



LA NORMALISATION

Conseil scientifique du GIS SPADON

13 octobre 2015

Gérard Cathaly-Prétou – Jean Marc Fontaine – Jacques Perdereau

**TECHNICAL
REPORT**

**ISO/TR
17797**

First edition
2014-10-01

**Electronic archiving — Selection of
digital storage media for long term
preservation**

*Archivage électronique — Sélection d'un support de stockage
numérique pour une préservation à long terme*



Reference number
ISO/TR 17797:2014(E)

© ISO 2014

Objectifs du rapport technique

Etablir un cahier de recommandations pour sélectionner les medias les mieux adaptés au stockage à long terme de l'information :

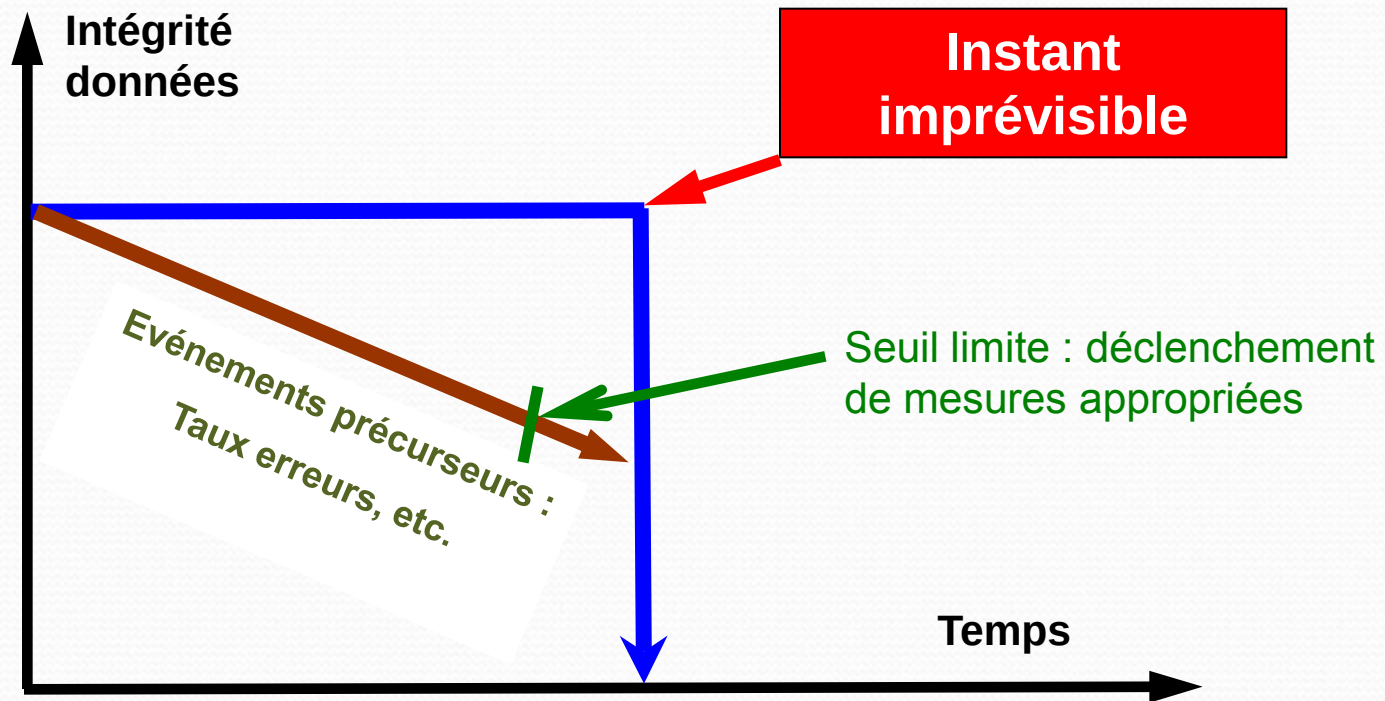
- Perte d'information numérique
- Outils de contrôle qualité
- Critères de sélection
- Suivi de comportement (en activité ou non)

Faire un point sur les mesures de prévention et de récupération des informations (Technical Arrangement), pour les supports :

- ◆ Disque dur HDD
- ◆ Bande magnétique
- ◆ Mémoires Flash SSD
- ◆ Disques optiques

Perte d'information numérique

Tous les supports / systèmes ordinaires d'enregistrement présentent des risques inopinés de perte des données : disque dur, bande magnétique, disque optique, mémoire flash).

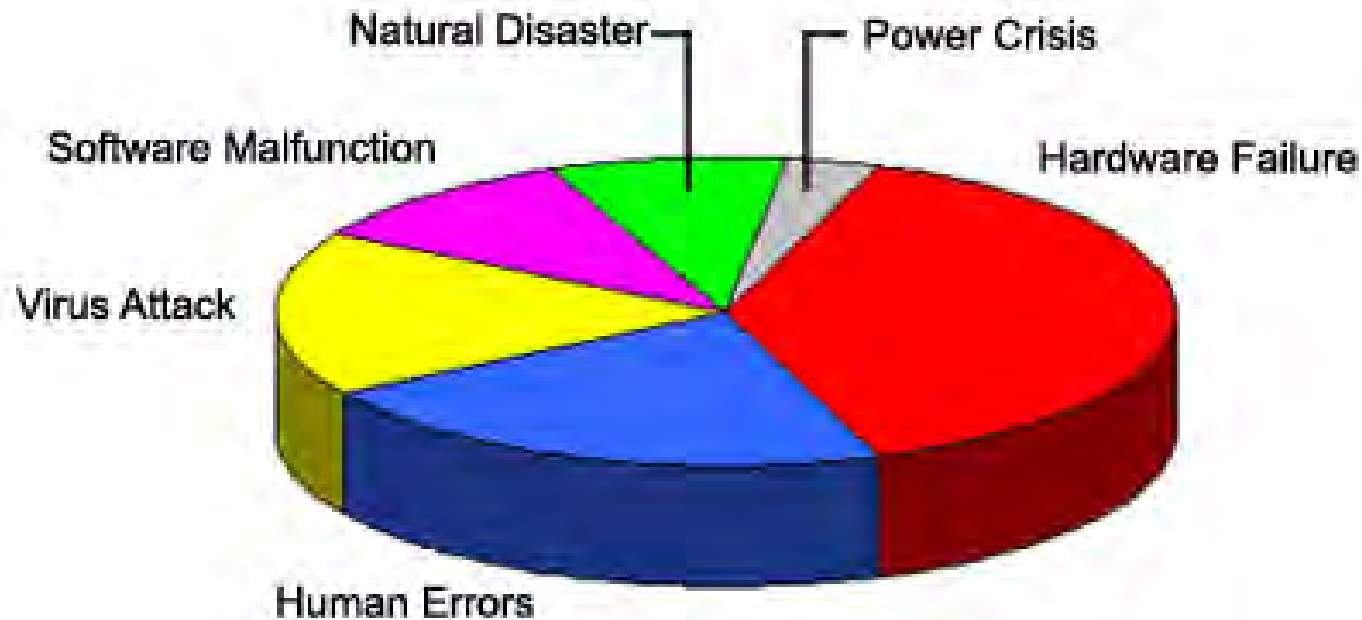


- Tests de sélection des systèmes proposés.
- Mise en place de moyens de contrôle - permanents - de l'état du système.

Origine des pertes de données



Causes of Data Loss



Disque dur - HDD

- Dispositif extrêmement complexe, des fragilités,
- Incidence des différentes configurations : On-line, Off-line, Idle On-line, RHDD (Removable),...
- Des études de grande ampleur : disques On-line
- Peu d'étude de vieillissement : disques Off-line, idle, externe,...
- Mise en place du dispositif de suivi (SMART)
- Sélection / tests de vieillissement (Off-line, idle,...)
- Redondance : RAID

HDD - constitution

HDD : Un ensemble électro-mécanique intégré pour lequel de nombreuses défaillances peuvent-être à l'origine de pertes de données...

actuateur

moteurs

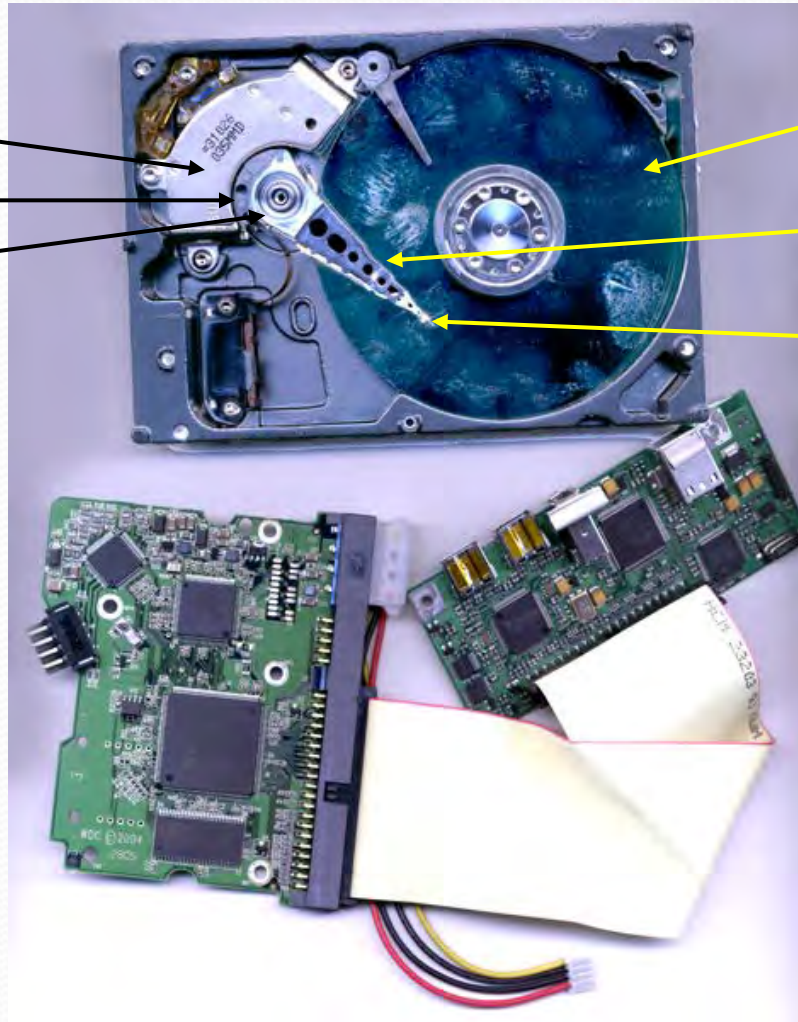
roulements

plateaux

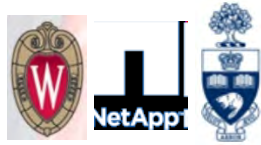
bras

têtes

- servo-mécanisme
- circuits
- composants
- connectique



Des études à très grande échelle

ETUDES	 Carnegie Mellon Univ.	 GOOGLE	 Univ. Wisconsin, Univ. Toronto Network A. Inc.
Années	2000-2005	2001-2006	2004-2007
Nombre HDD	100 000	100 000	150 000
Durée test	5 ans	5 ans	3 ans
Classe disques	SCSI, SATA, FC	SCSI, SATA, FC	SCSI, SATA, FC
Critère avortement	Bad blocks	Bad blocks, ...	Checksum mismatches (CM) Identity inconsistencies Latent sector error (ECC)
Taux d'erreurs	0,0001 à 0,0002	2 à 9%	CM : paramètre très sensible Jusque 4%
Principales conclusions	- Interfaces (effet faible) - Effet système - Corrélation temporelle - Risque pannes simultanées	- Effet de groupe - Régime d'utilisation - Température - Corrélation temporelle	- Checksum mismatches - Localisation spatiale - Corrélation temporelle - Risques pannes simultanées

Durée de vie très différente de celles annoncées par les fabricants : la fréquence de remplacement des disques atteint 30 fois celle des taux annoncés...

Comment définir la fiabilité ?

- **MTBF** (Mean time before failure)
 - Estimation de l'espérance de durée de vie d'un type de disque parmi une population importante de drives
 - Associé à la durée effective de service (useful life) on définit la probabilité de survie d'un type de disque
- **MTTF** (Mean time to failure)
 - Rend compte de la probabilité de panne, non du temps restant avant défaillance.
- **AFR** (Annual failure rate) Taux de défaillance annuelle
 - Probabilité de défaillance d'un composant pendant une année de service
- **MTBDL** (Mean time between data loss).
 - Estimation de la durée de service d'un ensemble de disques avant avarie catastrophique
- **MTTR** (Mean time to repair)
 - Durée moyenne d'une intervention
- **Useful / Service life**
 - Durée de service estimée d'un HDD (fournie généralement par le fabricant)

Parmi les paramètres cités (liste non exhaustive) **MTBF** et **AFR** sont les plus utilisés

Disques on-line - Mesures préventives

- **Mise en œuvre de procédures de redondance des données – RAID**

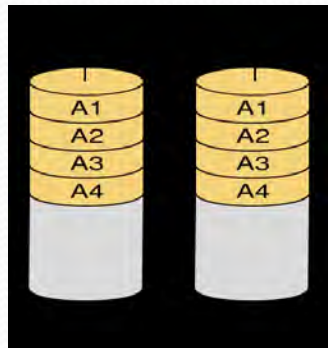
(Redundant Array of Independent Disks). Exemples de configuration :

RAID 1 – Disque miroir simple (2 disques au moins)

Disque dupliqué (sur site différent) : données sauvegardées en cas de panne d'un disque.

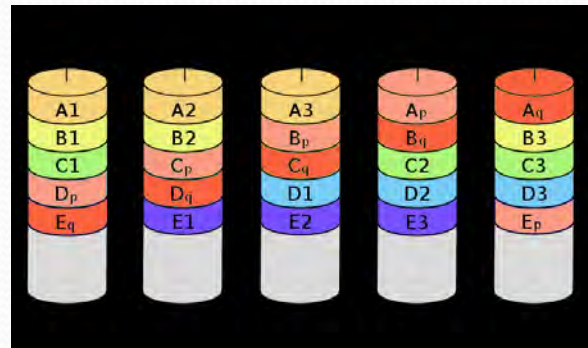
RAID 6 – Données redondantes réparties sur 5 disques : peut supporter une panne simultanée de 2 HDD

RAID 1



Disk0 = Disk1

RAID 6 (recommandée)



Disk0 Disk1 Disk2 Disk3 Disk4

- Etant donnée les capacités actuelles des disques à traiter, la durée de reconstruction peut être réduite par l'ajout d'un disque HDD de rechange "**hot swap**" ou "**hot spare**".

- Il convient également d'envisager le **dédoublément du système RAID**, les pannes ne concernant pas uniquement le support lui-même, mais l'ensemble des composants (mécaniques, électroniques, connectique, logiciels,...)

Disques off-line – Recommandations

Les disques au repos (Cartouches RDX par exemple) bénéficient de conditions plus favorables à la conservation des données, mais ne doivent pas pour autant se soustraire aux mesures de précaution ; en résumé :

- Sélection des produits susceptibles de garantir au mieux les conditions de conservation à long terme (stress tests) ;
- Mise en place de tests périodiques d'accès aux données (au moins 1 / an)
- Duplications
- Démarrages périodiques des drives inactifs
- Migrations destinées à anticiper l'obsolescence des systèmes

Outils de contrôle - SMART

L'outil de contrôle **SMART** (Self-Monitoring, Analysis & Reporting Technology), aujourd'hui systématiquement installé sur les Drives, permet de détecter toute anomalie (composants physiques, performances) :

- Têtes, bras et connectique,
- Moteurs et roulements,
- Circuits électriques et composants électroniques,
- Disque lui-même : état physique, décompte des corrections d'erreurs, des erreurs incorrigibles, des réallocations de secteurs défectueux,...

CrystalDiskInfo 5.2.2

File Edit Function Theme Disk Help Language

Good
35 °C
C:

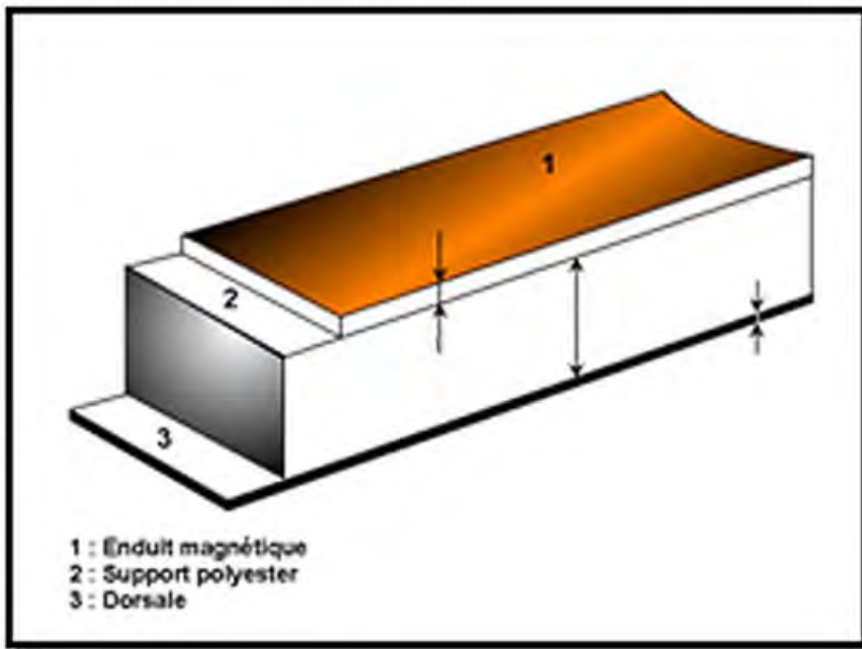
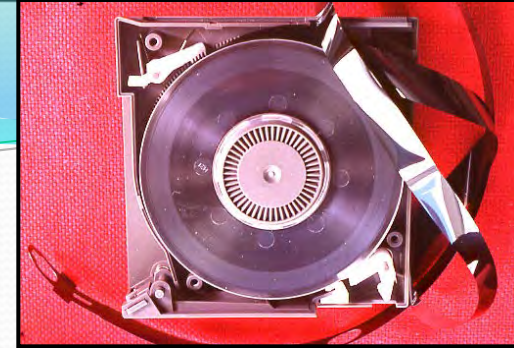
Hitachi HTS727575A9E364 750.1 GB

Health Status	Firmware	JF40A0D0	Buffer Size	16384 KB
Good	Serial Number		NV Cache Size	----
	Interface	Serial ATA	Rotation Rate	7200 RPM
	Transfer Mode	SATA/300	Power On Count	539 count
Temperature	Drive Letter	C:	Power On Hours	1920 hours
35 °C	Standard	ATA8-ACS ATA8-ACS version 6		
	Features	S.M.A.R.T., 48bit LBA, APM, AAM, NCQ, TRIM		

ID	Attribute Name	Current	Worst	Threshold	Raw Values
01	Read Error Rate	100	100	62	000000000000
02	Throughput Performance	100	100	40	000000000000
03	Spin-Up Time	186	186	33	001700000002
04	Start/Stop Count	100	100	0	00000000021E
05	Reallocated Sectors Count	100	100	5	000000000000
07	Seek Error Rate	100	100	67	000000000000
08	Seek Time Performance	100	100	40	000000000000
09	Power-On Hours	96	96	0	000000000780
0A	Spin Retry Count	100	100	60	000000000000
0C	Power Cycle Count	100	100	0	00000000021B
BF	G-Sense Error Rate	100	100	0	000000000000
C0	Power-off Retract Count	100	100	0	00000000000E

La bande magnétique

- Formats propriétaires ou ouverts (LTO, StorageTek T10k,...)
- Très grande capacité T10k : 8,5 To
- Vitesse d'accès et vitesse de chargement
- Service intermittent



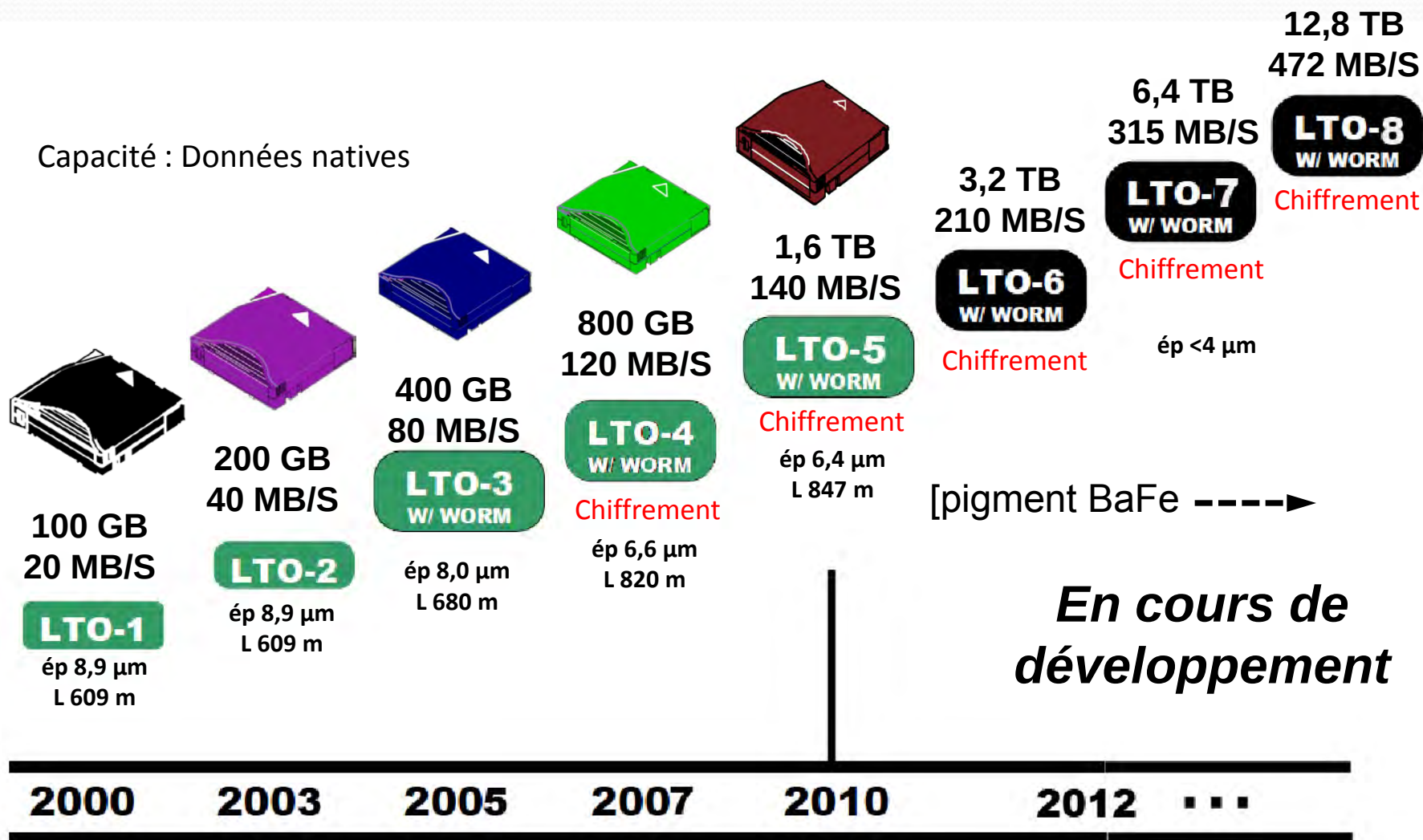
Techno-logy	Sample version	Manufacturer	For-mat
3590	3590H	IBM	1/2"
9840	9840C	StorageTek	1/2"
9940	9940B	StorageTek	1/2"
ADR	ADR ²	OnStream	8 mm
AIT	AIT-3	Sony	8 mm
DAT-72	DAT-72	HP, Seagate	4 mm
DDS	DDS-4	HP, Seagate, Sony	4 mm
DLT	DLT-8000	Quantum	1/2"
DTF	DTV-2	Sony	1/2"
LTO	LTO-4	HP, IBM, Seagate	1/2"
Magstar	3570	IBM	1/2"
Mammoth	M2	Exabyte	8 mm
S-AIT	S-AIT-1	Sony	1/2"
S-DLT	S-DLT 320	Quantum (formatted)	1/2"
SLR	SLR-100	Tandberg Data	1/4"
VS	VS-160	Quantum	1/2"
VXA	VXA-2	Sony	8 mm

Tab. 4.5.1: Tape technology and manufacturers

Secure Data Storage 2008

- MP (Particules magnétiques)
- BaFe (Ferrite de baryum)

Evolutions rapides : exemple LTO



Cartouche LTO Outils de contrôle

Monitoring "In-Band" Approche "Out of Band"

Maxell LTO CM Analyzer - 115015

File Edit Action Help

Cartridge | Usage History | Details

Serial Number	1155156218
Volume ID	009556L2
Maxell Tape Score	93
Manufacture Date	2003.10.27
Cartridge Type	LTO2 cartridge
Last Unload	Normal
EOD Mark	Valid
Mounts	206
Total Data Written	88.3GB
Total Data Read	81.5GB
Recent Data Written	613MB
Recent Data Read	148MB
Recent Write Retries	0
Recent Read Retries	0
Recent Servo Errors	0
Recent Fatal Write Errors	0
Recent Fatal Read Errors	0
Recent Fatal Servo Errors	0
Total Write Retries	2 (23 / TB)
Total Read Retries	17 (115 / TB)
Total Servo Errors	0
Total Fatal Write Errors	0
Total Fatal Read Errors	0
Total Fatal Servo Errors	0

Data read OK

Maxell CM Analyser

Maxell Score and Summary

Errors that occurred within the last four times the cartridge was loaded are known as "recent errors". Because of their importance they are displayed first and are weighted higher than other errors in calculating MaxellScore.

Error summary for entire cartridge

Maxell LTO CM Analyzer - Files read from C:\Documents and Settings\My Documents\Maxell\No cm analyzer\Disc files\history

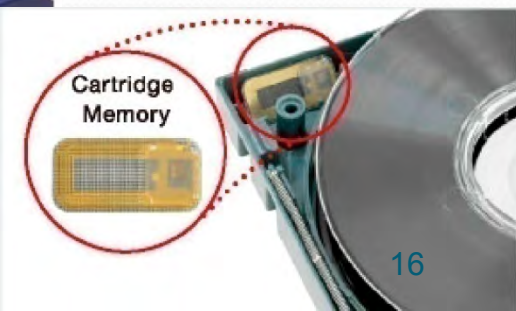
File Edit Action Options Help

Overview Cartridges Drives

Cartridge Files read from C:\Documents and Settings\My Documents\Maxell\No cm analyzer\Disc files\history

Tape ID	Min	Max	Avg	LT3246L1	TESTTOOL1	[1030189123]	[1030589344]	[1030825815]	[1050254604]	[1070510539]	[1110776320]
Maxell Tape Score	13.00	92.00	57.15	84	84	87	90	New Tape	83	New Tape	87
Manufacture Date / Age	0.62 yr	5.69 yr	2.38 yr	2005.09.20	2008.03.27	2003.03.11	2006.01.13	2007.10.05	2003.10.03	2005.06.13	2007.09.18
Cartridge Type				LTO 1 cartridge	LTO 2 cartridge	LTO 2 cartridge	LTO 2 cartridge	LTO 4 cartridge	LTO 2 cartridge	LTO 2 cartridge	LTO 4 cartridge
Tape Alerts				None	15	None	6	None	None	None	1, 4, 38
Last Unload				Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
EOD Mark				Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid
% Full	0	100.00 %	25.23 %	1%	1%	1%	100%	45%	1%	1%	1%
Free Space	0	800 GB	322 GB	99 GB	198 GB	198 GB	0	109 GB	793 GB	793 GB	9
Mounts	3.00	216.00	44.82	30	82	216	12	36	36	36	9
Total Data Written	0	3.51 TB	866 GB	993 GB	790 GB	3.51 TB	1.25 TB	380 GB	11.3 MB	4.85 MB	3.23 MB
Total Data Read	0	1.82 TB	221 GB	105 MB	44.4 GB	406 GB	238 MB	5.17 GB	4.85 MB	3.23 MB	3.23 MB
Recent Data Written	0	412 GB	87.3 GB	17.7 GB	0	412 GB	0	0	0	0	0
Recent Data Read	0	22.7 GB	2.09 GB	31.5 MB	0	148 MB	58.2 MB	0	0	0	0
Recent Write Retries	0	22.8 / MB	2.9 / MB	1 (56.3 / TB)	0	4 (8.71 / TB)	0	0	0	0	0
Recent Read Retries	0	1.5 B	227 / KB	0	0	0	0	0	0	0	0
Recent Servo Errors	0	867 / KB	60.6 / KB	0	0	4 (9.71 / TB)	0	0	0	0	0
Recent Fatal Write Errors	0	867 / KB	60.6 / KB	0	0	0	0	0	0	0	0
Recent Fatal Read Errors	0	2 B	364 / KB	0	0	0	0	0	0	0	0
Recent Fatal Servo Errors	0	24.6 / MB	2.24 / MB	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Write Retries	0	292 / MB	28.4 / MB	22 (22.2 / TB)	572 (724 / TB)	137 (39.1 / TB)	52 (41.6 / TB)	2 (5.26 / TB)	0	0	0
Total Read Retries	0	3 B	381 / KB	4 (38.2 / GB)	2 (45.1 / TB)	15 (38.9 / TB)	0	3 (580 / TB)	5 (1.03 / MB)	0	0
Total Servo Errors	0	153 / MB	31.3 / MB	0	6 (7.6 / TB)	0	6 (4.8 / TB)	35 (92.1 / TB)	0	0	0
Total Fatal Write Errors	0	713 / GB	128 / GB	0	1 (0.27 / TB)	0	0	0	0	0	0
Total Fatal Read Errors	0	3.5 B	387 / KB	0	8 (22.9 / TB)	0	0	0	0	0	0
Total Fatal Servo Errors	0	24.6 / MB	1.9 / MB	0	0	0	0	0	0	0	0
CM Corrected Count	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

LTO Cartridge Memory Checker :
Maxwell, Fujililm, etc.



Dégradations

L'évolution des performances ne se fait-elle pas au détriment de la fiabilité ?

- Substrat polyester : le ruban, devenu très mince est particulièrement fragile vis-à-vis des sollicitations mécaniques du système qui peuvent engendrer des déformations, élongations,...
- Couche sensible : toute altération physico-chimique compromet les conditions de lecture : adhésion entre les spires, encrassements des têtes, altération du glissement,...
- La haute densité de l'enregistrement atteinte actuellement augmente les conséquences de la moindre dégradation du ruban (et défaillance du lecteur) : affaiblissement, irrégularités du signal, taux d'erreurs,...

Prévention / Récupération de données

- Recommandations pour le stockage, l'emballage, le transport la manipulation. Normes ISO 18923 et ISO 18933.

Avec une attention particulière pour les actions de :

- Conditionnement climatique des bandes déplacées
- Nettoyage de la bande et des têtes
- Rafrâichissement : réenregistrement sur la bande
- Relaxation de la bande

Les contraintes inévitables dans le bobinage doivent être relâchées périodiquement (rembobinage tous les 3 ans au plus).

- Précautions vis-à-vis des champs magnétiques

Les risques (insidieux) de perturbation des données sous l'effet d'un champ magnétique doivent toujours être pris en compte.

Estimation de la durée de vie des bandes magnétiques

Malgré son ancienneté, l'étude citée en référence peut-être prise en compte quant-à la méthodologie employée. Les investigations menées de manière approfondie nécessitent une étroite collaboration avec des fabricants. Quel que soit le support...

ENVIRONMENTAL STABILITY STUDY AND LIFE EXPECTANCIES OF MAGNETIC MEDIA FOR USE WITH IBM 3590 AND QUANTUM DIGITAL LINEAR TAPE SYSTEMS

Ronald D. Weiss

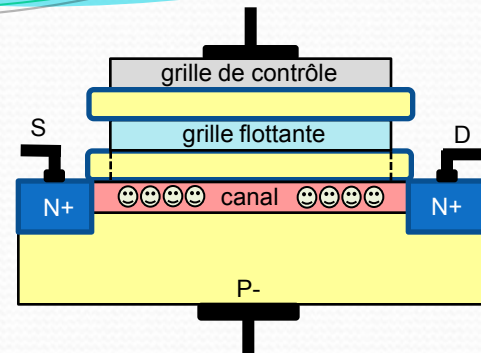
**National Archives and Records Administration
#NAMA-01-F-0061**

FINAL REPORT
PERIOD of WORK: October 2001- June 2002

Arkival Technology Corporation
427 Amherst St. Nashua, NH 03063
Phone: (603) 881-3322
www.ARKIVAL.com

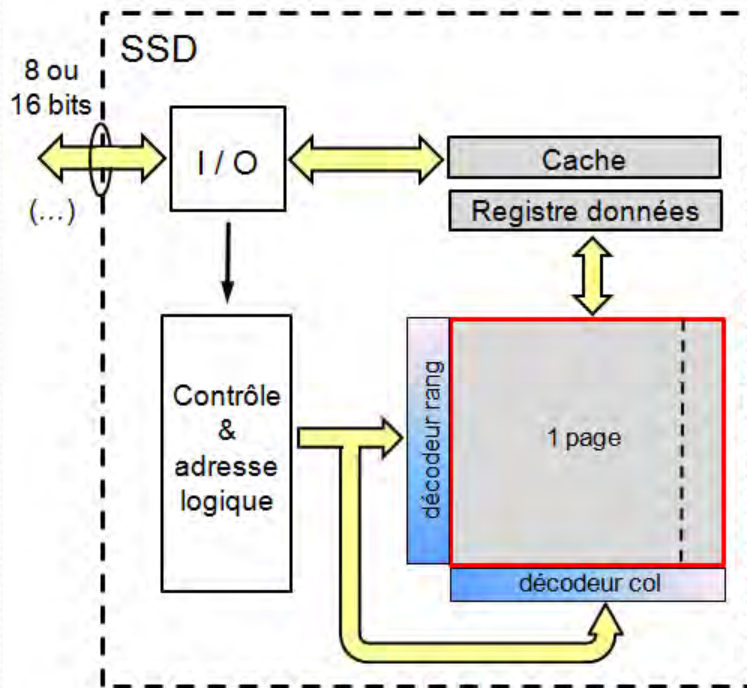
Mémoires Flash - SSD

Le développement des mémoires Flash est considérable, il concerne tous les domaines d'acquisition et de stockage de données. Mais leurs propriétés restent mal connues pour l'utilisateur, notamment en terme de fiabilité à long terme.

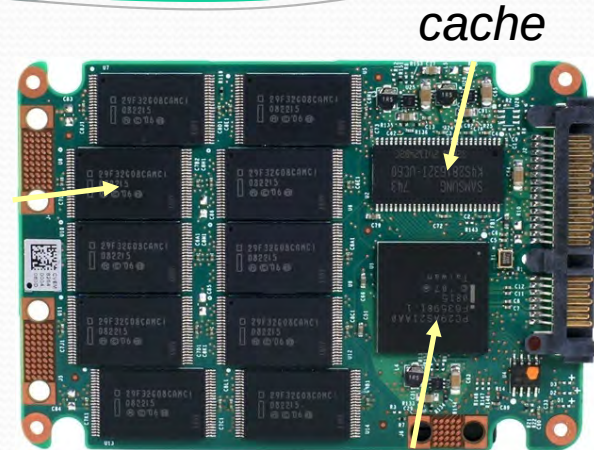


- **Structure NOR** : adressable, très performante mais moins bien adapté au stockage des données,
- **Structure NAND** : malgré les inconvénients de l'accès séquentiel, la structure NAND offre des avantages déterminants pour répondre aux objectifs de stockage : capacité, densité, vitesse de programmation et effacement, coût,...
- **Les cellules monocouches SLC** (1 cellule = 1 bit) font progressivement place à des cellules multicouches (Multi-Level Cell ou MLC), mais quelles conséquences sur la fiabilité ?
- **Les cellules de plus grande taille**. Une réduction trop importante de la taille des cellules (typiquement 50 μm) accroîtrait les risques d'erreurs ainsi que la complexité de gestion des blocs défectueux.
- **Des algorithmes** assurent plusieurs tâches : répartition physique des écritures blocs évitant les risques de fatigue localisée (Wear-leveling), gestion de remplacement des blocs défectueux (bad blocks) dans les zones saines réservées (spare blocks), détection et correction des erreurs (ECC).

Ecriture et lecture des données



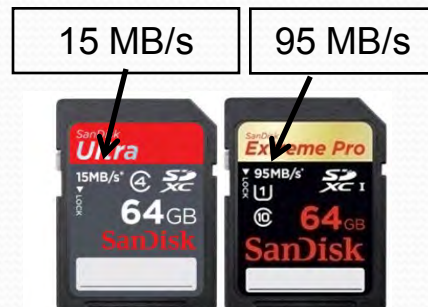
*Puces
NAND
flash*



contrôleur

Le système (Drive) prend en main le contrôle de l'inscription, de lecture, d'effacement des données selon des stratégies qui répartissent l'usure, corrigent des erreurs, optimisent les vitesses d'accès.

On notera la nécessité de maîtriser les conditions physiques d'inscription des données pour mener à bien les études portant sur les mémoires Flash.



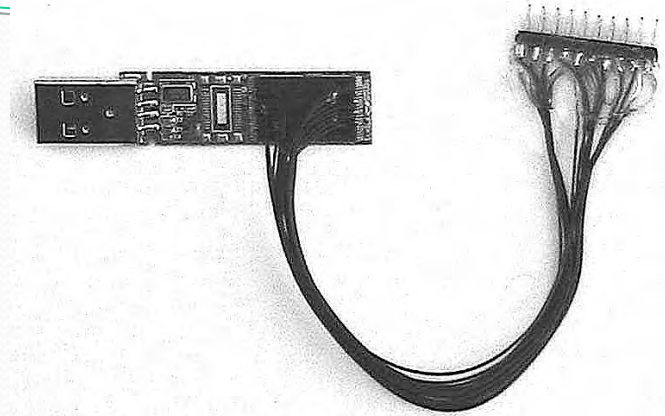
Exemple : les vitesses d'écriture affichées de ces 2 cartes de capacité identique, témoignent des différences de stratégies adoptées.

Test des mémoires flash

Maîtriser les conditions de sollicitations des blocs.
Etre en mesure de fixer et de contrôler l'état des cellules.

Principaux paramètres :

- Tensions de déclenchement de changement d'état.
- Latence des déclenchement d'état
- Taux d'erreurs



Northeastern U. S. Boboila & AI 2010

Prise en main des données de carte flash pour analyse logique et taux d'erreurs



UCSD, L. M. Grupp & AI 2009

Solid-State Drive (SSD) Requirements and Endurance Test Method JESD218A Feb 2011) JEDEC Standard

Tests d'endurance et de rétention à températures variables (<67°C,...)

Dégradations des mémoires flash

- Rétention et endurance
 - La **rétention** correspond à la durée pendant laquelle aucune cellule ne change d'état, ceci à compter de la dernière programmation.
 - L'**endurance** caractérise le nombre de cycles programmation / effacement de la mémoire effectués sans perte significative de qualité. L'endurance dépend de la qualité d'oxyde, de la taille et du type de cellules, du nombre de cycles effacement / programmation (10^4 à 10^5), du nombre de lectures.
- Indicateurs de qualité :
 - LDE (Long-term data endurance). Quantité totale de données (Go) inscrites relativement à une mémoire de durée de vie "nominale".
 - HASS (Highly accelerated stress screening). Tests effectués dans des conditions d'agression : Vibrations, chaleur, chocs thermiques,...

Solid-State Drive (SSD) Requirements and Endurance Test Method. Jedec Sd JESD218A, 2011

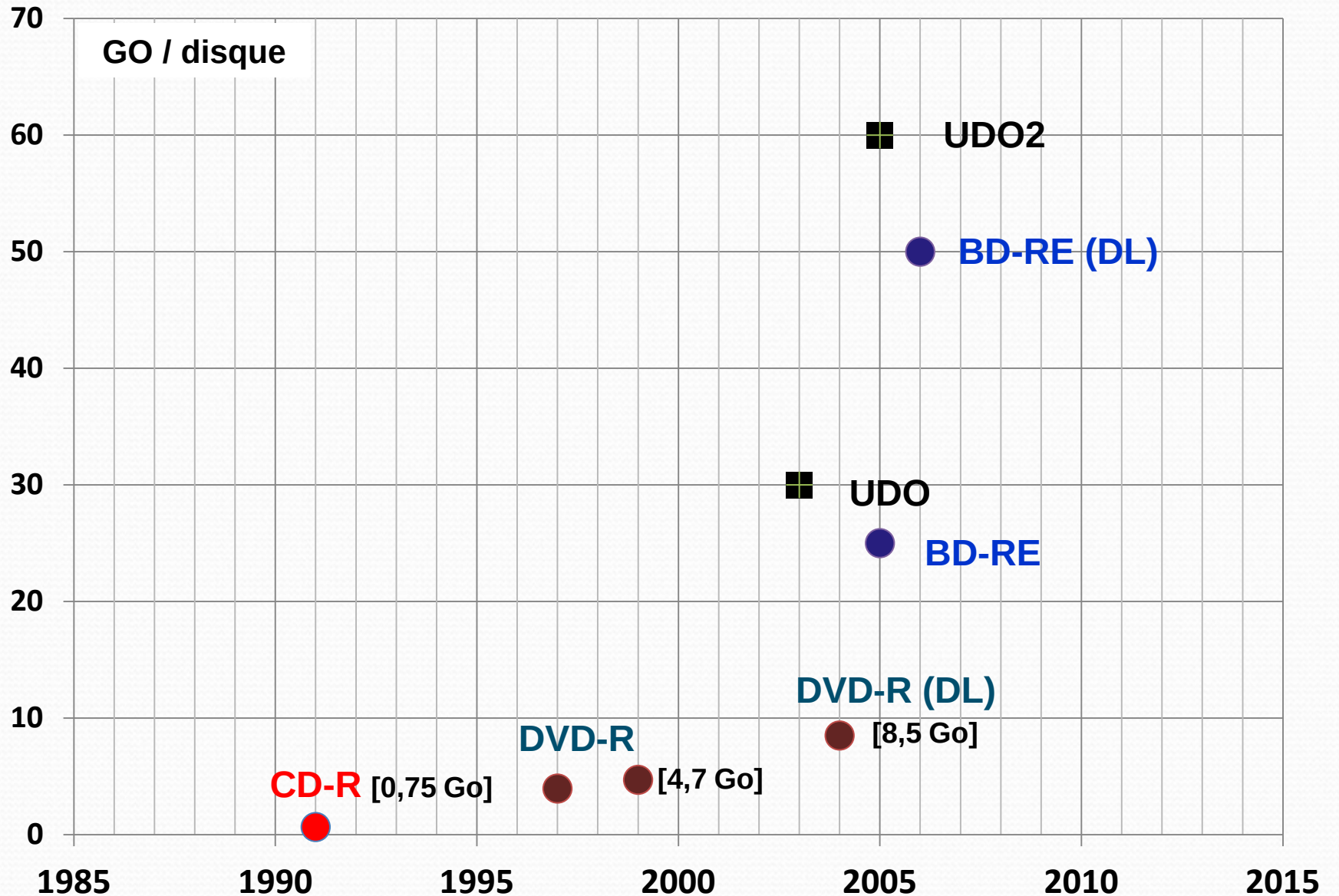
Disque optique

- 1972** Disque Laservision → Laserdisc
- 1981** Disque compact audionumérique
- 1988** CD-R ; CD-ROM
- 1995** DVD-Video
- 1997** DVD-R ; DVD-ROM
- 2002** Laser Bleu : UDO, Blu-ray Disc (BD)
- 2004** Concurrence BD vs HD-DVD
- 2008** BD, BD-R Fin d'une technologie ?

LD - CD - DVD - BD



Disques optique – Evolution limitée...



Disques optique – Exemples de dégradation...

Analysis of aged CD-R
From optical HF signal defects to digital errors

Jean-Michel Lambert, Jacques Perdereau

Laboratoire National de Métrologie et d'Essais, 29 Avenue Roger Hennequin, 78 190 Trappes, France

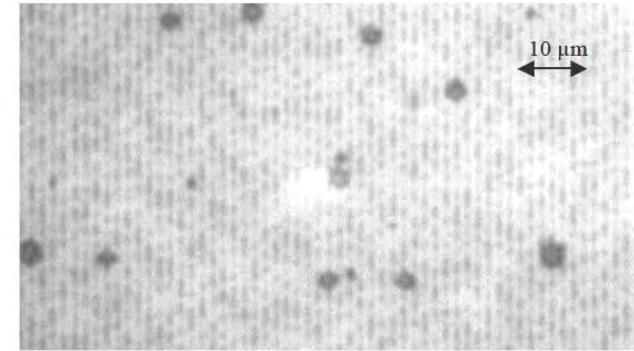
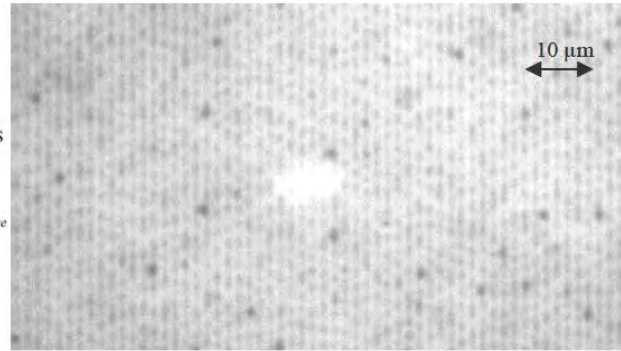
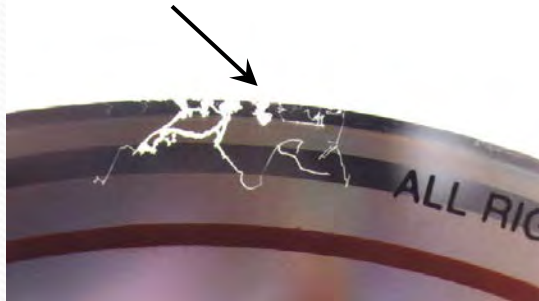


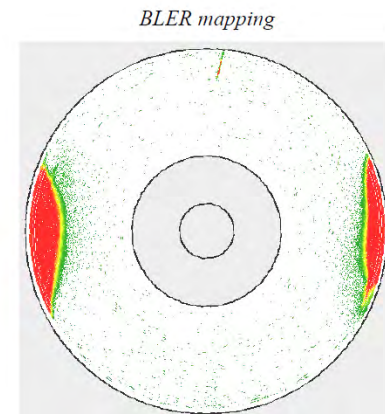
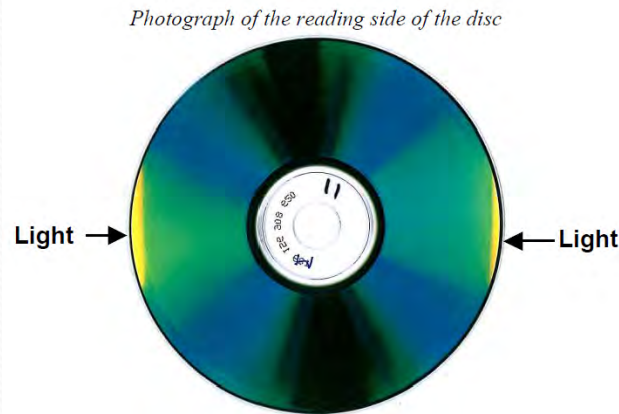
Fig. 8. Results of analysis and images showing micrometer-sized dark spots on a MITSUI CD-R (natural ageing)

Moisissures



Stockage...

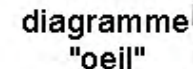
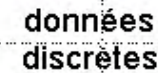
- température
- humidité
- poussière
- lumière
- fumée cigarette
- etc.



Rayures



- lecteur...
- manipulation
- nettoyage
- postillons
- etc.



27

Prévention

- Sélection : tests selon ISO/IEC 10995
selon ISO/IEC 16963 (à paraître)

Chaque disque gravé peut-être contrôlé à l'aide d'un outil testeur d'analyse rapide de taux d'erreurs conforme aux spécifications de la norme ISO/IEC29121.

Peu de solutions en cas d'avarie :

- Nettoyage de la face de lecture
- Ponçage fin en cas de rayures superficielles
- Utilisation d'un lecteur plus performant (bloc optique, asservissement, algorithmes de correction,...)

