

LABORATOIRES DE TRAPPES
29 avenue Roger Hennequin – 78197 Trappes Cedex
Tél. : 01 30 69 10 00 - Fax : 0 30 69 12 34

**Tenue dans le temps des DVD-ROM, DVD±R et DVD en verre (HLD)
à température et hygrométrie élevées**

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

Auteur : Jacques PERDEREAU

Décembre 2010

Financement :

Laboratoire National de Métrologie et d'Essais

R&D N°202 / 2009

Référence LNE :

Contrat EAF 4305 /2009

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DE L'ETUDE	3
1.1. CONTEXTE	3
1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	3
1.3. SCHÉMA DE L'ÉTUDE.....	3
2. LES REFERENCES DE DVD.....	4
2.1. DVD REPLIQUES (DVD-ROM)	4
2.2. DVD ENREGISTRABLES	4
2.3. DVD EN VERRE HLD.....	5
3. EVALUATION DE LA QUALITE DE GRAVURE DES DVD.....	6
3.1. PARAMETRES D'ANALYSE.....	6
3.2. ANALYSEURS ET VITESSES D'ANALYSE	6
4. CONDITIONS DU VIEILLISSEMENT	7
5. RESULTATS DES ESSAIS DE VIEILLISSEMENT ACCELERE.....	8
5.1. DVDR.....	8
5.2. DVD 5 ET DVD 10	12
5.3. DVD 9	14
5.3. DVD EN VERRE HLD.....	16
5.4. SYNTHESE DE L'ESSAI DE VIEILLISSEMENT ACCELERE.....	17
6. CONCLUSION	18
ANNEXE 1 : PARAMETRES MESURES.....	19

1. PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1. CONTEXTE

Les disques optiques sont largement utilisés pour la diffusion des œuvres (musiques, films,...) et l'archivage des données numériques. Plusieurs études et surtout le rapport de l'Académie des Sciences et de l'Académie des Technologies intitulé « Longévité de l'information numérique » montrent que les différents supports de l'information numérique (disques durs, bandes magnétiques et disques optiques numériques) peuvent avoir des durées de vie nettement plus courtes que celles données par les fabricants. Ce rapport préconise d'étudier d'autres solutions technologiques dédiées à la conservation des données numériques sur le long terme.

C'est dans le cadre de cette préconisation que le conseil scientifique du GIS-DON (Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Disques Optiques Numériques) a souhaité étudier la tenue dans le temps d'un disque optique numérique DVD en verre nommé High Longevity Disc (HLD).

1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

La présente étude vise à comparer la tenue dans le temps des DVD en verre HLD à celle des DVD-ROM (DVD répliqués) et des DVD±R (DVD enregistrables). La potentialité de cette technologie en terme d'aptitude à conserver les informations numériques sur le long terme pourra ainsi être évaluée.

Pour étudier l'évolution de ces disques dans le temps, il est nécessaire d'accélérer leur vieillissement naturel. Pour ce faire, les DVD sont soumis à des conditions climatiques sévères en température et humidité. La dégradation des disques dans le temps peut être ainsi évaluée pour une durée d'exposition maximale de 1500 heures. La durée de vie des différents DVD, pour ces conditions, est déterminée en mesurant l'évolution du nombre de données numériques enregistrées erronées.

1.3. SCHÉMA DE L'ÉTUDE

La tenue dans le temps des DVD HLD ne peut être évaluée dans l'absolu. Les DVD choisis comme éléments de comparaison sont soit réputés comme ayant une bonne tenue dans le temps, c'est le cas des DVD répliqués (appelés DVDROM dans l'étude), soit ont montré une bonne tenue en vieillissement accéléré (80°C et 85% HR) dans les études LNE précédentes (cas du DVD+R MPO et DVD-R Verbatim).

Les DVD sont placés dans une enceinte climatique dans des conditions dites sévères en température et humidité pour une durée maximale de 1500 heures et ceci par tranches de 125 heures. Le DVD HLD étant en verre, la température a été choisie égale à 90 °C, soit 10 °C de plus que pour les études précédentes, tout en maintenant l'humidité relative à 85%.

Les taux d'erreurs des DVD sont mesurés au début de l'étude et après chaque durée d'étuvage de 125 Heures.

La fin de vie des DVD correspond à un taux d'erreur dépassant les limites normalisées ou à l'illisibilité du disque.

2. LES REFERENCES DE DVD

2.1. DVD REPLIQUES (DVD-ROM)

Les DVD répliqués sont des DVD Vidéo du commerce. Le procédé industriel de fabrication est réputé garantir une grande stabilité du disque dans le temps car le disque est principalement constitué de polycarbonate et d'une couche réfléchissante en aluminium.

Dix échantillons de différentes provenances ont été sélectionnés et sont répartis comme suit :

- Quatre DVD simple couche (DVD 5) référencés DVD 5 n°1 à 4
- Cinq DVD double couche (DVD 9) référencés DVD 9 n°1 à 5
- Un DVD double face (DVD 10) référencé DVD 10 n°1



2.2. DVD ENREGISTRABLES

Six modèles de DVDR ont été choisis en fonction de leur tenue dans le temps en vieillissement accéléré à 80°C et 85% HR. Cinq échantillons par modèle ont été gravés dans des conditions assurant un taux d'erreur initial très faible pour tous les disques.

Références de DVD+R et DVD-R étudiées

N°	Marque	Standard	Modèle	Couche métallique	Code d'identification du fabricant	Durée de vie à 80°C et 85% HR
1	MPO	DVD+R	Gold	Or	MPOMEDIA 0080 (MPO)	1500 H
2	VERBATIM	DVD-R	« Standard »	Or	MCC 03RG20 (Mitsubishi)	1500 H
3	MAXELL	DVD+R	« Standard »	Argent	YUDEN000 T03 (Taiyo Yuden)	500 H
4	FUJIFILM	DVD-R	Pro	Argent	TYG02 (Taiyo Yuden)	250 H
5	VERBATIM	DVD-R	Archival Grade	Or+Argent	MCC 02RG20 (Mitsubishi)	750 H
6	DELKIN	DVD-R	Archival Gold	Or	MBI 01/RG40	-



DVD+R MPO GOLD



DVD-R VERBATIM



DVD-R VERBATIM Archival



DVD+R MAXELL



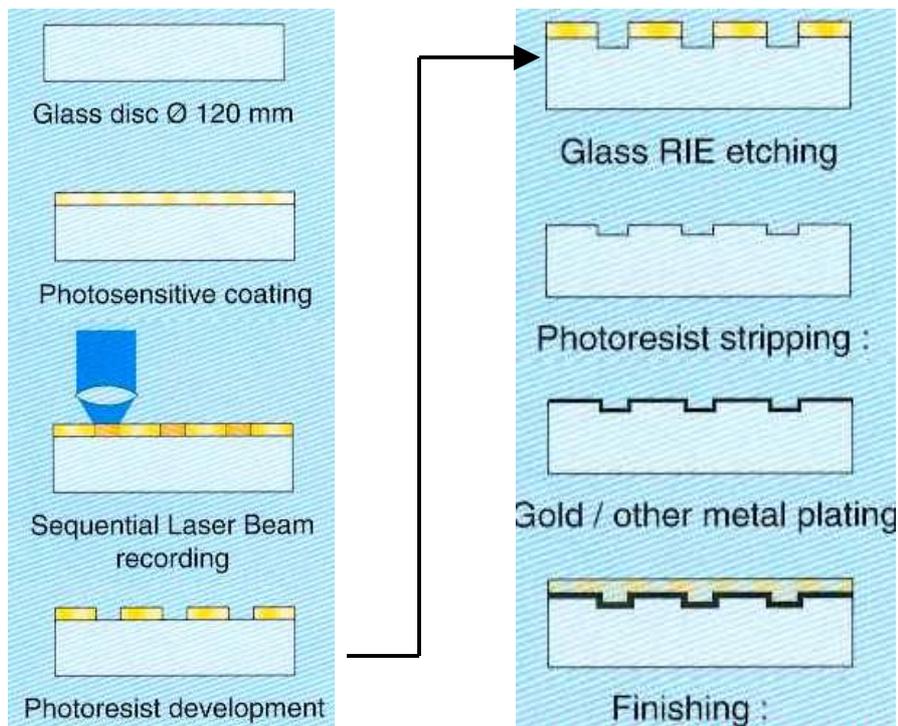
DVD-R FUJI PRO



DVD-R DELKIN Archival

2.3. DVD EN VERRE HLD

Les DVD HLD sont réalisés en gravant les informations numériques dans du verre trempé. Le procédé de fabrication est décrit ci-après :



Plus précisément, les prototypes DVD HLD évalués dans cette étude sont fabriqués avec des verres sodocalciques (float Glass) gravés en Plasma. Ils sont ensuite nettoyés par voie sèche et métallisés à l'Aluminium.

Les quatre prototypes DVD HLD ont été fournis et construits par M. Pascal André en 2010.



DVD HLD

3. EVALUATION DE LA QUALITE DE GRAVURE DES DVD

3.1. PARAMETRES D'ANALYSE

La qualité de gravure d'un DVD est évaluée en fonction de trois types de paramètres (voir annexe 1) :

- paramètres du signal HF (amplitude, contraste et Jitter),
- erreurs numériques (PI8, POF,...),
- paramètres du signal d'asservissement (focalisation, suivi de piste,...

Dans le cadre de l'estimation des durées de vie, la normalisation (norme ECMA 396) ne retient que les erreurs numériques et plus particulièrement les erreurs de type PI8.

3.2. ANALYSEURS ET VITESSES D'ANALYSE

La qualité des DVD est évaluée au moyen de deux systèmes d'analyse :

- Un analyseur de la société *Audio Development* (modèle CATS DVDR Pro - version logicielle 3.20 SP1). En plus des paramètres d'erreurs numériques, l'analyseur CATS délivre des informations caractéristiques du signal HF provenant de la tête de lecture (signal optique) et des signaux d'asservissement servant au guidage et à la focalisation précise du faisceau laser. Il s'agit d'un équipement de référence Il réalise des analyses à la vitesse de lecture 1x.
- Un analyseur de la société *Clover* (modèle DVX robotisé – version 3.0.7). L'analyseur Clover permet des analyses (taux d'erreur numérique) jusqu'à la vitesse de lecture 16x.

On a réalisé, pour chacun des disques, une mesure des erreurs numériques pour les conditions d'analyse suivantes :

- Analyseur CATS en lecture à la vitesse 1x
- Analyseur Clover en lecture à la vitesse 16x

4. CONDITIONS DU VIEILLISSEMENT

L'étude de la dégradation dans le temps des disques gravés n'est guère possible dans les conditions climatiques normales de conservation. En effet, cette dégradation est normalement très lente et son appréciation nécessiterait des observations sur des durées de plusieurs années. C'est pourquoi, on étudie l'évolution des disques dans des conditions climatiques sévères (température 90°C, degré d'hygrométrie relative de 85%). Ces conditions sévères induisent une accélération des transformations physico-chimiques à l'origine de la dégradation des disques. Le facteur d'accélération est d'autant plus élevé que les conditions sont sévères.

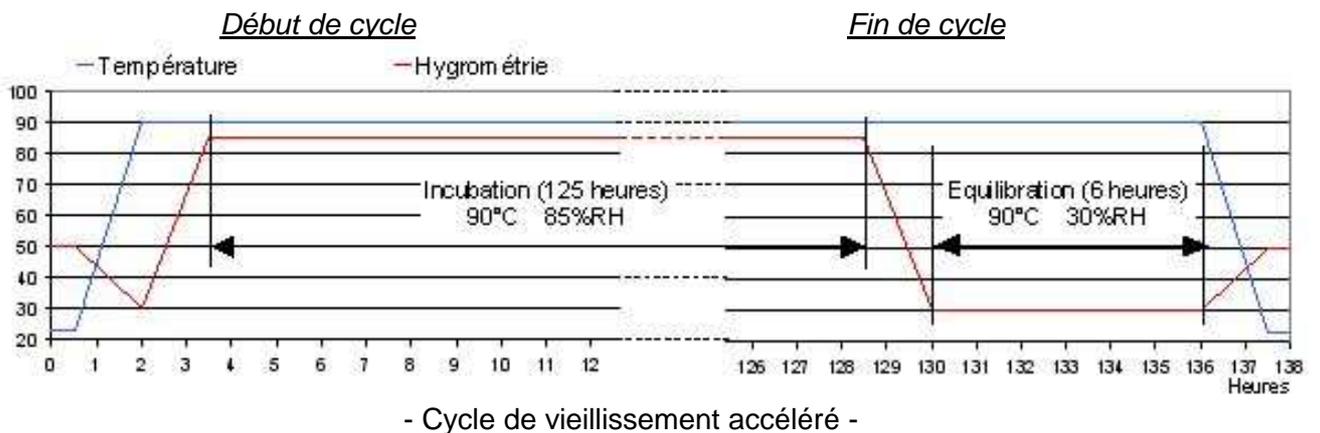
L'essai de vieillissement accéléré a été effectué au total sur 1500 heures pour les DVD les plus résistants. On a opéré par palier de 125 heures avec des analyses entre chaque palier.

Les disques sont placés dans une enceinte climatique programmable en température et hygrométrie CLIMATS type Excal 5423-HE.



- DVD sur support dans l'enceinte climatique Climats-

Afin de faire les analyses intermédiaires, on doit retirer les disques de l'enceinte. Pour cela on doit revenir progressivement aux conditions climatiques normales. En effet, afin d'éviter la formation de bulles d'eau dans le polycarbonate, il est nécessaire de « purger » le polycarbonate de l'eau qu'il a absorbée à température élevée. Pour cela, le taux d'humidité est d'abord diminué jusqu'à 30% tout en maintenant la température à 90°C. Un palier dit « d'équilibration », d'une durée de 6 heures, est ensuite effectué, en maintenant toujours la température de 90°C. Les graphiques ci-dessous montrent l'évolution de la température et du degré hygrométrique au début et à la fin d'un cycle de 125 heures à 90°C et 85% d'humidité.



5. RESULTATS DES ESSAIS DE VIEILLISSEMENT ACCELERE

Les résultats sont données ci-après par type de disque DVDR, DVDROM et DVD HLD.

La fin de vie du DVD correspond à l'une des conditions suivantes

- PI8 est supérieur à 280,
- ou présence d'erreurs incorrigibles POF,
- ou illisibilité partielle ou totale du DVD.

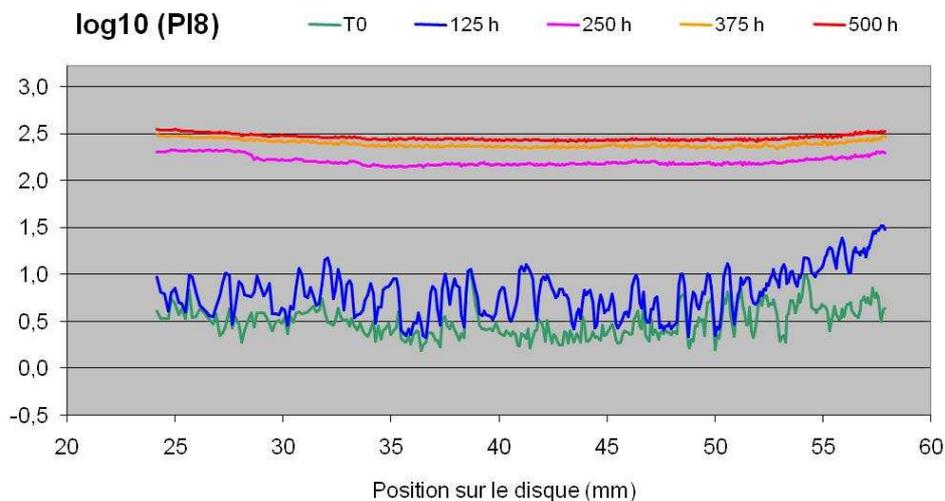
Il suffit qu'une de ces conditions soit satisfaite avec un des deux analyseurs pour que le disque soit considéré comme "mort".

Dans ce rapport, les graphiques représentant l'évolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition, pour chaque modèle de DVD, correspondent aux résultats obtenus avec l'analyseur Cats.

5.1. DVDR

DVD+R n°1 MPO

Le comportement du DVD+R est le même pour les deux analyseurs. Les erreurs augmentent régulièrement en fonction de la durée d'exposition. Les erreurs sont homogènes sur tout le disque. Les erreurs PI8 dépassent le seuil de 280 après une exposition de 500 heures. Il n'y a pas d'erreur incorrigible. Le Jitter passe de 9 à 10% entre T0 et T0+500 heures.

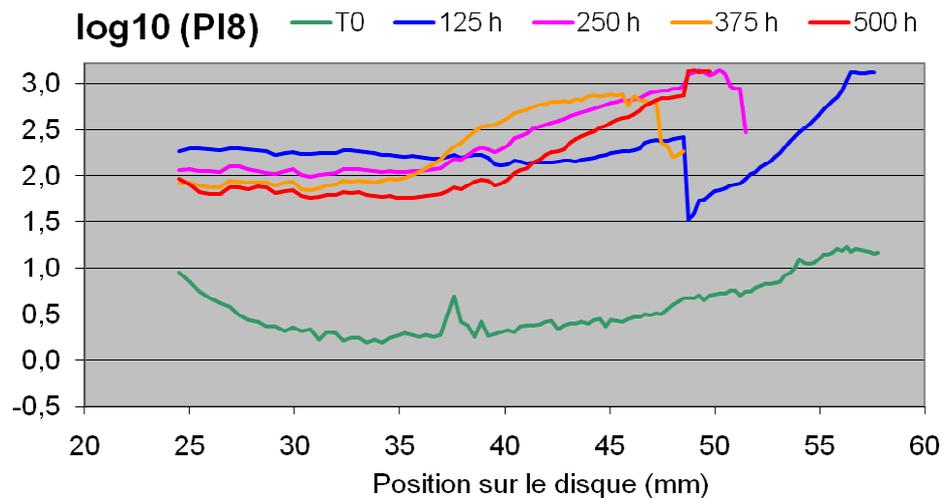


- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD+R n°1 -

La durée de vie retenue pour le **DVD+R MPO** est : **375 heures**.

DVD-R n2 Verbatim

Le comportement des disques avec les analyseurs est différent. Il l'est aussi d'un disque à l'autre. L'analyseur Clover semble moins sensible aux défauts présents sur les disques. Après 125 heures d'exposition, avec l'analyseur Cats, les erreurs sur les disques ainsi que le jitter dépassent les limites et un des disques est partiellement illisible. Pour l'analyseur Clover, c'est après 250 heures d'exposition que plusieurs disques sont illisibles ou ont des erreurs incorrigibles.



- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD-R n2 -

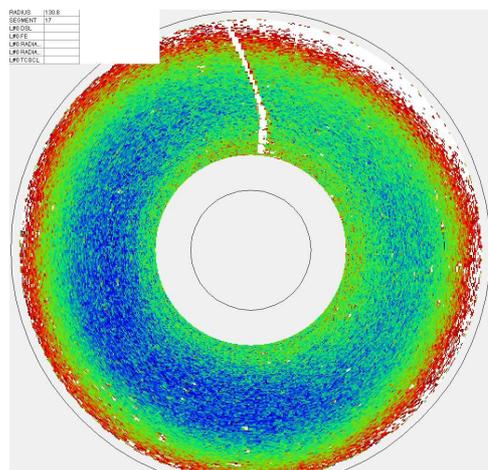
Ce modèle de DVD avait la plus longue durée de vie pour les conditions climatiques de 80°C et 85% HR (1500 heures). Pour 90°C, il est détruit dès le premier cycle de 125 heures.

La durée du **DVD-R Verbatim** est **inférieure à 125 heures**.

DVD+R n3 Maxell

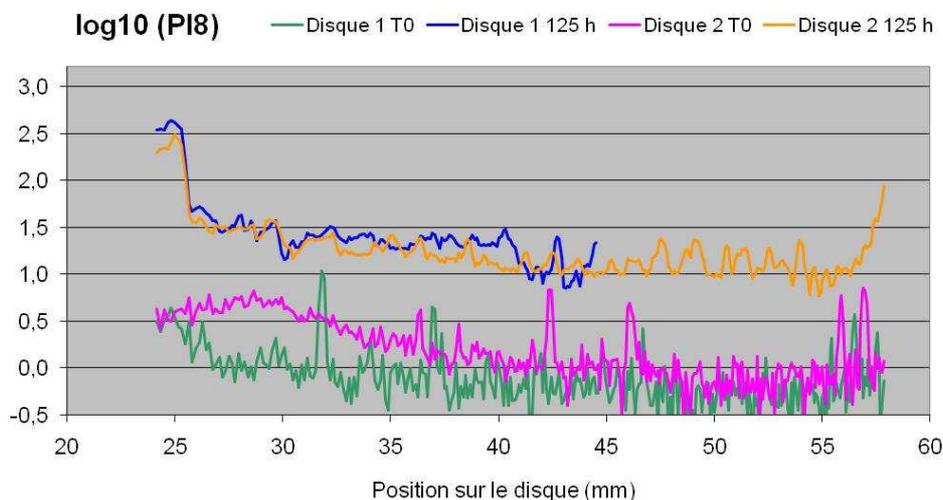
Le comportement des disques selon les analyseurs est différent. Il l'est aussi d'un disque à l'autre. Ce ne sont pas les mêmes disques qui deviennent partiellement illisibles avec un analyseur ou l'autre.

Une des explications est qu'après 125 heures d'exposition on constate l'apparition d'une rayure radiale du polycarbonate allant du centre du DVD vers l'extérieur. Trois des cinq disques font apparaître une telle rayure.



- Représentation de surface du bruit radial- Rayure sur le DVD -.

Après 125 Heures d'exposition, pour les deux analyseurs, trois disques sur cinq sont soit partiellement illisibles (cas du disque 1 dans le graphe ci-dessous), soit présentent des erreurs incorrigibles. Le jitter est inférieur à 10%

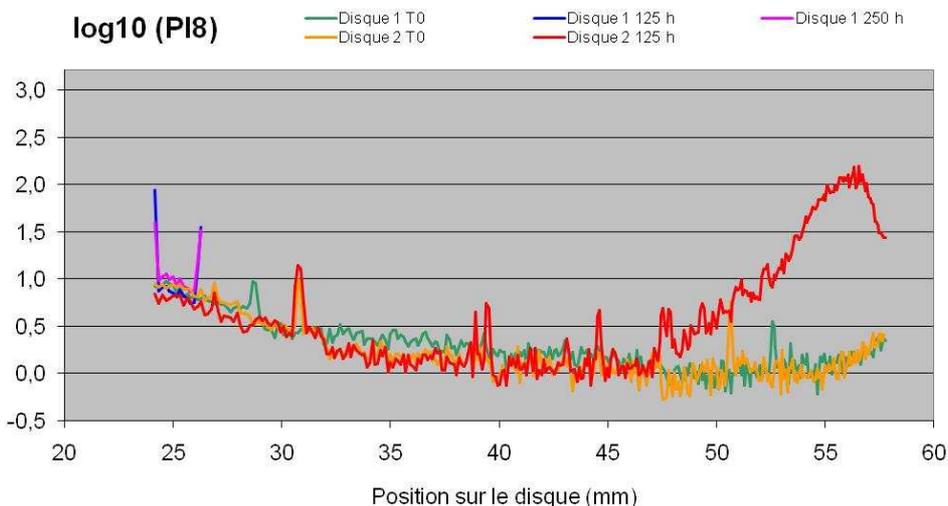


- Evolution des erreurs de 2 disques avant et après 125 heures d'exposition. DVD+R n°3 -

La durée du **DVD+R Maxell** est **inférieure à 125 heures**.

DVD-R n°4 Fujifilm

Le comportement du DVD-R est le même pour les deux analyseurs. Après 125 heures d'exposition, les cinq disques sont soit partiellement illisibles soit présentent des erreurs incorrigibles. Pour les disques lisibles le jitter reste en dessous de 10%.

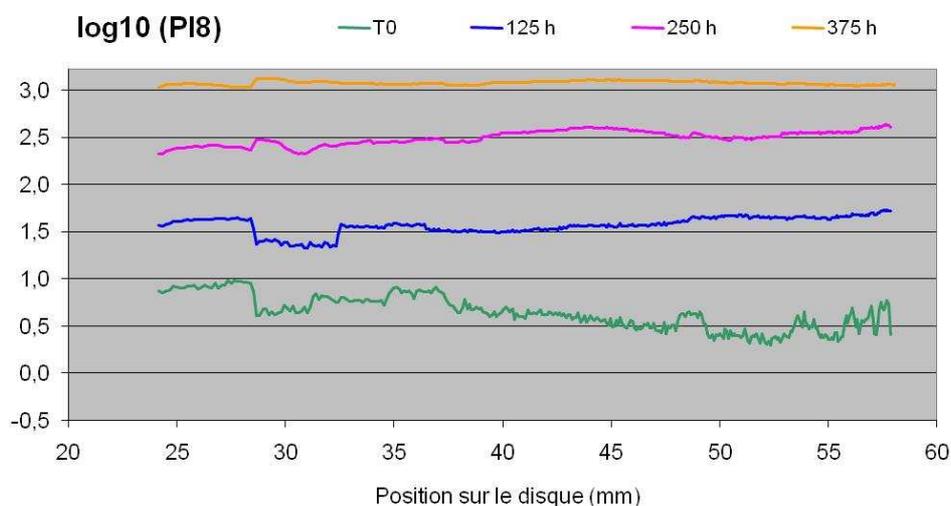


- Evolution des erreurs de 2 disques jusqu'à 250 heures d'exposition. DVD-R n°4 -

La durée de vie du **DVD-R Fujifilm** est **inférieure à 125 heures**.

DVD-R n°5 Verbatim Archival

Les résultats sont homogènes avec les deux analyseurs. Seul un des cinq disques est illisible après 250 heures d'archivage, mais les erreurs PI8 sont supérieures à la limite de 280. Le jitter reste inférieur à 10% pour toutes les conditions

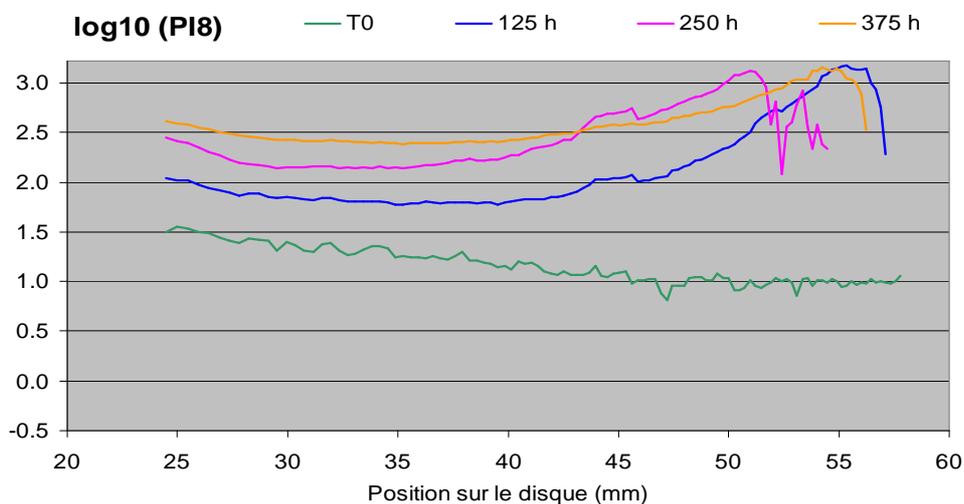


- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD-R n°5 -

La durée de vie du **DVD-R Verbatim Archival** est de **125 heures**

DVD-R n°6 Delkin

Le comportement des disques entre les analyseurs est différent. Avec l'analyseur Cats, le disque est partiellement illisible après 125 heures d'exposition avec un jitter atteignant 18 % vers le bord externe du disque. Avec l'analyseur Clover, après 375 heures d'exposition, les disques sont lisibles mais dépassent la limite de 280.



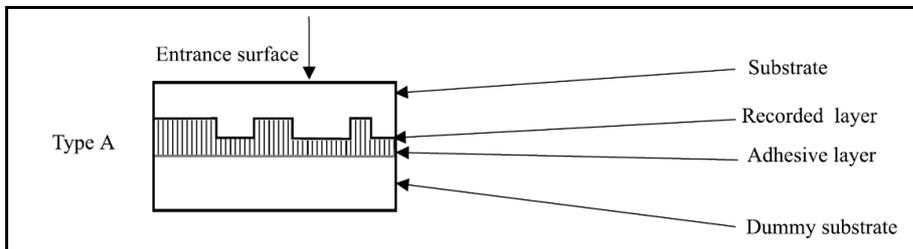
- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD-R n°6 -

La durée de vie du **DVD-R Delkin** est **inférieure à 125 heures**.

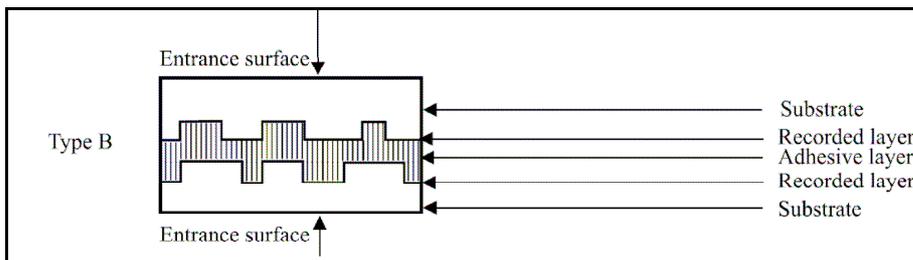
En conclusion, pour une exposition à des conditions climatiques de 90°C et 85% HR, deux modèles de DVDR sur six ont une durée de vie supérieure ou égale à 125 heures. La durée de vie maximale est 375 heures (MPO).

5.2. DVD 5 ET DVD 10

Les DVD 5 et DVD10 ont été regroupés car ce sont des DVD simple couche. Le DVD 10 est un disque simple couche et double face. Les figures ci-après, extraite de la norme ECMA 267, montre la constitution d'un DVD 9 et d'un DVD 10.



- DVD 5 -



- DVD 10 -

DVD 5 n°1 Tonight

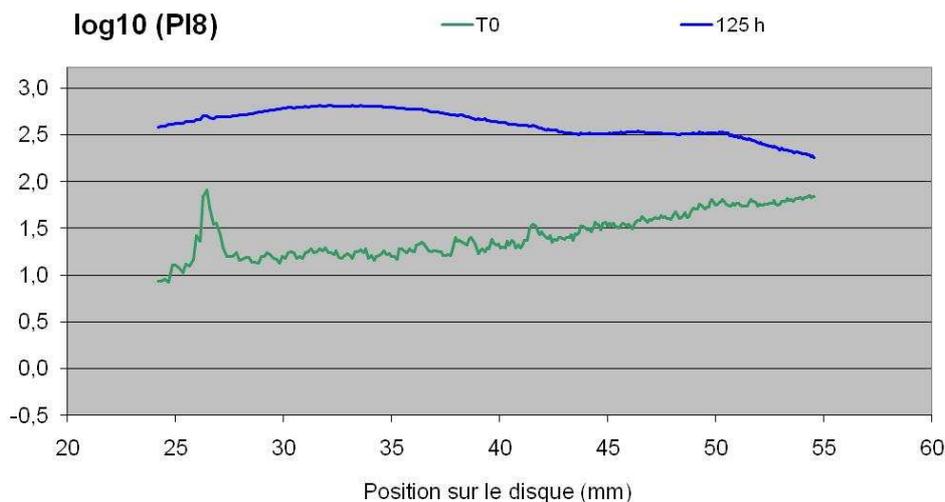
Le DVD est illisible avec les deux analyseurs après 125 heures d'exposition.

La durée de vie du **DVD 5 n°1** est **inférieure à 125 heures**.

DVD 5 n°2 Beethoven

Avec les deux analyseurs les erreurs PI8 sont supérieures à la limite de 280 après 125 heures d'exposition. Le jitter reste inférieur à 9%. Le DVD présente une rayure radiale.

Le DVD est illisible après 250 heures d'exposition et a explosé pendant l'analyse en vitesse 16X.

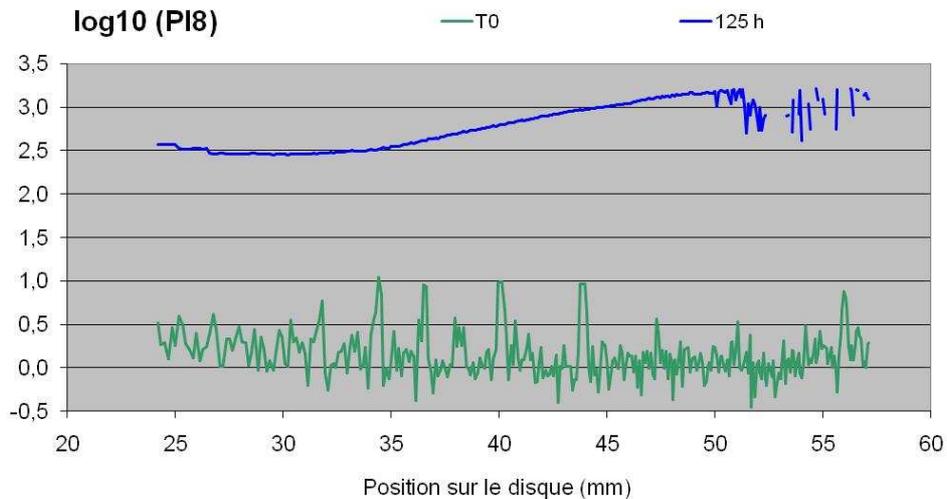


- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD 5 n°2 -

La durée de vie du **DVD 5 n°2** est **inférieure à 125 heures**.

DVD 5 n°3 Viva Maria

Avec les deux analyseurs les erreurs PI8 sont supérieures à la limite de 280 après 125 heures d'exposition. Le jitter, à l'origine de 8%, atteint 17% après 125 heures d'exposition.

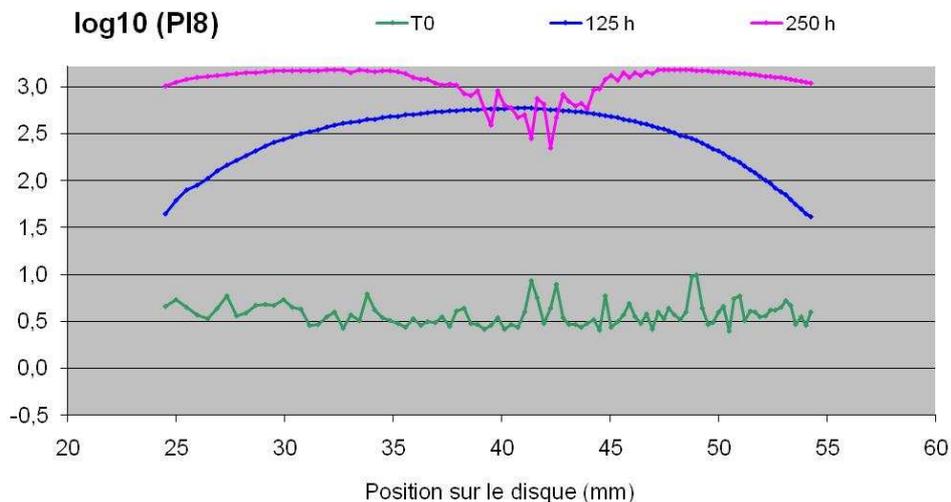


- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD 5 n°3 -

La durée de vie du **DVD 5 n°3** est **inférieure à 125 heures**.

DVD 5 n°4 Volver

Avec les deux analyseurs les erreurs PI8 sont supérieures à la limite de 280 après 125 heures d'exposition, surtout dans la partie centrale de la zone programme. Le jitter reste stable à 8%. Après 250 heures d'exposition, le disque atteint le taux d'erreur maximum que peut atteindre un DVD (1664) et des erreurs incorrigibles POF sont présentes sur tout le disque. Le jitter atteint 10 %.



- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD 5 n°4 -

La durée de vie du **DVD 5 n°4** est **inférieure à 125 heures**.

DVD 10 n°1 Bean

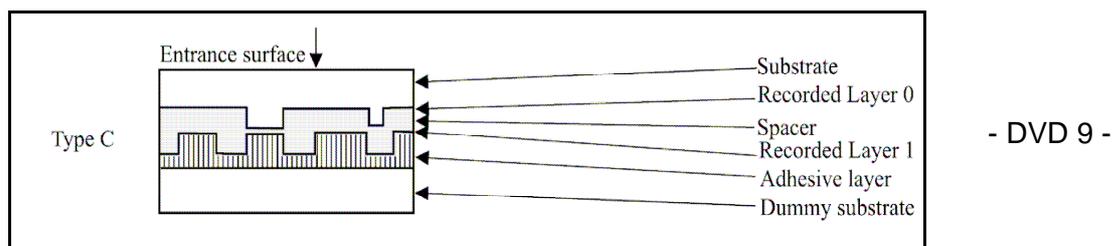
Le DVD10 est illisible par les deux analyseurs après 125 heures d'exposition.

La durée de vie du **DVD 10 n°1** est **inférieure à 125 heures**.

En conclusion, aucun des DVD 5 et DVD 10 de l'étude n'a résisté aux conditions climatiques de 90°C et 85% HR. En tenue dans le temps, ils sont globalement inférieurs aux DVD enregistrables. Ceci est particulièrement surprenant car les disques pressés ont la réputation de grande durée de vie.

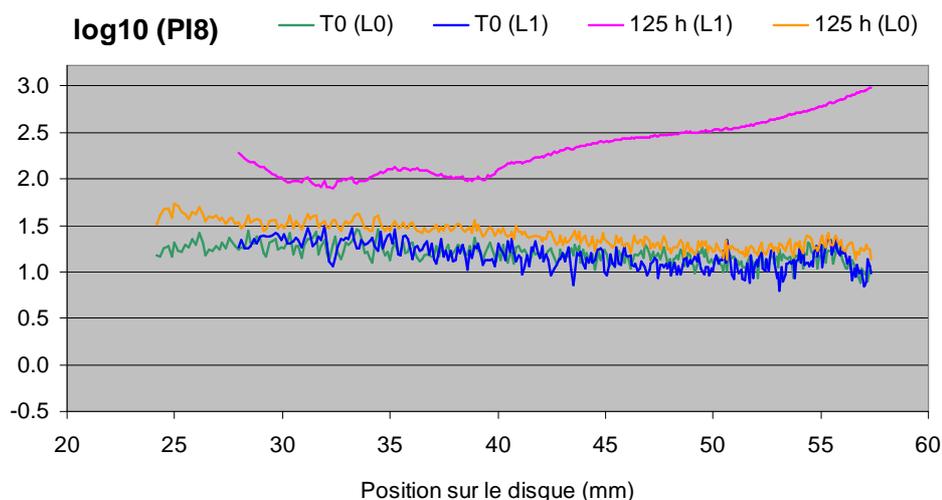
5.3. DVD 9

Les DVD 9 possèdent deux couches enregistrées. La figure ci-après, extraite de la norme ECMA 267, montre la constitution d'un DVD 9 avec ses deux couches enregistrées L0 et L1



DVD 9 n°1 Jurassic

Après 125 heures d'exposition, le DVD est illisible avec l'analyseur Clover. Avec l'analyseur Cats le taux d'erreur PI8 dépasse les limites, uniquement pour la couche L1.

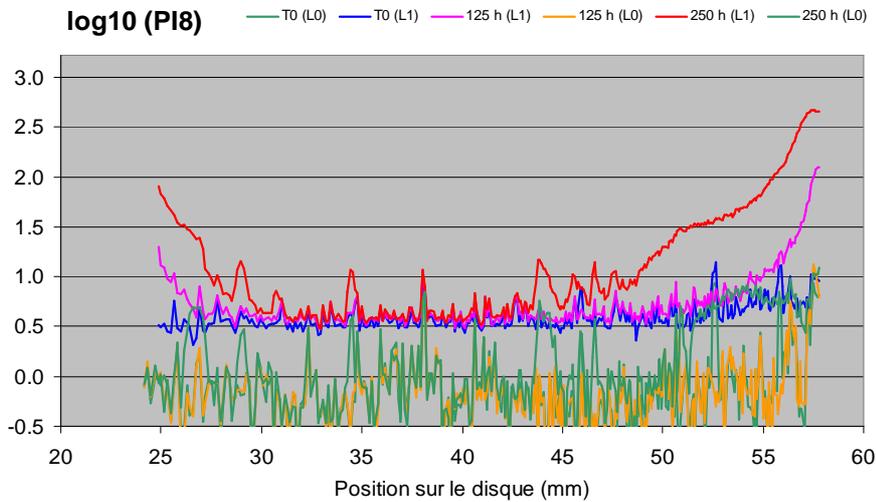


- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD 9 n°1 -

Le jitter évolue peu et atteint 8% au maximum pour la couche L0 et 7% pour la couche L1. La durée de vie du **DVD 9 n°1** est inférieure à 125 heures.

DVD 9 n°2 La beuze

La limite de PI8 est atteinte après 250 heures d'exposition. Comme dans le cas précédent, c'est la couche L1 qui s'est dégradée. Le jitter est de 5% avant l'essai de vieillissement, atteint 11% pour la couche L1 et 9% pour la couche L0 après 250 heures d'exposition.

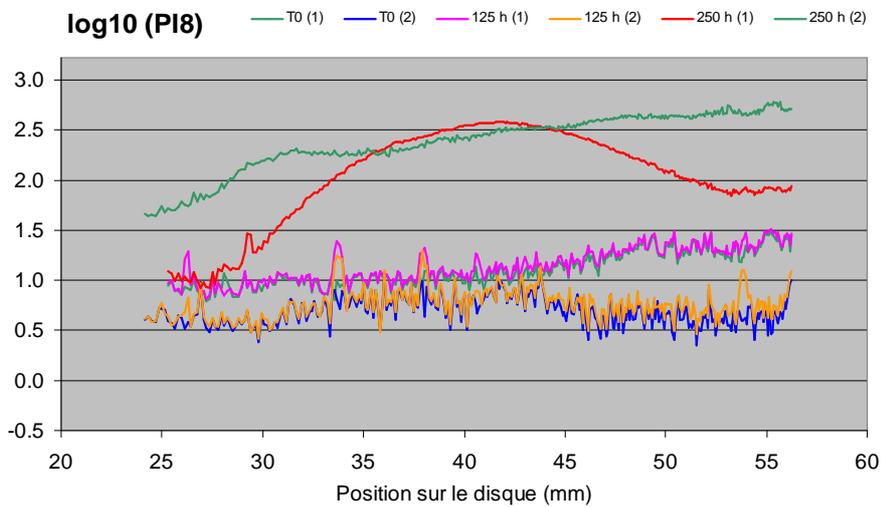


- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD 9 n°2 -

La durée de vie du **DVD 9 n°2** est de **250 heures**

DVD 9 n°3 Spinaltap

Après 250 heures d'exposition, les deux couches du DVD soit dépassent la limite de PI8 avec l'analyseur Cats soit sont partiellement illisible avec l'analyseur Clover. Le jitter atteint un maximum de 10%.

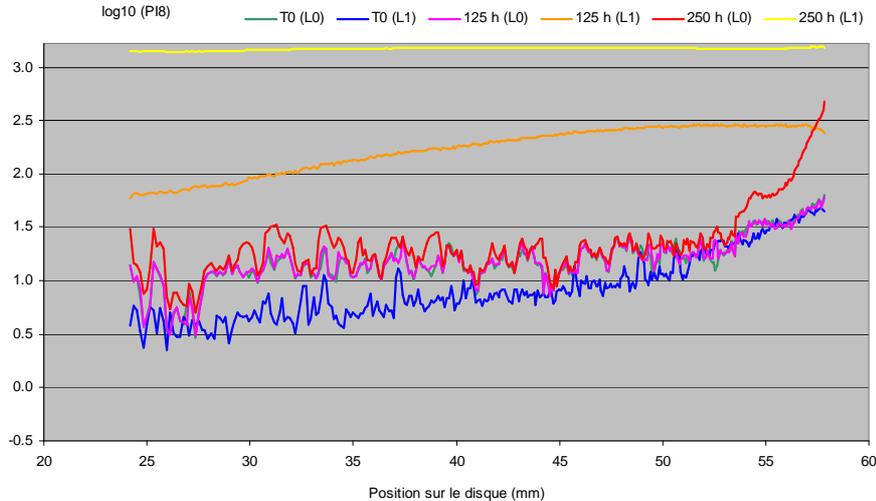


- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition -

La durée de vie du **DVD 9 n°3** est de **125 heures**

DVD 9 n°4 Sleepwalker

Après 250 heures d'exposition, les erreurs PI8 de la couche L1 du DVD dépassent la limite de 280 et il y a des erreurs incorrigibles. Le jitter évolue très peu et reste inférieur à 8 %



- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD 9 n°4 -

La durée de vie du **DVD 9 n°4** est de **125 heures**

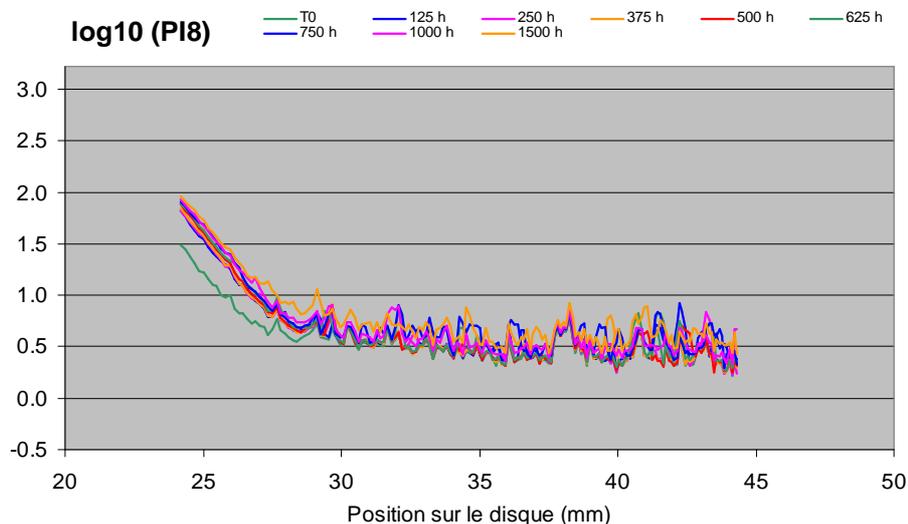
DVD 9 n°5 Arnaque

Le DVD 9 n°5 est illisible par les deux analyseurs après 125 heures d'exposition. La durée de vie **DVD 9 n°5** est **inférieure à 125 heures**.

En conclusion, les DVD 9 de l'étude ont une meilleure tenue dans le temps que les DVD 5 et 10 dans ces conditions climatiques sévères. La couche la moins résistante est la couche L1.

5.3. DVD EN VERRE HLD

Les 4 échantillons présentent des taux d'erreur faibles après 1500 heures d'exposition. Le PI8 moyen sur le disque passe de 3,6 à 3,7 entre T0 et T0+1500 heures. Une légère évolution du PI8 apparaît après 125 heures d'exposition au centre du disque, le PI8 passant de 20 à 35. Mais il n'évolue plus de façon significative pour les autres cycles d'étuvage. Le jitter suit les mêmes tendances que les taux d'erreur avec l'absence d'évolution après 1500 heures.



- Evolution des erreurs en fonction de la durée d'exposition. DVD HLD -

La durée de vie des **DVD HLD** est **supérieure à 1500 heures**.

5.4. SYNTHÈSE DE L'ESSAI DE VIEILLISSEMENT ACCELERÉ

Les durées de vie des différents DVD pour les conditions climatiques de 90°C et 85% HR sont données dans le tableau ci-après :

Vieillessement accéléré 90°C 85% HR		Durée de vie (heures)								
Référence	Identification	T0	125	250	375	500	625	750	1000	1500
DVD+R n°1	MPO									
DVD-R n°2	Verbatim									
DVD+R n°3	Maxell									
DVD-R n°4	Fujifilm									
DVD-R n°5	Verbatim Archival									
DVD-R n°6	Delkin									
DVD 5 n°1	Tonight									
DVD 5 n°2	Beethoven									
DVD 5 n°3	Viva Maria									
DVD 5 n°4	Volver									
DVD10 n°1	Bean									
DVD 9 n°1	Jurassic									
DVD 9 n°2	La Beuze									
DVD 9 n°3	Spinaltap									
DVD 9 n°4	Sleepwalker									
DVD 9 n°5	Arnaque									
DVD en verre	DVD HLD									

Le comportement des DVDR est très différent lorsque l'on passe de 80°C à 90°C. On ne retrouve pas le classement des durées de vie des DVDR obtenu pour 80°C et 85% HR. Seulement 35% des disques dépassent le premier palier d'étuvage de 125 heures et 3 références sont illisibles à ce stade. La durée de vie maximale est de 375 heures à comparer aux 1500 heures à 80°C.

Les DVD répliqués présentent une durée de vie très courte et plus particulièrement les DVD 5. Pour les DVD double couche, c'est majoritairement la couche L1 (située au même niveau que la couche enregistrée des DVD 5) qui limite la durée de vie.

Le DVD en verre HLD est le seul à avoir une durée de vie qui dépasse 1500H. Sa durée de vie est de plus de 4 fois celle du meilleur des autres types de DVD.

Sur l'ensemble des disques, dans 80% des cas le jitter n'est pas corrélé avec les taux d'erreur, ce qui laisse supposer l'existence de défauts localisés (à l'échelle micrométrique).

Pour les DVDR et DVD-ROM, pour un tiers des références on constate une évolution du polycarbonate qui se traduit par l'apparition de rayures radiales ou tangentielles plus ou moins importantes. Ces rayures ont conduit à la destruction d'un disque lors de la lecture en vitesse 16X (voir photo ci-après).

Les autres défauts visibles sont soit l'apparition d'une coloration grise située au niveau de la couche réfléchissante et répartie sur l'ensemble du disque (4 modèles de DVD-ROM) soit l'apparition de taches sombres de plusieurs millimètres de diamètre.



- Destruction du DVD -



- Taches et coloration grise -

Des analyses fines, avec la méthode développée par le LNE, devront être faites sur les DVD qui présentent des défauts visibles mais aussi sur ceux qui ont un jitter non corrélé avec les taux d'erreur afin de mieux cerner les différentes typologies des défauts apparus lors du vieillissement accéléré à 90°C et 85% HR.

6. CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'étudier la tenue dans le temps du DVD en verre HLD dans des conditions climatiques très sévères (température 90°C et humidité relative 85%) et montrer ainsi le potentiel de cette technologie pour l'archivage des données numériques. En l'absence de référence absolue, les DVD HLD ont été étudiés en comparaison des différents modèles de DVD présents sur le marché.

Il ressort de cette étude, qu'en vieillissement accéléré (à 90°C et 85% HR) le DVD High Longevity Disc a une durée de vie nettement supérieure à celle des DVD courants qu'ils soient enregistrables ou répliqués. En effet après 1500 heures d'exposition à ces conditions climatiques très sévères, le DVD HLD ne présente pas d'évolution significative de qualité alors que le meilleur des autres types de DVD a une durée de vie maximale de 375 heures. Cette technologie présente donc un potentiel important pour l'archivage des données numériques.

ANNEXE 1 : PARAMETRES MESURES

Paramètres liés aux erreurs numériques

En lecture du disque, le signal HF délivré par la tête de lecture est décodé afin d'en extraire l'information numérique. Le codage numérique à l'enregistrement est redondant de façon à permettre la correction de certaines erreurs qui sont inévitables lors de ce décodage. Le décodage s'effectue par blocs (ECC) comprenant 37 856 octets rangés en 208 lignes de 182 octets chacune. Il existe deux niveaux successifs de correction des erreurs numériques :

- Correction ligne par ligne, lorsque le nombre d'octets erronés dans une ligne est inférieur à 3,
- Correction colonne par colonne, lorsque le nombre d'octets erronés dans une colonne est inférieur à 3.

En lecture à la vitesse 1x, la durée d'un bloc ECC est d'environ 0,02 secondes. Chaque seconde du signal comprend ainsi environ 42 blocs ECC.

On retient deux indicateurs PI8 et POF dont les définitions sont les suivantes :

PI8 (<i>Parity Inner Sum 8</i>)	Nombre de lignes erronées dans une succession de 8 blocs ECC. Sa valeur maximale possible est 1664. La valeur maximale recommandée est de 280. Le PI8 peut être moyenné sur une durée quelconque (supérieure à 0,02 secondes).
POF (<i>Parity Outer Fails</i>)	Nombre de colonnes non corrigeables (plus de 2 octets faux) dans un bloc. On peut mesurer le nombre total de POF sur une durée quelconque, éventuellement la totalité du disque.

La présence de POF sur un disque indique la perte de données, les codes correcteurs étant insuffisants pour retrouver l'intégralité des données.

Paramètres liés à l'asservissement de la tête de lecture

Ces paramètres sont mesurés uniquement en lecture à la vitesse 1x. Ils sont obtenus par analyse des signaux d'asservissement qui assurent le suivi de piste et la bonne focalisation du faisceau laser.

On a retenu trois paramètres décrits dans le tableau ci-dessous.

Radial1	Déplacement radial (nm) Mesure du signal de déplacement du système de suivi de piste (tracking) pour les fréquences inférieures à 1,1 kHz.
Radial2	Déplacement radial (nm) Mesure du signal de déplacement du système de suivi de piste (tracking) pour les fréquences comprises entre 1,1 et 10 kHz.
FE	Focus Error (µm) Mesure du signal de déplacement du système d'asservissement dans sa direction verticale (focalisation), pour les fréquences inférieures à 10 kHz.

Paramètres d'intensité et de contraste du signal HF

Ces paramètres sont mesurés uniquement en lecture à la vitesse 1x. Le signal HF est modulé par les traits gravés sur le sillon dont la longueur code l'information numérique. Les différents traits gravés (pits) et les espaces les séparant (lands) ont des longueurs qui peuvent prendre 10 valeurs multiples d'une même valeur élémentaire : 3T, 4T, 5T, 6T, 7T, 8T, 9T, 10T, 11T, 14T. En lecture à la vitesse 1x, T est égal à 38,2 ns : La modulation associée aux pits et lands les plus courts (modulation 3T) correspond à la fréquence 4,36 MHz, celle associée aux pits et lands les plus longs (modulation 14T) correspond à la fréquence 0,93 MHz.

On a retenu trois paramètres (R14H, I3/I14, I14/I14H) caractérisant les amplitudes des modulations du signal HF. L'analyseur mesure la valeur moyenne de ces paramètres sur des périodes élémentaires de 1seconde.

R14H	Réflectivité : Intensité de la lumière réfléchiée par les lands 14T, par comparaison à un réflecteur de référence. La valeur minimale exigée est de 45%.
I14/I14H	Amplitude de la modulation 14T par rapport au niveau maximal du signal HF. La valeur minimale exigée est de 0,6.
I3/I14	Amplitude de la modulation 3T par rapport à celle de la modulation 14T. La valeur minimale exigée est de 0,15.

Le paramètre I14/I14H quantifie le contraste entre les zones brûlées (pits) et les zones non brûlées (lands) de plus grande longueur. Le rapport des modulations 3T et 14T (I3/I14) est très inférieur à 1 car le faisceau laser du lecteur couvre une longueur supérieure à celle des zones 3T.

Paramètres liés au positionnement des zones brûlées

On a retenu également des paramètres liés au positionnement et aux longueurs des zones brûlées et non brûlées. Ces paramètres sont décrits dans le tableau ci-dessous et sont mesurés par période élémentaire soit de 1 seconde (SYM), soit de 30 secondes (Jitter et Déviations).

ASYM	<p>Asymétrie. C'est l'écart entre les valeurs moyennes (offset) associées aux modulations 3T et 14T, par rapport au niveau maximal du signal HF.</p> <p>La valeur optimale de ce paramètre est légèrement positive. Les limites recommandées sont -5% et +15%</p>
DC Jitter	<p>Jitter to clock</p> <p>C'est l'écart-type des positions des transitions du signal HF par rapport aux tops d'horloge. Il est exprimé en % de la cadence d'horloge.</p> <p>Le DC jitter intègre à la fois des écarts systématiques associés à chaque type de transition (par exemple Land 3T vers Pit 11T) et des écarts aléatoires.</p> <p>La valeur maximale exigée est de 9%.</p>

L'asymétrie prend des valeurs négatives lorsque les pits 3T sont insuffisamment brûlés et des valeurs négatives dans le cas contraire. Ce paramètre est lié à la puissance du laser lors de la gravure. Cette puissance est normalement ajustée en cours de gravure pour que la valeur de l'asymétrie reste proche de zéro.

Le DC Jitter est assez directement lié aux erreurs numériques, car tout écart d'une transition supérieur à 50% de la cadence d'horloge génère une erreur dans le décodage numérique.