i>	<i>73</i>
<i>2.2.c. Supports de stockage pour l'archivage et supports de stockage pour le records management.....</i>	<i>73</i>
Quelles caractéristiques pour le records management ?.....	73
Quels risques ?	74

Les caractéristiques essentielles d'un support de stockage optimal.....	74
Quels sont les supports de stockage adaptés à ce domaine	75
Les Disques durs HDD	75
Les Disque dur SSD	76
2.2.d. <i>Supports de stockage pour l'archivage</i>	76
Les supports de stockage intéressants dans ce cadre	78
Les CD	78
Les DVD	78
Les Blu-ray	79
M-Disc	79
Les bandes magnétiques	79
Quelles mesures à prendre	80
2.2.e. <i>L'interopérabilité des supports de stockage ?</i>	82
2.3. Expansion infinie des données.....	82
3. LA MATURITÉ.....	84
3.1. Qu'est ce qu'un support de stockage mature ?.....	84
3.2. Quelles sont les clefs pour un support de stockage mature ?.....	85
3.3. Quels sont les supports de stockage n'ayant pas atteint pleinement cette maturité technologique ?.....	88
3.3.a. <i>Le support holographique</i>	88
Un format propriétaire : complexité d'utilisation pour tout public.....	88
Capacité encore limitée.....	89
Complexité de mise en place.....	89
3.4. Fiabilité du comportement	90
3.4.a. <i>Pourquoi tant de variation ?</i>	90
3.4.b. <i>Pourquoi un manque de transparence ?</i>	91
Économique.....	91
CONCLUSION	93
SOURCES.....	95
BIBLIOGRAPHIE.....	97
ANNEXES.....	115
GLOSSAIRE.....	123
TABLE DES ILLUSTRATIONS	125
TABLE DES MATIÈRES.....	127

