

L'enregistrement optique : comment ça fonctionne ?

La puissance du graveur influe-t-elle sur le vieillissement ?

Etude de cas

Jean-Marc Fontaine

UPMC - Ministère de la Culture - CNRS

Institut Jean le Rond d'Alembert – LAM

11, rue de Lourmel 75015 Paris

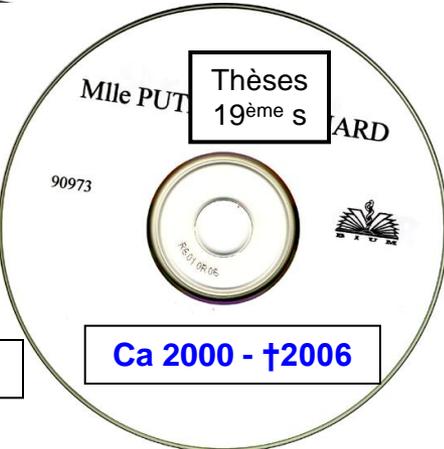
jean-marc.fontaine@upmc.fr

Journée GIS-DON - 8 février 2011

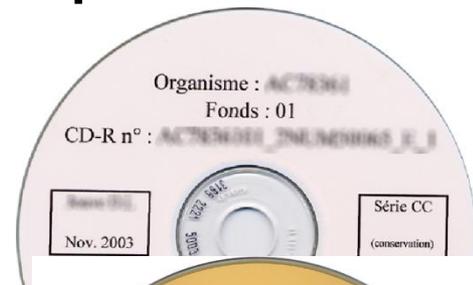
La très grande disparité de comportement au vieillissement des disques optiques



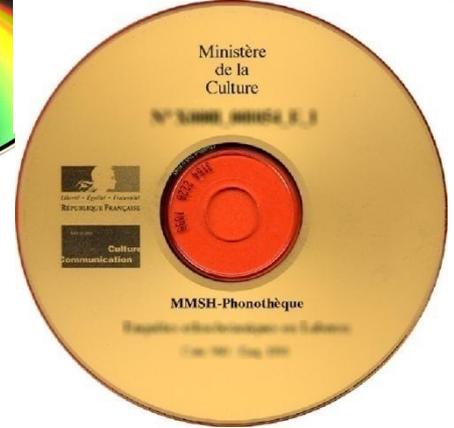
1989 - †1994



Ca 2000 - †2006



Toutes années > 1993



Disques illisibles

Disques lisibles

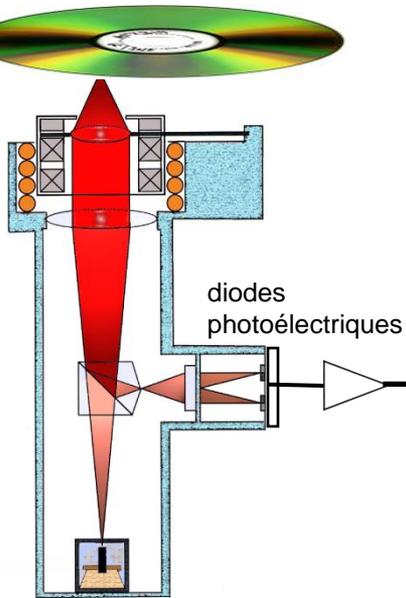
Position de l'utilisateur ordinaire

- **La qualité initiale du disque** et son **comportement durant le vieillissement** dépend d'un grand nombre de facteurs : du disque tel qu'en lui-même, des manipulations, de l'environnement,...
- Un problème majeur est de n'avoir **aucune information** de la part du constructeur sur les caractéristiques de la couche sensible. L'utilisateur, forcément ignorant, est soumis aux aléas de la fabrication et aux conditions de gravure.
- Autre élément d'importance : dans quelle mesure **le graveur** intervient-il ? Si la vitesse de gravure est bien fixée par l'utilisateur, le graveur peut faire varier celle-ci ainsi que la puissance du laser d'écriture selon des critères qui lui sont propres sans aucun contrôle de l'utilisateur.

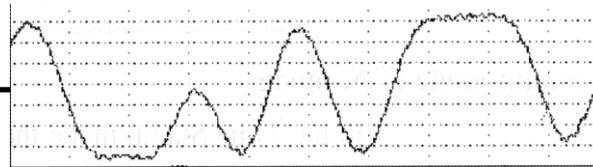


Etat d'un disque : comment savoir ?

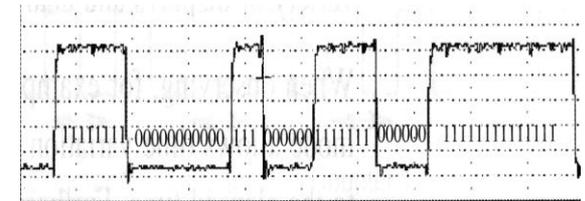
L'analyseur...



Signal électrique



Erreurs



Propriétés disque & marquage :

- Caractéristiques physiques
- Propriétés optiques
- Qualité du signal HF,...

Erreurs

- Avant correction
- Phases de correction
- Erreurs non corrigibles



L'analyseur, instrument clé de contrôle et d'étude des disques optiques permet de caractériser ceux-ci sur un très grand nombre de critères. Mais l'interprétation des phénomènes observés n'est pas toujours aisé ...

Ainsi, le contrôle des disques devient-il possible ...

Les disques optiques de tout type (**CD-R, DVD-R, BD-R**) présentent

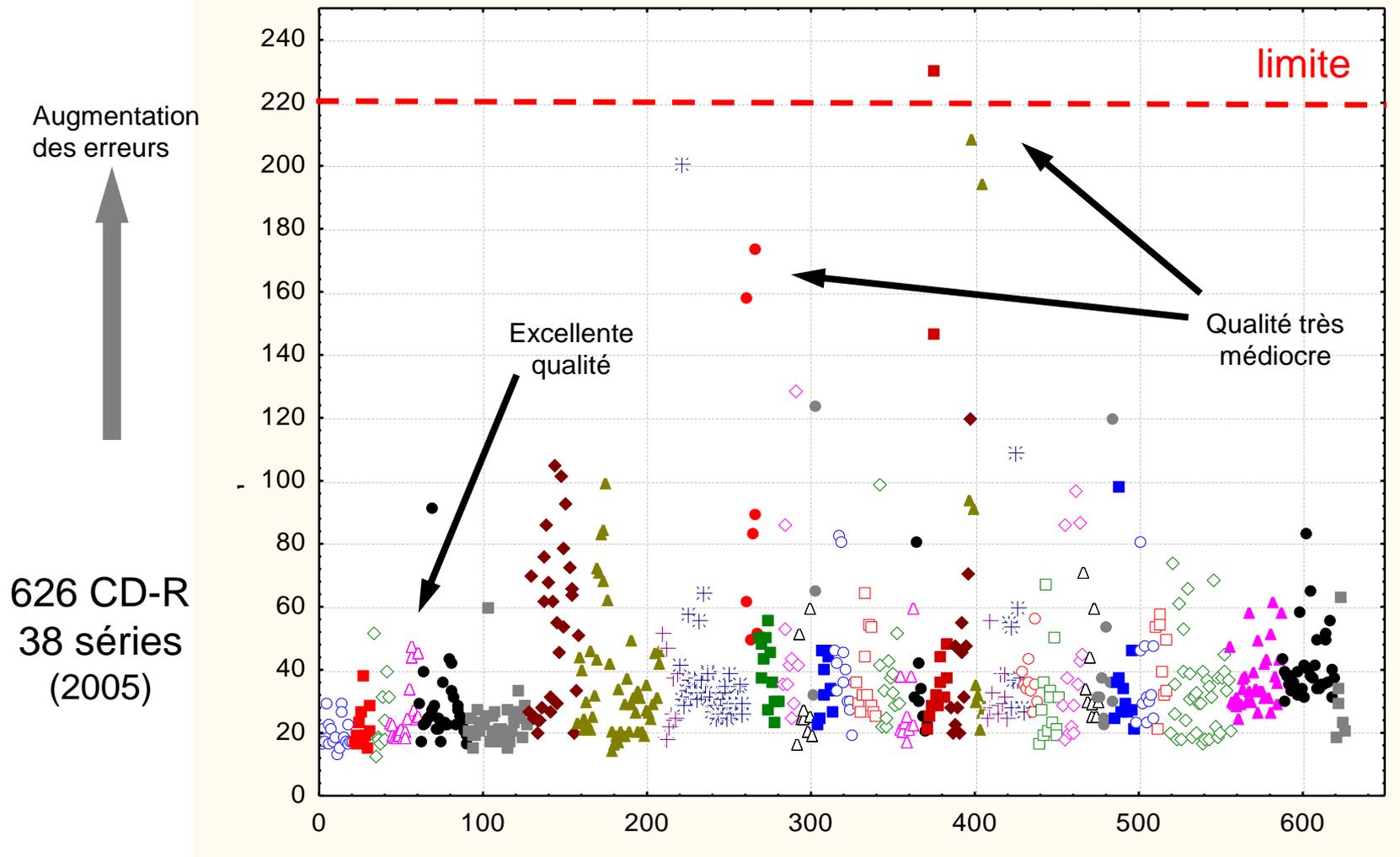
- des différences de qualité initiale importantes,
- de grandes incertitudes quant à leur aptitude à bien se conserver.

Les résultats présentés ci-dessous sont significatifs de cette disparité.

 **D**ès la création du document : le sondage d'une collection effectuée quelques mois après sa constitution met en évidence l'effet de dispersion en fonction des fabrications (labels, lots).

 **P**rocessus d'évolution de disques placés dans des conditions sévères (lumière intense, température et humidité, etc.) De telles expérimentations permettent de discriminer des familles de disques à un moment donné de la production, pour une ligne de fabrication donnée. L'extrapolation de tels résultats dans des conditions réelle (modèle de vieillissement accéléré) est rendue particulièrement délicate lorsqu'on ne dispose pas de la connaissance nécessaire des phénomènes physico-chimiques engagés. Grande difficulté lorsque l'évolution des disques fait apparaître une période d'incubation au-delà de laquelle une dégradation (non annoncée !) se produit (cf. p. 7 & 8)

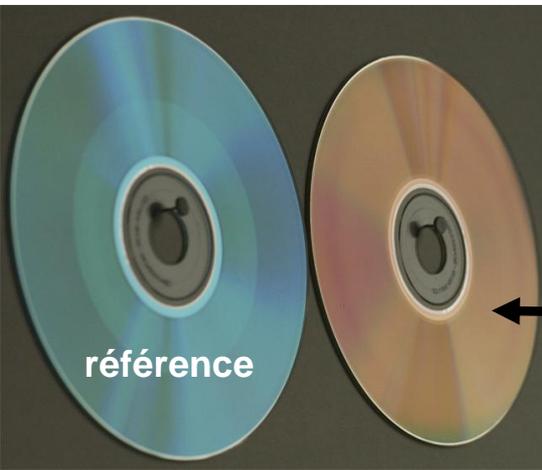
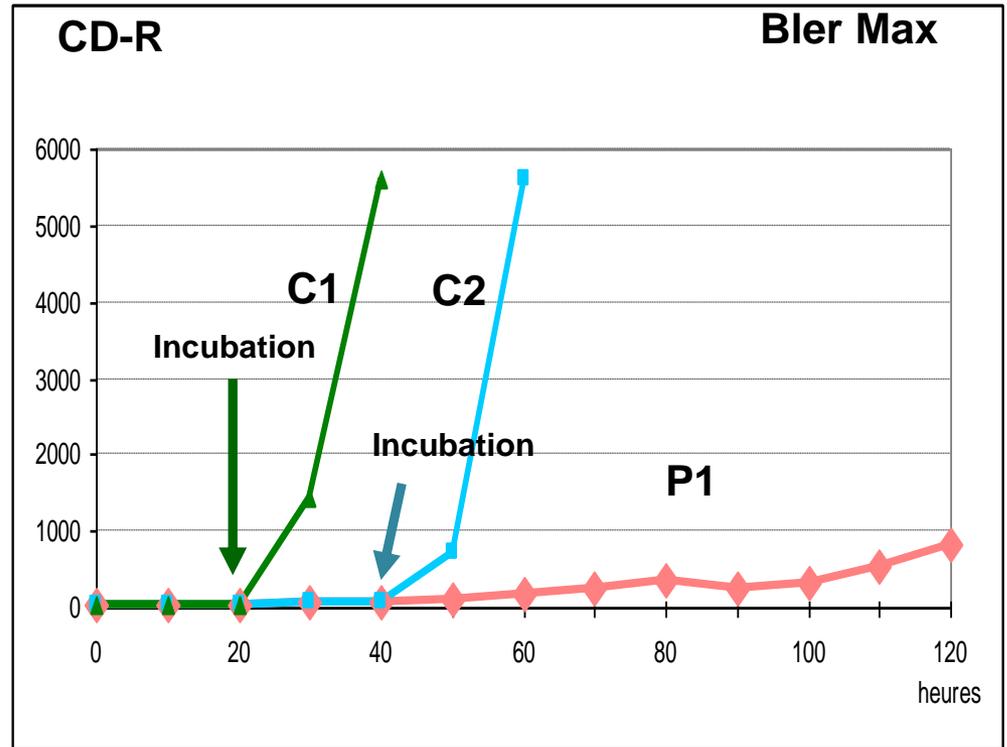
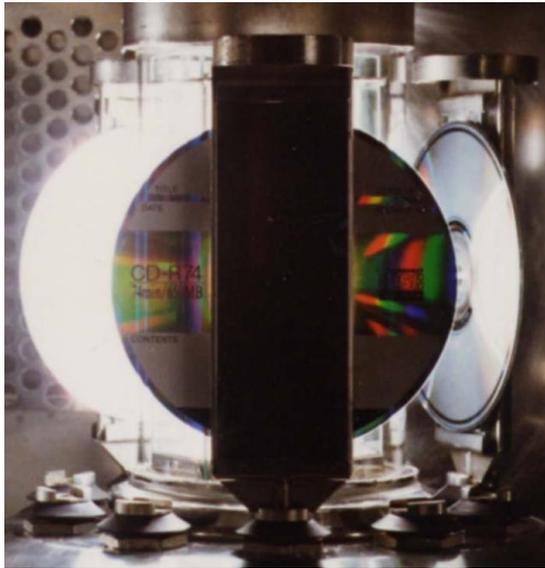
Etat initial d'une collection



Il est important de souligner que les performances du disque en début de vie ne préjugent en rien de la stabilité de celui-ci dans le temps, à fortiori à long terme. Les essais expérimentaux menés dans des conditions d'environnement sévères constituent une approche des propriétés de stabilité des disques.

Exposition à la lumière (CD-R)

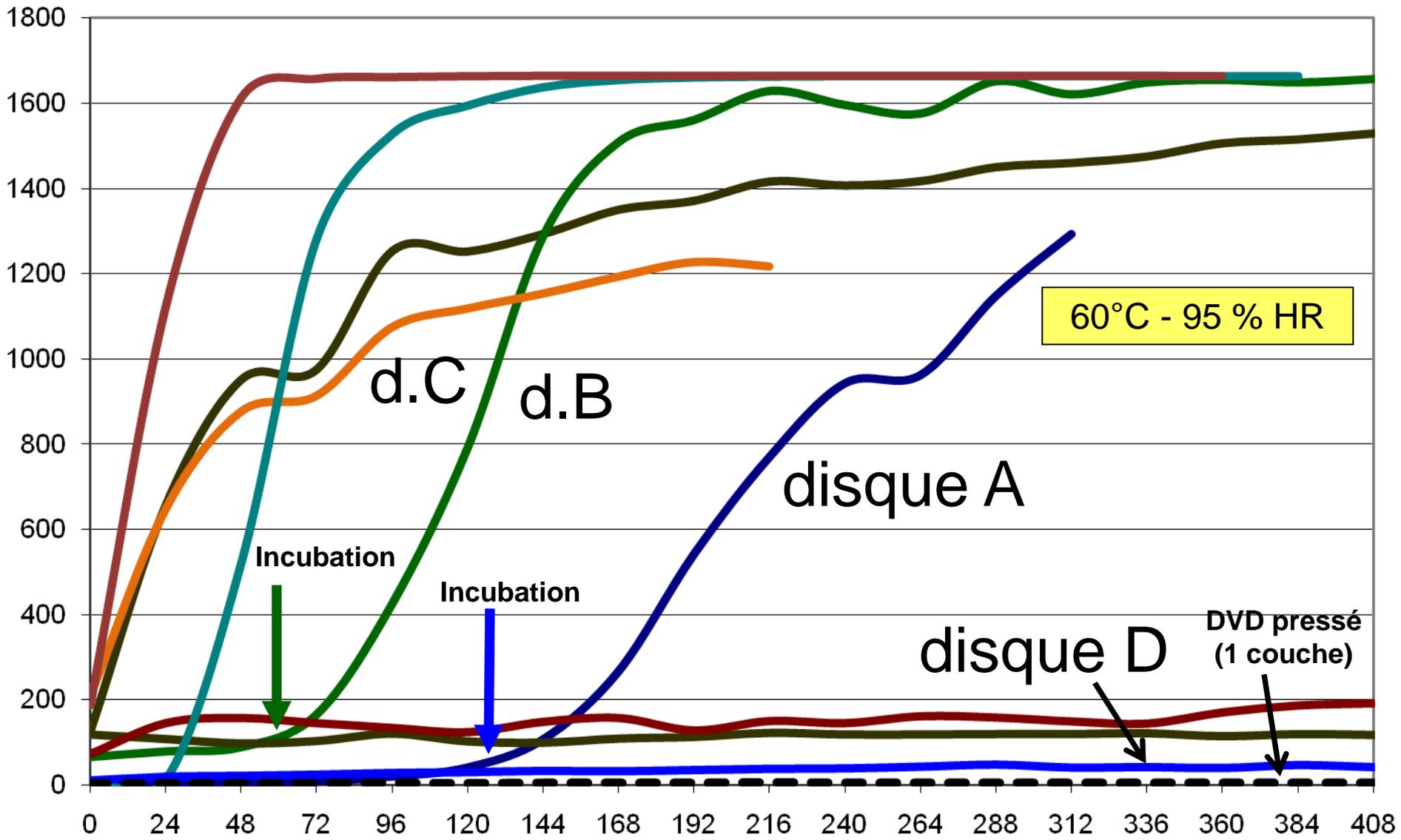
Dégradation engendrée sur 3 types de disques (xénotest)



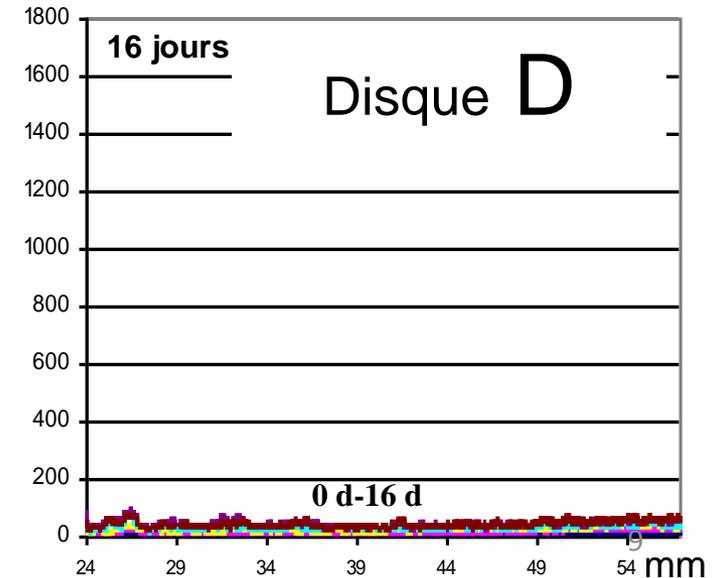
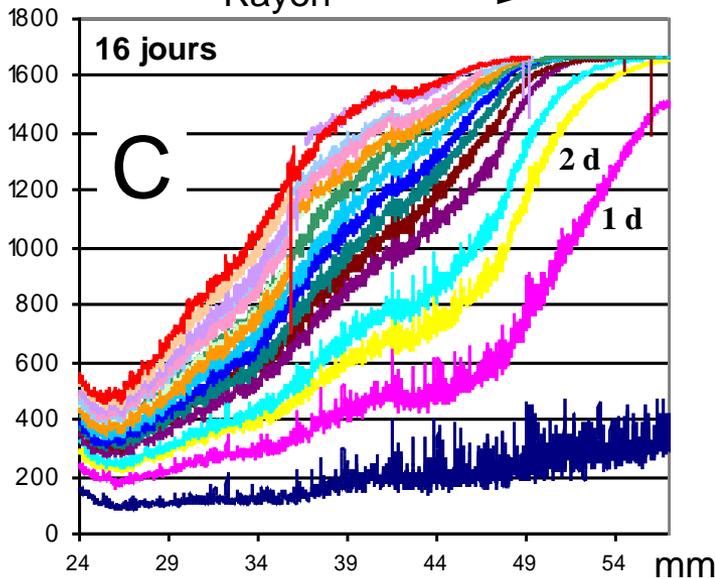
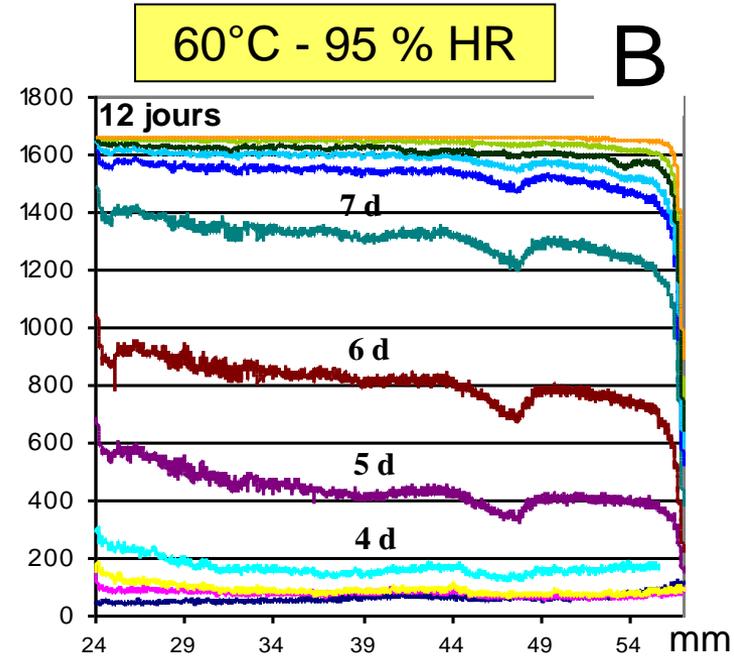
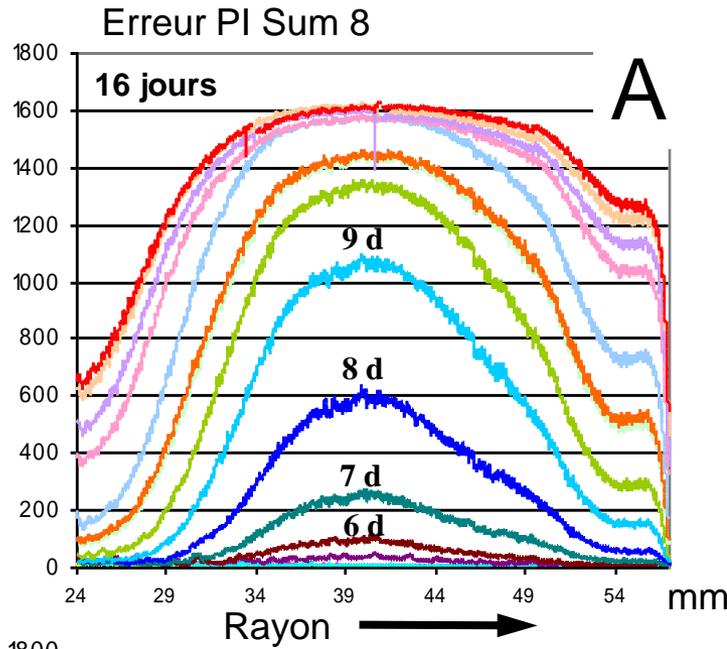
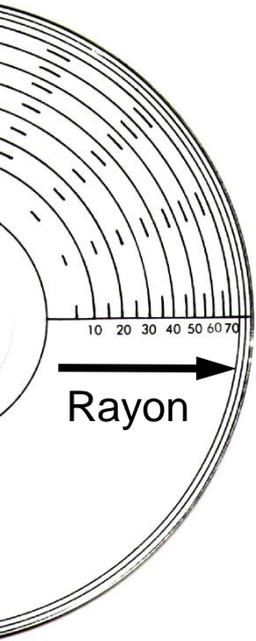
décoloration du disque exposé à la lumière naturelle

Environnement sévère (DVD-R)

PI Sum8



Profil d'évolution de 4 disques DVD-R



Très grande variété de profils de dégradation des couches directement impliquées dans le processus.

Environnement sévère (BD-R)



	0000 h	0250 h	0500 h	0750 h	1000 h	1250 h	1500h
BD-R 25G T				<p>Erreur RSER 10k</p>			
BD-R 25G S							
BD-R 25G P					<p>(Essai non terminé)</p>		
BD Pressé 25G Lal				<p>80°C - 85 % HR</p>			
BD Pressé 25G Agg			<p>Comportement très variable des disques Blu-Ray également. Les médiocres performances des disques pressés suscitent, pour le moins, des études plus poussées.</p>				

Reprise d'une étude commencée il y a 15 ans...

- Des mesures et des analyses de la couche sensible ont été menées il y a 15 ans sur des disques gravés à différentes puissances du rayon laser.
- Nous présentons les principaux résultats de nouvelles analyses du signal issu de la lecture de ces disques, et les comparons.

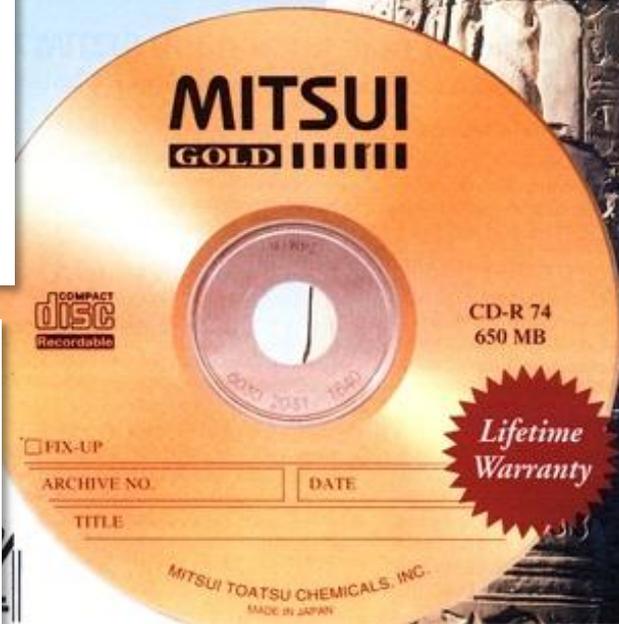
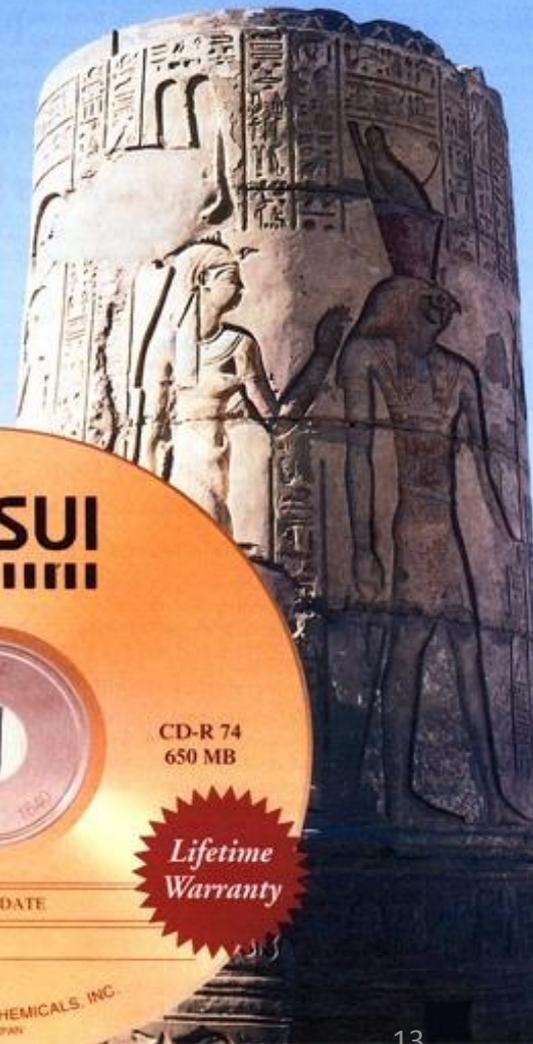
Etude menée sur un type de CD-R gravé à différents niveaux de puissance

(BNF/UPMC-Paris & CNEP-Clermont-Fd, Juillet 1995)

1. Analyse des signaux électriques de disques enregistrés à 3 niveaux de puissance (1996)
2. Analyse des signaux électriques de ces disques (2011)
3. Etude de la couche sensible (1995)

DATA STORAGE FOR THE AGES

Ancient history was recorded by carving in stone. Today, your information can last throughout time...



TSUNEMI KOME
ASSISTANT DEVELOPMENT MANAGER
CD - MEDIA DEVELOPMENT DEPARTMENT

MITSUI TOATSU CHEMICALS, INC.
2-5, KASUMIGASEKI 3-CHOME
CHIYODA-KU, TOKYO 100, JAPAN
PHONE: TOKYO 03-3592-4766

TELEX: 2223622 MTCHEM J
FAX: TOKYO 03-3592-4257

SHIMIZU HIROSHI

RESEARCH FELLOW
CENTRAL RESEARCH INSTITUTE
MITSUI TOATSU CHEMICALS, INC.

1190, KASAMA CHO, SAKAE-KU
YOKOHAMA CITY, JAPAN (F247)
TEL: (045) 895-8143
FAX: (045) 895-8240



SHIMIZU HIROSHI

MARKETING MANAGER INTERNATIONAL
ELECTRONIC MATERIALS DIVISION
CD - RECORDABLE

**MITSUI TOATSU CHEMICALS
(Deutschland) GmbH**

Königsallee 60 A
40212 Düsseldorf
FR Germany

Tel.: (0211) 320458
Telex: 8587652 (mito d)
Teletax: (0211) 133729



TSUNEMI KOME

Dipl. Ing. FH
SALES MANAGER

**MITSUI TOATSU CHEMICALS
(Deutschland) GmbH**

Königsallee 60 A
40212 Düsseldorf
FR Germany

Tel.: (0211) 320458
Telex: 8587652 (mito d)
Teletax: (0211) 133729



SIBER HEGNER & CIE FRANCE S.A.

ANDRÉ FAVREUR
INGÉNIEUR CHIMISTE

QUAI DU RHONE - B P 266
F - 01702 MIRIBEL CEDEX
TÉLÉPHONE (33) 78 55 78 60 FAX (33) 78 55 78 87
TELEX (42) 33 01 49



SIBER HEGNER & CIE FRANCE S.A.

FABRIZIO BIANCHI
INGÉNIEUR CHIMISTE E.N.S.C.M

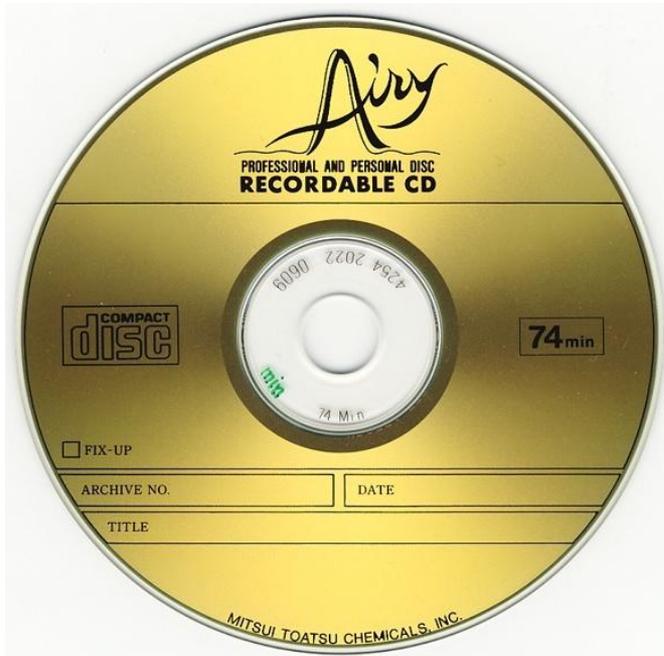
QUAI DU RHONE - B P 266
F - 01702 MIRIBEL CEDEX
TÉLÉPHONE (33) 78 55 78 60 DIRECT (33) 78 55 78 82
FAX (33) 78 55 78 87 TÉLEX (42) 33 01 49



THOMAS SCHMANN
Directeur Adjoint

20, avenue d'Ivry 75013 PARIS - ☎ (1) 45 85 15 99
Télex 201 197 AUDIPLU - Télécopieur (1) 45 86 63 86

Gravure de disques à différentes puissances



FAX

 DATE : MAY 17, 1995
 TO : Mr. Fontaine FAX: +33-1-30-501584
 BNF
 FROM : T. Buisson FAX: +81-3-3592-4257
 CDM Development Dept., MTC
 CC : Mr. J. Hegner / Siber Hegner FAX: +83-78-557887
 Mr. S. Hegner / Siber Hegner
 Mr. M. Hegner / MTC
 Mr. H. Hegner / MTC
 Mr. G. Hegner / MTC
 Subject : Shipment of discs

Dear Mr. Fontaine:

(1) Following your request on the FAX dat-4 May 3, I prepared 3 pieces of recorded CD-R discs (a~c) which were fixed up as CD format. We used CDD521 recorder under double speed. Prepared discs are as follows:
 a : 4254-2022-0606 : 74min (nominal laser power)
 b : 4254-2022-0608 : 74min (max. laser power / readable)
 c : 4254-2022-0609 : 74min (min. laser power / readable)
 I'll send you above discs, today.

Our evaluation result are attached below.

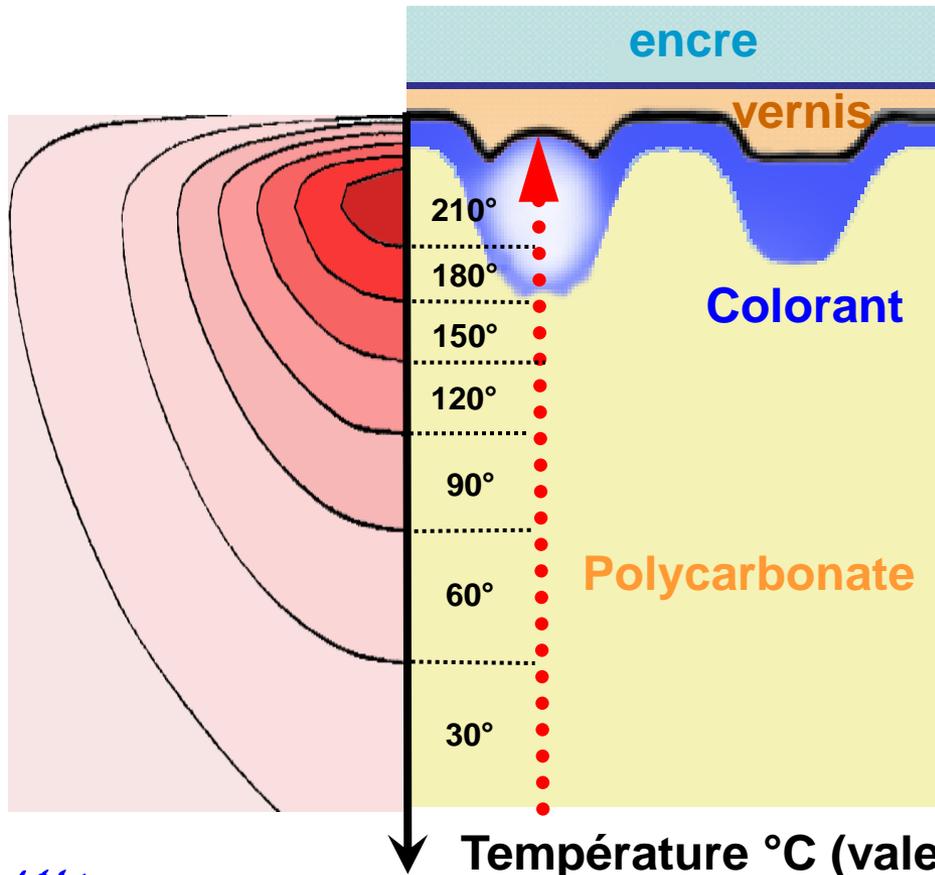
SAMPLE NO.	Pw	Rtop	beta	BLER	jitter [pit/land]	HF-modulation. I3/Itop I11/Itop
a) 4254-2022-0606	nominal	78%	8%	1cps	29ns/27ns	0.40 0.74
b) 4254-2022-0608	max.	72%	15%	90cps	34ns/30ns	0.40 0.78
c) 4254-2022-0609	min.	74%	10%	1cps	34ns/30ns	0.37 0.71
	OB. Spec.	>65%	0~8%	<220cps	<35ns/<35ns	0.3~0.7 >0.6

Un processus de gravure complexe

L'impact du laser d'écriture génère une déformation de la couche de colorant, mais pas seulement. Les phénomènes physico-chimiques induits contribuent au contraste recherché avec les zones restées intactes.



JMF - LAM - LRMH



- *Absorption énergie thermique*
- *Décomposition couche dye*
- *Ramollissement PC, production gaz*
- *Formation pits vésiculaires*
- *Déformation film métallique*
- ...

Conditions expérimentales

1995 - Disques gravés et fournis par MITSUI (Japon)

1995 - Investigations de la couche sensible : CNEP Clermont-Fd

1996 - Analyses signal : CATS SA3 - AudioDev (Suède)

2011- Analyses signal : CATS SA3 - AudioDev LAM (analyseur de type identique à celui utilisé précédemment)

Puissance laser écriture	Etudes : analyses chimiques & signal
P = 0 mW	Nature & comportement couche colorant
P = 6 mW	Nature & comportement couche colorant
P = 7 mW	Comportement sur 15 ans (Analyse signal CATS)
P = 7,75 mW	Comportement sur 15 ans (Analyse signal CATS)
P = 8,5 mW	Comportement sur 15 ans (Analyse signal CATS)
P = 9 mW	Nature & comportement couche colorant

Principaux résultats

Seuls quelques résultats parmi les plus manifestes sont présentés ici. Les travaux à venir devraient apporter des éléments de réponse à certaines questions soulevées.

1. Réflexivité

- Mise en évidence de la relation de proportionnalité inverse entre puissance du laser d'écriture et niveau de réflexivité.
- La comparaison des niveaux de réflexivité sur 15 années d'écart ne fait apparaître aucune différence significative.

Réflexivité vs. puissance du rayon laser d'écriture



Tous résultats
1996

Puissance	P=0mW	P=6 mW	P=7 mW	P=7,75 mW	P=8,5 mW	P=9 mW
REF (AD)			72 %	72 %	70 %	
REF (M)	79 %	70 %		71 %		69 %

Réflexivité vs. Vieillessement : inchangée

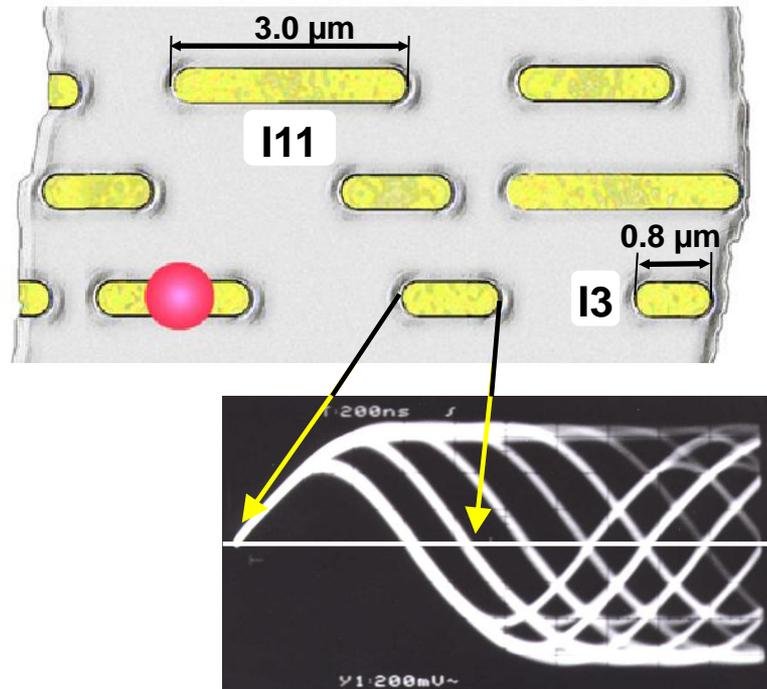
Résultats
comparatifs
1996 / 2011

	P=7 mW	P=7,75 mW	P=8,5 mW
1996 - REF (AD)	72 %	72 %	70 %
2011 - REF (LAM)	73 %	72 %	70 %

Principaux résultats

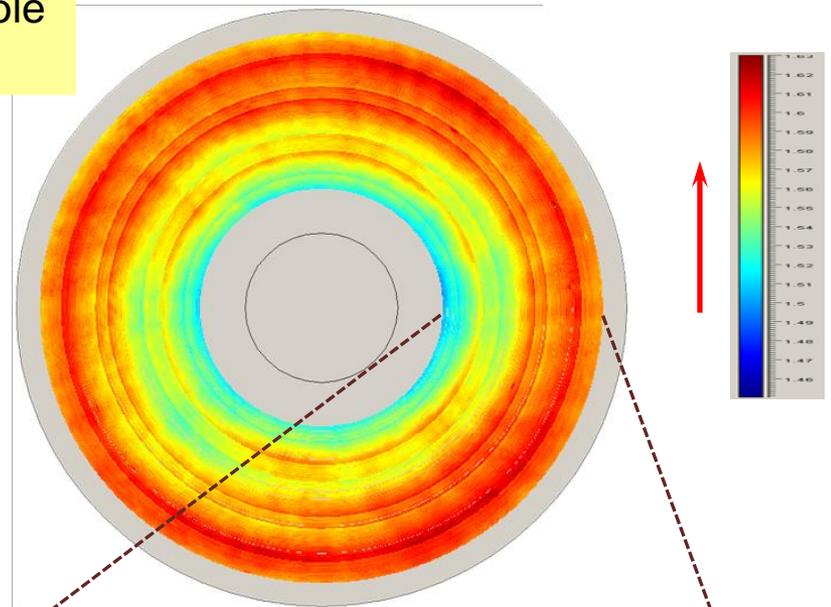
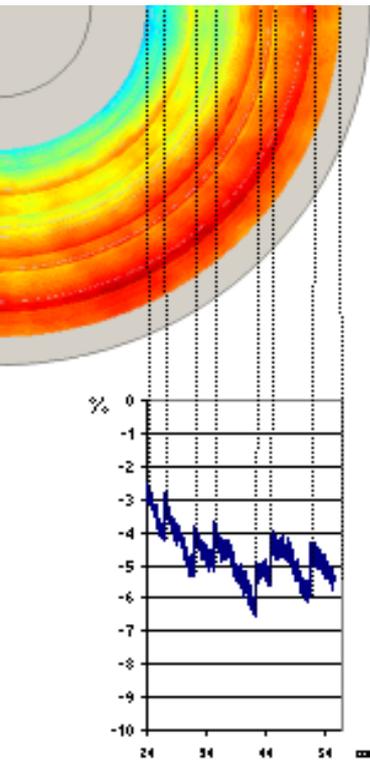
1. Réflexivité

2. Longueur des marques

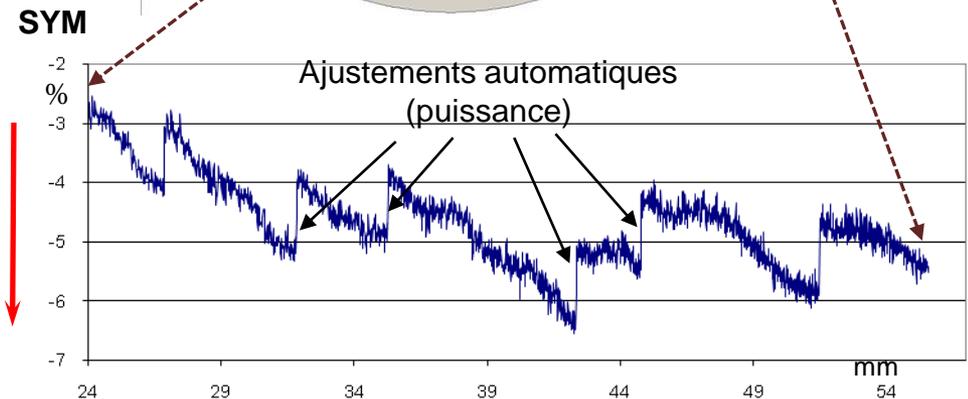


Conditions "ordinaires" de gravure

Le graveur effectue (mais pas toujours) des ajustements de vitesse / puissance pendant la gravure, sans aucun contrôle de l'utilisateur !

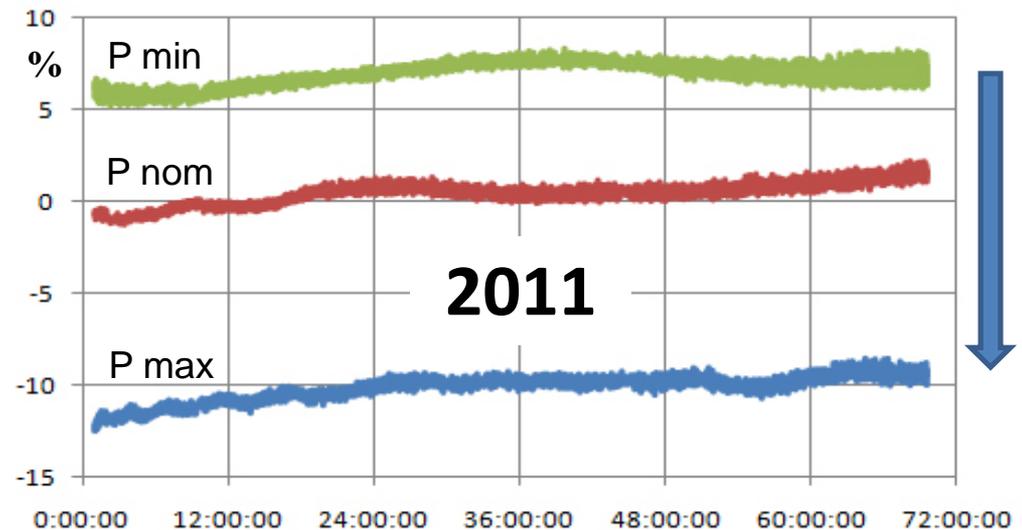
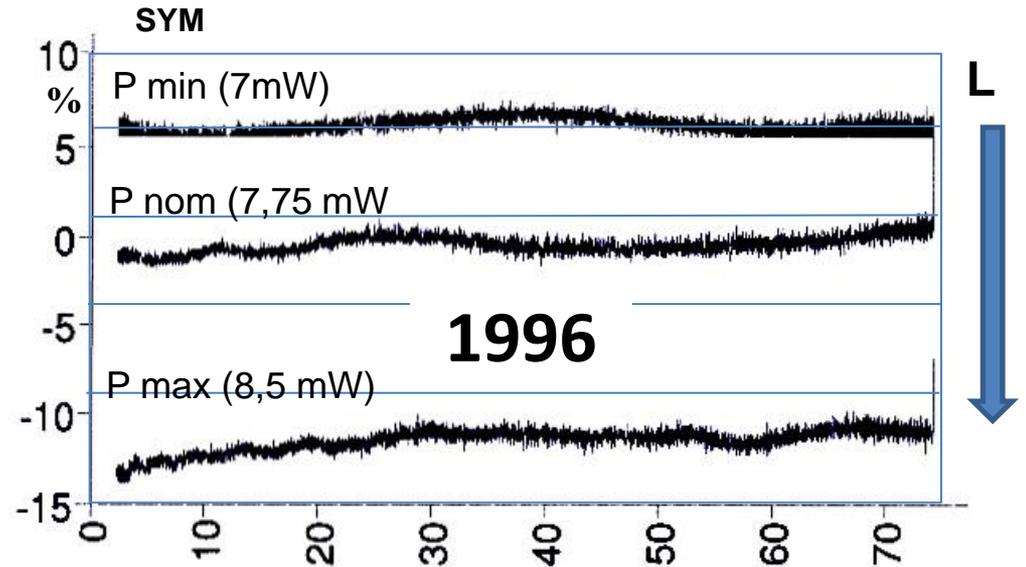


Augmentation puissance



Conditions "provoquées" de gravure

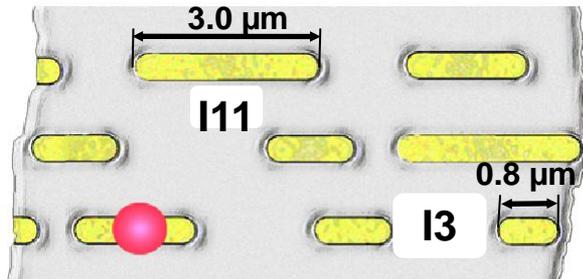
- Le paramètre de symétrie rend compte de la répartition des surfaces irradiées (pits) et des surfaces intactes (lands) sur la piste.
- Les variations de symétrie provoquées par les différentes puissances du rayon laser mettent en évidence l'augmentation de la longueur (L) des marques (pits).
- L'interprétation de ces graphiques est complexe (l'augmentation régulière de P en produit pas une augmentation proportionnelle de la longueur).
- La comparaison de la longueur relative pits / lands sur 15 années d'écart ne fait apparaître aucune différence significative.



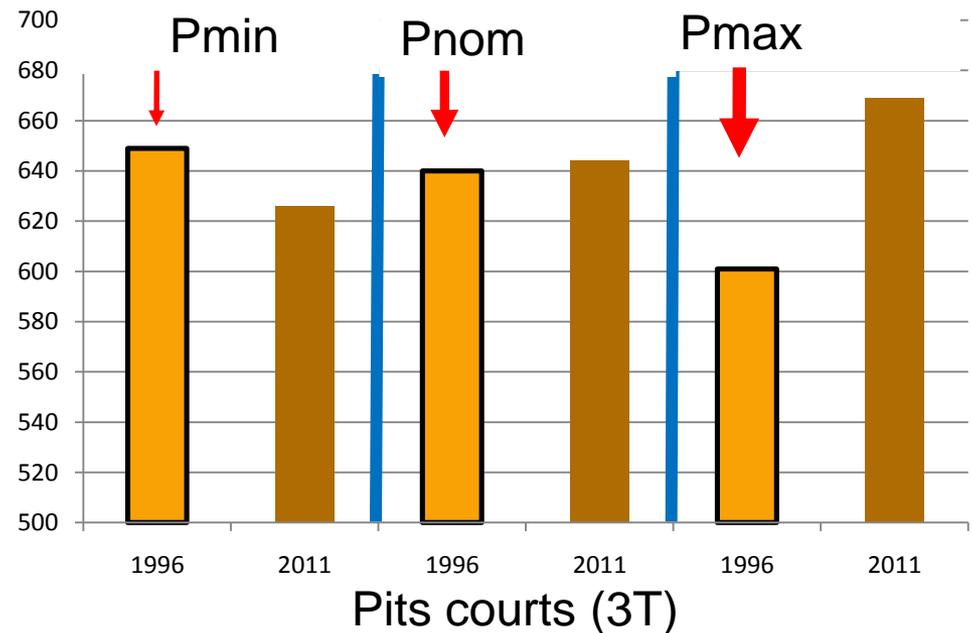
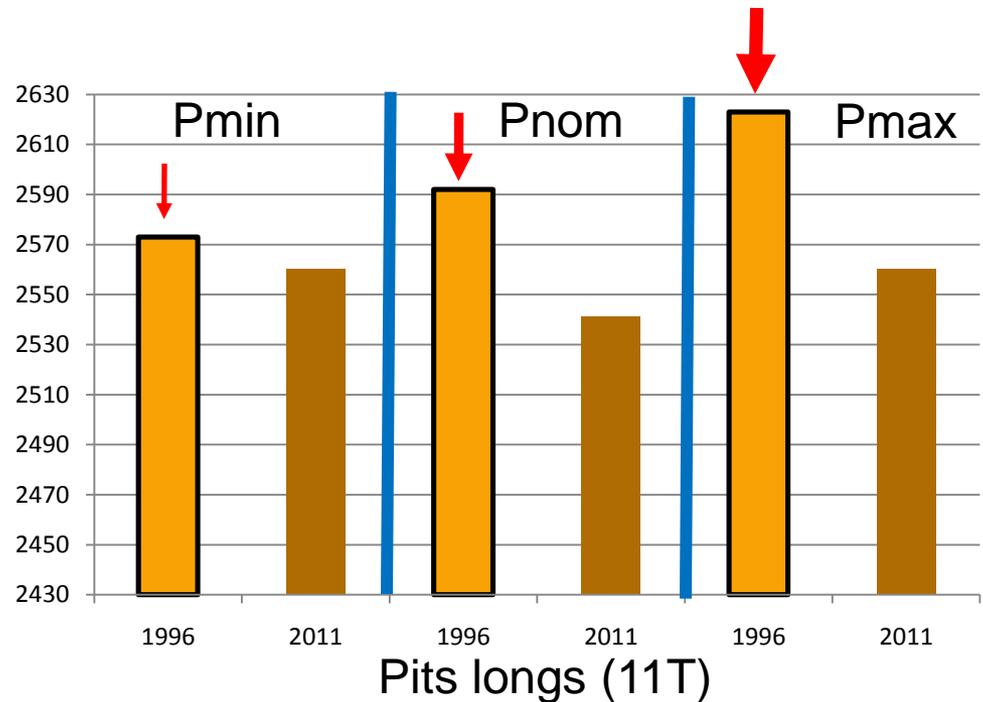
Variation de la "longueur" des Pits

Selon les 3 facteurs :

- 1 - Puissance du laser d'écriture
- 2 - Dimension des marques
- 3 - Vieillesse



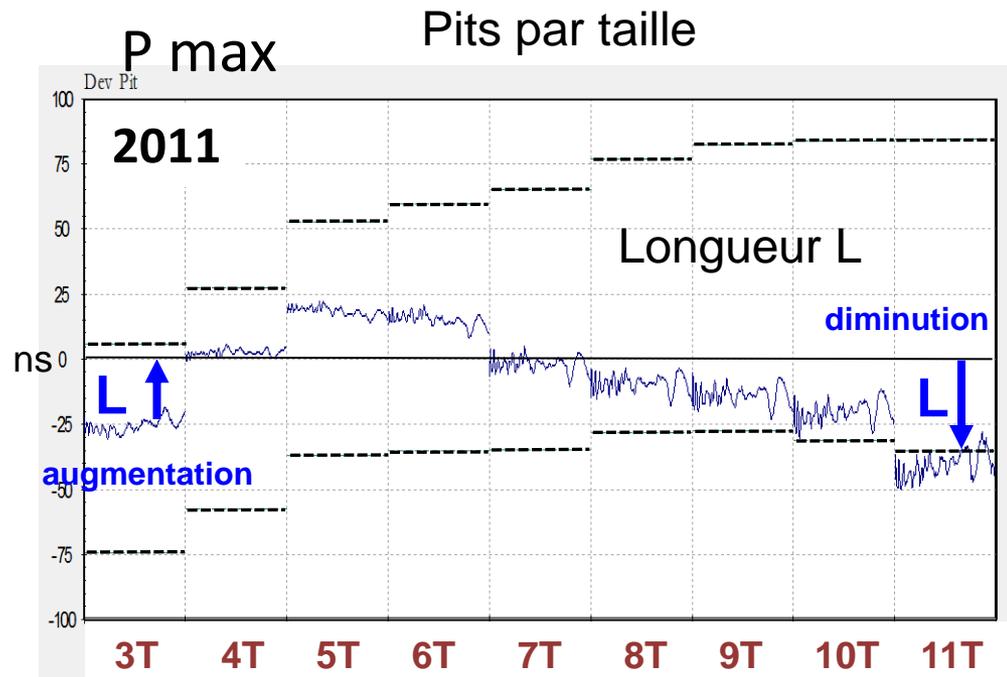
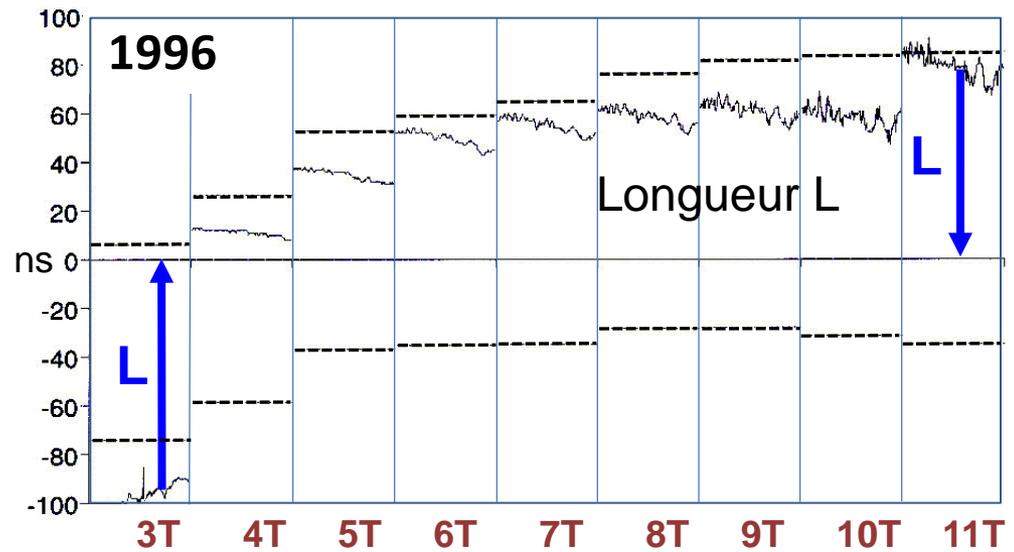
- L'augmentation de puissance produit un agrandissement de la longueur des pits longs et une réduction de celle des pits courts ; phénomène qui nous ne pouvons encore interpréter...
- De même l'évolution de la morphologie des marques en fonction du vieillissement, variable en fonction de leur longueur initiale.



Longueur Pits et irrégularités (Jitter) vs. vieillissement

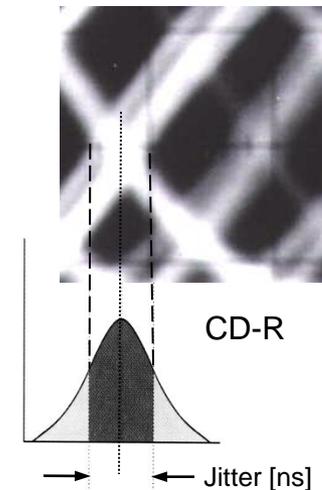
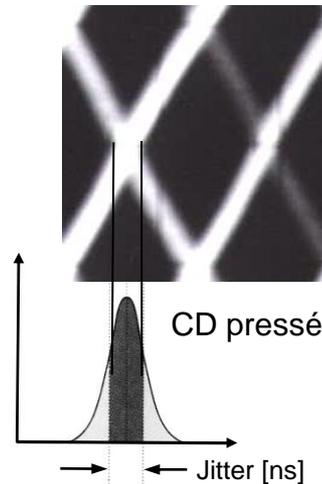
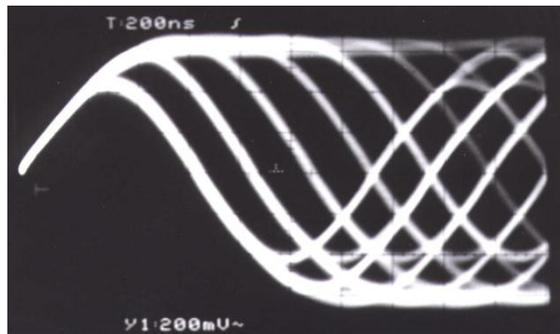
La représentation des longueurs de marques rangées par taille (3T, 4T, ..., 11T) illustre leur variation respective par rapport à une dimension idéale (axe 0 ns).

Les graphiques présentés (Pmax) mettent en évidence les évolutions de longueur avec le vieillissement, en fonction de la longueur initiale : augmentation de longueur des pits courts (3T), réduction de longueur de tous les autres pits (4T et plus).



Principaux résultats

1. Réflexivité
2. Longueur des marques
3. Irrégularités des transitions (Jitter)



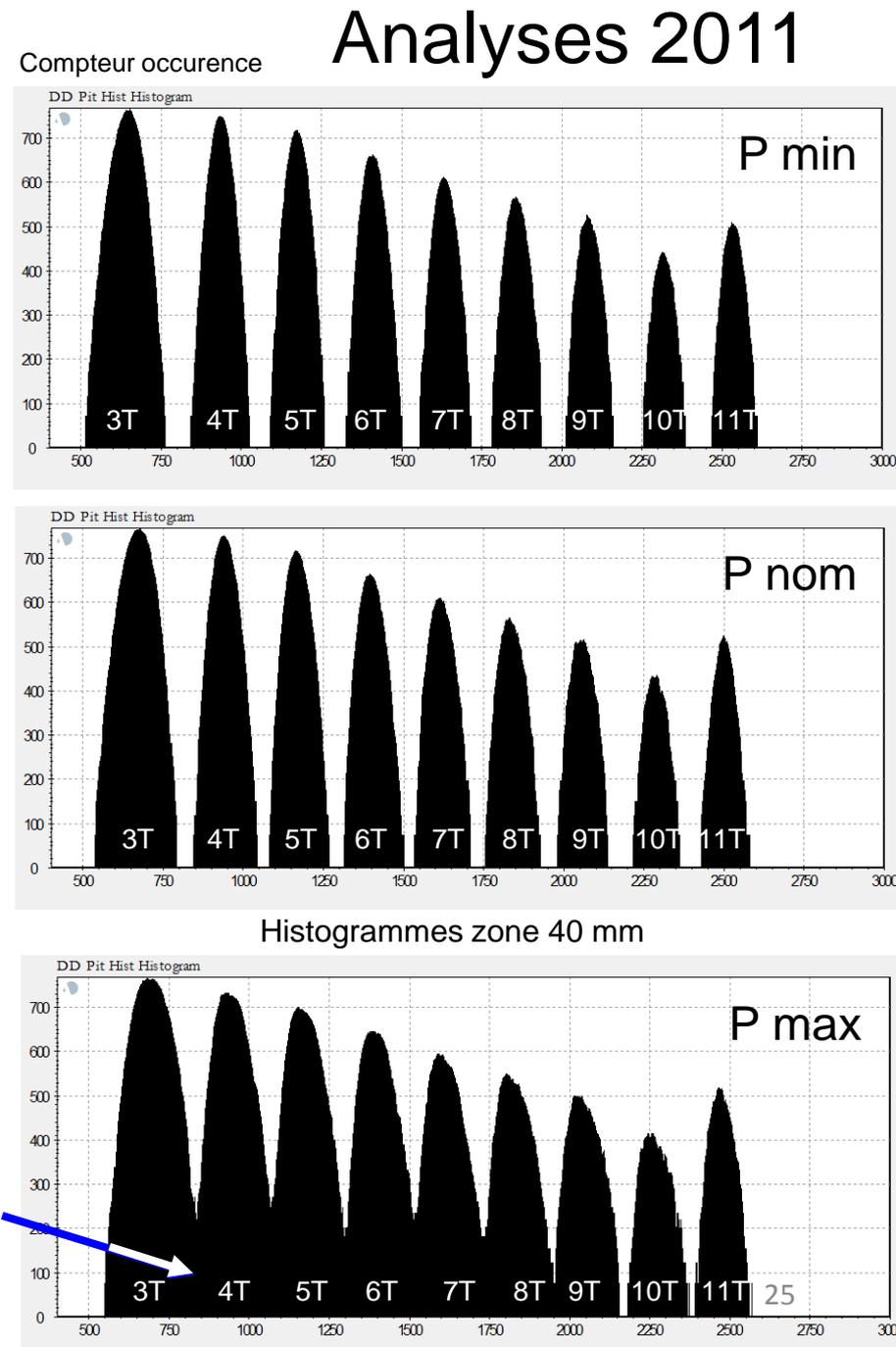
Représentation des irrégularités (Jitter)

Le cas d'une gravure à puissance maximale présente un taux plus élevé de jitter, ce qui peut entraîner la confusion de taille au moment du décodage des données et engendrer des erreurs (fig ci-contre : 3T ou 4T ?)

La précision de la transition des zones "marquées" et non marquées est déterminante pour restituer l'information dans de bonnes conditions.

Malgré la dégradation observée correspondant au disque enregistré à Pmax, aucune incidence sur les taux d'erreurs n'est relevée. La précision de la distribution : données saines / données erronées n'est pas suffisante avec le système d'analyse utilisé.

3T ou 4T ?



Principaux résultats

1. Réflexivité
2. Longueur des marques
3. Irrégularités des transitions (Jitter)
- 4. Les erreurs**

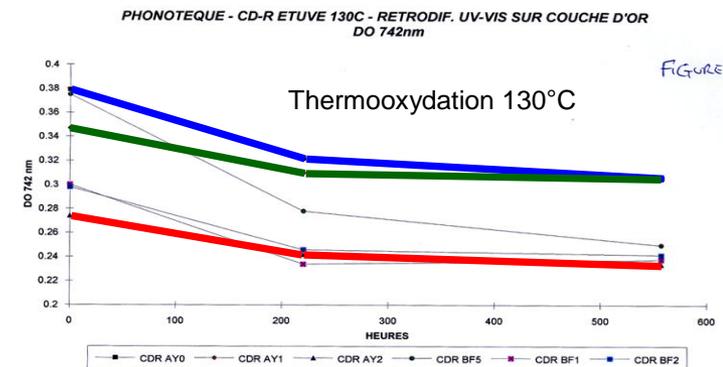
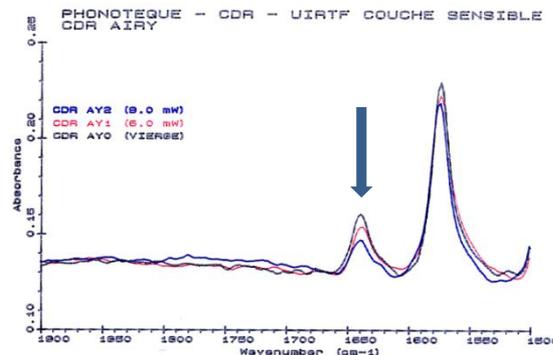
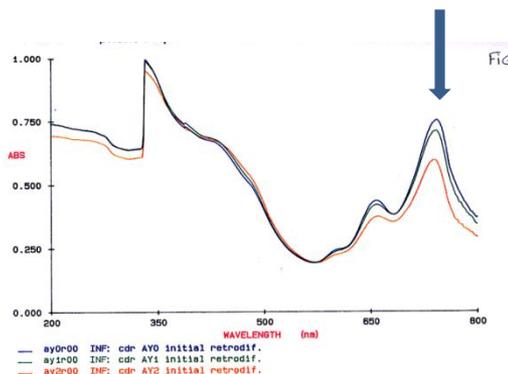
Aucune manifestation des erreurs (BLER) n'est observée que ce soit au moment de la gravure (1996) ou bien 16 ans plus tard (2011)...

Analyse de la couche sensible

Nous mentionnons simplement ici quelques exemples d'analyses effectuées par le Centre CNEP en 1995, qui ont permis d'observer certains comportements relatifs à l'influence de la puissance du laser d'écriture d'une part, et de l'effet de la température d'autre part.

Des disques identiques aux précédents ont été fournis par le fabricant Mitsui, dans les conditions suivantes :

- disque non gravé
- disque gravé à très faible niveau ($P = 6 \text{ mW}$)
- disque gravé à niveau très élevé ($P = 9 \text{ mW}$)



En résumé...

- **Les expérimentations effectuées sur des disques gravés à différentes puissances du laser ont permis d'apporter quelques éléments sur les modalités de gravure.**
- **Si les manifestations de vieillissement restent très limitées après 15 années, certains phénomènes observés (variation de dimension des zones irradiées, irrégularités des transitions / jitter) méritent toute notre attention dans le cadre des travaux à venir.**
- **L'interprétation des phénomènes constatés (particulièrement délicate) ne peut être conduite qu'en relation avec les investigations portant sur le comportement physico-chimique de la couche sensible, des couches concernées par la gravure.**