



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

GUIDE A L'USAGE DES SERVICES D'ARCHIVES POUR LA REALISATION DE LA MIGRATION DE STOCKS DE CD-R

Etude effectuée pour :

**Ministère de la Culture et de la Communication
Direction des Archives de France**

Convention 2007

**signée entre la Direction des Archives de France
et le Laboratoire national de métrologie et d'essais,
en juin 2007**

RAPPORT D'ETUDE

Mars 2009

**Auteurs : Jean-Michel LAMBERT
Jacques PERDEREAU**

Réf. LNE : C431X07/2

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	3
<u>CONTEXTE</u>	3
<u>CONTENU DE L'ÉTUDE</u>	3
<u>1. PROCESSUS DE RECOPIE D'UNE COLLECTION DE CD-R</u>	4
<u>1.1 PRINCIPE</u>	4
<u>1.2 LA LECTURE DU CD-R SOURCE ET LA CREATION D'UNE IMAGE ISO</u>	5
<u>1.3 LA GRAVURE</u>	9
<u>1.4 ÉTIQUETAGE</u>	10
<u>2. REALISATION D'UNE MIGRATION PAR UN SERVICE D'ARCHIVE</u>	11
<u>2.1 AUTOMATISATION</u>	11
<u>2.2 MATÉRIEL</u>	11
<u>2.3 LOCAUX</u>	12
<u>2.4 PERSONNEL</u>	13
<u>2.5 COÛTS</u>	13
<u>3. REALISATION D'UNE MIGRATION PAR UNE SOCIÉTÉ SPECIALISÉE</u>	14
<u>3.1 CAHIER DES CHARGES À RESPECTER PAR LA SOCIÉTÉ</u>	14
<u>3.2 CONTRÔLE DE QUALITÉ ET RÉCEPTION DES DISQUES GRAVÉS</u>	14
<u>3.3 COÛTS</u>	15
<u>4. CONCLUSION</u>	16
 <u>ANNEXE 1: EXEMPLE DE CAHIER DES CHARGES POUR LA MIGRATION D'UNE COLLECTION DE CD-R</u>	17
 <u>ANNEXE 2: LES MOYENS D'ANALYSE DE LA QUALITÉ DE GRAVURE D'UN CD-R</u>	18
 <u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	24

INTRODUCTION

CONTEXTE

Les services des Archives de France utilisent depuis plus de 10 ans les disques optiques enregistrables CD-R pour l'archivage des données numérisées.

Des études du Laboratoire d'Acoustique Musical (LAM) et du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE), menées en particulier pour la Direction des Archives de France et pour le Ministère de l'Industrie, ont mis en évidence des dégradations importantes de certains CD-R et ceci sur des courtes périodes de stockage.

Ainsi une étude de 2004 ^[1] a montré que, sur 60 références de CD-R conservées au LNE, de trois ans d'âge au plus, 15% des disques étaient partiellement ou totalement illisibles. Un sondage réalisé en 2005 dans les collections de CD-R de 23 services départementaux des archives ^[2] a montré que 20% des CD-R étaient en mauvais état de conservation, sans que l'on ait pu clairement mettre en évidence ce qui était dû au vieillissement ou aux conditions initiales de gravure. De plus, une assez grande disparité a été observée sur les différents lots analysés.

A contrario, une étude de la collection de l'INATHEQUE a montré un pourcentage plus faible de CD-R dégradés mais surtout que les disques les plus anciens (plus de 10 ans) présentaient un état de conservation satisfaisant. On peut raisonnablement estimer que ces disques pourront durer quelques décennies supplémentaires.

En conclusion de ces études, les CD-R, et plus généralement les disques optiques, apparaissent comme de bons moyens d'archivage des données numériques. Cependant, comme pour tout support d'archivage des précautions sont à prendre :

- choix de disque en fonction de son aptitude à conserver l'information enregistrée,
- choix du système de gravure (graveur, vitesse de gravure, impression d'étiquette,...),
- surveillance de l'état des disques dans le temps ^[3].

Ces constats ont amené la Direction des Archives de France d'une part à diligenter des études pour sélectionner les meilleurs disques pour les archives ^[4] et d'autre part à recommander la migration des données actuellement archivées sur des CD-R de diverses provenances vers des CD-R dont la fiabilité a été prouvée et dont on pourra assurer le suivi.

En 2007, La Direction des Archives de France a missionné le Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE) pour réaliser un guide à l'usage des services d'archives pour la réalisation de la migration des stocks de CD-R.

CONTENU DE L'ÉTUDE

L'objectif de ce guide est de donner aux différents services d'archive, les connaissances pour réaliser la migration d'une collection de CD-R existante, de qualité jugée incertaine, vers le même support CD-R. On aborde à la fois l'aspect technique et l'aspect financier. Ce dernier dépend de la taille de la collection et l'on se basera sur la migration d'une collection comprenant de 1 000 à 10 000 CD-R.

On envisage deux possibilités pour un service d'archive : soit la réalisation en interne, soit la sous-traitance par une société spécialisée.

Dans le premier cas, on définit les moyens spécifiques à mettre en œuvre : qualification du personnel, appareillage de gravure, moyens de pilotage informatique, qualité du local. Dans le second cas, on donne un exemple de cahier des charges à l'adresse du prestataire, ainsi que la définition du contrôle de qualité (réception).

On donne une estimation du coût dans les deux hypothèses, sachant que, dans le cas d'une migration réalisée en interne, certaines contraintes (frais de personnel, aménagement d'un local) ne peuvent pas être évaluées à ce stade.

1. PROCESSUS DE RECOPIE D'UNE COLLECTION DE CD-R

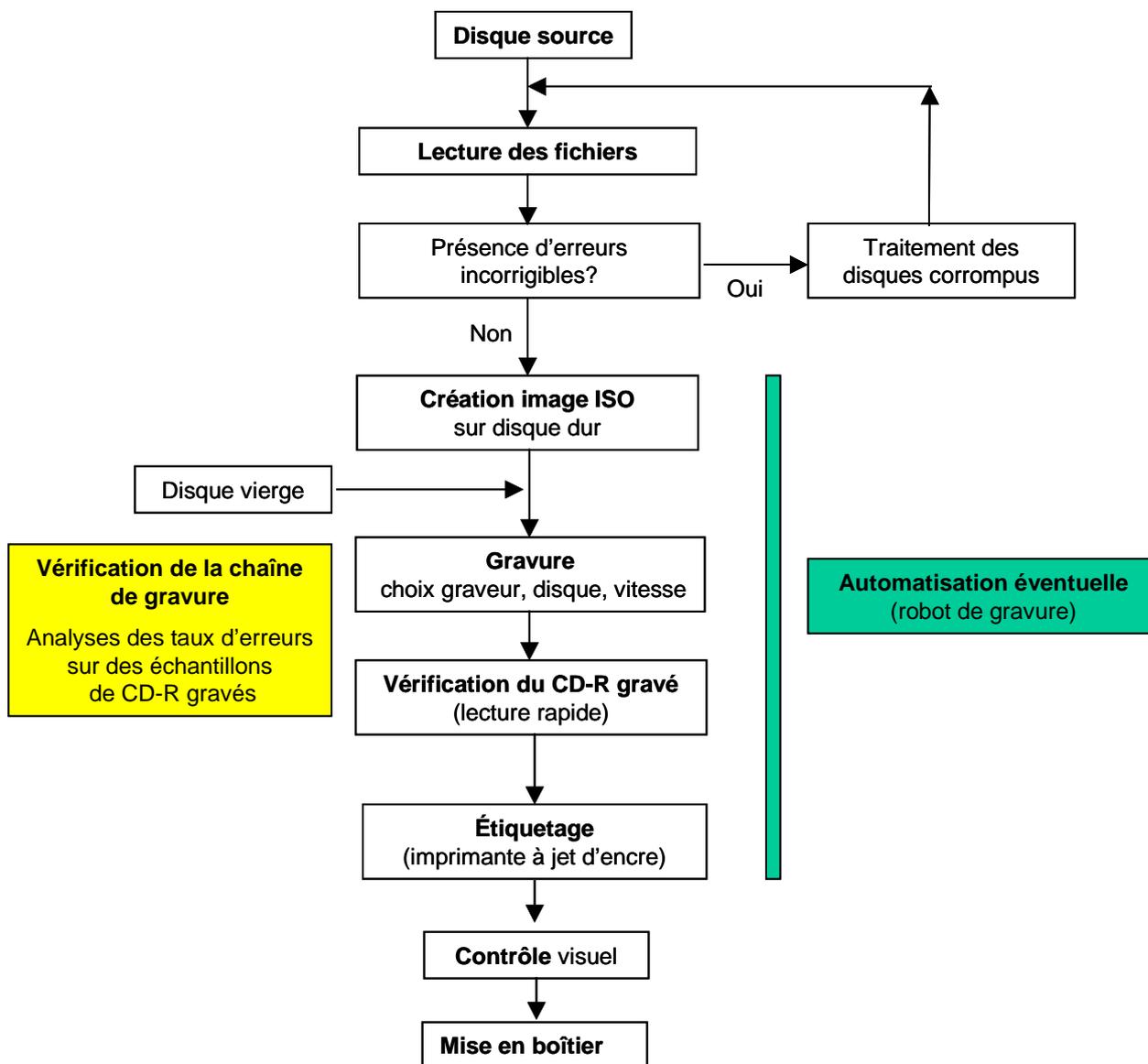
1.1 PRINCIPE

La migration des données va s'effectuer en copiant le disque original sur un nouveau CD-R choisi pour ses qualités en terme de média d'archivage.

Les CD-R provenant des services des archives peuvent contenir des données enregistrées selon trois formats : CD audio, CD-ROM (mode1) et CD-ROM XA « extended architecture » (mode2). La fonction « copie de disque » des logiciels de gravure conserve le format du disque original.

Pour réaliser la migration, on utilisera la fonction « copie de CD », « copier » ou « Disc copy » des logiciels spécialisés comme par exemple NERO, EASY MEDIA CREATOR ou PLEXTOOLS. Des exemples d'utilisation de ces logiciels sont donnés dans ce guide pour illustrer le processus de migration.

Le processus de migration est réalisé selon l'organigramme suivant :



Le processus comporte les phases suivantes :

1. Lecture du CD-R avec détection des erreurs de lecture et création d'une image
2. Gravure de l'image ISO
3. Vérification par relecture du CD-R gravé (proposée par les logiciels de gravure)
4. Etiquetage (marquage du CD-R gravé par une imprimante)
5. Contrôle visuel du disque (détection de défauts physiques éventuels)
6. Mise en boîtier rigide

La copie disque à disque directe dite « à la volée » est à proscrire. En effet, l'état de conservation probablement très disparate des disques originaux pourrait produire, lors de la copie, des ruptures importantes du transfert des données et donc conduire à des échecs de gravure. La première étape consiste donc à lire le CD-R source et à créer une image ISO sur disque dur ou sur serveur. Cette image est ensuite gravée sur le CD-R vierge puis effacée.

Les CD-R dont les données sont corrompues sont détectés lors de la lecture et sortis du processus pour un traitement spécifique.

L'image ISO est ensuite gravée sur un CD-R vierge par une chaîne de gravure qualifiée (graveur, disque et vitesse). A la fin de la gravure, une relecture systématique des CD-R gravés est réalisée pour vérifier que la gravure s'est déroulée normalement et que l'ensemble du disque est lisible.

Après l'étiquetage, un contrôle visuel de l'état du disque permet de mettre en évidence des défauts éventuels du CD-R provenant soit de sa fabrication (bulles, taches,...) soit de la manipulation ou des dysfonctionnements du dispositif de gravure ou d'impression.

Enfin, le CD-R gravé est conditionné dans un boîtier rigide.

En parallèle de ce processus il y a lieu de mettre en place un contrôle de qualité de la chaîne de gravure. Ce contrôle est effectué avant de commencer la migration, puis régulièrement par prélèvement de disques gravés, ce qui permet de détecter toute dérive de la chaîne ou de la qualité de l'approvisionnement en disques vierges.

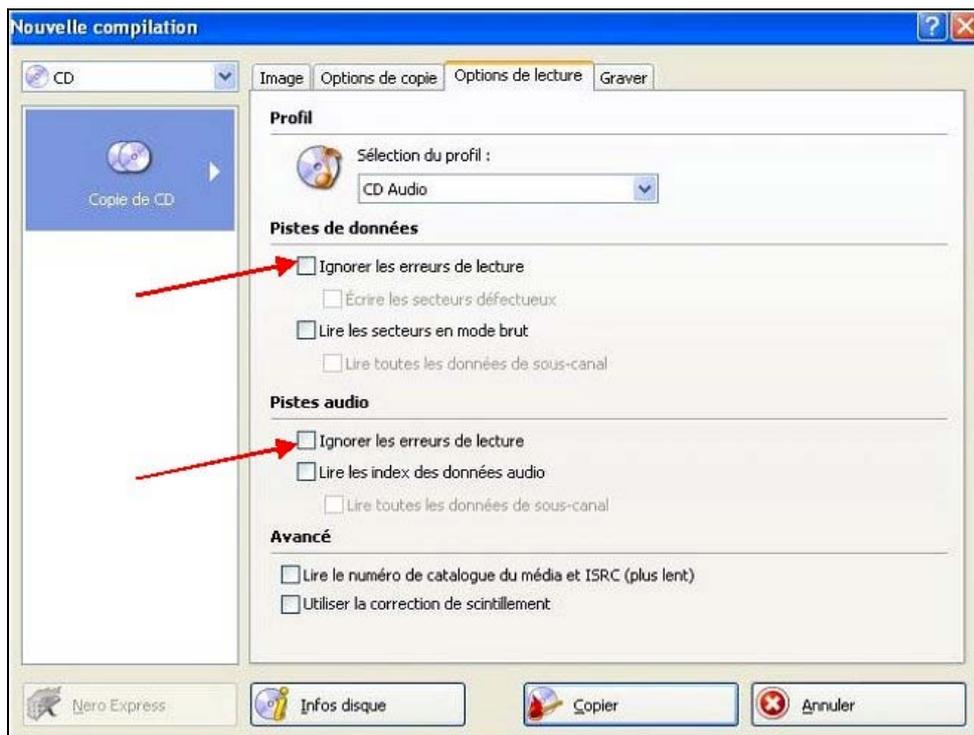
1.2 LA LECTURE DU CD-R SOURCE ET LA CREATION D'UNE IMAGE ISO

Lecture des données du CD-R source

Il est important de noter que les logiciels peuvent proposer diverses options pour le traitement des erreurs lors de la lecture des données du disque source. Le logiciel doit être configuré de manière à arrêter la copie en cas de détection d'erreurs incorrigibles.

En mode copie de CD par exemple il faut faire attention, avec le logiciel NERO, que les options « ignorer les erreurs en lecture » ne soient pas validées, ce qui est illustré par la représentation d'écran de la page suivante.

Options de lecture avec le logiciel NERO



Copie des fichiers

Avant la création de l'image ISO, il peut être utile de transférer les fichiers et dossiers, soit pour modifier certaines données (par exemple ajout d'un fichier descripteur des données), soit pour récupérer une partie des données d'un disque endommagé.

Exemple de message d'erreur lors de la copie de données corrompues



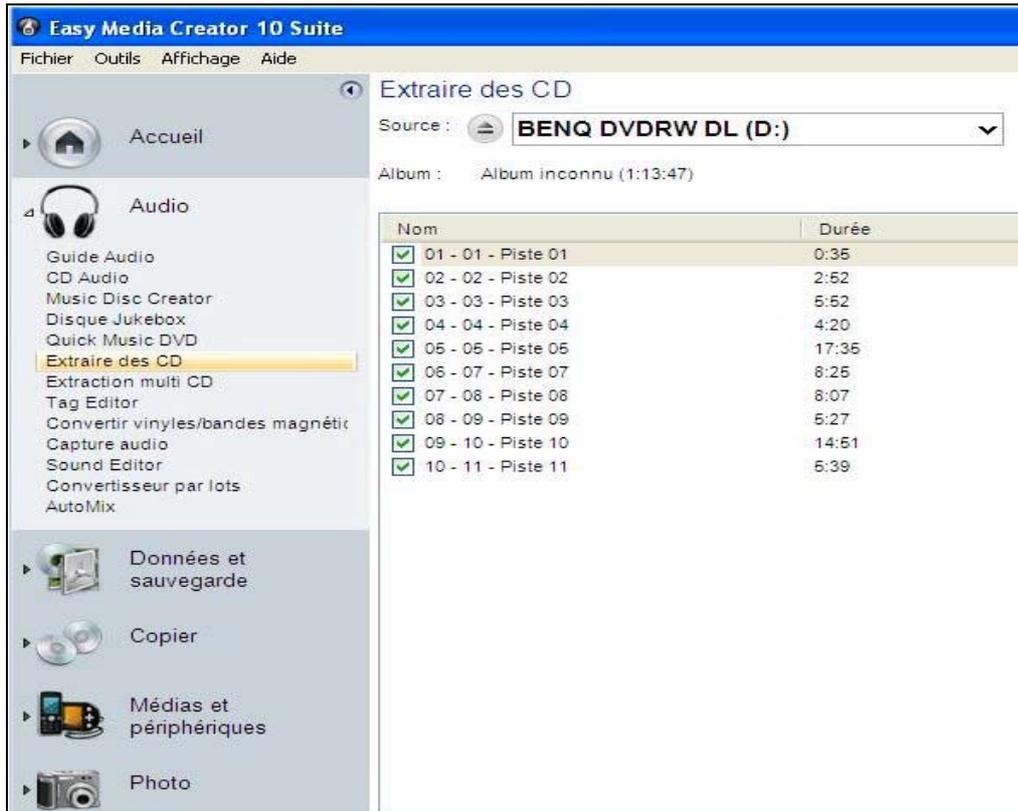
La copie des fichiers permet de récupérer les fichiers qui sont corrects et ainsi de ne pas perdre l'intégralité du disque.

Copie de CD Audio

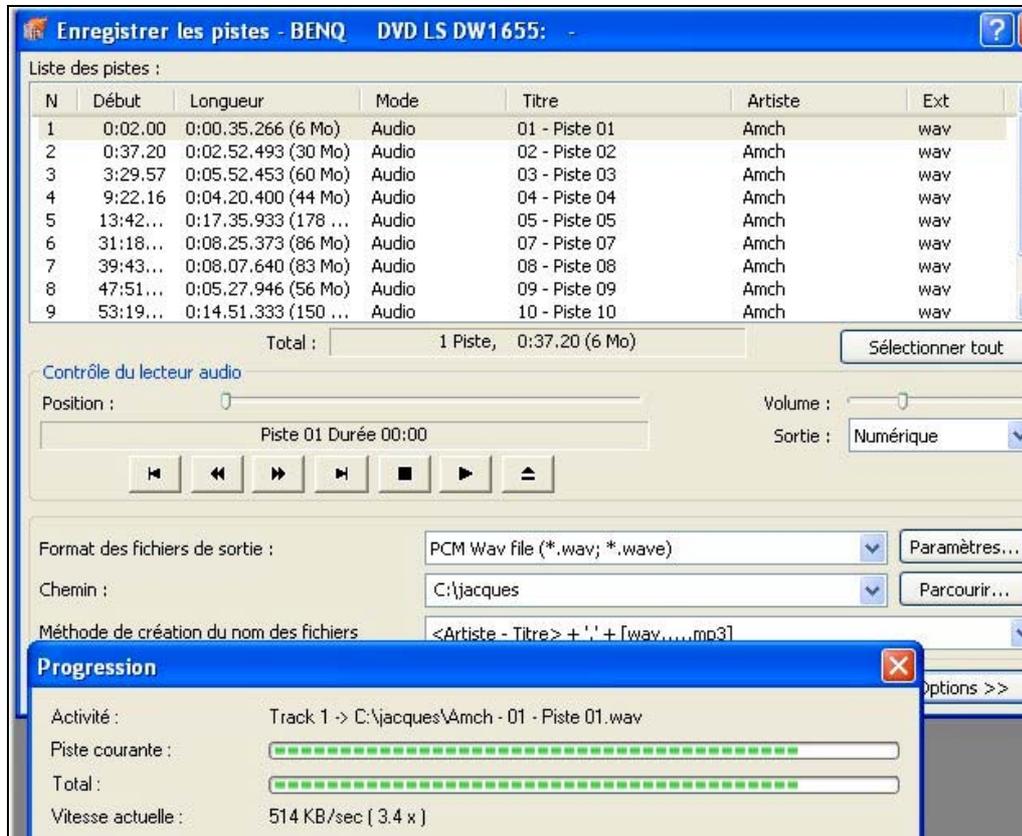
Les pistes d'un CD audio (extension « cda ») ne peuvent pas être copiées directement sur le disque dur. Il faut les convertir au préalable vers des fichiers de type « wav » ou tout autre format de fichiers audio.

Cela peut se faire, par exemple, avec les fonctions « enregistrer les pistes » pour NERO, « Disc extraction » pour PLEXTOOLS et « extraire CD » pour CREATOR. Selon le logiciel utilisé, l'information sur les pistes audio corrompues peut ne pas exister lors de leur extraction. Ainsi NERO et CREATOR font la conversion de fichier sans signaler qu'il existe des erreurs incorrigibles alors que PLEXTOOLS, selon l'option choisie, arrête la procédure dès qu'il détecte une erreur incorrigible et peut proposer plusieurs stratégies de récupération des erreurs.

Extraction des pistes d'un CD Audio par le logiciel EASY MEDIA CREATOR

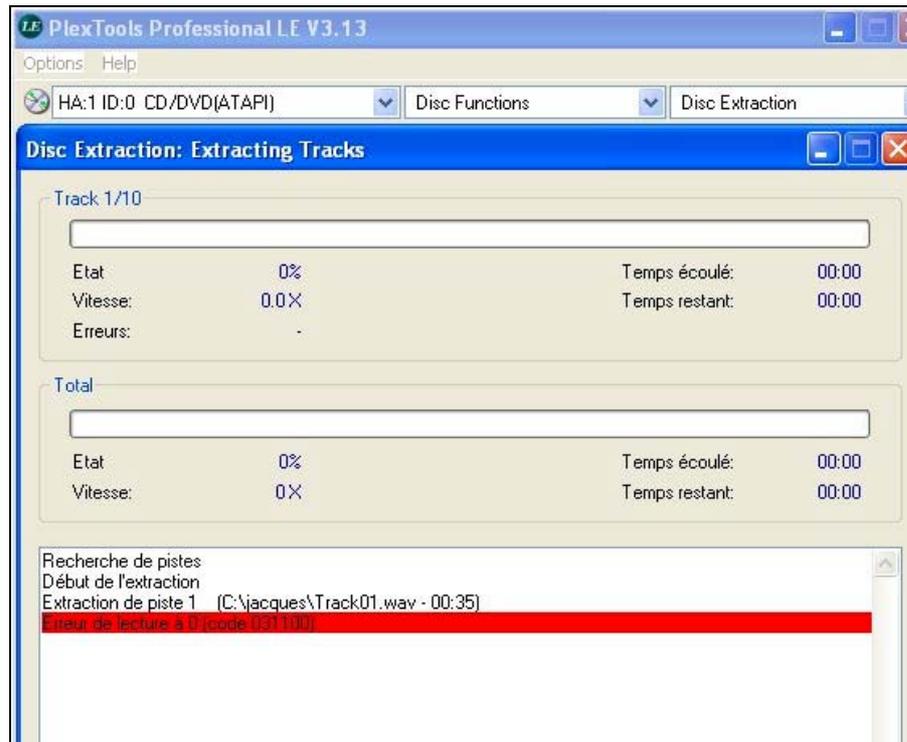


Extraction des pistes d'un CD Audio par le logiciel NERO



Il n'y a pas d'indication d'erreur pour les pistes corrompues avec CREATOR et NERO.

Extraction des pistes d'un CD Audio par le logiciel PLEXTOOLS
avec message d'erreur pour la piste 1



La récupération des données pour les CD-R partiellement ou totalement illisibles

Lorsqu'un CD-R est rejeté en lecture ou fait apparaître des erreurs incorrigibles, on peut, dans un premier temps, tenter une lecture avec un autre modèle de lecteur. En effet, le comportement des lecteurs dépend de la nature des défauts des disques. Il est assez courant qu'un CD-R de mauvaise qualité soit lisible par un lecteur, qui peut être mis en défaut avec d'autres CD-R défectueux.

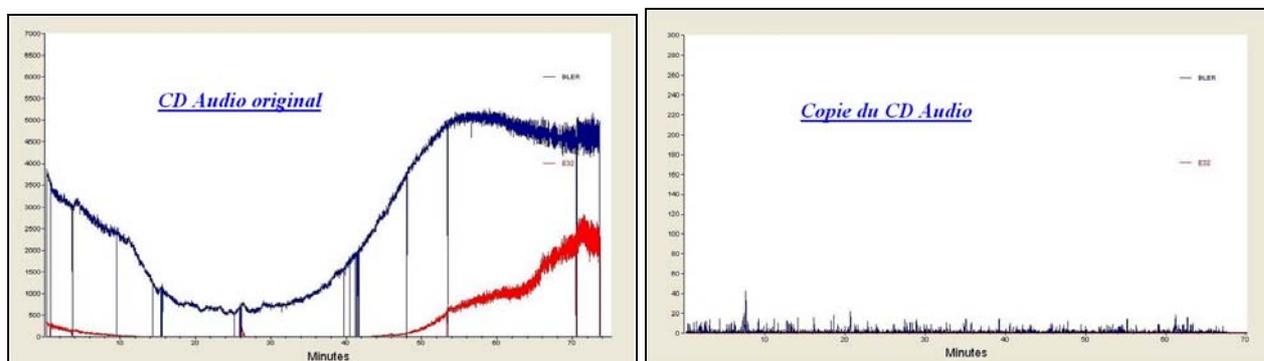
Si des erreurs incorrigibles subsistent, on peut enregistrer l'image numérique ISO, en cochant l'option qui accepte la recopie d'erreurs. Dans ce cas le fichier gravé sera corrompu, mais les erreurs peuvent être tolérables, par exemple sur une image ou sur un enregistrement sonore. Cependant la perte de quelques octets de données peut être rédhibitoire pour les fichiers compressés de type ZIP, RAR ou pour les données cryptées qui ne tolèrent aucune perte de donnée.

On vérifiera l'accessibilité de tous les fichiers potentiellement corrompus ainsi que le niveau de dégradation des données, par exemple en visualisant les fichiers d'image. Si le résultat est acceptable, on pourra remplacer le disque initial par ce nouveau disque. Le disque d'archive qui en résultera ne contiendra pas l'intégralité des données numériques initialement gravées sur le disque source, mais cela peut être sans conséquence visible ou audible.

Il est important de noter que si des fichiers ou des pistes audio sont ainsi recopiés avec des erreurs incorrigibles, celles-ci ne seront plus détectables sur la copie. Cela s'explique parce que la marque de la perte de données a été perdue avec la reconstruction des codes de correction d'erreurs par le graveur.

A titre d'exemple, les deux graphiques ci-après, montrent les taux d'erreurs (BLER) et les erreurs incorrigibles (E32) d'un CD audio dégradé présentant des pertes de données audibles et de sa copie réalisée avec l'option « ignorer les erreurs ». L'original présente des taux d'erreurs élevés et des erreurs incorrigibles alors que la copie a des taux d'erreurs faibles et n'a plus d'erreur incorrigible. La copie semble parfaite alors qu'à l'écoute les défauts sonores, constatés sur l'original, sont toujours présents sur la copie.

Graphes des erreurs d'un CD audio et de sa copie



Signalons également l'existence de logiciels de récupération de données qui peuvent être utilisés en complément comme Stellar Phoenix CDRom, Isobuster, CD DVD Diagnostic, CD Check, CD DVD data recovery, etc. L'efficacité de ces logiciels n'a pas été évaluée dans le cadre de cette étude mais, selon leurs concepteurs, la récupération de fichiers corrompus n'est effective que si le disque n'est pas trop dégradé. Le coût de ce type de logiciel est compris entre 35 et 70 €.

Il est également possible de faire appel à des sociétés spécialisées dans la récupération de données sur disques durs, CD et DVD, telles que :

- CRDEP <http://www.crdep.com/>
- AIGON <http://www.aigon.fr/>
- Clinique de données <http://www.clinique-de-donnees.fr/>
- RECOVEA <http://www.recovea.com/>
- In Virtuel <http://www.invirtuel.fr/>

1.3 LA GRAVURE

Choix des graveurs et des CD-R

Les graveurs et les CD-R préconisés pour la migration ont été sélectionnés en fonction des résultats de l'étude sur la « qualité des CD-R disponibles sur le marché pour l'archivage des données numériques », réalisée pour la Direction des Archives de France en 2007-2008. Les objectifs sont d'assurer une bonne qualité de gravure initiale et une bonne tenue dans le temps.

Les modèles de CD-R retenus sont **MPO Gold** et **DELKIN Archivage Gold**. Les graveurs qui ont donné les meilleures gravures lors de l'étude sont les suivants :

- Graveur de CD/DVD **PLEXTOR PX-755** en version interne (A) ou externe (U)
- Graveur de CD interne **LG GCE-8527B**

Les deux modèles de CD-R présentent une bonne adaptabilité à différents graveurs et peuvent être gravés indifféremment avec l'un ou l'autre de ces deux graveurs.

La vitesse de gravure recommandée est de **16X**. Elle ne doit pas être exagérément réduite car il a été constaté une diminution de qualité aux vitesses de gravure faibles (4X par exemple).

L'utilisation d'autres modèles de disques ou de graveurs est possible mais doit être validée par une étude préalable de la qualité de gravure et de la tenue dans le temps.

Vérification de la qualité des CD-R gravés

Un premier contrôle du processus de migration consiste à vérifier, pour chaque disque gravé, qu'une relecture des données est possible. Les logiciels de gravure disposent souvent de cette option en fin de gravure. Cette vérification est effective avec la fonction « vérification des données » de Néro ou « vérifier les disques de données copiés » de Easy Media. Elle permet de s'assurer que le disque gravé ne présente pas d'erreurs incorrigibles. C'est une vérification minimale à faire obligatoirement après la gravure de chaque disque. Mais elle ne permet pas de détecter les disques qui présentent des taux d'erreurs anormalement élevés, signe d'une dérive de la chaîne de gravure. Cette vérification doit donc être complétée par une analyse de la qualité des disques (taux d'erreurs primaires) faite à l'aide d'un logiciel d'analyse ou préférentiellement à l'aide d'un analyseur dédié (cf. annexe 2).

Création de disques témoins

Le contrôle de la qualité de gravure est effectué par prélèvement ou à partir de disques témoin surnuméraires gravés dans ce but, ce qui évite la manipulation de CD-R d'archive.

Dans l'hypothèse où la migration se fait par lot d'une centaine de disques, un disque témoin est gravé au début et en fin de session de gravure, avec par exemple le même contenu que le disque précédent ou un tout autre contenu de taille proche. Ces deux disques témoin sont analysés rapidement, ce qui permet de surveiller les dérives éventuelles de la chaîne de gravure.

Les disques témoin sont stockés dans le service d'archive avec le lot de disque gravé. Ces disques témoin serviront au suivi de la collection dans le temps avec des analyses par exemple dès la première année et ensuite avec un rythme dépendant des résultats (tous les deux ans par exemple).

1.4 ETIQUETAGE

L'inscription du code d'archivage sur le disque est nécessaire pour qu'un opérateur puisse retrouver un disque après son rangement. Les précautions à prendre figurent au paragraphe 5.6 des recommandations faites par la direction des Archives de France. ^[3]

Il a été constaté que l'impression sur un CD pouvait être source de dégradation de la gravure. Ceci est lié au fait que la couche sensible gravée est située à une profondeur très faible du côté du dos du disque. Entre la surface imprimable et la couche sensible, ne se trouvent que la couche métallique extrêmement ténue (épaisseur de l'ordre de 0,1µm) et le vernis protecteur (épaisseur de l'ordre de 15µm). Toute contrainte mécanique ou thermique sur le dos d'un CD est donc à proscrire.

Il existe trois sortes d'impression d'étiquette sur le dos d'un CD :

- l'impression à jet d'encre qui nécessite l'utilisation de CD-R imprimables dont le dos est recouvert d'une couche poreuse pour l'encre, généralement de couleur blanche,
- l'impression par transfert thermique direct : une pâte initialement sur un film est fixée sur le disque par un chauffage local,
- l'impression par re-transfert thermique : la pâte est déposée sur un film intermédiaire puis re-transférée sur le disque par un chauffage.

L'impression thermique nécessite également l'utilisation de CD-R spécialement adaptés. Tous les modèles de CD-R n'existent pas en version imprimable (jet d'encre) ou thermo-imprimable.

L'impression à jet d'encre sera préférée, car son innocuité a été vérifiée, par exemple sur la collection de CD-R de l'INA. L'impression par re-transfert thermique a l'inconvénient de chauffer le CD et, à notre connaissance, aucune étude n'a prouvé son innocuité. L'impression thermique directe est sans doute la plus dangereuse car le chauffage, étant limité aux zones imprimées, n'est pas uniforme, comme c'est le cas par la technique du re-transfert thermique.

2. REALISATION D'UNE MIGRATION PAR UN SERVICE D'ARCHIVE

Dans ce paragraphe, on envisage la possibilité qu'un service d'archive réalise par lui-même la migration d'une collection de CD-R en sa possession. La taille de cette collection peut-être diverse selon le service concerné et l'on se basera sur une collection comprenant de 1000 à 10000 CD-R.

2.1 AUTOMATISATION

Pour une collection comprenant 1000 CD-R, la recopie à l'unité de chaque CD-R est prohibitive en temps passé et on doit envisager l'automatisation des tâches. Cette automatisation nécessite de disposer d'un ou de plusieurs robots de gravure et de logiciels adaptés, qui peuvent éventuellement être fournis par le vendeur des robots.

Un robot permet de lire, graver ou imprimer plusieurs disques successivement sans intervention d'un opérateur. Ces trois tâches peuvent être effectuées par le même robot ou par des robots différents. La fonction d'un robot est de saisir un disque dans une pile pour le placer dans un lecteur, un graveur ou une imprimante, puis de le ressortir une fois la tâche accomplie et le replacer dans une autre pile.

Le pilotage du robot se fait par logiciel. Actuellement les logiciels ne sont pas spécialement conçus pour une migration de CD-R vers CD-R, mais plutôt pour l'opération plus courante de gravure de CD-R à partir d'images ISO existant sur disque dur ou sur serveur. Un cas également fréquent est celui de la production d'un grand nombre d'exemplaires de disques ayant le même contenu.

L'utilisation de robots pour une migration est possible, mais peut nécessiter une adaptation logicielle, en particulier pour la lecture des CD-R source. C'est au niveau de cette lecture que se pose le problème de la gestion des erreurs : un disque illisible ne doit pas bloquer l'automatisme du robot et doit être séparé des disques traités normalement.

Si les tâches sont effectuées séparément (lecture d'une pile, gravure d'une pile, étiquetage d'une pile), on devra éviter toute inversion, principalement au niveau de l'étiquetage. Pour cela, la manipulation des piles de disques, la séparation des disques rejetés doivent être bien contrôlées.

2.2 MATÉRIEL

Robots de lecture, gravure, impression

Il existe plusieurs fabricants de robots de gravure (LSK, PRIMERA, RIMAGE, etc.). Nous avons contacté des représentants des marques LSK et RIMAGE.

- 4CAPTURE, distributeur pour LSK 01 69 75 48 48
66 bis, ZA Montvoisin
91400 Gometz-la-ville
Mounir AMARA / Huyen Cao

- RIMAGE Europe GmbH (49) (0) 6074 8521 0
Albert-Einstein-Strasse 26
63128 Dietzenbach - Germany
Gérard Perras

Le taux de production pouvant être obtenu avec un robot dépend du nombre de graveurs qu'il gère : plusieurs graveurs permettent de graver plusieurs CD-R en parallèle.

Dans le cas où le robot n'utilise qu'un seul graveur, le temps minimal pour la migration d'un CD-R est d'environ 10 minutes comprenant :

- 2 minutes pour la lecture du CD-R source,
- 5 minutes pour la gravure à la vitesse 16x,
- 2 minutes pour la vérification du disque gravé,
- 1 à 2 minutes pour l'impression de l'étiquette.

La migration de 1000 CD-R nécessite une durée de fonctionnement du robot de plus de 160 heures. L'utilisation d'un robot à 2 graveurs permet de réduire ce temps de moitié.

Robots LSK

Deux gammes de robots LSK peuvent correspondre au besoin d'une migration de CD-R :

- Gamma (de 2 à 7 graveurs selon le modèle),
- Delta (de 2 à 6 graveurs selon le modèle).

Pour ces deux gammes, une imprimante à jet d'encre est intégrée au robot. Ces robots sont à priori compatibles avec différents modèles de graveur. Les robots de la famille Gamma ont un système de pilotage intégré, alors que les robots de la famille Delta sont pilotés par un ordinateur de type PC (logiciel : « Disc Manager »).

Robots RIMAGE

Il existe également plusieurs gammes de robots dans la marque RIMAGE (Producer, Publisher, Desktop). La plupart des robots RIMAGE sont équipés d'imprimantes à transfert ou re-transfert thermique. Seul le modèle d'entrée de gamme Desktop 2000j est équipé d'une imprimante à jet d'encre. Le nombre de graveurs équipant les robots varie de 1 à 4. Il s'agit de graveurs de marque Plextor ou Pioneer. L'utilisation d'une autre marque de graveur peut éventuellement être envisagée avec la société Rimage.

Le mode d'impression recommandé étant l'impression à jet d'encre, cela limite les possibilités de la marque RIMAGE. On peut toutefois envisager de réaliser l'impression à part avec un second robot. La société RIMAGE propose également une impression par transfert thermique (imprimante Prism) limitée à l'anneau central du disque (diamètre 38mm) qui ne contient pas de données.

Analyse de la qualité des CD-R gravés

Elle peut être effectuée soit à l'aide de logiciels, soit à l'aide d'analyseurs dédiés (cf. annexe 2). L'achat d'un analyseur dédié ne se conçoit que pour la migration d'une collection importante. Il est également possible de faire appel à un laboratoire comme le Laboratoire National de Métrologie et d'essais, pour s'assurer à la fois de la qualité de la chaîne de gravure (avant le lancement de la migration) et de la qualité des CD-R produits tout au long du processus de gravure.

2.3 LOCAUX

Le local dédié à la gravure devra être adapté de façon à minimiser le risque lié aux poussières.

En effet les poussières présentes, avant gravure, sur la face exposée d'un CD-R engendrent un défaut de gravure qui ne peut ensuite être réparé, alors qu'une poussière ou une salissure sur un disque déjà gravé peut être nettoyée.

Il est également important que les disques vierges soient conservés dans de bonnes conditions, à l'abri de la poussière, de la lumière et avec des conditions de température stables. La manipulation des disques vierges, livrés en pile (« spindle »), nécessite de prendre des précautions pour éviter toute rayure sur la face enregistrable. Un CD-R non gravé qui présente des rayures, suite à une chute par exemple, doit être éliminé.

Il est utile de disposer d'un éclairage spécifique (lampe avec loupe) permettant de vérifier l'état de surface des CD-R vierges.

2.4 PERSONNEL

Même en utilisant un robot, la migration d'une collection de CD-R nécessite l'intervention d'un opérateur qui devra prendre en main l'appareillage de gravure, ainsi que le suivi de qualité. Cela nécessite éventuellement une formation spécifique.

2.5 COÛTS

L'évaluation du coût se limitera à la part matérielle, à l'exclusion du coût du personnel ou des aménagements de locaux. Ne sont pas pris en compte non plus ni le coût d'un éventuel développement logiciel, ni le coût de formation du personnel.

Robot de gravure

Le coût d'un robot à 2 graveurs et imprimante thermique est de l'ordre de 10 000 €HT, par exemple :

- Robot RIMAGE Publisher 5100N : 9 500 €HT
- Robot LSK Delta III 9 040 €HT

Pour une migration importante, de 10 000 CD-R par exemple, il semble raisonnable d'envisager un robot pouvant gérer plus de 2 graveurs. Cela augmente le coût du robot de 15% pour 4 graveurs, 30% pour 6 graveurs par rapport au coût d'un robot à 2 graveurs, dans le cas de la gamme Delta III de LSK.

La société RIMAGE a également mentionné la réalisation d'un développement informatique sur leur matériel par une société partenaire. Le coût de ce développement serait compris entre 5000 et 10 000 € selon le nombre de fonctions à implémenter.

Vérification de la qualité de la chaîne de gravure

On doit aussi envisager la vérification de la qualité de la chaîne de gravure. Une telle vérification comporte un contrôle initial puis des contrôles réalisés à partir de prélèvements réguliers (1% des disques produits). Son coût serait de l'ordre de 2 200 €HT pour une migration de 1000 CD-R et 5 000 €HT pour une migration de 10 000 CD-R (réalisation LNE).

3. REALISATION D'UNE MIGRATION PAR UNE SOCIÉTÉ SPECIALISÉE

Les sociétés concernées sont en général spécialisées dans la numérisation de documents ou la copie d'un CD-R en de multiples exemplaires. La recopie en un exemplaire d'une collection importante de CD-R n'est, à priori, pas une prestation très courante.

Le résultat de la migration doit être une collection de CD-R présentant deux critères :

- une haute qualité de gravure,
- une tenue dans le temps sans dégradation.

La tenue dans le temps n'est garantie que par le choix de la référence des CD-R qui seront gravés. Elle ne peut pas être vérifiée sur la collection fournie par la société. On se contentera de suivre les résultats d'une étude menée par le LNE qui a montré que les deux références suivantes présentaient une très bonne tenue en conditions climatiques sévère (réf. Bibliographique [4]) :

- CD-R de marque MPO, de type Gold
- CD-R de marque DELKIN, de type Archival Gold

La qualité de gravure dépend principalement, mais pas uniquement, du choix du modèle de graveur et de la vitesse de gravure. Le rapport de l'étude menée par le LNE [4] préconise le graveur LG GCE-8527B pour le modèle MPO et le graveur PIONEER 112D pour le modèle DELKIN. D'autres graveurs peuvent également donner des résultats satisfaisants, mais il est alors nécessaire de procéder à une vérification de la qualité des disques gravés. Cette vérification, par prélèvement sur les CD-R livrés, doit faire l'objet d'une clause de réception de la prestation.

3.1 CAHIER DES CHARGES À RESPECTER PAR LA SOCIÉTÉ

On donne en annexe 1 un exemple de cahier des charges pouvant servir de base à un appel d'offre auprès de sociétés spécialisées.

Ce cahier impose l'utilisation d'une référence de CD-R choisie parmi les deux mentionnées, ainsi que la vitesse de gravure 16x. Concernant l'identification et la présentation des disques, le cahier des charges peut être adapté aux besoins du service d'archive commanditaire. Toutefois l'impression sur le dos du disque avec une imprimante autre qu'à jet d'encre n'est pas conseillée, car on ne connaît pas bien les conséquences des impressions par transfert thermique sur le vieillissement naturel de la gravure.

La clause de réception de la nouvelle collection gravée est importante, car elle contraint le prestataire à prendre les mesures pour garantir la qualité de gravure.

3.2 CONTRÔLE DE QUALITÉ ET RÉCEPTION DES DISQUES GRAVÉS

Le contrôle de la qualité de gravure doit être effectué sur quelques échantillons au départ, de manière à s'assurer qu'il n'y a pas de problème, puis en réception sur un prélèvement des disques gravés. Les moyens d'analyse permettent d'obtenir les taux d'erreurs numériques (BLER, E22, E32). Ce sont, soit des logiciels, soit des analyseurs dédiés (cf. annexe 2).

Les sociétés susceptibles de réaliser une migration de CD-R ne possèdent pas forcément de tels moyens de contrôle. Dans ce cas, la réception des CD-R gravés peut être faite par un laboratoire spécialisé, tel que le Laboratoire National de Métrologie et d'Essais.

3.3 COÛTS

Le cahier des charges de l'annexe 1 a été soumis à différentes sociétés qui figurent dans le tableau ci-après.

Liste des sociétés contactées pour réaliser la migration d'une collection de CD-R

Société	Adresse	Téléphone	Site Internet
ARCHIMAINÉ	162, avenue des Français Libres BP 0205 53 002 LAVAL Cedex	02 43 64 17 10	http://www.archimaine.fr/
ARKHENUM	43, Avenue Charles de Gaulle 33 200 BORDEAUX CAUDERAN	05 57 02 10 65	
OPUS Technologies	INCOM France Bâtiment Equateur 16-18 Av. Morane Saulnier 7 ^{ème} étage 78 140 VELIZY	01 30 70 19 80	http://www.incom-france.fr/
TRIBVN	39, rue Louveau 92 320 ChATILLON	01 55 58 05 25	http://www.tribvn.com/
FLASH-COPY	P.A.E.C. "Les Coteaux de la Mossig" 2, rue Frédéric Bartholdi - BP 20 67318 WASSELONNE Cedex	03 88 04 28 60	http://www.flash-copy.fr/
SAFIG	4 rue Gambetta 93 583 SAINT-OUEN CEDEX	01 49 21 95 00	http://www.safig.fr/
CCL	Centre de Conservation du Livre 18 rue de la Calade 13 200 ARLES	04 90 49 99 89	http://www.ccl-fr.org/
Infotechnique	15 rue des Scillas L-2529 Howald LUXEMBOURG	+352 40 99 441	http://www.infotechnique.com/

La société TRIBVN est la seule à avoir répondu précisément avec un coût de 4710 €HT pour une migration de 1000 CD-R et de 38 200 €HT pour une migration de 10 000 CD-R.

Ce coût ne comporte pas la récupération de disques source qui ne seraient pas totalement lisibles.

4. CONCLUSION

La migration d'une collection de CD-R dégradée vers une collection de bonne qualité de gravure et pouvant se maintenir dans le temps par le choix d'un modèle de CD-R approprié, n'est pas une opération qui est actuellement réalisée couramment. Cela explique les difficultés que nous avons eues pour obtenir des réponses précises et une évaluation de coût auprès des sociétés spécialisées.

Il apparaît que, dans tous les cas, des adaptations sont à prévoir pour l'utilisation des robots de gravure et des logiciels les pilotant. La maîtrise de la qualité de gravure, même si les analyses de CD-R sont sous traitées à un laboratoire, pose également un problème de formation et/ou de compétence des opérateurs.

C'est pourquoi, pour une migration importante, la solution d'une sous-traitance (§ 3) semble devoir être privilégiée. Elle permet à la société sous-traitante de réaliser l'investissement nécessaire (matériel, contrôle de qualité) pour elle-même et de récupérer cet investissement en réalisant des migrations pour plusieurs services d'archive. La société sous-traitante réalise elle-même les copies et garantit leur qualité de gravure. Cette qualité est contrôlée par prélèvement sur les CD-R fournis. La tenue dans le temps dépend principalement du choix du modèle de CD-R qui doit être imposé dans le cahier des charges.

Pour une solution sous-traitée, on peut retenir un coût de l'ordre de 4 à 5 €HT par CD-R recopié.

ANNEXE 1: EXEMPLE DE CAHIER DES CHARGES POUR LA MIGRATION D'UNE COLLECTION DE CD-R

OBJET

L'objectif est de réaliser la copie en 1 exemplaire d'une collection de CD-R d'archive. Cette migration est effectuée sur le même support (CD-R) dans le but d'avoir une nouvelle collection avec une qualité initiale de gravure excellente et dont la tenue dans le temps sera optimale, par le choix approprié du modèle de CD-R. L'identification de chaque disque de la collection est faite par le nom de volume.

DISPOSITIONS

Rejet des disques non totalement lisibles

La procédure de recopie ne doit pas être opérationnelle sur des disques ne pouvant pas être lus dans leur intégralité. Ce peuvent être des disques partiellement lisibles (arrêt de la lecture avant la fin) ou des disques présentant des erreurs incorrigibles. La procédure de migration doit exclure ces disques, afin d'être certain que la migration a créé des disques avec une information numérique non corrompue.

Modèle de CD-R

On utilisera des CD-R d'une référence choisie parmi les deux suivantes :

MPO Gold White Inkjet
DELKIN Archival Gold Inkjet printable

Vitesse de gravure

La gravure sera réalisée à la vitesse 16x.

Qualité de la gravure

Le processus doit comporter une lecture de vérification de l'intégrité des données gravées sur chaque disque. Au-delà de cette vérification, il est exigé que la qualité de la gravure soit très bonne, avec des taux d'erreurs primaires très inférieurs aux valeurs qui déclenchent les erreurs incorrigibles. La vérification de la qualité de gravure est faite par analyse d'un échantillon des disques produits (cf. Réception).

Identification de chaque disque

Le nom de volume de chaque disque créé est celui du disque source. Ce nom doit également être imprimé sur le dos du disque à l'aide d'une imprimante à jet d'encre.

Présentation des disques

Les disques gravés sont fournis dans un boîtier individuel de type « Slim », sans étiquette.

RECEPTION

La qualité des CD-R migrés sera analysée sur un échantillon de disques prélevés aléatoirement dans l'ensemble des disques gravés. Le nombre de disques prélevés sera égal à 1% du nombre total de disques.

L'analyse portera sur les taux d'erreurs BLER, E22, E32. Pour chaque disque analysé, les limites d'acceptation sont les suivantes :

BLER : valeur moyenne sur 10 secondes inférieure à 20 sur l'ensemble du disque
E22 : aucune valeur de E22 (par seconde) supérieure à 15
E32 : absence d'erreurs E32 sur le disque

ANNEXE 2: LES MOYENS D'ANALYSE DE LA QUALITÉ DE GRAVURE D'UN CD-R

Les analyses peuvent être réalisées soit avec des logiciels, soit avec une instrumentation dédiée. Les logiciels ne présentent pas le même degré de fiabilité et de pertinence que les analyseurs dédiés.

LOGICIELS

Les logiciels d'analyse sont, dans la majorité des cas, gratuits. Ils peuvent être utilisés sur des ordinateurs ordinaires équipés de lecteurs compatibles. En général ils sont très peu documentés et les informations données ne peuvent être qu'indicatives, car ni garanties, ni supportées par les fournisseurs. Les résultats peuvent être très dépendants du lecteur utilisé.

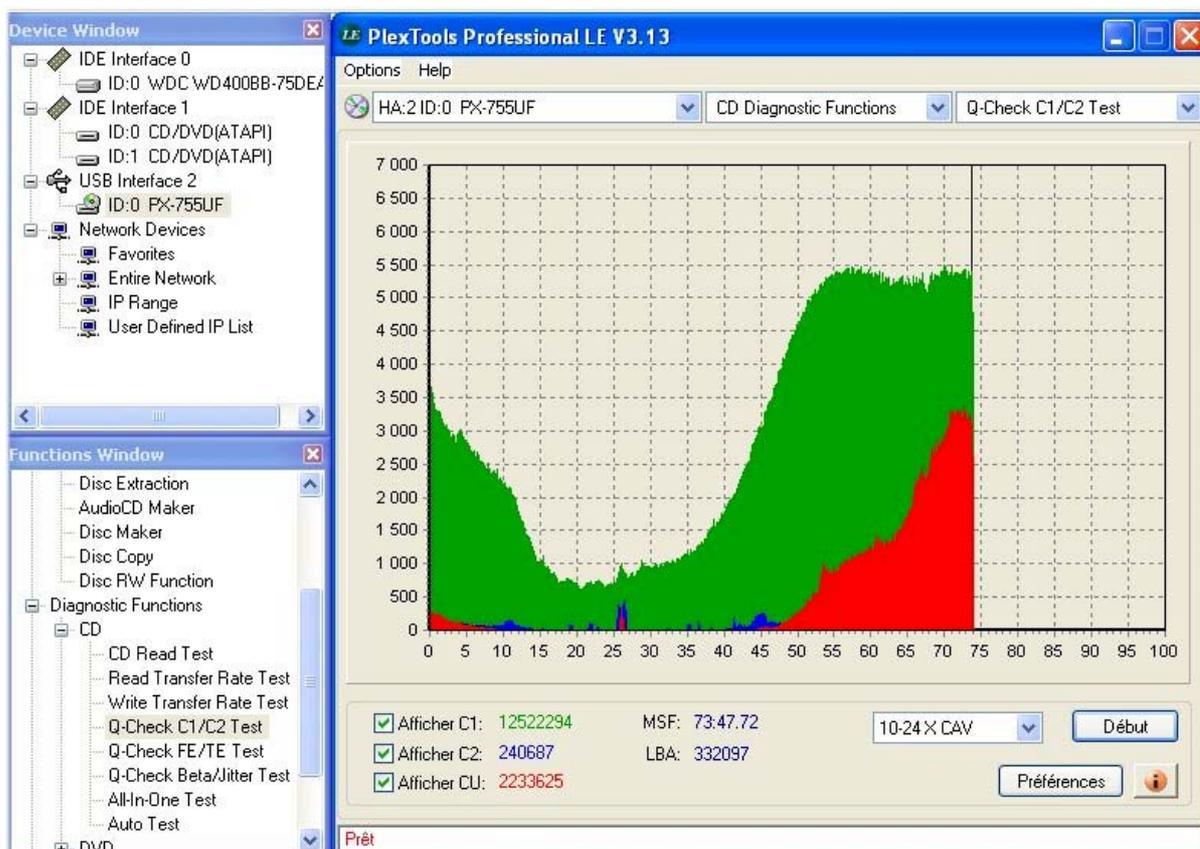
Des exemples d'analyse réalisées avec trois de ces logiciels sont présentées ci-après. Les logiciels permettent d'examiner plusieurs propriétés mais seuls les paramètres liés aux erreurs sont présentés.

Deux CD-R ont été testés :

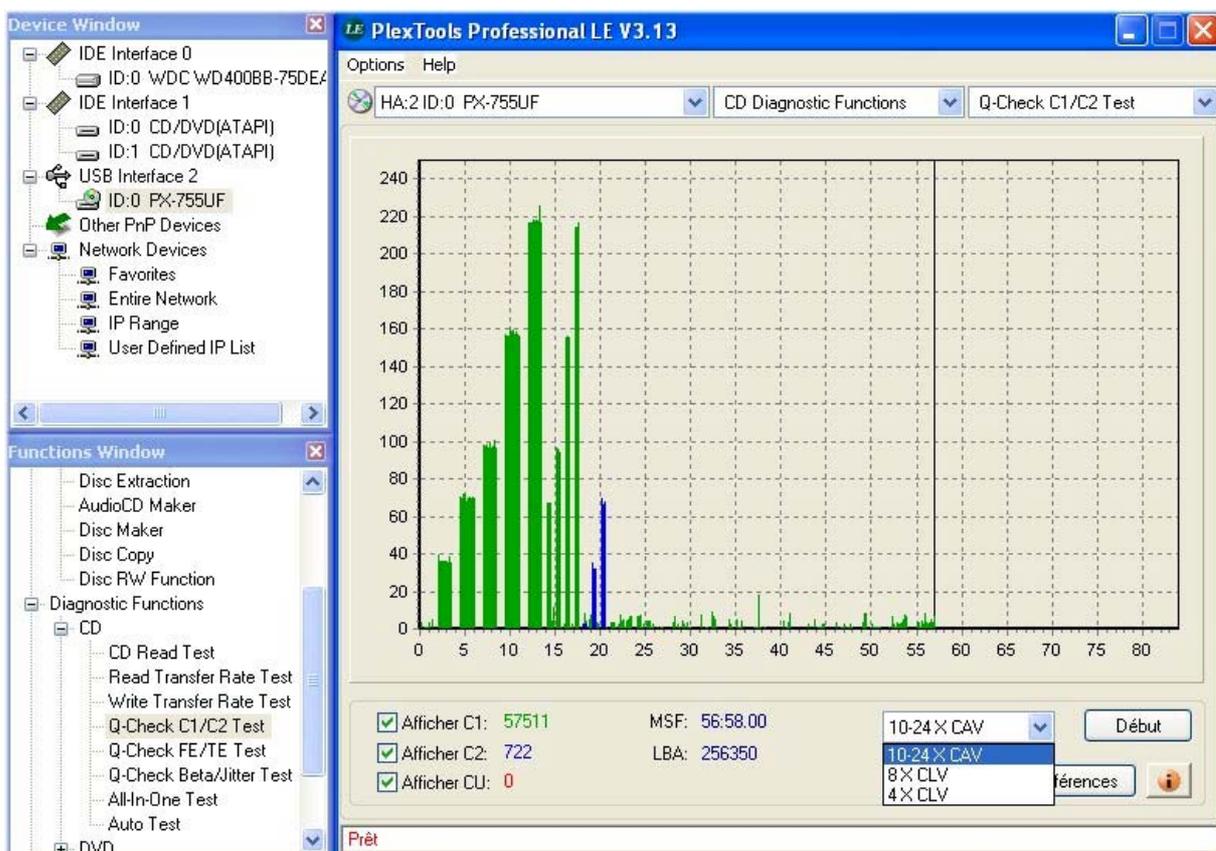
- un disque de référence pour les erreurs (Philips BH1)
- un CD-R de mauvaise qualité après 4 ans d'archivage (réf. CD-R V4).

Logiciel « PLEXTOOLS »

Visualisation des taux d'erreurs avec PLEXTOOLS (CD-R V4)



Visualisation des taux d'erreurs avec PLEXTOOLS (CD-R Philips BH1)



Les caractéristiques principales du logiciel d'analyse PLEXTOOLS sont les suivantes :

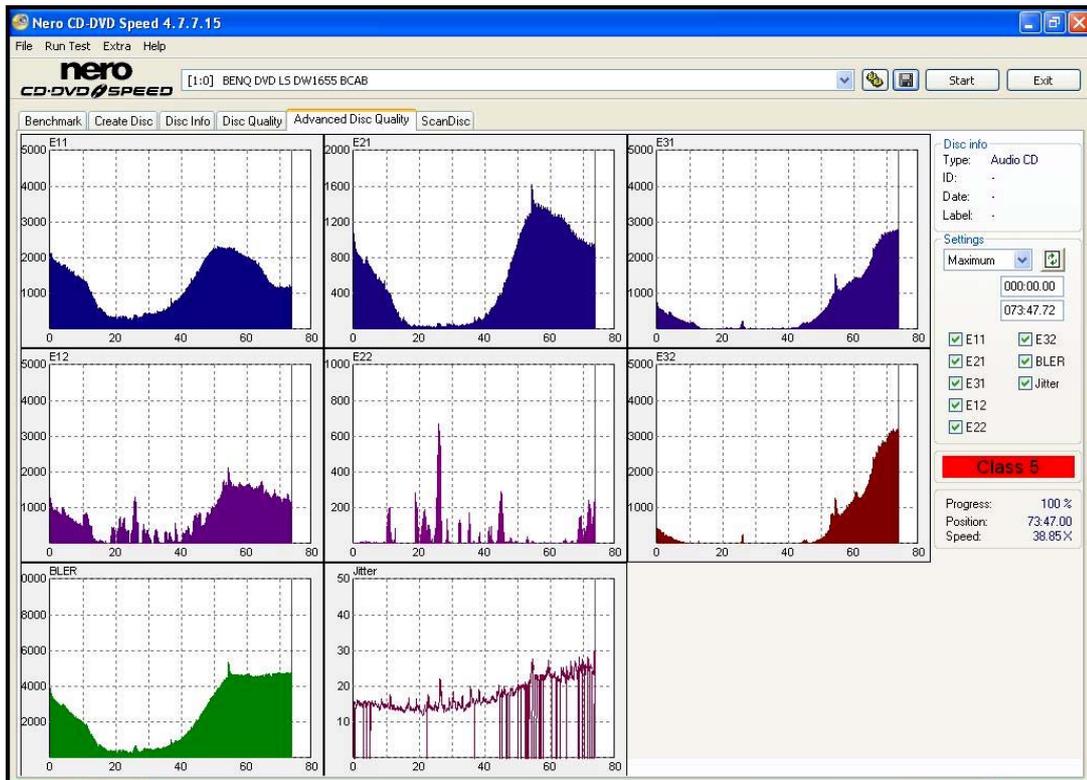
- Graveurs compatibles : uniquement les graveurs Plextor.
- Documentation : fichier d'aide
- Paramètres d'erreur disponibles : C1, C2 et CU correspondant au BLER, à E22 et E32 (correspondance précisée dans l'aide).
- Valeurs limites conseillées : non
- Vitesses de lecture : 3 vitesses 4X, 8X et 24X
- Sauvegarde des résultats : enregistrement du résumé

Le fait que seuls les graveurs Plextor soient utilisables pour les mesures de C1 et C2 permet de mieux cerner les possibilités du logiciel.

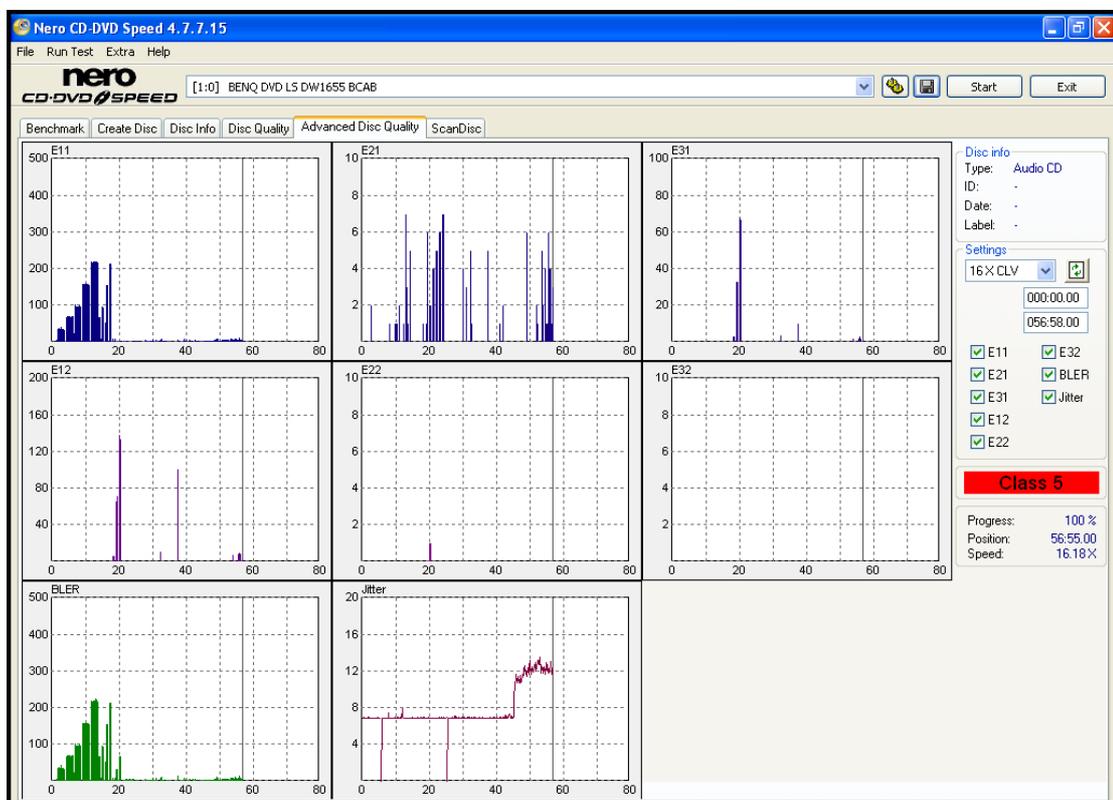
Toute valeur limite est dépendante des conditions de mesure. Par exemple pour le BLER les normes recommandent de faire une moyenne sur 10 secondes. Or ce logiciel ne donne pas la durée du moyennage. Quand il n'y a pas de variation rapide, il donne des résultats assez corrélés avec les analyseurs dédiés (comme par exemple avec le CD-R Philips BH1) mais le BLER maximum ne pourra pas être mesuré correctement, s'il n'est pas moyenné sur 10 secondes (dispersion des résultats entre les analyseurs dédiés et PLExtools pour le CD-R V4). Ce logiciel est donc difficilement utilisable pour la qualification d'une chaîne de gravure.

Logiciel « CD-DVD Speed »

Visualisation des taux d'erreurs avec le logiciel CD-DVD Speed (CD-R V4)



Visualisation des taux d'erreurs avec le logiciel CD-DVD Speed (CD-R Philips BH1)



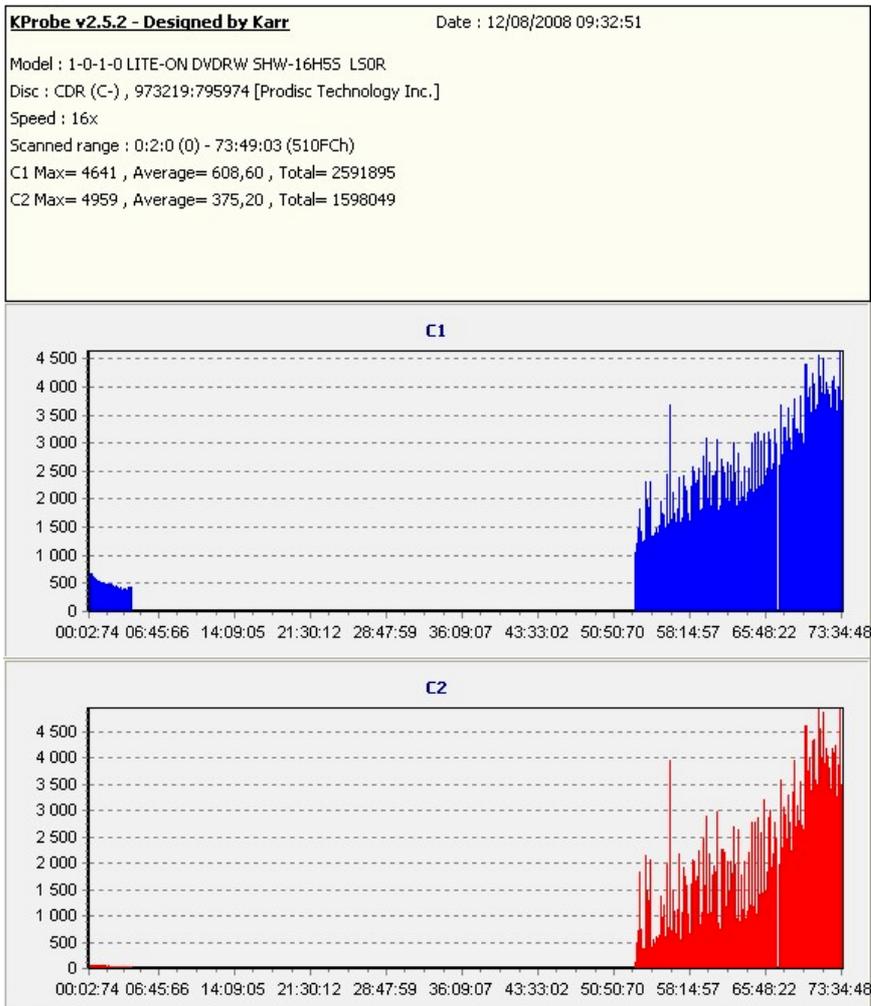
Les caractéristiques principales du logiciel d'analyse CD-DVD Speed sont les suivantes :

- Graveurs compatibles : plusieurs marques de graveurs
- Documentation : aucune
- Paramètres d'erreur disponibles : très variable suivant les lecteurs (parfois aucun)
C1 et C2 correspondant respectivement au BLER et à E32
- Valeurs limites conseillées : non
- Vitesses de lecture : dépend du graveur utilisé (exemple 8X à 48X avec le graveur BenQ)
- Sauvegarde des résultats : enregistrement du résumé et de la copie d'écran

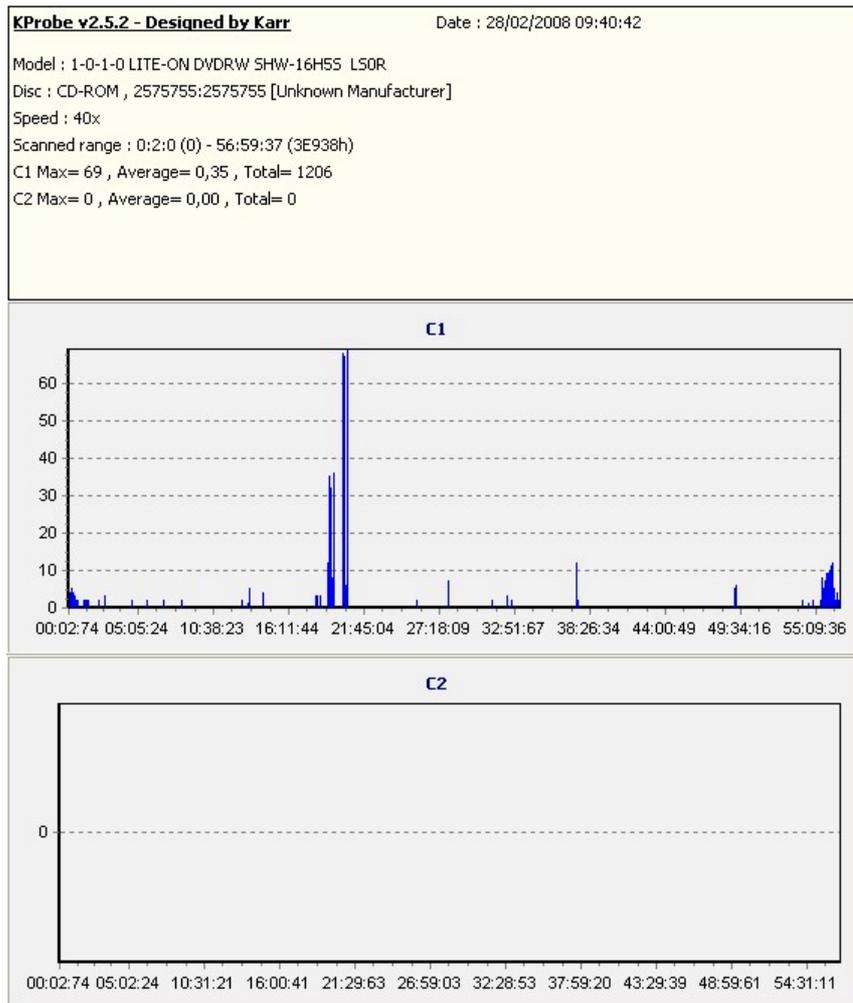
Les possibilités de ce logiciel dépendent vraiment du graveur associé. Les remarques faites pour Plextools sont aussi valables pour ce logiciel. De plus nous avons pu mettre en évidence des incohérences entre les différentes possibilités d'analyse allant jusqu'à la non détection d'erreurs incorrigibles. Ce logiciel n'est donc pas recommandé pour la qualification d'une chaîne de gravure.

Logiciel « Kprobe »

Visualisation des taux d'erreurs avec le logiciel Kprobe (CD-R V4)



Visualisation des taux d'erreurs avec le logiciel Kprobe (CD-R Philips BH1)



Les caractéristiques principales du logiciel d'analyse KPROBE sont les suivantes :

- Graveurs compatibles : plusieurs marques de graveurs (Lite One, Philips, ..)
- Documentation : aucune
- Paramètres d'erreur disponibles : C1 et C2 (correspondance non indiquée mais, d'après les essais, C1 correspondrait à E31 et C2 à E32)
- Valeurs limites conseillées : non
- Vitesses de lecture : dépend du graveur utilisé (exemple 8X à 48X avec le graveur Lite One)
- Sauvegarde des résultats : enregistrement du résumé, de la copie d'écran et des résultats bruts(seul logiciel à le faire)

Ce logiciel est le seul qui permette d'enregistrer des résultats bruts ce qui est indispensable dans le suivi qualité de la chaîne de gravure. Les paramètres données par ce logiciel ne sont pas définis. On notera que C1 correspond à E31 et non pas au BLER. On ne peut donc pas donner de limite pour ce paramètre. A ceci, il convient d'ajouter les observations faites pour Plectools. Pour ces raisons ce logiciel ne peut pas être utilisé pour la qualification de la chaîne de gravure.

En résumé, les logiciels d'analyse de CD-R sont très dépendants des lecteurs en terme de possibilité, de résultats et de fiabilité. Aucune garantie n'est donnée par les concepteurs. Des incohérences de résultats ont été constatées pour certaines analyses et en particulier l'absence de détection d'erreurs incorrigibles présentes sur un CD-R.

Le manque de fiabilité, d'information sur les paramètres d'erreurs avec leur interprétation et le peu de possibilités de sauvegarde de fichiers résultats complets amène à déconseiller ces logiciels pour contrôler la migration et le suivi des archives de CD-R. Ils peuvent être utilisés cependant pour un contrôle succinct à la condition d'avoir auparavant comparé, avec plusieurs disques, les résultats de ces logiciels avec ceux obtenus avec un analyseur dédié et d'avoir acquis les connaissances nécessaires pour l'interprétation des résultats.

ANALYSEURS DEDIES

Les analyseurs les plus simples se contentent de donner les paramètres d'erreur, généralement sous la forme de courbes, en fonction du temps en lecture. Chaque courbe représente une valeur moyenne ou maximale chaque seconde (lecture 1X), soit environ 4000 valeurs pour l'analyse complète d'un CD pleinement enregistré. La lecture peut être faite à la vitesse de 1x (70 minutes pour un CD complet) ou à des vitesses supérieures (jusqu'à 40X).

L'analyse des paramètres de guidage ou d'intensité du signal optique se fait généralement à la vitesse de lecture 1X ou 4X et nécessite des machines dédiées, d'un coût beaucoup plus élevé (10 000 à 60 000 €). On peut citer, parmi les fabricants d'analyseurs, Clover systems, Expert magnetic, Datarius et Audiodev. Ces deux derniers fournissent des analyseurs qui servent de référence aux fabricants de disques. Clover systems et Expert magnetic sont plus utilisés au niveau du contrôle de production.

Ces analyseurs sont en général livrés avec une documentation définissant les paramètres de mesure et leur interprétation. Les disques de calibration et de vérification fournis permettent un suivi précis des analyseurs. Les lecteurs des analyseurs sont sélectionnés par le fabricant afin d'augmenter la fiabilité de l'ensemble et d'améliorer la reproductibilité des mesures.

Ces appareils donnent de plus la possibilité de sauvegarder l'intégralité des l'analyses afin de pouvoir les visualiser a posteriori. Il est possible d'exporter les résultats ce qui permet d'assurer le suivi de la qualité après gravure puis au cours du temps.

Tous ces éléments font de ces analyseurs dédiés des outils indispensables pour le contrôle de la migration et le suivi des collections de CD-R.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] La conservation des données sur CD-R – Juillet 2004

Jean-Michel LAMBERT – Yvric SAUNDERS

Etude réalisée par le Laboratoire National de Métrologie et d'Essais

Document accessible sur le site Internet du LNE :

<http://www.lne.fr/publications/guides-documents-techniques/conservation-donnees-cd-r.pdf>

[2] Étude sur les CD-R conservés par les services publics d'archives

Instruction DITN/RES/2006/003 du 14 juin 2006 ; Rapport de synthèse de l'étude

Document accessible sur le site Internet des Archives de France :

<http://www.archivesdefrance.culture.gouv.fr/static/1053>

[3] Recommandations relatives à la gravure, à la conservation et à l'évaluation des CD-R

Instruction DITN/RES/2005/004 du 29 mars 2005 ; Recommandations ; Mémento pratique élaborées par la Direction des Archives de France

Document accessible sur le site Internet des Archives de France :

<http://www.archivesdefrance.culture.gouv.fr/static/1054>

[4] Résultats de l'étude sur des CD-R et des graveurs du marché (2006)

Note d'information DITN/RES/2006/008 du 20 décembre 2006 ; Rapport de synthèse de l'étude

Document accessible sur le site Internet des Archives de France :

<http://www.archivesdefrance.culture.gouv.fr/static/1052>

[5] Rapport de l'étude sur les CD-R et des graveurs du marché (2008)

Document accessible sur le site Internet des Archives de France :

<http://www.archivesdefrance.culture.gouv.fr/static/2139>