



**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

**DEGRADATION NATURELLE  
D'UNE COLLECTION DE DVD±R  
GRAVES ENTRE 2004 ET 2008**

**Recherche sur la conservation des Archives numériques  
dans le cadre du GIS DON**

**Auteur : Jean-Michel LAMBERT**

**Août 2011**

**Financement :**

**Laboratoire National de Métrologie et d'Essais**

**Fiche R&D N° 202 / 2009**

## SOMMAIRE

<b>1. PRESENTATION DE L'ETUDE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIPTION DE LA COLLECTION .....</b>	<b>3</b>
<b>3 METHODE D'EVALUATION .....</b>	<b>5</b>
3.1 APPAREILLAGE.....	5
3.2 ANALYSES EFFECTUEES .....	5
3.3 PARAMETRES ETUDIES .....	7
<b>4 RESULTATS DES EVALUATIONS.....</b>	<b>9</b>
4.1 QUALITE INITIALE DE LA GRAVURE .....	9
4.2 EVOLUTION DU PARAMETRE D'ERREUR PI8 .....	10
4.3 EVOLUTION DES PARAMETRES D'AMPLITUDE ET DE CONTRASTE DU SIGNAL HF .....	11
4.4 EVOLUTION DU PARAMETRE ASYM .....	13
4.5 EVOLUTION DU JITTER.....	14
<b>5 DISQUES PRESENTANT UNE DEGRADATION.....</b>	<b>15</b>
5.1 DISQUES AVEC DEFAUTS LOCALISES.....	15
5.2 DISQUES ILLISIBLES OU PRESENTANT DES ERREURS INCORRIGIBLES .....	15
5.3 DISQUES PRESENTANT UNE EVOLUTION DU TAUX D'ERREURS PI8.....	16
<b>6 ETUDE DETAILLEE DES DISQUES PRESENTANT UNE EVOLUTION.....</b>	<b>16</b>
6.1 LES DISQUES ETUDIES.....	16
6.2 METHODOLOGIE ET MOYENS UTILISES.....	16
6.3 RESULTATS .....	17
<b>7 CONCLUSION .....</b>	<b>27</b>

## 1. PRESENTATION DE L'ETUDE

La présente étude concerne l'évolution dans le temps de DVD enregistrables (DVD±R) conservés au Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE). Elle fait suite à une étude similaire sur les CD-R dont le rapport a été produit en 2009 <sup>[1]</sup> et est disponible sur le site Internet du Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Disques Optiques Numériques (GIS DON) <sup>[2]</sup>.

Depuis 2004, le Laboratoire National de Métrologie et d'Essais réalise des prestations d'évaluation de la qualité des DVD enregistrables. De 2004 à 2006, les analyses sont sous-traitées au Laboratoire d'Acoustique Musicale (LAM) rattaché à l'Université Paris VI. A partir de 2006, elles sont réalisées en interne.

La présente étude porte sur une collection de 113 DVD±R prélevés lors d'essais réalisés entre 2004 et 2008. Cette collection comporte 60 références différentes. Elle a été conservée dans des conditions climatiques stables : température comprise entre 20 et 25 °C, taux d'hygrométrie inférieur à 60%, absence de lumière.

L'objectif poursuivi est double :

- Repérer les disques qui présentent une dégradation naturelle importante, se traduisant par l'apparition d'erreurs numériques en nombre anormalement élevé ou éventuellement par la perte de données enregistrées,
- Repérer des évolutions de la qualité du signal de lecture qui n'ont pas ou peu d'impact sur les erreurs numériques, mais qui seraient des précurseurs d'une dégradation future.

Pour les disques fortement dégradés, des analyses détaillées du signal de lecture sont réalisées à l'aide d'un logiciel développé au LNE. Ces analyses permettent de qualifier plus précisément la nature des dégradations.

[1] *Etude de la dégradation naturelle d'une collection de CD-R gravés entre 2000 et 2002*  
<http://www.lne.fr/publications/recherche/etude-vieillessement-naturel-CD-R-00-02-2009.pdf>

[2] *Lien Internet du GIS DON :*  
[http://www.lne.fr/fr/r\\_et\\_d/gis-don/conservation-donnees-numeriques-gis-don.asp](http://www.lne.fr/fr/r_et_d/gis-don/conservation-donnees-numeriques-gis-don.asp)

## 2. DESCRIPTION DE LA COLLECTION

Les disques proviennent d'essais ou d'études réalisées au LNE entre 2004 et 2008. L'échantillon comprend 113 disques de 60 références différentes. Une même référence est représentée par un ou le plus souvent deux disques, gravés ou non par le même graveur.

Les caractéristiques des 113 disques sont données dans le tableau de la page suivante.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques des graveurs utilisés.

### Liste des graveurs utilisés

Code	Marque	Vmax	Modèle	Interface	Code	Marque	Vmax	Modèle	Interface
Bv	HP	2,4x	dvd200i	Interne ide	Cs	Plextor	16x	PX-755A	Interne ide
Cv	Sony	2,4x	DRU-500A	Interne ide	Ds	Philips	16x	SPD6000L1	Interne ide
Fv	Plextor	8x	PX-708A	Interne ide	Is	LG	16x	GSA-E40N	Interne ide
Gv	LG	4x	GSA 4040B	Interne ide	Ks	HP	20x	1040 e	Externe USB2
Hv	Pioneer	4x	DVR-A06	Interne ide	Ls	Pioneer	18x	112D	Interne ide
Mv	Sony	16x	DRU-710A	Interne ide	Ms	Sony	18x	AW-G170A	Interne ide
Nv	Plextor	16x	PX-716SA	Interne sata	Ns	Sony	20x	DRU-190A	Interne ide
Pv	Philips	8x	DVDRW885K	Interne ide	Os	Philips	20x	SPD6005BD/10	Interne ide
As	Pioneer	16x	DVR-110D	Interne ide	Ps	LG	20x	GH22-LP20	Interne ide
Bs	Sony	16x	DRU-810A	Interne ide					

Le tableau suivant donne, pour chaque disque, la description de la référence correspondante, ainsi que le code MID, inscrit dans le sillon du disque et lisible par logiciel, qui permet d'identifier le fabricant.

### Identification des 113 disques

N° Disque	REFERENCE DE DVD							GRAVURE	
	N° REF	Type	MARQUE	Particularité	Vitesse	Code MID	Fabricant	N° graveur	DATE
1 - 2	501	- R	Memorex		1x - 4x	CMC MAG.AF1	CMC	Mv - Cv	févr-04
3	502	+ R	Sky		1x - 4x	POMSA001 OR	Sky Media	Pv	févr-04
4	503	+ R	SKC		1x - 2.4x	BeAll00 P40	BeAll Dev.	Pv	févr-04
5 - 6	504	- R	Verbatim		4x	MCC 01RG20	Mitsubishi	Mv - Gv	févr-04
7 - 8	505	- R	Hi Space		4x	AML	AML	Mv - Hv	févr-04
9 - 10	506	- R	TDK		1 - 4x	TYG01	Taiyo Yuden	Gv - Hv	févr-04
11 - 12	507	+ R	Philips		1 - 4x	RICOHJPN R01 002	Ricoh	Bv - Pv	févr-04
13 - 14	508	+ R	Imation		2.4x	RICOHJPN R01 002	Ricoh	Bv - Pv	févr-04
15 - 16	509	+ R	Sony		1x - 4x	RICOHJPN R01 002	Ricoh	Bv - Pv	févr-04
17 - 18	510	+ R	Maxell		2.4x	RICOHJPN R00 001	Ricoh	Pv - Fv	févr-04
19	511	+ R	Fnac		2.4x	BEALL P0 001 000	BeAll Dev.	Fv	févr-04
20 - 21	513	+ R	Ricoh		1 - 4x	RICOHJPN R01 002	Ricoh	Pv - Fv	févr-04
22 - 23	514	- R	Mmore		2x	MBI	Moser Baer	Cv - Gv	févr-04
24 - 25	515	+ R	Csita		4x	MPOMEDIA 040 000	MPO	Cv-Hv	mars-04
26 - 27	516	- R	Csita		4x	MCI4XG01	Mitsui	Hv - Gv	mars-04
28 - 29	517	+ R	Philips		1 - 4x	CMC MAG F01 000	CMC	Cv - Fv	mars-04
30 - 31	518	- R	TDK		1 - 4x	TTG01	TDK	Cv - Fv	mars-04
32 - 33	523	- R	Maxell		1 - 4x	RITEKG04	Ritek	Fv - Hv	oct-04
34 - 35	524	- R	Csita		4x	MAM4XG02	MAME	Fv - Gv	oct-04
36 - 37	525	- R	Europea trade		4x	ME 153	MJC	Gv - Hv	oct-04
38 - 39	526	- R	Emtec		4x	CMC MAG. AF1	CMC	Fv - Gv	oct-04
40	530	+ R	MPO		8x	MPOMEDIA 080 000	MPO	Nv	janv-05
41	531	+ R	Verbatim		8x	YUDEN000 T02 000	Taiyo Yuden	Nv	janv-05
42	532	- R	MPO		8x	CMC MAG. AE1	CMC	Nv	janv-05
43	533	- R	Verbatim		8x	TYG02	Taiyo Yuden	Nv	janv-05
44 - 45	540	+ R	Philips		1 - 18x	CMC MAG M01 000	CMC	As - Cs	mars-06
46	540	+ R	Philips		1 - 16x	INFOME R30 000	Infomedia	Ds	mars-06
47 - 48	541	+ R	Verbatim		16x	MCC 004 000	Mitsubishi	Bs - Cs	mars-06
49 - 50	542	+ R	Sony		1x - 16x	SONY D21 000	Sony	As - Bs	mars-06
51 - 52	543	+ R	TDK		1 - 16x	TDK 003 000	TDK	As - Cs	mars-06
53 - 54	544	+ R	Cora		8x	CMC MAG E01 000	CMC	As - Ds	avr-06
55 - 56	545	- R	Think Xtra		8x	TYG02	Taiyo Yuden	As - Bs	avr-06
57 - 58	546	- R	Emtec		8x	MCC 02RG20	Mitsubishi	Bs - Cs	avr-06
59 - 60	547	- R	Auchan		1x - 8x	CMC MAG. AE1	CMC	As - Cs	mars-06
61 - 62	548	- R	Philips		1 - 16x	RITEKF1	Ritek	Bs - Ds	mars-06
63 - 64	549	- R	Verbatim		16x	MCC 03RG20	Mitsubishi	As - Ds	mars-06
65 - 66	550	- R	Sony		1x - 16x	SONY16D1	Sony	As - Bs	mars-06
67 - 68	558	+ R	Philips	LightScribe	1 - 8x	CMC MAG E01 000	CMC	As - Ds	mars-06
69 - 70	559	+ R	Verbatim	LightScribe	8x	MCC 003 000	Mitsubishi	Bs - Cs	mars-06
71 - 72	560	+ R	Imation	LightScribe	8x	MBIPG101 R04 001	Moser Baer	Bs - Ds	mars-06
73 - 74	562	+ R	Verbatim	DL (8 Go)	2.4x	MKM 001 000	Mitsubishi	As - Bs	avr-06
75 - 76	563	- R	Maxell		16x	MCC 03RG20	Mitsubishi	As - Bs	mai-06
77 - 78	564	- R	Europea trade		16x	OPTODISCR018	Optodisc	As	mai-06
79 - 80	576	+ R	MPO		8x	MPOMEDIA 080 000	MPO	Ls - Ks	oct-07
81 - 82	577	- R	Verbatim		16x	MCC 03RG20	Mitsubishi	Ls - Ks	oct-07
83 - 84	579	- R	Falcon		8x	FTI RG16	Falcon Tech.	Ls - Is	oct-07
85	580	- R	Falcon		8x	FTI RG16	Falcon Tech.	Is	août-07
86 - 87	582	+ R	Maxell		16x	YUDEN000 T03 000	Taiyo Yuden	Ls - Ms	oct-07
88 - 89	583	- R	Sony		16x	SONY16D1	Sony	Is - Ls	sept-07
90 - 91	585	- R	Fujifilm		8x	TYG02	Taiyo Yuden	Is - Ls	sept-07
92 - 93	587	- R	Verbatim		8x	MCC 02RG20	Mitsubishi	Ls - Ms	oct-07
94 - 95	589	- R	Delkin		4x	MAM4XG02	MAME	Ks - Ms	sept-07
96 - 97	591	- R	Maxell		1 - 18x	RITEKF1	Ritek	Ps	sept-08
98 - 99	592	- R	Sony		1 - 16x	SONY16D1	Sony	Ns	sept-08
100 - 101	593	- R	Philips		1 - 16x	MBI 01RG40	Moser Baer	Ns	sept-08
102 - 103	594	- R	Memorex		16x	MBI 01RG40	Moser Baer	Os	sept-08
104 - 105	595	- R	Verbatim		16x	MCC 03RG20	Mitsubishi	Ns	sept-08
106 - 107	596	+ R	Intenso		1 - 16x	AML 003 000	AML	Ns	sept-08
108 - 109	597	+ R	Exel		1x - 16x	VFKA11 321 000	Wealth Fair Inv.	Ns	sept-08
110 - 111	598	+ R	TDK		1 - 16x	MBIPG101 R05 001	Moser Baer	Os	sept-08
112 - 113	599	+ R	Cora		16x	CMC MAG M01 000	CMC	Os	sept-08

### **3 METHODE D'EVALUATION**

#### **3.1 APPAREILLAGE**

L'état de chaque disque de la collection est apprécié au moyen d'analyses effectuées avec des analyseurs de DVD spécialisés.

Deux types d'analyseur sont utilisés :

- Analyseur Audiodev CATS DVD pour les taux d'erreurs numériques et les caractéristiques du signal HF issu de la tête de lecture,
- Analyseur Clover DVX seulement pour les taux d'erreurs numériques.

L'analyseur Audiodev ne peut travailler qu'à la vitesse de lecture 1x, ce qui correspond à une durée d'environ 50 minutes pour l'analyse d'un seul disque.

L'analyseur Clover est équipé d'un système de chargement automatique des disques, ce qui permet d'effectuer l'analyse d'un grand nombre de disques sans intervention d'un opérateur. Les analyses peuvent être effectuées avec une vitesse de lecture allant jusqu'à 16x. On a fait le choix d'analyses en lecture à la vitesse 8x. La vitesse de rotation est constante (CAV) et la vitesse de défilement correspond à 8 fois la vitesse lecture 1x seulement en toute fin de disque.

Les analyses initiales des disques gravés en 2004 et 2005 ont été réalisées avec l'analyseur Audiodev du LAM, alors que les analyses suivantes ont été effectuées avec l'analyseur Audiodev du LNE. Les deux analyseurs sont de conception similaire et réalisent le même type d'analyses. Toutefois, ils sont de génération différente et il a été constaté des différences systématiques entre les valeurs de certains paramètres du signal HF selon l'analyseur utilisé.

#### **3.2 ANALYSES EFFECTUEES**

Des analyses ont été effectuées juste après gravure (T0), en novembre 2009 et en juin 2011.

L'analyseur Clover n'a été disponible qu'en 2007 et l'on ne dispose donc pas avec cet analyseur des analyses initiales pour les disques gravés de 2004 à 2006.

En juin 2011, les analyses de tous les disques ont été réalisées avec l'analyseur Clover mais seuls 30 disques ont été testés avec l'analyseur Audiodev. Parmi ces 30 disques figurent ceux qui présentent une évolution significative des taux d'erreurs avec l'analyseur Clover.

Enfin quelques disques (N° 3, 4, 26, 27, 109) n'ont pu être analysés que de manière incomplète, en raison de leur état de dégradation.

Le tableau de la page suivante donne, pour chaque disque, la liste des analyses effectuées aux différentes époques.

*Analyses effectuées à T0, en novembre 2009 et en juin 2011*

N° disque	Analyse initiale (T0)			Nov. 2009		Juin 2011		N° disque	Analyse initiale (T0)			Nov. 2009		Juin 2011	
	Date	CATS (1x)	Clover (8x)	CATS (1x)	Clover (8x)	CATS (1x)	Clover (8x)		Date	CATS (1x)	Clover (8x)	CATS (1x)	Clover (8x)	CATS (1x)	Clover (8x)
1	févr-04	X		X	X	X	X	58	avr-06	X		X	X		X
2	févr-04	X		X	X	X	X	59	mars-06	X		X	X		X
3	févr-04	X		I		I		60	mars-06	X		X	X	X	X
4	févr-04	X		I	X	I	X	61	mars-06	X		X	X		X
5	févr-04	X		X	X		X	62	mars-06	X		X	X		X
6	févr-04	X		X	X	X	X	63	mars-06	X		X	X		X
7	févr-04	X		X	X		X	64	mars-06	X		X	X		X
8	févr-04	X		X	X		X	65	mars-06	X		X	X	X	X
9	févr-04	X		X	X		X	66	avr-06	X		X	X		X
10	févr-04	X		X	X		X	67	mars-06	X		X	X		X
11	févr-04	X		X	X		X	68	mars-06	X		X	X		X
12	févr-04	X		X	X	X	X	69	mars-06	X		X	X		X
13	févr-04	X		X	X		X	70	mars-06	X		X	X	X	X
14	févr-04	X		X	X		X	71	mars-06	X		X	X		X
15	févr-04	X		X	X		X	72	mars-06	X		X	X		X
16	févr-04	X		X	X		X	73	avr-06	X		X	X		X
17	févr-04	X		X	X		X	74	avr-06	X		X	X		X
18	févr-04	X		X	X		X	75	mai-06	X		X	X	X	X
19	févr-04	X		X	X		X	76	mai-06	X		X	X		X
20	févr-04	X		X	X		X	77	mai-06	X		X	X		X
21	févr-04	X		X	X	X	X	78	mai-06	X		X	X		X
22	févr-04	X		X	X		X	79	oct-07	X	X	X	X	X	X
23	févr-04	X		X	X		X	80	août-07	X	X	X	X		X
24	mars-04	X		X	X		X	81	oct-07	X	X	X	X		X
25	mars-04	X		X	X		X	82	août-07	X	X	X	X		X
26	mars-04	X		I		I		83	oct-07	X	X	X	X		X
27	mars-04	X				I		84	août-07	X	X	X	X		X
28	mars-04	X		X	X	X	X	85	août-07	X	X	X	X		X
29	mars-04	X		X	X		X	86	oct-07	X	X	X	X		X
30	mars-04	X		X	X		X	87	oct-07	X	X	X	X	X	X
31	mars-04	X		X	X	X	X	88	sept-07	X	X	X	X		X
32	oct-04	X		X	X	X	X	89	oct-07	X	X	X	X		X
33	oct-04	X		X	X	X	X	90	sept-07	X	X	X	X		X
34	oct-04	X		X	X		X	91	oct-07	X	X	X	X		X
35	oct-04	X		X	X		X	92	oct-07	X	X	X	X		X
36	oct-04	X		X	X		X	93	oct-07	X	X	X	X		X
37	oct-04	X		X	X		X	94	sept-07	X	X	X	X		X
38	oct-04	X		X	X		X	95	oct-07	X	X	X	X	X	X
39	oct-04	X		X	X		X	96	sept-08	X	X	X	X		X
40	janv-05	X		X	X		X	97	sept-08	X	X	X	X		X
41	janv-05	X		X	X		X	98	sept-08	X	X	X	X	X	X
42	janv-05	X		X	X		X	99	sept-08	X	X	X	X		X
43	janv-05	X		X	X	X	X	100	sept-08	X	X	X	X		X
44	mars-06	X		X	X	X	X	101	sept-08	X	X	X	X		X
45	mars-06	X		X	X	X	X	102	sept-08	X	X	X	X		X
46	mars-06	X		X	X		X	103	sept-08	X	X	X	X		X
47	mars-06	X		X	X		X	104	sept-08	X	X	X	X		X
48	mars-06	X		X	X	X	X	105	sept-08			X	X		X
49	mars-06	X		X	X	X	X	106	sept-08	X	X	X	X		X
50	mars-06	X		X	X		X	107	sept-08			X	X		X
51	mars-06	X		X	X		X	108	sept-08	X	X	X	X	X	X
52	mars-06	X		X	X	X	X	109	sept-08			X	X	I	X
53	avr-06	X		X	X		X	110	sept-08	X	X	X	X		X
54	avr-06	X		X	X		X	111	sept-08			X	X		X
55	avr-06	X		X	X	X	X	112	sept-08	X	X	X	X		X
56	avr-06	X		X	X		X	113	sept-08			X	X		X
57	avr-06	X		X	X		X								

- X : Analyse réalisée avec l'analyseur Audiodev du LAM
- X : Analyse réalisée avec l'analyseur Audiodev du LNE
- I : Analyse incomplète (uniquement paramètres HF, analyse des erreurs non effective)
- : Analyse impossible

### 3.3 PARAMETRES ETUDIES

#### Paramètres d'erreurs numériques

Comme pour les CD, le système d'enregistrement sur DVD comporte des codes de correction qui permettent de corriger des erreurs de décodage lors de la lecture. Les erreurs de décodage peuvent être aléatoires, avec un taux normalement de l'ordre de  $10^{-6}$ . Elles peuvent aussi être dues à des défauts localisés sur le disque, tels qu'une rayure en surface ou un défaut local de la couche enregistrable.

Le principe de correction d'erreurs est un peu différent pour les CD et pour les DVD, mais dans les deux cas il permet à la fois la correction des erreurs aléatoires et la correction des erreurs localisées (erreurs en rafale).

Dans le système du DVD, la correction porte sur des octets organisés en blocs comprenant 208 lignes et 182 colonnes, soit 37 856 octets. Chaque bloc comporte des codes correcteurs associés aux lignes et des codes correcteurs associés aux colonnes. Le premier niveau de correction porte sur les lignes (« inner parity ») et permet de corriger les erreurs aléatoires jusqu'à des taux de l'ordre de  $10^{-3}$ . Le second niveau de correction porte sur les colonnes (« outer parity ») et permet de corriger les erreurs en rafale dues à des défauts localisés.

Trois paramètres d'erreurs (PI8, PO8, POF) sont pris en compte dans la présente étude.

Le paramètre principal est PI8 qui caractérise le taux d'erreurs aléatoires.

Le paramètre PO8 n'est donné que par l'analyseur Clover et permet de repérer l'existence de défauts localisés.

Le paramètre POF est normalement nul. La présence de valeurs non nulles du POF indique que des erreurs n'ont pu être totalement corrigées par le système de correction. Il s'agit d'un disque soit mal gravé soit fortement dégradé pour lequel il y a un risque de pertes de données.

Le tableau ci-dessous donne les définitions de ces trois paramètres d'erreurs.

<b>PI8</b>	Nombre de lignes avec au moins un octet faux sur un ensemble de 8 blocs. La valeur maximale possible est 1664. La valeur maximale recommandée est de 280.
<b>PO8</b>	Nombre de colonnes avec au moins un octet faux sur un ensemble de 8 blocs. La valeur maximale possible est 1456. La comparaison entre PO8 et PI8 permet de détecter la présence de défauts localisés.
<b>POF</b>	Nombre de colonnes non corrigibles par bloc (Clover) ou nombre moyen de blocs non totalement corrigibles par seconde (Audiodev).

Il n'existe pas de représentation de surface des erreurs PI8, contrairement au BLER dans le cas des CD. Il est ainsi beaucoup plus difficile avec les DVD d'identifier les défauts localisés ou de savoir si une dégradation affecte la totalité de la circonférence du sillon ou seulement un secteur angulaire restreint.

## Paramètres d'intensité et de contraste du signal HF

Ces paramètres sont mesurés en lecture à la vitesse 1x par l'analyseur Audiodev. Le signal HF, issu de la tête de lecture optique, est modulé par les traits gravés sur le sillon et dont la longueur code l'information numérique. Les différents traits gravés (pits) et les espaces les séparant (lands) ont des longueurs qui peuvent prendre 9 valeurs multiples d'une même valeur élémentaire : 3T, 4T, 5T, 6T, 7T, 8T, 9T, 10T, 11T. Un motif de synchronisation, qui comprend un pit ou un land exceptionnel de longueur 14T, est gravé à intervalles de 1488T.

L'analyseur Audiodev donne 3 paramètres ( $R_{14H}$ ,  $I_{14}/I_{14H}$ ,  $I_3/I_{14}$ ) caractérisant l'amplitude et le contraste de la modulation du signal HF. La définition en est donnée dans le tableau ci-dessous :

<b><math>R_{14H}</math></b>	<b>Réfectivité du sillon non gravé</b> : Intensité de la lumière réfléchie par les lands 14T, par comparaison à celle réfléchie par un réflecteur de référence. La valeur minimale recommandée est de <b>45%</b> .
<b><math>I_{14} / I_{14H}</math></b>	<b>Amplitude de la modulation 14T</b> par rapport au niveau maximal du signal HF. La valeur minimale recommandée est de <b>0,6</b> .
<b><math>I_3 / I_{14}</math></b>	<b>Rapport des amplitudes des modulations 3T et 14T</b> . La valeur minimale recommandée est de <b>0,15</b> .

Dans la suite on notera  $A_{max}$  le paramètre  $R_{14H}$  et  $A_{min}$  la quantité  $A_{max} (1 - I_{14}/I_{14H})$ .

$A_{min}$  et  $A_{max}$  sont exprimés en % de la valeur de réflectivité de référence et représentent respectivement la réflectivité des parties gravées et non gravées du sillon.

$I_{14}/I_{14H}$  représente le contraste de la gravure et dépend à la fois du modèle de DVD et du graveur utilisé. Le contraste peut présenter des discontinuités dues à un ajustement de la puissance du laser en cours de gravure.

## Paramètres liés au positionnement des zones gravées

On retient également deux paramètres liés au positionnement et aux longueurs des zones gravées (pits) et non gravées (lands). Ces deux paramètres sont mesurés en lecture à la vitesse 1x par l'analyseur Audiodev et sont décrits dans le tableau ci-dessous.

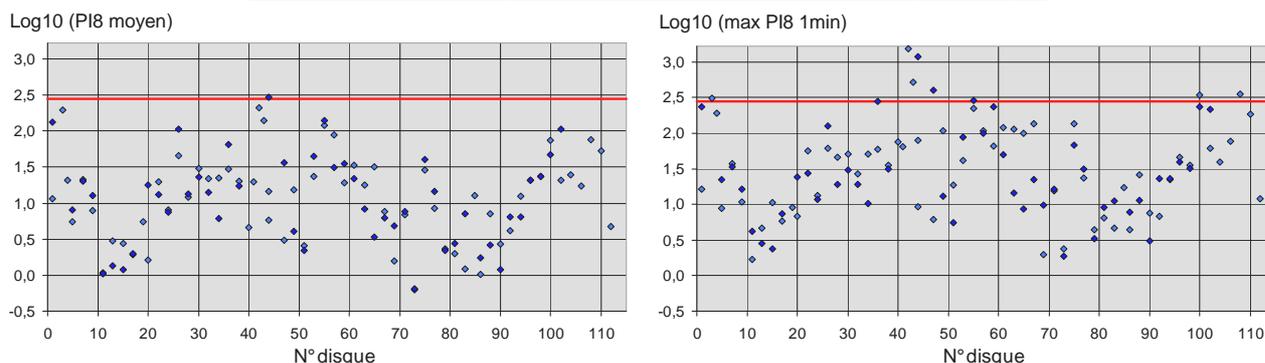
<b>ASYM</b>	<b>Asymétrie</b> . C'est l'écart entre les valeurs moyennes (offset) associées aux modulations 3T et 14T exprimé en % du niveau maximal du signal HF.  L'asymétrie est positive lorsque l'offset de la modulation 3T est inférieur à celui de la modulation 14T. Cela correspond à des pits 3T trop longs dus à une puissance trop forte du laser pendant la gravure.  Les limites recommandées de ASYM sont -5% et +15%.
<b>DC jitter</b>	<b>Ecart-type des positions des transitions pit-land</b> par rapport aux tops de l'horloge utilisée pour le décodage. Il est exprimé en % de la période d'horloge (1T).  La valeur maximale recommandée est de 9%

## 4 RESULTATS DES EVALUATIONS

### 4.1 QUALITE INITIALE DE LA GRAVURE

Les graphes ci-dessous donnent une représentation du paramètre d'erreur PI8 mesuré initialement, après gravure, à l'aide d'un analyseur Audiodév (LAM ou LNE). Chaque point des graphes représente soit la valeur moyenne sur le disque soit la valeur maximale moyennée sur 1 minute d'analyse. Les valeurs sont portées en échelle logarithmique (logarithme décimal). On a indiqué par un trait rouge la limite de 280 dont le logarithme est égal à 2,447.

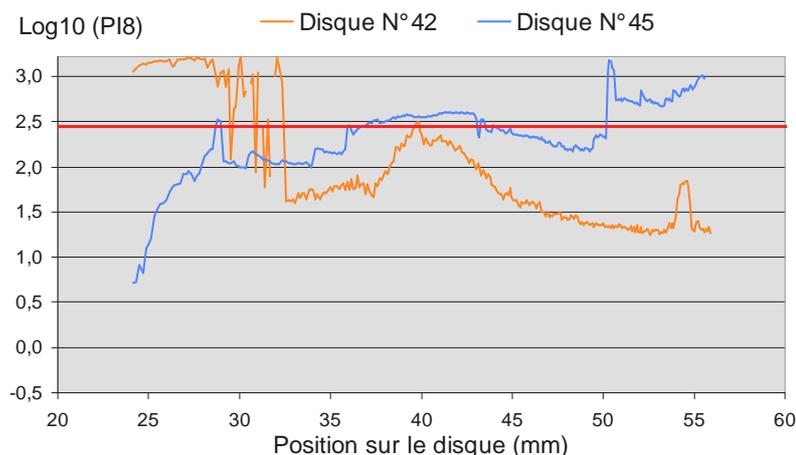
#### Valeurs initiales du paramètre d'erreur PI8 de chaque disque



On constate une grande dispersion de la qualité initiale de gravure. Une dizaine de disques atteignent ou dépassent, sur la minute la plus défavorable, la limite de 280. Deux disques (N°42 et 45) dépassent même la valeur 1000. Le disque N° 45 a une valeur moyenne sur l'ensemble du disque qui est légèrement supérieure à 280.

A titre d'exemple, on présente sur le graphe ci-après l'évolution du paramètre PI8 de ces deux disques au cours de la lecture. Le disque N° 42 est très mal gravé dans sa première partie (jusqu'à un rayon de 33 mm). Le disque N° 45 a une qualité de gravure médiocre ou mauvaise sur la quasi-totalité du disque, sauf au tout début. Le disque N°42 présente des erreurs incorrigibles (POF) dans sa première partie. Il en est de même du disque N°45 à la fin.

#### Valeurs initiales du paramètre PI8 des disques N°42 et 45 en fonction de la position



Ces deux exemples illustrent la difficulté d'obtenir une qualité de gravure acceptable avec certains couples DVD / graveur.

Cinq autres disques présentent des erreurs incorrigibles sur des portions plus limitées, le PI8 moyen sur l'ensemble du disque restant acceptable. Il s'agit des disques N°43, 48, 55, 60 et 65.

## 4.2 EVOLUTION DU PARAMETRE D'ERREUR PI8

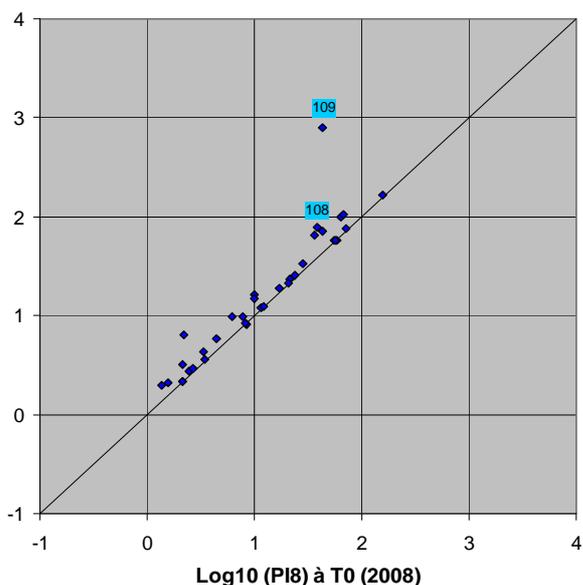
### Analyseur Clover

On ne dispose d'analyses initiales avec l'analyseur Clover que pour les disques gravés en 2008. On dispose par contre des analyses de tous les disques en 2009 et 2011.

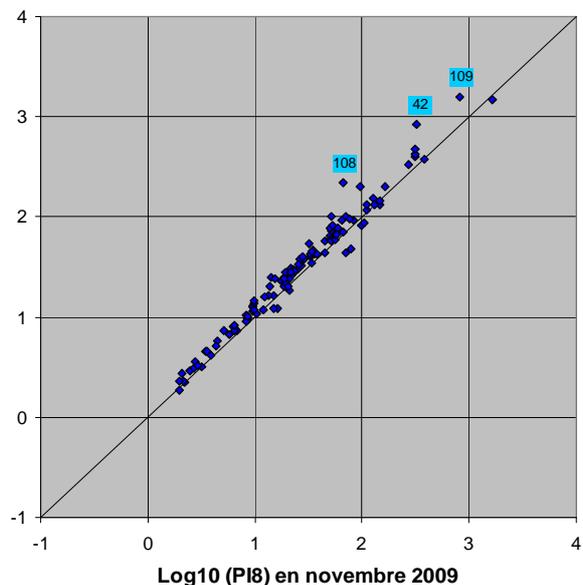
Les graphes ci-dessous mettent en évidence l'évolution de la valeur moyenne du paramètre d'erreur PI8, entre 2008 et 2009 d'une part (35 disques) et entre 2009 et 2011 d'autre part (tous les disques). Chaque point représente un disque. S'il est situé au-dessus de la diagonale du graphe, cela indique une augmentation du PI8 moyen pour ce disque.

Evolution du paramètre PI8 (Analyses Clover)  
entre 2008 et 2009 entre 2009 et 2011

Log10 (PI8) en novembre 2009



Log10 (PI8) en juin 2011



On constate une augmentation générale, mais faible du PI8 aussi bien entre 2008 et 2009 qu'entre 2009 et 2011.

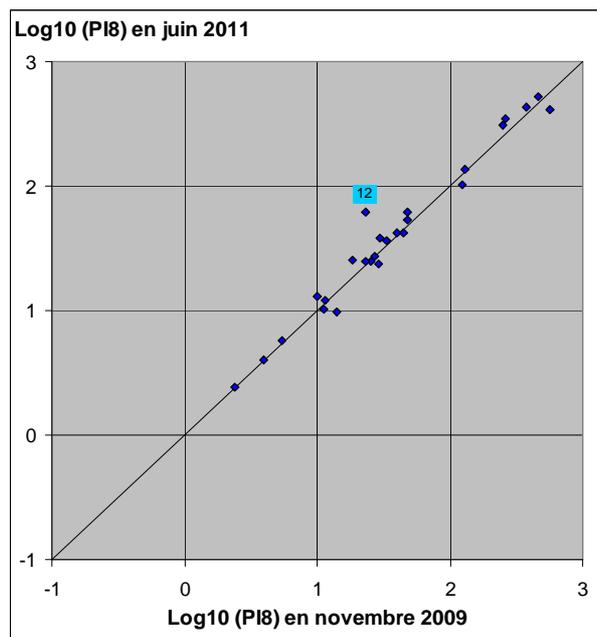
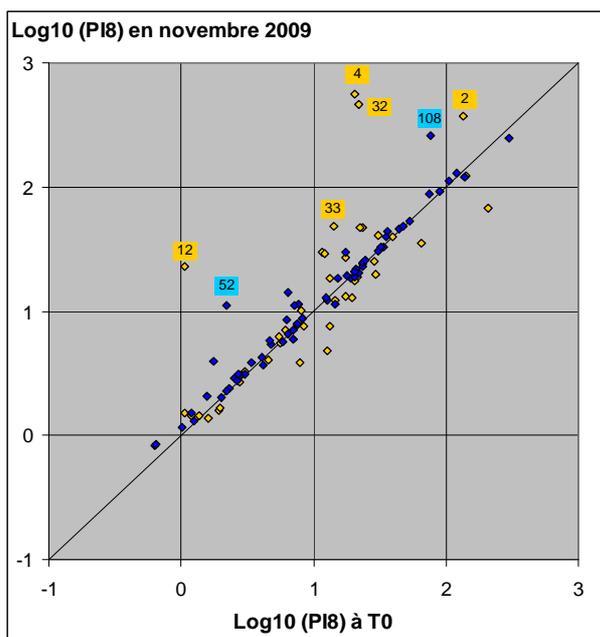
Après avoir retiré les disques présentant une augmentation du PI8 exceptionnelle (N°108, 109, 42) l'augmentation moyenne entre 2008 et 2009, est de 0,10 en valeur logarithmique, ce qui correspond à une multiplication du PI8 par un facteur 1,25. Entre 2009 et 2011 cette augmentation est de 0,08, ce qui correspond à une multiplication par un facteur 1,2.

### Analyseur Audiodev

On dispose d'analyses initiales avec l'analyseur Audiodev pour l'ensemble des disques. Ces analyses initiales ont été réalisées soit avec l'analyseur du LAM (2004 et 2005), soit avec l'analyseur du LNE (de 2006 à 2008).

Les graphes de la page suivante montrent d'une part les évolutions du paramètre PI8 moyen entre T0 (analyses initiales) et 2009 et d'autre part les évolutions entre 2009 et 2011 pour les disques qui ont été analysés en 2011 (30 disques). Les disques qui ont été analysés à T0 avec l'analyseur du LAM sont portés en jaune sur le premier graphe.

Evolution du paramètre PI8 (Analyses Audiodev)  
entre T0 et 2009 entre 2009 et 2011

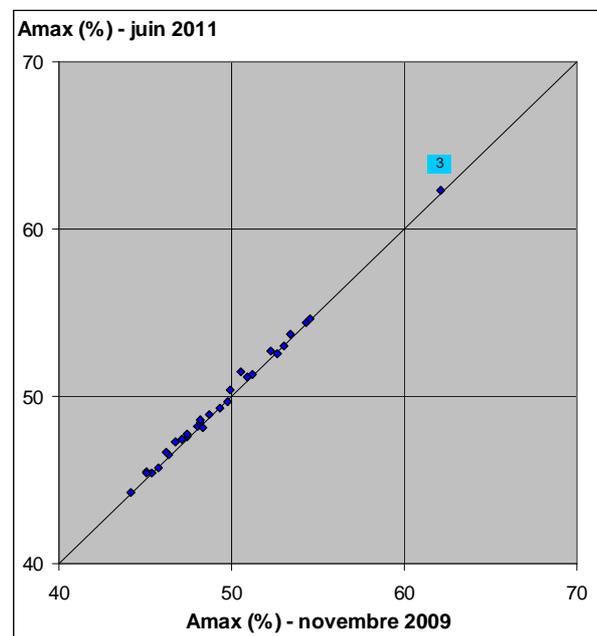
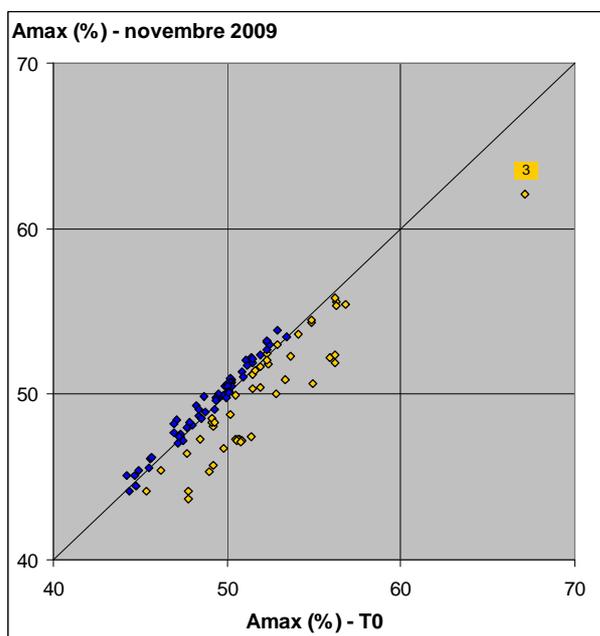


L'évolution de PI8 entre T0 et 2009 présente une plus grande dispersion qu'avec l'analyseur Clover. Cela est dû en partie au changement d'analyseur entre T0 et 2009 (points en jaune). Un certain nombre de disques présentent toutefois une évolution significative entre T0 et 2009 qui n'est pas liée au changement d'analyseur, mais provient d'un vieillissement. On retrouve le disque 108 déjà repéré avec l'analyseur Clover et 6 autres disques (N°2, 4, 12, 32, 33, 52). Si l'on exclut les disques ayant un vieillissement significatif, l'augmentation moyenne est quasi nulle et inférieure à celle observée avec l'analyseur Clover

**4.3 EVOLUTION DES PARAMETRES D'AMPLITUDE ET DE CONTRASTE DU SIGNAL HF**

Les paramètres d'amplitude et de contraste ( $A_{max}$ ,  $A_{min}$ ,  $I_{14} / I_{14H}$ ,  $I_3 / I_{14}$ ) sont mesurés avec un analyseur Audiodev. Pour l'évolution entre T0 et 2009, on a représenté en jaune les disques dont l'analyse initiale a été faite avec l'analyseur du LAM. Les valeurs portées sur les graphes sont des valeurs moyennes sur l'ensemble de chaque disque.

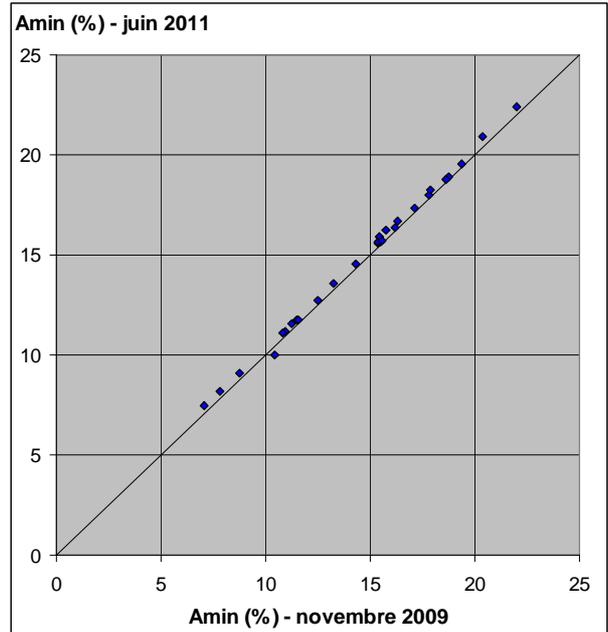
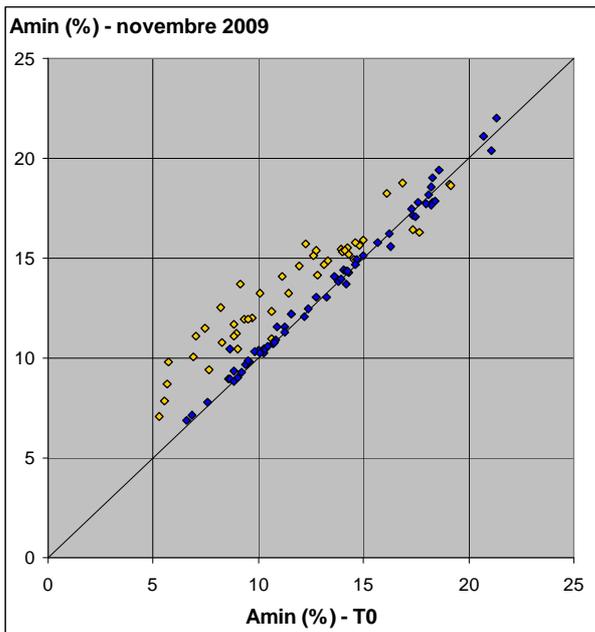
Evolution de l'amplitude  $A_{max}$   
entre T0 et 2009 entre 2009 et 2011



Evolution de l'amplitude Amin

entre T0 et 2009

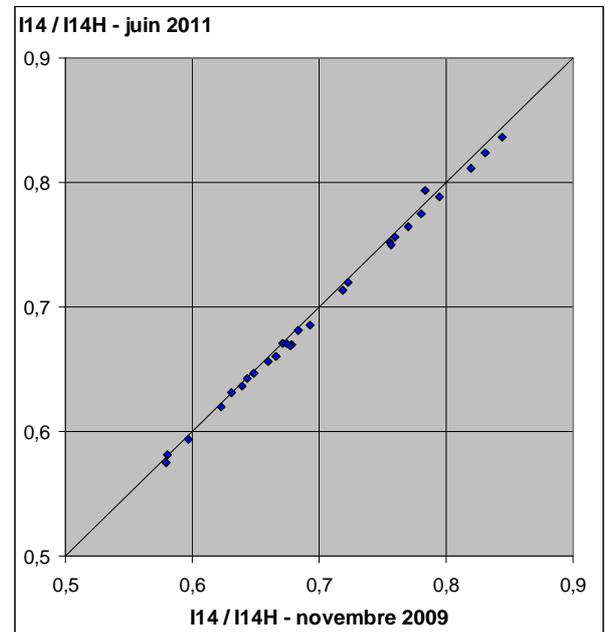
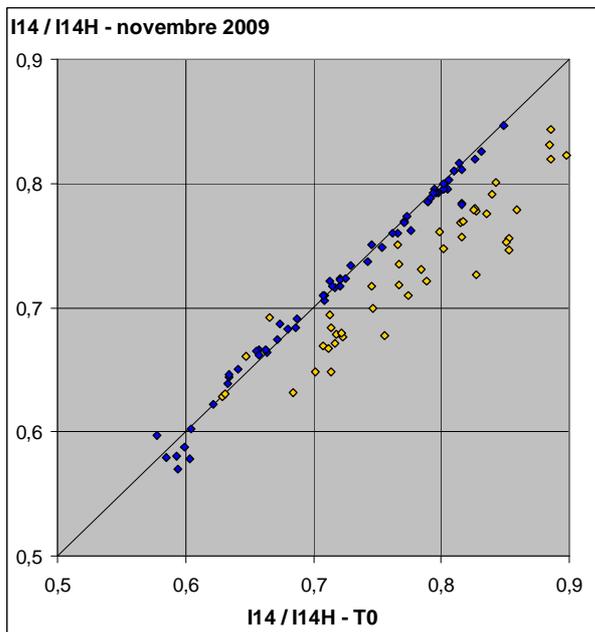
entre 2009 et 2011



Evolution du contraste I14 / I14H

entre T0 et 2009

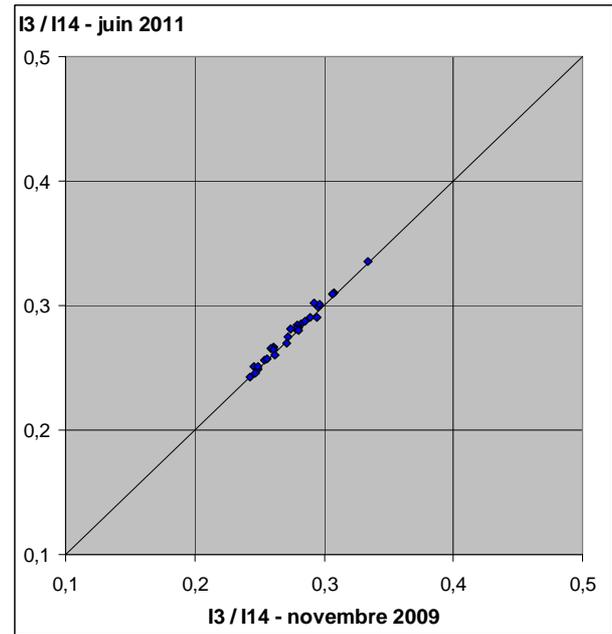
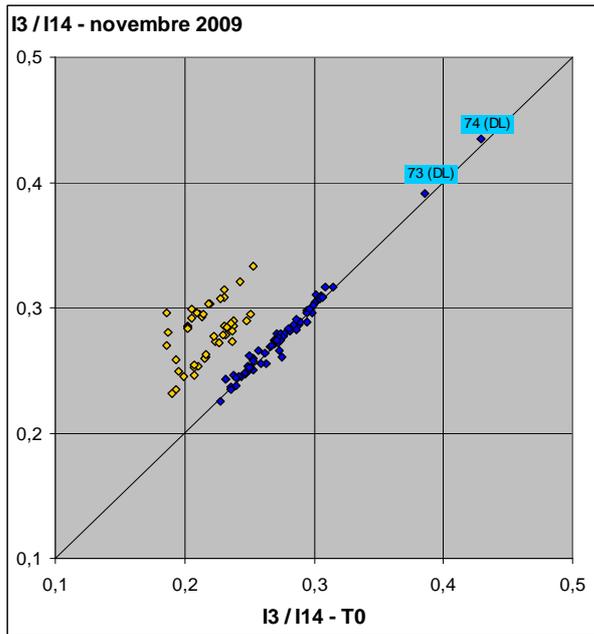
entre 2009 et 2011



Des évolutions significatives des paramètres d'amplitude et de contraste sont constatées entre T0 et 2009 pour les disques ayant été analysés initialement avec l'analyseur Audiodev du LAM (points en jaune). Elles ne sont pas dues à une évolution physique des disques, mais au changement d'analyseur en 2006.

La différence entre les analyseurs du LAM et du LNE tient probablement à la mise en forme fréquentielle du signal HF avant le décodage et l'analyse du signal. Une mise en forme renforçant la modulation 3T pourrait n'exister qu'avec l'analyseur du LNE. Cela expliquerait en particulier le fait que le rapport des amplitudes des modulations 3T et 14T soit nettement plus élevé avec l'analyseur du LNE qu'avec l'analyseur du LAM.

Evolution du rapport d'amplitude des modulations 3T et 14T  
entre T0 et 2009 entre 2009 et 2011



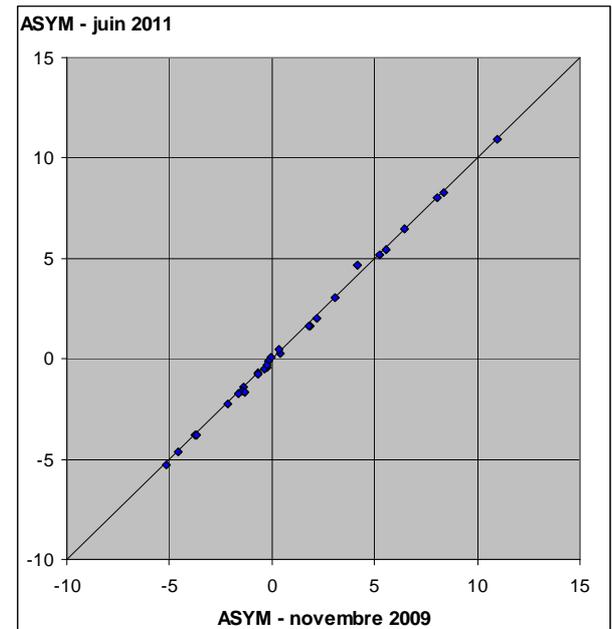
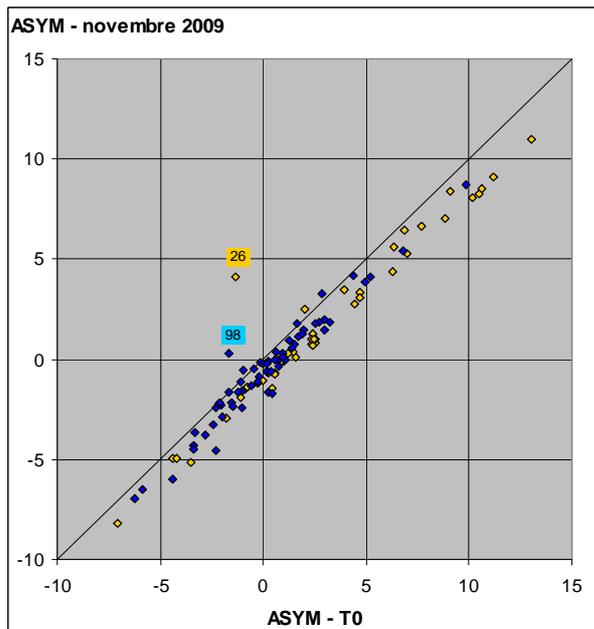
Si l'on ne considère que les disques évalués avec le même analyseur (points en bleu), on n'observe pas d'évolution significative de l'amplitude ou du contraste du signal HF, ni entre T0 et 2009, ni entre 2009 et 2011.

**4.4 EVOLUTION DU PARAMETRE ASYM**

Evolution de ASYM

entre T0 et 2009

entre 2009 et 2011



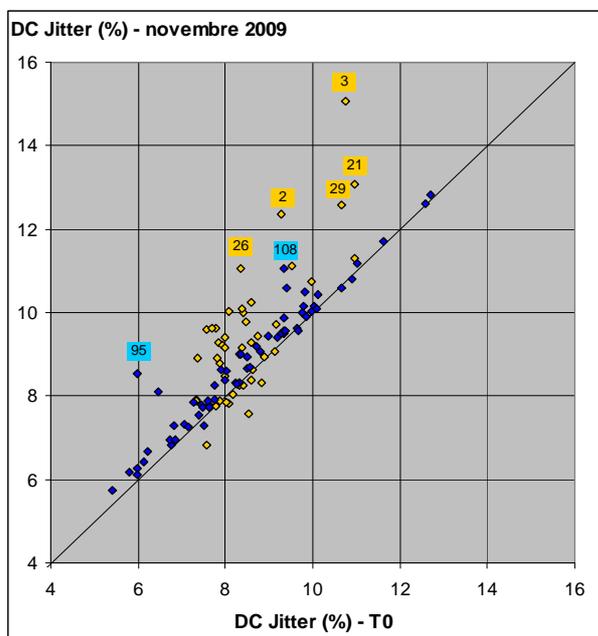
On constate une baisse générale du paramètre ASYM entre T0 et 2009, l'évolution ne se poursuivant pas en 2011. La baisse de ASYM entre T0 et 2009 est en moyenne de  $-0,9$ . Seulement deux disques (N°26 et 96) présentent une augmentation du paramètre ASYM entre T0 et 2009.

## 4.5 EVOLUTION DU JITTER

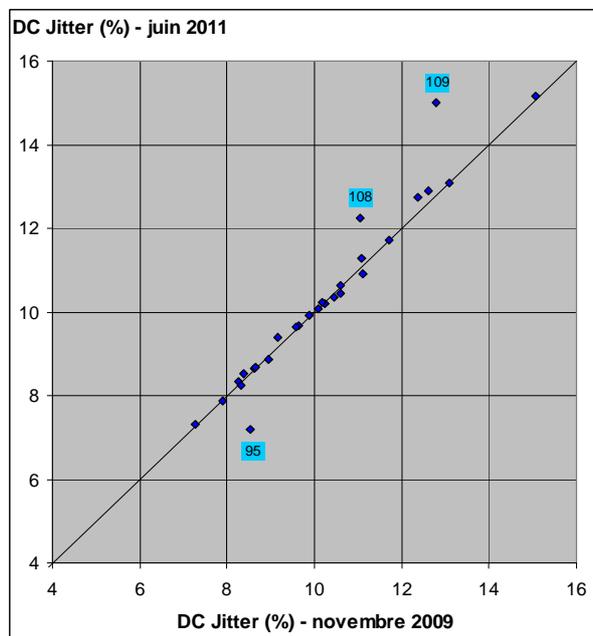
Les graphes ci-dessous montrent l'évolution du DC Jitter entre T0 et 2009 d'une part et entre 2009 et 2011 d'autre part.

### Evolution du DC Jitter

entre T0 et 2009



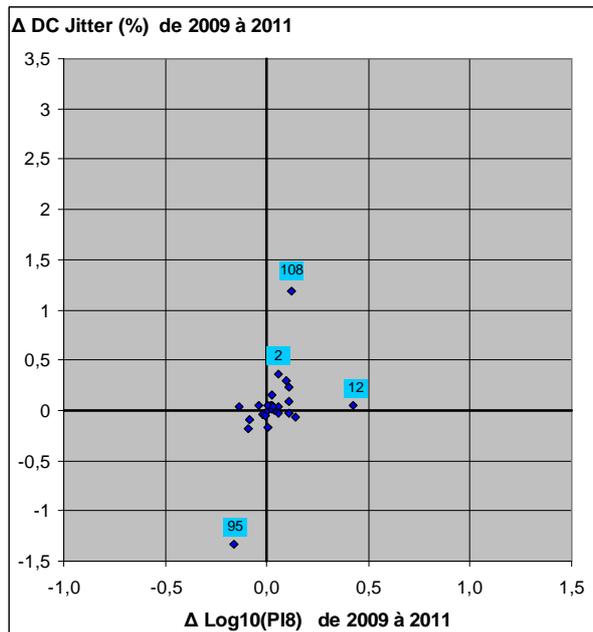
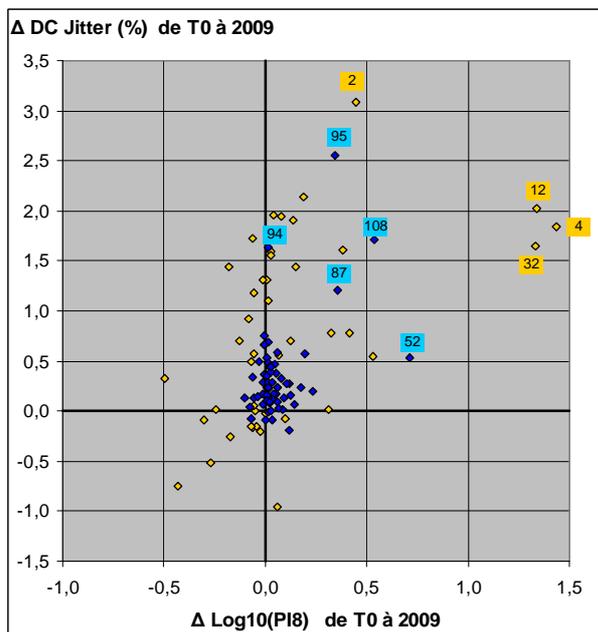
entre 2009 et 2011



Pour une grande majorité des disques, le DC Jitter est stable ou présente une faible augmentation. L'augmentation est un peu plus marquée entre T0 et 2009 qu'entre 2009 et 2011.

Quelques disques montrent une augmentation importante du jitter (N°2, 3, 21, 26, 29, 108, 109). Ces disques présentent généralement aussi une augmentation du taux d'erreur PI8. Toutefois la corrélation entre augmentations du jitter et augmentation des erreurs numériques est assez faible, comme on peut le constater sur les graphes suivants. Cela peut être dû à un effet de seuil sur la valeur du jitter qui entraîne une augmentation des erreurs numériques.

### Corrélation entre augmentations des erreurs numériques (PI8) et augmentation du jitter



## 5 DISQUES PRESENTANT UNE DEGRADATION

### 5.1 DISQUES AVEC DEFAUTS LOCALISES

L'identification des défauts localisés est moins facile que pour les CD-R car on ne dispose pas de représentation de surface des taux d'erreurs numériques. Une méthode de détection des défauts localisés est basée sur la comparaison des valeurs de PO8 et de PI8. Une autre méthode est l'inspection visuelle du disque, qui permet de voir des rayures en surface et aussi, assez fréquemment, de détecter des petites taches sur la couche sensible.

#### Petites tache sur la couche sensible

Elles sont assez fréquentes et ne semblent pas évoluer avec le temps. Il s'agit de petits défauts (diamètre maximal de 1mm) qui sont visibles à l'œil nu, avec un éclairage approprié, comme des petites taches sombres. Ils apparaissent par contre comme des petites taches claires sur la représentation de surface du niveau de réflectivité moyen (paramètre TCSCl de l'analyseur Audiodev). Ces petites taches ne semblent pas perturber le décodage numérique (pas d'erreurs associées), la lecture de l'information étant possible à l'intérieur d'une tache.

#### Rayures

Peu de disques sont rayés. Aucune des rayures repérées ne perturbe de manière importante les taux d'erreurs numériques. Elles ne sont pas non plus à l'origine d'erreurs incorrigibles.

### 5.2 DISQUES ILLISIBLES OU PRESENTANT DES ERREURS INCORRIGIBLES

Les disques partiellement ou totalement illisibles en 2011, ainsi que les disques présentant des erreurs incorrigibles (POF) sont listés dans le tableau ci-dessous. Il s'agit soit de disques qui se sont dégradés avec le temps, soit de disques présentant des erreurs incorrigibles dès la gravure (cf. § 4.1).

*Disques avec erreurs POF (ou illisibles) en 2011*

N°	Marque	Date de gravure	Etat à T0	Evolution en 2009 et 2011
2	Memorex	févr-04	Sans erreurs POF	Apparition de POF en fin de disque Stabilité de 2009 à 2011
3	Sky	févr-04	Sans erreurs POF	Illisible en 2009 et 2011
4	SKC	févr-04	Sans erreurs POF	Apparition de POF sur tout le disque dès 2009 Illisible par l'analyseur Audiodev en 2011
26	Csita	mars-04	Sans erreurs POF	Illisible en 2009 et 2011
27	Csita	mars-04	Sans erreurs POF	Illisible en 2009 et 2011
42	MPO	janv-05	Erreurs POF jusqu'à 30mm	Pas ou peu d'évolution en 2009 et 2011
43	Verbatim	janv-05	Erreurs POF localisées à 40 mm	Pas ou peu d'évolution en 2009 et 2011
45	Philips	mars-06	Erreurs POF après 50 mm	Pas ou peu d'évolution en 2009 et 2011
48	Verbatim	mars-06	Erreurs POF localisées à 47 mm	Pas ou peu d'évolution en 2009 et 2011
55	Think Xtra	avr-06	Erreurs POF localisées à 43 mm	Pas ou peu d'évolution en 2009 et 2011
60	Auchan	mars-06	Erreurs POF localisées à 33 mm	Pas ou peu d'évolution en 2009 et 2011
65	Sony	mars-06	Erreurs POF localisées après 55 mm	Pas ou peu d'évolution en 2009 et 2011
108	Exel	sept-08	Sans erreurs POF	Apparition de POF en 2009 (début du disque) Partiellement illisible en 2011
109	Exel	sept-08	Sans erreurs POF	Apparition de POF en 2009 sur les 3/4 du disque Pratiquement illisible en 2011

Les erreurs POF détectés sur les disques N°2, 3, 4, 26, 27, 108, 109 présentent des erreurs POF ou sont illisibles en raison d'un vieillissement naturel se manifestant dès 2009.

### 5.3 DISQUES PRESENTANT UNE EVOLUTION DU TAUX D'ERREURS PI8

On considère ici des disques qui ne présentent pas d'erreurs incorrigibles en 2011, mais dont le taux d'erreur PI8 augmente notablement.

#### Disques avec augmentation de PI8 sans erreurs POF

N°	Marque	Date de gravure	Etat à T0	Evolution en 2009 et 2011
12	Philips	févr-04	Très bonne qualité de gravure	Augmentation PI8 sur les deux bords du disque en 2009 avec aggravation en 2011
32	Maxell	oct-04	Bonne qualité de gravure	Augmentation PI8 générale et importante en 2009 Faible aggravation entre 2009 et 2011
33	Maxell	oct-04	Bonne qualité de gravure	Augmentation PI8 au centre en 2009 Faible aggravation entre 2009 et 2011
52	TDK	mars-06	Très bonne qualité de gravure	Augmentation PI8 entre 40 et 48 mm Aucune évolution entre 2009 et 2011

Pour le disque N°52, il semble que l'augmentation constatée en 2009 par rapport à T0 soit due au changement d'analyseur Audiodev (LAM puis LNE) et non pas à une évolution physique du disque.

## 6 ETUDE DETAILLEE DES DISQUES PRESENTANT UNE EVOLUTION

### 6.1 LES DISQUES ETUDIES

On s'intéresse aux disques qui présentent une évolution significative entre l'instant de gravure et 2011, cette évolution ayant ou non conduit à des erreurs incorrigibles. Les disques qui présentent des erreurs incorrigibles à T0 dues à une mauvaise gravure mais qui n'évoluent pas ensuite ne sont donc pas étudiés. On a retenu 11 disques de 7 modèles différents qui sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Marque	Type	Code MID	Fabricant	Date de gravure	N° des disques
Memorex	DVD-R	CMC MAG AF1	CMC	Février 2004	1 et 2
Sky	DVD+R	POMSA001 OR	Sky Media	Février 2004	3
SKC	DVD+R	BeAllI00 P40	BeAll Developers	Février 2004	4
Philips	DVD+R	RICOHJPN R01 002	Ricoh	Février 2004	12
Csita	DVD-R	MCI4XG01	Mitsui	Mars 2004	26 et 27
Maxell	DVD-R	RITEKG04	Ritek	Octobre 2004	32 et 33
Exel	DVD+R	WFKA11 321 000	Wealth Fair Inv.	Septembre 2008	108 et 109

Pour le modèle Philips, seul le disque N°12 est étudié car l'autre disque de ce modèle (N°11) ne présente aucune évolution.

### 6.2 METHODOLOGIE ET MOYENS UTILISES

En plus des données issues des analyseurs, on obtient des informations détaillées par l'étude du signal HF avec un logiciel spécifique développé au LNE. Cette étude complémentaire permet entre autre d'évaluer la forme de la distribution des écarts des transitions pit-land, ainsi que les déformations des codes de synchronisation (14T). La méthode d'analyse est décrite en détail dans le rapport <sup>[1]</sup> dont le lien Internet est donné au paragraphe 1. L'étude complémentaire du signal HF n'a été effectuée qu'en 2011.

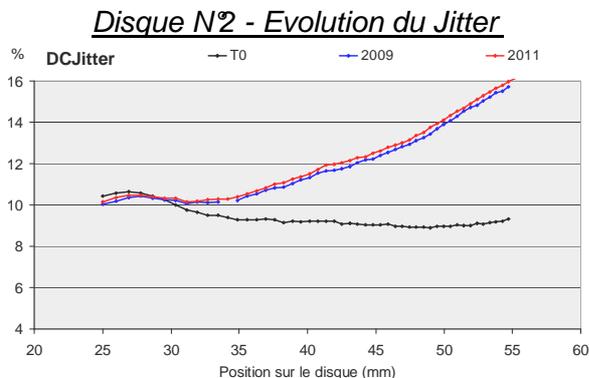
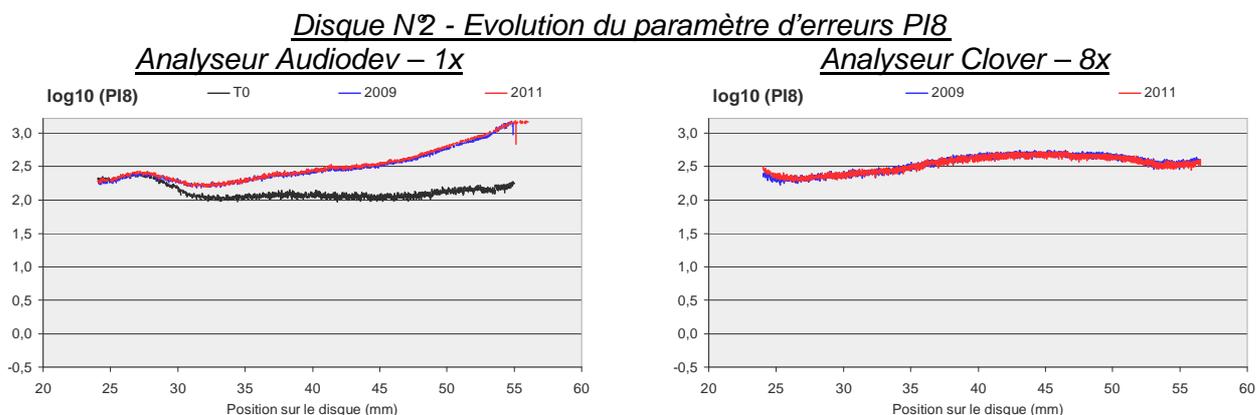
## 6.3 RESULTATS

### DVD-R Memorex (2004) – Disques N°1 et 2

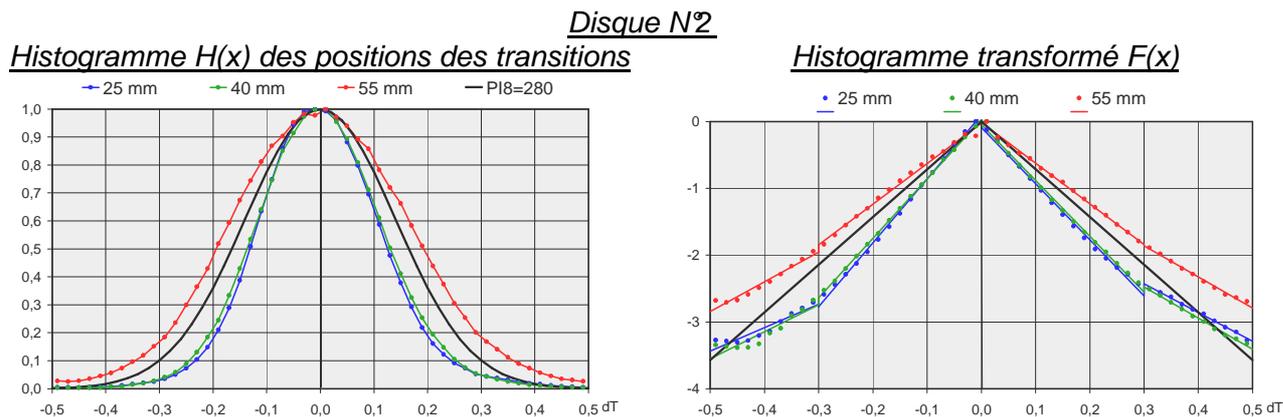
La qualité de gravure initiale des disques N°1 et 2 est assez différente et nettement moins bonne pour le disque N°2 dont le PI8 moyen est de 134 et le DC jitter de 9,3%.

En 2009, les taux d'erreurs PI8 augmentent, à partir du centre du disque et d'autant plus qu'on s'approche du bord externe. Cette augmentation du PI8 est concomitante à une augmentation du jitter. En 2011, la dégradation progresse, mais légèrement par rapport à 2009. Ce type de dégradation touche les deux disques, mais de manière plus importante le disque N°2.

Les graphiques ci-dessous montrent les courbes de PI8 (échelle logarithmique) mesurées avec les deux analyseurs et les courbes du DC jitter du disque N°2.



L'analyse détaillée du signal HF a été effectuée en 2011 sur le disque N°2 pour trois positions (rayons de 25, 40 et 55mm). Les graphes suivants montrent l'histogramme  $H(x)$  et l'histogramme transformé  $F(x)$  pour chacune des trois positions sur le disque. La courbe en trait noir est une courbe de référence gaussienne qui donnerait théoriquement un taux d'erreur PI8 de 280.



Les histogrammes transformés montrent que la distribution est pratiquement gaussienne, avec un écart-type (DC jitter) nettement plus élevé près du bord externe (55 mm).

L'observation des pits et lands 14T (codes de synchronisation) montre des profils déformés, particulièrement pour la position 55 mm, sous forme de fluctuations aussi bien positives (claires) que négatives (sombres).

Le tableau ci-dessous donne les écart-types de ces fluctuations. Ils sont déterminées à partir des écarts au profil moyen des lands 14T et des pits 14T et sont exprimées en pourcentage du niveau maximal  $A_{max}$  du signal HF.

Disque N°2 - Ecart-type des fluctuations sur lands et pits 14T (en % de  $A_{max}$ )

	25 mm	40 mm	55 mm
<b>Lands 14T</b>			
Fluctuations sombres	1,3%	2,3%	<b>3,1%</b>
Fluctuations claires	1,9%	1,9%	<b>2,3%</b>
<b>Pits 14T</b>			
Fluctuations sombres	1,5%	1,7%	<b>2,2%</b>
Fluctuations claires	1,6%	1,8%	<b>2,6%</b>

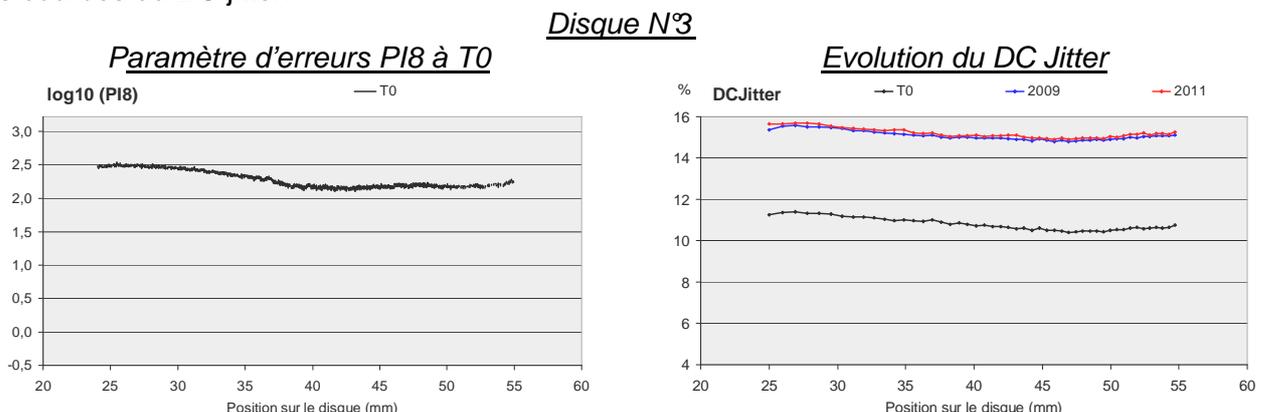
Les fluctuations sont plus importantes pour le rayon de 55mm, en relation avec l'augmentation du jitter et l'augmentation du paramètre d'erreur PI8 vers le bord externe du disque.

### DVD+R Sky (2004) – Disque N°3

La qualité de gravure initiale du disque n°3 n'est pas bonne avec un PI8 moyen de 183 et un DC jitter moyen de 10,7%. On note aussi que la réflectivité des lands ( $A_{max}$ ) est exceptionnellement élevée (plus de 60%) en comparaison avec une moyenne de 49% sur l'ensemble des disques.

Dès 2009, la lecture du disque n'est plus possible avec l'analyseur Clover. La lecture est par contre possible avec l'analyseur Audiodev en 2009 et en 2011. Toutefois, aucune valeur d'erreurs numériques n'est donnée en raison du nombre trop élevé des erreurs. Pour les autres paramètres, on constate principalement une augmentation importante du DC Jitter qui atteint 15%.

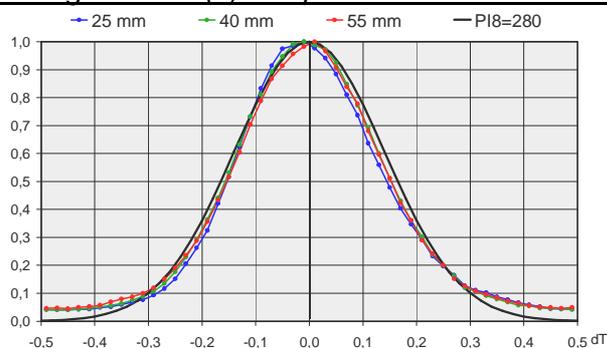
Les graphiques ci-dessous montrent la courbe de PI8 mesurée à T0 avec l'analyseur Audiodev et les courbes du DC jitter.



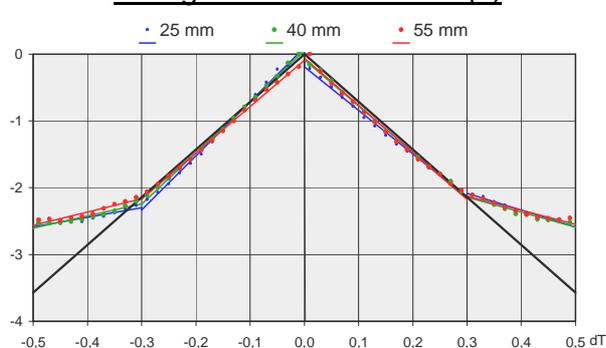
L'analyse détaillée du signal HF a été effectuée en 2011 pour trois positions sur le disque (rayons de 25, 40 et 55mm). Les graphes suivants montrent l'histogramme  $H(x)$  et l'histogramme transformé  $F(x)$  pour chacune des trois positions sur le disque. La courbe en trait noir est une courbe de référence gaussienne qui donnerait théoriquement un taux d'erreur PI8 de 280.

### Disque N°3

Histogramme  $H(x)$  des positions des transitions



Histogramme transformé  $F(x)$



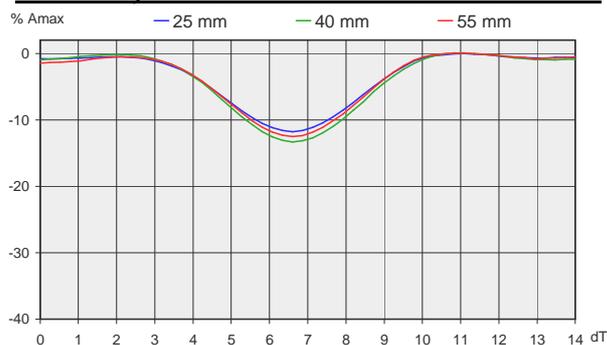
Les trois histogrammes sont similaires ce qui indique que la dégradation est homogène sur tout le disque. L'histogramme transformé montre une cassure révélant la présence de deux distributions superposées, dont l'une correspond à des décalages très élevés générant les erreurs numériques.

L'observation des pits et lands 14T (codes de synchronisation) montre la présence de micro-taches sombres en grand nombre, ce qui explique la double distribution visible sur l'histogramme transformé  $H(x)$ . Ces micro-taches existent aussi bien sur les zones gravées (pits) que sur les zones non gravées (lands). Elles ont une largeur moyenne à mi-hauteur d'environ  $0,5 \mu\text{m}$ , qui est du même ordre que la distance entre sillons adjacents ( $0,74 \mu\text{m}$ ). Les micro-taches affectent environ 22% des pits et lands 14T.

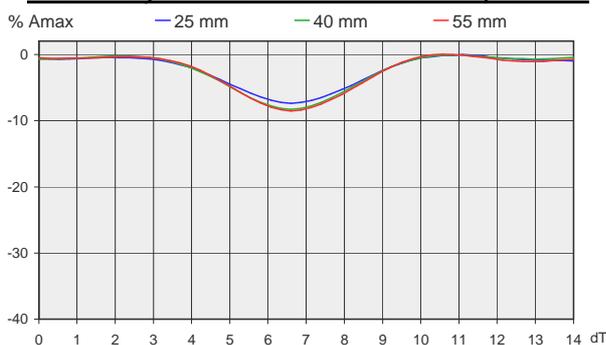
Les graphes suivants montrent le profil moyen des micro-taches. Il est similaire pour les trois positions sur le disque. La profondeur des micro-taches sur land dépasse 10% de la valeur maximale  $A_{\text{max}}$  du signal HF.

### Disque N°3

Profil moyen des micro-taches sur lands 14T



Profil moyen des micro-taches sur pits 14T



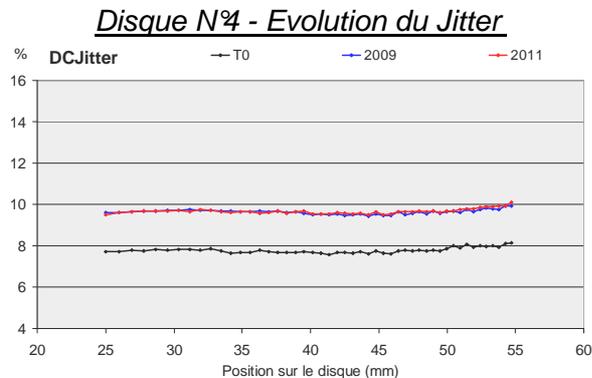
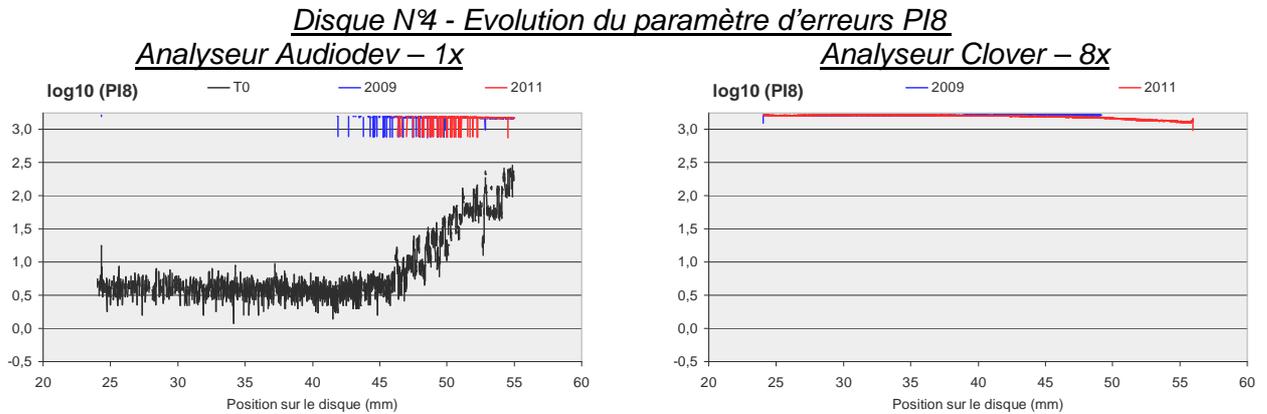
## DVD+R SKC (2004) – Disque N°4

La qualité de gravure initiale du disque n°4 est correcte avec un PI8 moyen de 20 et un DC jitter de 7,8%. Le taux d'erreurs PI8 augmente quelque peu en fin de disque, alors qu'il est excellent (de l'ordre de 4) jusqu'à un rayon de 45 mm.

Dès 2009, le taux d'erreurs PI8 devient extrêmement élevé sur la quasi-totalité du disque (légèrement moins à la fin). L'analyseur Audiodev ne donne pas de valeurs d'erreur numériques sur une grande partie du disque. L'analyseur Clover fait apparaître en 2009 des erreurs incorrigibles jusqu'à 40 mm, puis sur la totalité du disque en 2011.

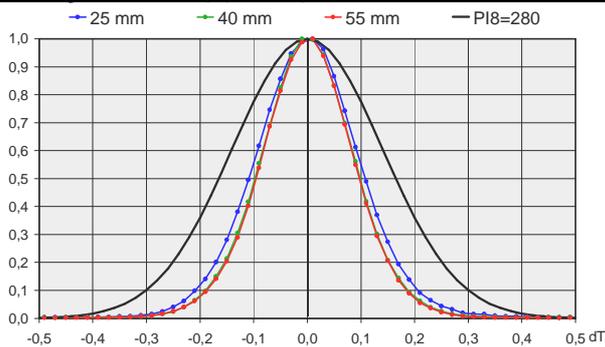
On constate une augmentation du DC Jitter qui reste toutefois modérée (9,6 % en 2009), compte tenu du niveau très élevé du taux d'erreurs numériques.

Les graphiques ci-dessous montrent les courbes de PI8 (échelle logarithmique) mesurées avec les deux analyseurs et l'évolution du DC jitter.

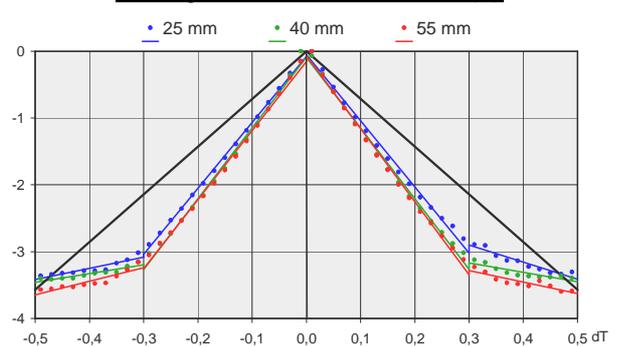


L'analyse détaillée du signal HF a été effectuée en 2011 pour trois positions sur le disque (rayons de 25, 40 et 55mm). Les graphes suivants montrent l'histogramme  $H(x)$  et l'histogramme transformé  $F(x)$  pour chacune des trois positions sur le disque.

Disque N°4  
Histogramme  $H(x)$  des positions des transitions



Histogramme transformé  $F(x)$



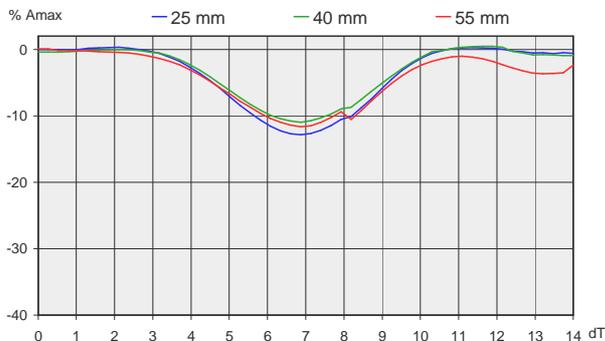
Les histogrammes à 40mm et 55mm sont identiques, l'histogramme à 25mm correspond à un DC jitter un peu plus élevé. La dégradation semble donc légèrement plus importante en début de disque. L'histogramme transformé présente une cassure particulièrement bien marquée pour le rayon de 40mm. Cela révèle la présence d'une distribution secondaire associée à des décalages élevés générant les erreurs numériques.

L'observation des pits et lands 14T (codes de synchronisation) montre la présence de micro-taches sombres à la fois sur les lands et les pits et de micro-taches claires sur les pits. Ces micro-taches affectent de 2 à 5% des lands et pits 14T. Les micro-taches sombres sont plus nombreuses près du bord interne, les micro-taches claires près du bord externe.

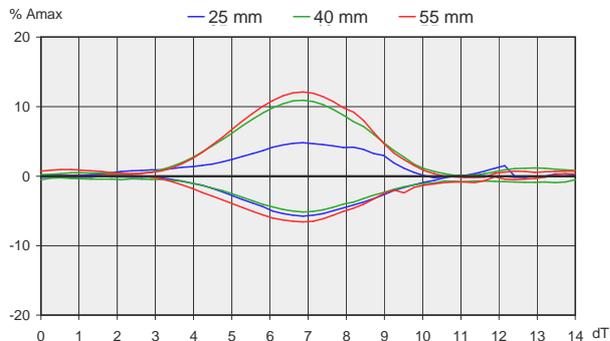
Les graphes suivants montrent le profil moyen des micro-taches. Il est similaire pour les trois positions sur le disque, sauf pour les taches claires qui sont moins marquées en début de disque (25mm).

Disque N°4

Profil moyen des micro-taches sur lands 14T



Profil moyen des micro-taches sur pits 14T (sombres et claires)



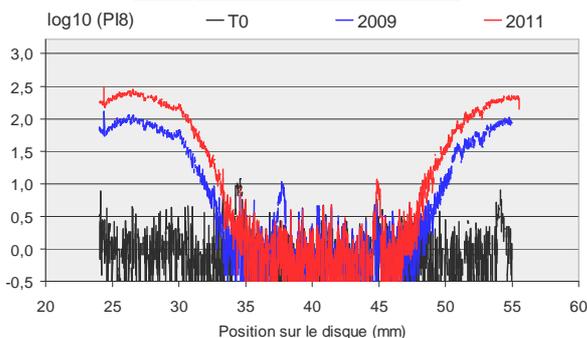
**DVD+R Philips (2004) – Disque N°12**

La qualité de gravure initiale du disque n°12 est excellente avec un PI8 moyen de 1 et un DC jitter moyen de 7,6%.

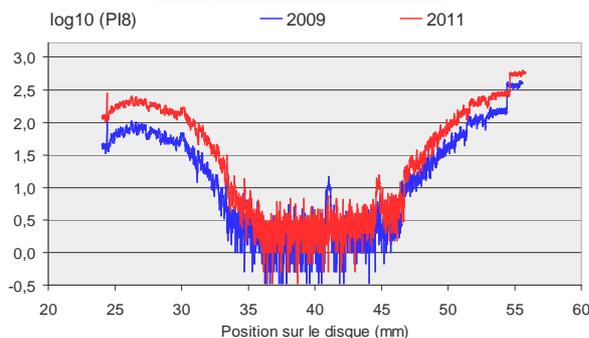
En 2009, il apparaît une augmentation du PI8 d'une part près du bord interne du disque, d'autre part près du bord externe. La partie centrale, pour un rayon compris entre 35 et 45mm, n'est pas affectée. Cette dégradation s'accroît en 2011, le taux d'erreur PI8 atteignant 250 dans les zones dégradées. Les graphiques ci-dessous montrent les courbes de PI8 (échelle logarithmique) mesurées avec les deux analyseurs.

Disque N°12 - Evolution du paramètre d'erreurs PI8

Analyseur Audiodev – 1x

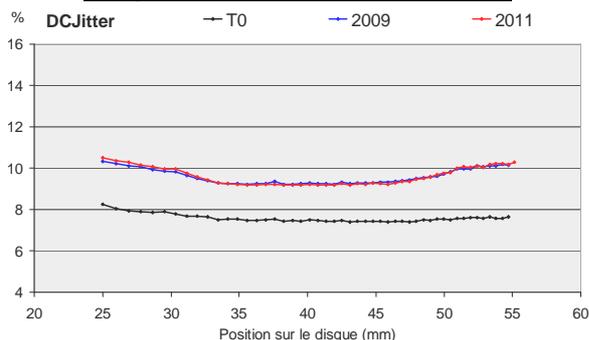


Analyseur Clover – 8x



Le graphe ci-dessous montre l'évolution du jitter. L'écart entre T0 et 2009 peut être en partie dû au changement d'analyseur Audiodev en 2006. Il n'y a pas de relation entre taux d'erreur et jitter.

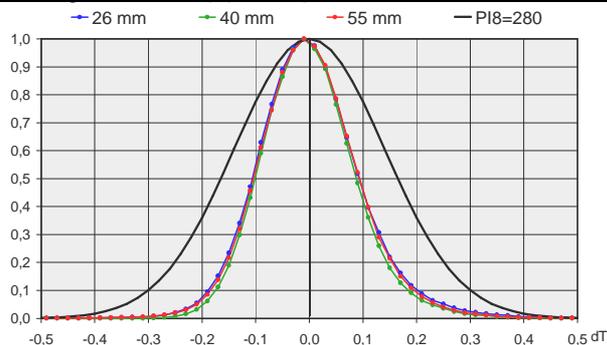
Disque N°12 - Evolution du Jitter



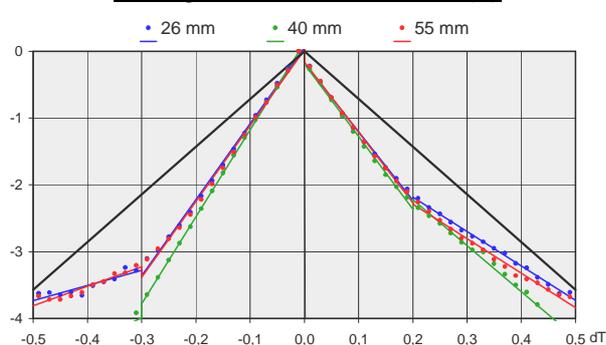
L'analyse détaillée du signal HF a été effectuée en 2011 pour trois positions sur le disque (rayons de 26, 40 et 55mm). Les graphes suivants montrent l'histogramme  $H(x)$  et l'histogramme transformé  $F(x)$  pour chacune des trois positions sur le disque.

### Disque N°12

Histogramme  $H(x)$  des positions des transitions



Histogramme transformé  $F(x)$



Les histogrammes à 26mm et 55mm sont identiques. Ils se distinguent de l'histogramme à 40mm, surtout dans la partie gauche, par une distribution secondaire qui est responsable de l'augmentation des erreurs numériques.

L'observation des pits et lands 14T (codes de synchronisation) ne montre pas nettement la présence de micro-taches. A 26mm et 55mm, on observe sur 4 à 5% des pits 14T des micro-taches claires, mais peu marquées.

La dégradation du disque n'est pas assez importante pour qu'il soit possible, avec les moyens utilisés, d'en donner la cause de manière certaine. En particulier on ne connaît pas la distribution surfacique des erreurs et on ne sait pas si elles affectent le disque sur toute sa circonférence.

### DVD-R Csita (2004) – Disques N°26 et 27

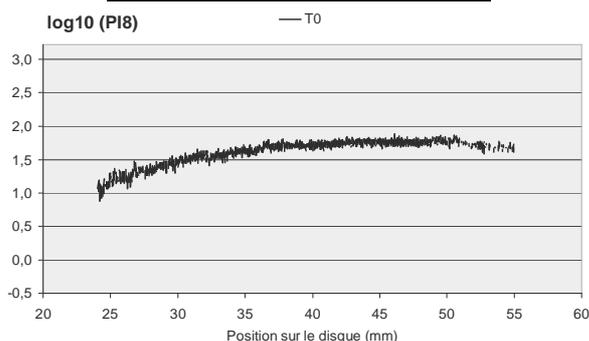
La qualité de gravure initiale des disques n°26 et 27 est passable avec des PI8 moyens respectivement de 45 et 100 et un DC jitter de l'ordre de 8%.

En 2009 et 2011, ces deux disques sont quasi illisibles avec l'analyseur Clover. Avec l'analyseur Audiodev, la mesure des paramètres d'erreurs est impossible, mais les paramètres du signal HF restent mesurables.

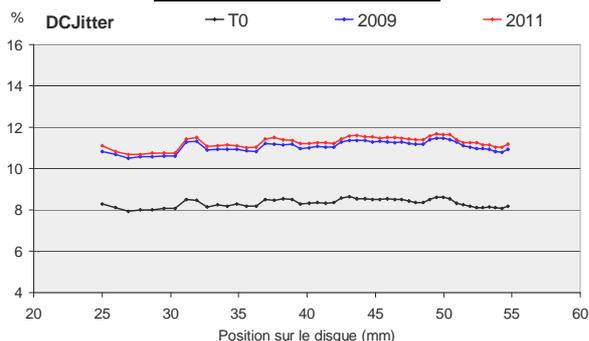
Les graphiques ci-dessous montrent, pour le disque N°26, la courbe de PI8 mesurée à T0 avec l'analyseur Audiodev et les courbes du DC jitter.

### Disque N°26

Paramètre d'erreurs PI8 à T0



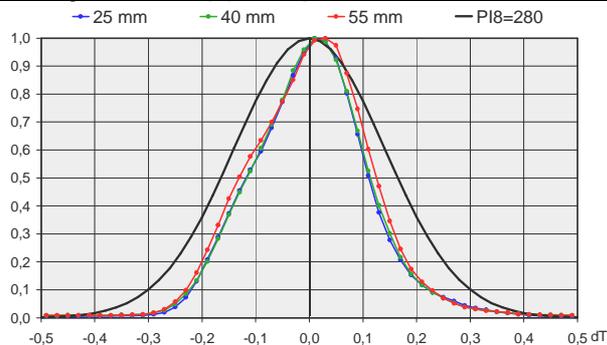
Evolution du DC Jitter



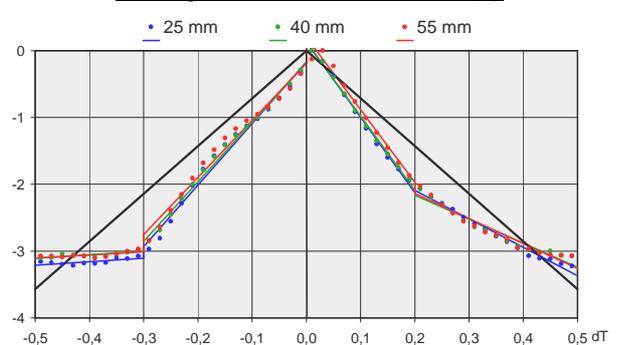
L'analyse détaillée du signal HF est effectuée en 2011 sur le disque N°26 qui est un peu moins dégradé que le disque N° 27, pour trois positions sur le disque (rayons de 25, 40 et 55mm). Les graphes suivants montrent l'histogramme  $H(x)$  et l'histogramme transformé  $F(x)$  pour chacune des trois positions sur le disque.

### Disque N°26

Histogramme  $H(x)$  des positions des transitions



Histogramme transformé  $F(x)$



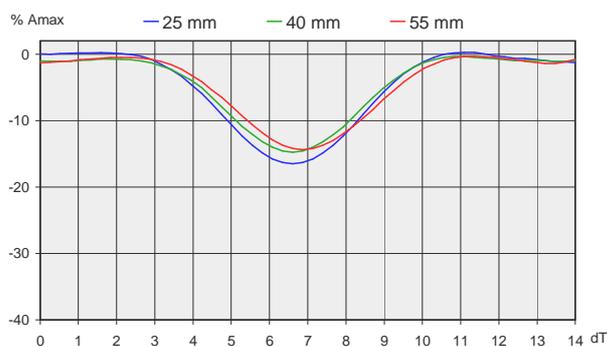
Les trois histogrammes sont similaires ce qui indique que la dégradation est homogène sur tout le disque. L'histogramme transformé montre, dans sa partie gauche, une cassure révélant la présence de deux distributions superposées, dont l'une correspond à des décalages très élevés générant les erreurs numériques.

L'observation des pits et lands 14T (codes de synchronisation) montre la présence de micro-taches sombres à la fois sur les lands et les pits. Ces micro-taches affectent environ 8% des lands 14T et 3% des pits 14T.

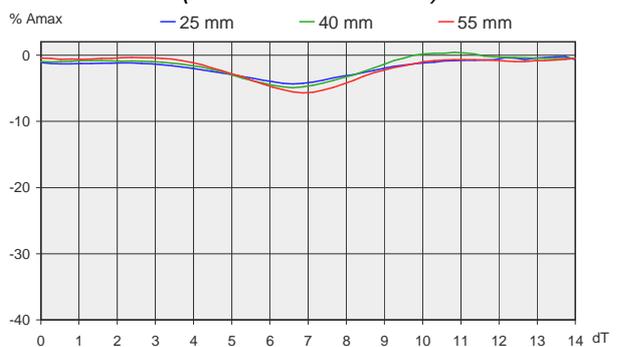
Les graphes suivants montrent le profil moyen des micro-taches. Les micro-taches sont plus marquées sur les lands avec une profondeur qui atteint 15% de l'amplitude maximale  $A_{max}$  du signal HF.

### Disque N°26

Profil moyen des micro-taches sur lands 14T



Profil moyen des micro-taches sur pits 14T (sombres et claires)



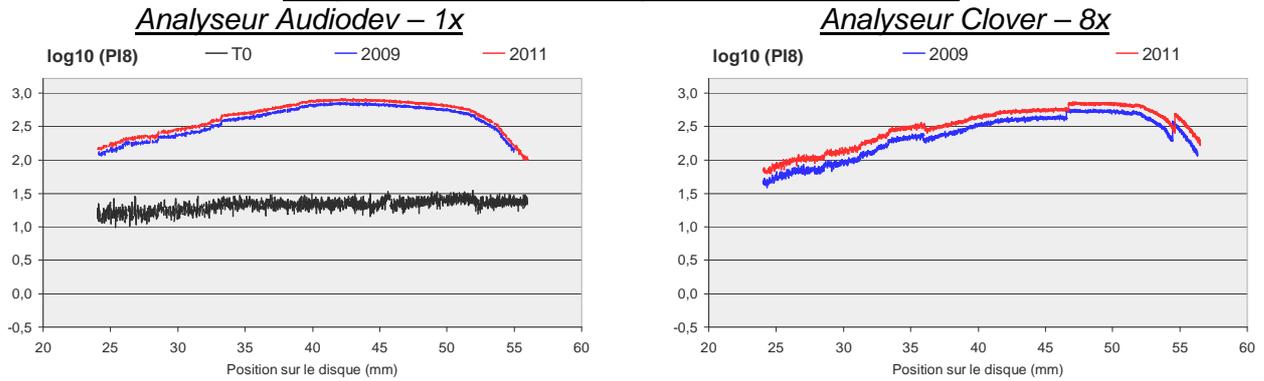
## DVD-R Maxell (2004) – Disques N°32 et 33

La qualité de gravure initiale des disques n°32 et 33 est bonne avec des PI8 moyens respectivement de 21 et 14 et des DC jitter respectivement de 8,5 et 7,3%.

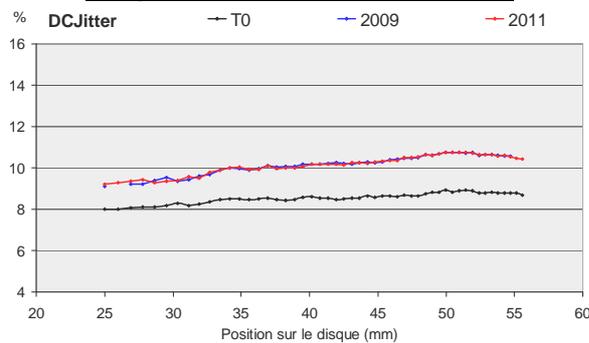
En 2009, les taux d'erreurs PI8 deviennent importants pour le disque N°32, atteignant 700 dans la partie centrale du disque. Le disque N°33 présente aussi une augmentation du taux d'erreur PI8, mais beaucoup moins important (PI8 max de 125). De 2009 à 2011, le PI8 n'augmente que faiblement. On constate également une augmentation du jitter entre T0 et 2009 qui ne se poursuit pas en 2011.

Les graphiques ci-dessous montrent les courbes de PI8 (échelle logarithmique) mesurées avec les deux analyseurs et l'évolution du DC jitter.

Disque N°32 - Evolution du paramètre d'erreurs PI8



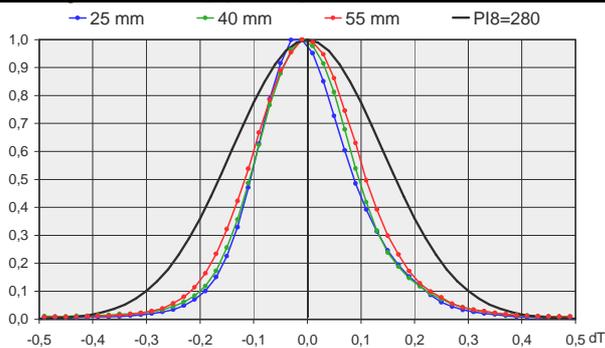
Disque N°32 - Evolution du Jitter



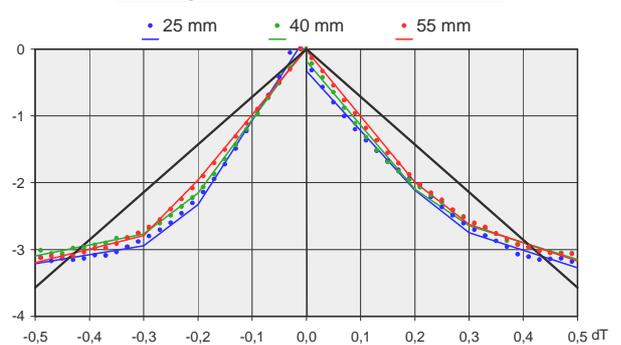
L'analyse détaillée du signal HF a été effectuée en 2011 sur le disque N°32 pour trois positions (rayons de 25, 40 et 55mm). Les graphes suivants montrent l'histogramme  $H(x)$  et l'histogramme transformé  $F(x)$  pour chacune des trois positions sur le disque.

Disque N°32

Histogramme  $H(x)$  des positions des transitions



Histogramme transformé  $F(x)$



Les histogrammes transformés montrent que la distribution est loin d'être gaussienne. Toutefois, il n'y a pas de cassure franche qui révélerait une double distribution.

L'observation des pits et lands 14T (codes de synchronisation) ne montre pas de micro-taches vraiment caractéristiques. Les profils sont déformés, particulièrement pour la position 40 mm, sous forme de fluctuations et non pas de micro-taches isolées. Ainsi presque tous les codes de synchronisation sont affectés.

Le tableau ci-après donne les écart-types des fluctuations. Ils sont déterminées à partir des écarts au profil moyen des lands 14T et des pits 14T et sont exprimées en pourcentage du niveau maximal  $A_{max}$  du signal HF.

Disque N°32 - Ecart-type des fluctuations sur lands et pits 14T (en % de Amax)

	25 mm	40 mm	55 mm
<b>Lands 14T</b>			
Fluctuations sombres	1,8%	1,9%	2,0%
Fluctuations claires	1,4%	1,4%	1,3%
<b>Pits 14T</b>			
Fluctuations sombres	1,7%	1,9%	1,9%
Fluctuations claires	<b>2,8%</b>	<b>3,5%</b>	<b>2,8%</b>

Les fluctuations sont plus importantes sur les pits que sur les lands. Les fluctuations claires sur pits 14T sont les plus importantes et semblent être à l'origine des taux d'erreurs PI8. En effet, on a, pour le rayon 40 mm, à la fois un maximum pour l'écart-type de ces fluctuations et pour le paramètre d'erreur PI8.

**DVD+R Exel (2008) – Disques N°108 et 109**

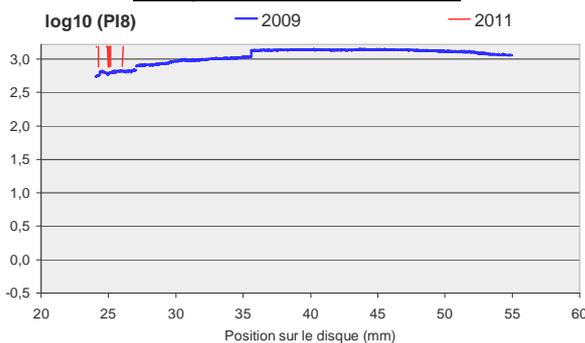
La qualité de gravure initiale des disques n°108 et 109 est passable avec des PI8 moyens de l'ordre de 50 et un DC jitter de l'ordre de 8,5 à 10.

En 2009, les taux d'erreurs PI8 augmentent fortement, surtout pour le disque N°109, avec une valeur maximale dépassant 1000. L'augmentation du PI8 se poursuit entre 2009 et 2011, avec apparition de nombreuses erreurs incorrigibles. Le jitter augmente également fortement avec une valeur qui atteint 14% en 2011.

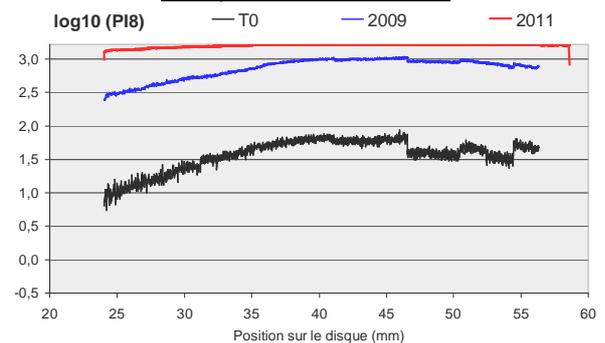
Les graphiques ci-dessous montrent, pour le disque N° 109, les courbes de PI8 (échelle logarithmique) mesurées avec les deux analyseurs et l'évolution du DC jitter. Le disque N° 109 n'a pas été analysé à T0 avec l'analyseur Audiodev.

Disque N°109 - Evolution du paramètre d'erreurs PI8

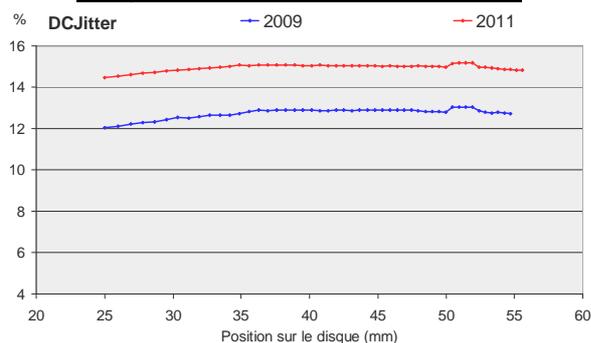
Analyseur Audiodev – 1x



Analyseur Clover – 8x



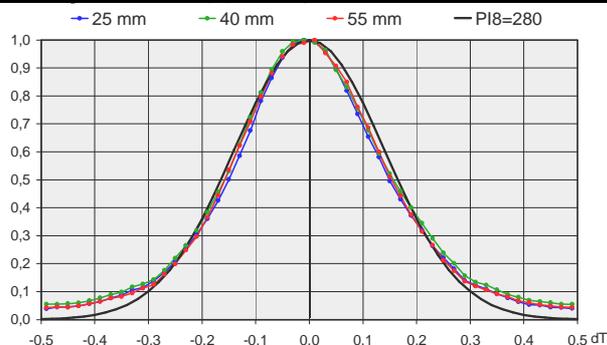
Disque N°109 - Evolution du Jitter



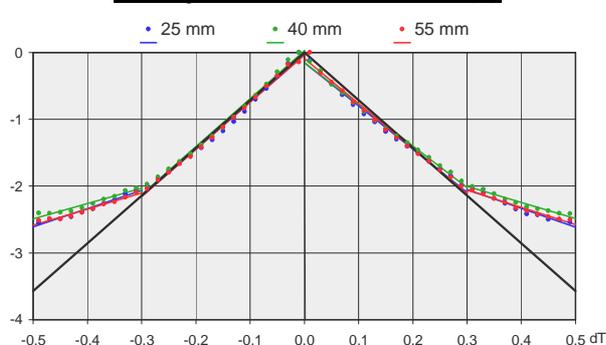
L'analyse détaillée du signal HF a été effectuée en 2011 sur le disque N°109 pour trois positions (rayons de 25, 40 et 55mm). Les graphes suivants montrent l'histogramme  $H(x)$  et l'histogramme transformé  $F(x)$  pour chacune des trois positions sur le disque.

Disque N°109

Histogramme  $H(x)$  des positions des transitions



Histogramme transformé  $F(x)$



Les trois histogrammes sont similaires ce qui indique que la dégradation est homogène sur tout le disque. L'histogramme transformé montre une cassure révélant la présence de deux distributions superposées. Toutefois, l'observation des pits et lands 14T montre plutôt des fluctuations que des micro-taches bien marquées. Ces fluctuations sont présentes sur les lands et sur les pits.

Le tableau ci-dessous donne les écart-types des fluctuations.

Disque N°109 - Ecart-type des fluctuations sur lands et pits 14T (en % de Amax)

	25 mm	40 mm	55 mm
<b>Lands 14T</b>			
Fluctuations sombres	1,7%	1,8%	2,2%
Fluctuations claires	1,3%	1,7%	1,7%
<b>Pits 14T</b>			
Fluctuations sombres	1,2%	1,4%	1,5%
Fluctuations claires	1,9%	2,2%	2,1%

## 7 CONCLUSION

L'étude des analyses effectuées sur 113 DVD±R de 60 modèles a fait apparaître un vieillissement important pour 7 modèles, soit 12% des modèles de la collection. Six de ces modèles sont de 2004 et un est de 2008. A partir de 2005, la proportion des modèles présentant un vieillissement naturel n'est donc plus que de 1 sur 40, soit 2,5%.

Si l'on compare ces résultats avec ceux obtenus sur une collection de CD-R gravés entre 2000 et 2002 et comportant 53 modèles différents (cf. §1), le nombre de modèles présentant une dégradation est du même ordre pour les DVD±R et pour les CD-R.

On retrouve aussi par l'étude du signal HF les mêmes types de dégradation pour les DVD et les CD. En particulier, on a mis en évidence l'existence de micro-taches dont le diamètre est de l'ordre de la largeur du sillon. Des micro-taches produisant un éclaircissement des zones gravées ont été observées sur certains disques en plus de micro-taches sombres. Contrairement à ce qui a été possible avec les CD-R, on n'a pas pu visualiser ces micro-taches avec un microscope optique, faute d'une résolution et d'un contraste suffisant du microscope.

La répartition des dégradations sur la surface des DVD est plus homogène que dans le cas des CD. On trouve peu de DVD avec des dégradations limitées à l'extrême bord du disque ou présentant une dégradation très différente entre le centre et le bord du disque (à l'exception du disque N°12). Ceci tient probablement à la différence d'encapsulation de la couche sensible, par un vernis dans le cas des CD, par une deuxième galette de polycarbonate dans le cas des DVD.

Si l'on excepte la dizaine de disques présentant une dégradation marquée, on observe sur l'ensemble des autres disques une très légère augmentation moyenne du taux d'erreur PI8. Cette augmentation est visible avec l'analyseur Clover, mais n'excède pas 5 à 10% par an. Pour un disque correctement gravé au départ, l'augmentation du taux d'erreur nécessaire pour avoir un risque de perte de données est au moins d'un facteur 10. Au rythme qui a été observé sur quelques années, on calcule que la longévité d'un DVD±R devrait être d'au moins 25 ans. Toutefois, cela suppose qu'il n'y a pas d'effet de seuil ou de phénomène particulier qui fasse augmenter brutalement les taux d'erreurs, après une longue période de stagnation.

Les dégradations importantes observées sur les 7 modèles de DVD±R, se manifestent de plusieurs façons sur le signal HF (augmentation du jitter, fluctuations de réflectivité des zones gravées, micro-taches sombres ou claires). On note une certaine similitude avec les dégradations observées sur les CD-R. Ainsi, la compréhension des mécanismes physico-chimiques à l'origine du vieillissement des CD-R à forte dégradation pourrait probablement être étendue aux DVD±R à forte dégradation. Le travail actuellement en cours au LPMM avec la thèse de Steeve Collin sur le vieillissement des CD-R, devrait donner des pistes pour une meilleure compréhension du vieillissement naturel des DVD±R.