

DIRECTION DES ARCHIVES DE FRANCE

**RECOMMANDATIONS
RELATIVES A LA GRAVURE,
A LA CONSERVATION
ET A L'EVALUATION DES CD-R**

Mars 2005

Introduction

Depuis leur apparition au début des années 1990, les disques compacts enregistrables, ou CD-R, ont connu un succès considérable.

Les services publics d'archives les ont employés de manière massive dans leurs opérations de numérisation de documents. Par ailleurs, ils sont largement utilisés par les administrations pour des sauvegardes de toutes sortes et commencent à figurer dans les versements d'archives électroniques.

Or, les CD-R sont relativement fragiles et ont une durée de vie limitée, au terme de laquelle il convient de recopier les données sur un autre support, selon le procédé dit "de migration".

L'objet de la présente note, destinée aux services publics d'archives pour leur propre production de CD-R, en interne ou sous-traitée, et pour celle des services versants avec lesquels ils sont en relation, est de fournir des informations sur la nature des CD-R, des conseils sur leur production, leur conservation et l'évaluation de leur qualité, en vue de déterminer le moment optimal de leur migration.

Différents niveaux d'exigence sont proposés, de sorte que chaque producteur de CD-R puisse choisir les solutions les mieux adaptées à son volume d'activité et à son équipement.

Le CD-R, même s'il est le support le plus connu, n'est pas le seul possible. Son format normalisé, sa simplicité d'utilisation et l'irréversibilité de son écriture le rendent intéressant et en font un des supports possibles pour l'application de la norme NF Z 42-013 ("Recommandations relatives à la conception et à l'exploitation de systèmes informatiques en vue d'assurer la conservation et l'intégrité des documents stockés dans ces systèmes"); en revanche, sa faible capacité de stockage et son coût relativement élevé lui ont parfois fait préférer les supports magnétiques. Le choix entre supports n'est pas l'objet du présent document.

La présente note ne traite pas des disques en verre, utilisés notamment par la Bibliothèque nationale de France, dont la production, qui nécessite des équipements très particuliers, est en principe assurée par un prestataire spécialisé.

Les DVD enregistrables ne sont pas non plus évoqués, car ces supports ne sont pas encore stabilisés et leur conservation n'a été que peu étudiée jusqu'à présent. Les quelques études déjà menées conduisent néanmoins à déconseiller leur utilisation comme support de conservation.

Les recommandations qui suivent s'appuient naturellement sur l'état actuel des connaissances et pourront être actualisées en fonction des résultats des recherches en cours.

Le premier paragraphe, non prescriptif, donne quelques informations sur la nature et le fonctionnement des CD-R. Les paragraphes 2 à 4 sont consacrés à la gravure des CD-R : choix des disques et des graveurs, mode de gravure. Le paragraphe 5 donne un aperçu des facteurs de dégradation des CD-R et des conditions de conservation à respecter. Le paragraphe 6, enfin, porte sur la surveillance des disques et leur migration.

Les prescriptions des paragraphes 2 à 5 peuvent trouver place dans un cahier des charges de numérisation.

1. La structure et le fonctionnement des CD-R

Le CD-R, abréviation de Compact Disc Recordable, est un disque compact numérique enregistrable une seule fois. Appelé aussi CD-WO (Compact Disc Write Once), le CD-R fait partie des supports de type WORM (Write Once Read Many), c'est-à-dire écrits de manière irréversible, au même titre que le DVD-R, le DVD+R ou certains disques optiques numériques (DON).

Les autres types de CD, comme le CD-Audio ou le CD-ROM, ne sont pas enregistrés mais produits par pressage, à partir d'une matrice, selon des formats adaptés aux données qu'ils contiennent. Le CD-R est enregistré selon l'un ou l'autre de ces formats et se comporte alors soit comme un CD-Audio, soit comme un CD-ROM.

1.1. Les standards et normes relatifs au CD-R

En 1990, Philips et Sony ont publié l'*Orange Book*, dont la deuxième partie définit les caractéristiques physiques et les méthodes de gravure des CD-R. L'*Orange Book*, avec ses documents associés, définit notamment les valeurs acceptables des divers paramètres d'un disque (BLER inférieur à 220, BURST inférieur à 7, cf. 1.6). Il est compatible avec le *Red Book* de 1982 (devenu la norme ISO/IEC 60908) relatif aux CD-Audio et avec le *Yellow Book* de 1984 (devenu la norme ISO/IEC 10149) relatif aux CD-ROM. Il est possible de se procurer l'*Orange Book* auprès de Philips, selon des conditions restrictives. Une version gratuite de la norme ISO/IEC 10149 peut être téléchargée sur le site de l'association Ecma (<http://www.ecma-international.org/>), sous la référence Ecma-130.

En 1984 est parue la première version de la norme ISO 9660, décrivant la "structure de volume et de fichier des disques optiques compacts à mémoire fixe (CD-ROM) destinés à l'échange d'information". C'est elle qui assure la lisibilité des CD sur tous les types de lecteurs, quel que soit le système d'exploitation utilisé. Une version gratuite de la norme ISO 9660 peut être téléchargée sur le site de l'association Ecma, sous la référence Ecma-119.

La norme ISO 9660 a été élargie par les normes ISO/IEC 13346 (Structure de volume et de fichier de moyens d'écriture unique et de réécriture utilisant un enregistrement non séquentiel pour l'échange d'information) et ISO/IEC 13490 (Structure de volume et de fichier de supports disque compact à lecture seule et à écriture unique pour l'échange d'information), qui peuvent être téléchargées respectivement sous les références Ecma-167 et Ecma-168.

Des normes ont récemment été établies sur la qualité des CD, mais elles sont actuellement remises en question.

La norme Z 42-011-2, en vigueur depuis décembre 2001, porte sur le "contrôle des informations conservées sur CD". Elle permet de répartir les CD gravés en cinq classes, selon les taux d'erreurs de lecture détectés (cf. 1.6) :

- classe 1 : BLER maximal inférieur à 10, BLER moyen inférieur à 5, aucune erreur E22, aucune erreur E32 ;
- classe 2 : BLER maximal inférieur à 50, BLER moyen inférieur à 10, aucune erreur E22, aucune erreur E32 ;
- classe 3 : BLER maximal inférieur à 220, BLER moyen inférieur à 100, aucune erreur E22, aucune erreur E32 ;
- classe 4 : BLER maximal supérieur ou égal à 220, BLER moyen inférieur à 220, aucune erreur E32 ;
- classe 5 : disques n'appartenant à aucune des classes précédentes.

La norme établit un lien entre la classe du CD-R et son espérance de vie, les classes 1 et 2 étant recommandées pour "le stockage de données à long terme, c'est-à-dire à plus de trois ans".

Cette norme est aujourd'hui contestée, car le lien direct entre les mesures de taux d'erreurs et l'espérance de vie du CD-R s'est révélé inexact. De plus, les taux d'erreurs de lecture sont apparus insuffisants pour rendre compte de la qualité d'un disque, les paramètres physiques, non pris en compte par la norme, pouvant être déterminants.

La norme Z 42-011-2 va donc probablement être retirée par l'AFNOR.

Certains de ses éléments peuvent néanmoins encore être utilisés à titre indicatif.

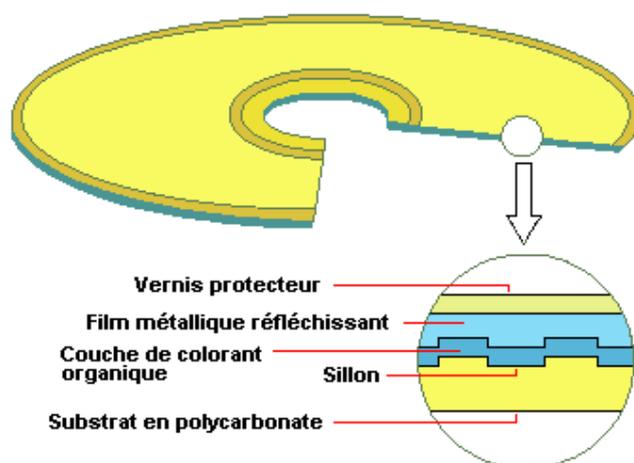
Un projet de norme ISO 12024, qui devait reprendre de nombreux éléments de la norme française tout en renonçant à l'idée d'un lien direct entre taux d'erreurs et espérance de vie, va également être abandonné.

Un groupe de travail réunissant différents acteurs (fabricants, utilisateurs, prescripteurs, organismes scientifiques, responsables d'archives et professionnels de la conservation) prépare actuellement un recueil de bonnes pratiques sur la gravure et la conservation des CD-R, intitulé *Le livre blanc du CD-R*, qui devrait paraître prochainement.

La norme ISO 18927, parue en 2002, propose pour sa part une "méthode d'estimation de l'espérance de vie basée sur les effets de la température et de l'humidité relative", autrement dit une procédure pour la réalisation des tests de vieillissement accéléré. Cette norme est également mise en cause en raison des difficultés de mise en œuvre (coûts et durées élevés) et des problèmes de représentativité des modèles de vieillissement accéléré vis-à-vis du vieillissement naturel des CD-R.

Enfin, la norme NF Z 42-013, qui fournit des "recommandations relatives à la conception et à l'exploitation de systèmes informatiques en vue d'assurer la conservation et l'intégrité des documents stockés dans ces systèmes", conseille l'utilisation de supports WORM et donne quelques indications, surtout de nature organisationnelle, sur le choix, la gravure et le contrôle de ces supports.

1.2. Composition physique du CD-R



Composition d'un CD-R en coupe.

Le CD-R se présente comme un disque de 120 mm de diamètre au maximum et de 1,2 mm d'épaisseur, percé d'un trou central. Il est constitué de plusieurs couches superposées (cf. schéma) :

- un substrat en polycarbonate (*substrate layer* en anglais), comportant un sillon en spirale (*pregroove* en anglais) d'une longueur d'environ 6 km en général ;

- une couche de colorant organique (*dye* ou *recording layer* en anglais), appliquée sur le substrat et épousant la marque du sillon : cyanine (bleu, bleu-vert) à l'origine, puis phtalocyanine (souvent transparent) ou azoïque (bleu) ;

- un film métallique réfléchissant (*metal* ou *reflective layer* en anglais), généralement en argent ou en or ;

- un vernis protecteur (*protective layer* en anglais), lui-même parfois recouvert d'une laque.

Le vernis protecteur peut être recouvert d'une couche imprimée ou d'une couche unie destinée à l'impression, permettant d'inscrire des informations sur le disque.

L'aspect du CD-R dépend de la nature du film métallique et de la nature de la couche de colorant. Le substrat peut également être coloré.

Le sillon ondule selon une fréquence fixe, ce qui permet le réglage de la rotation du graveur et l'organisation du disque en secteurs de 2 048 octets (pour les CD de données). Ce signal modulé est appelé Absolute Time in Pregroove (ATIP). Quelques informations, également appelées ATIP par extension, peuvent être pré-inscrites en début de disque, comme le nom du fabricant, le type de colorant utilisé, la longueur du disque. Ces informations, sauf la longueur du disque, ne sont pas toujours garanties.

Il existe actuellement des disques de 63 minutes ou 550 Mo (283 500 secteurs), 74 minutes ou 650 Mo (333 000 secteurs), 80 minutes ou 700 Mo (360 000 secteurs), 90 minutes ou 800 Mo, 100 minutes ou 900 Mo.

Vu de dessous, le CD-R est composé de plusieurs zones concentriques :

- un trou central (*centre hole* en anglais), de 15 mm de diamètre ;

- un anneau central généralement transparent (*centre hub* en anglais), de 12 mm de large environ ;

- une bande réfléchissante (*mirror band* en anglais) de 2,5 mm de large environ ;

- la zone de données (*information area* en anglais), de 37 mm de large environ dans le cas du disque de 120 mm ;

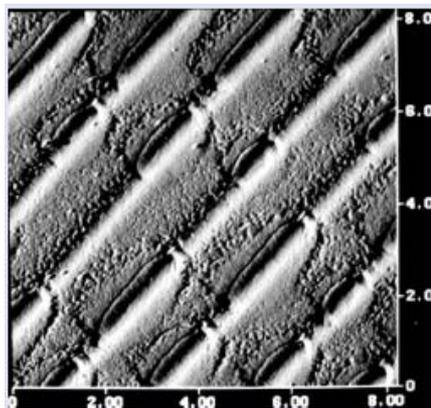
- une fine bordure (*rim area* en anglais) de 2 mm de large environ.

Le disque peut comporter un numéro de série (identifiant unique du support) et/ou un numéro de lot de fabrication.

1.3. Le processus physique de gravure

La gravure du CD-R s'effectue, depuis le centre du disque vers la périphérie, à l'aide d'un faisceau laser qui, en fonction des informations binaires qu'il reçoit, brûle ou non la couche de colorant organique (cf. illustration ci-dessous). Les zones brûlées deviennent opaques et acquièrent des propriétés optiques différentes des zones non brûlées.

Le sillon en spirale sert de guide au laser.



Inscription des données par déformation des zones de la couche sensible du CD-R exposées au rayon laser, vue au microscope à force atomique (source : LAM et LRMH). Les lignes parallèles obliques correspondent au sillon en spirale.

1.4. Les divers modes de gravure

La gravure du CD-R s'effectue à l'aide d'un graveur (muni d'un micrologiciel ou *firmware*) et d'un logiciel de gravure associé.

Le CD-R est enregistré dans un des formats définis dans les "Books" publiés par Philips et Sony : CD-Audio pour la musique, CD-ROM ou CD-ROM XA (extended architecture) pour les données. Des fichiers de son peuvent être gravés comme des données, au format CD-ROM. Le CD-ROM XA (Extended Architecture), décrit dans un supplément au *Yellow Book*, est adapté aux données multimédias. Le format CD-ROM est parfois appelé "mode 1" et le format CD-ROM XA "mode 2".

La vitesse de gravure d'un CD s'exprime en multiple d'une vitesse de base valant 150 ko par seconde. Ainsi, une vitesse dite de "4 x" est égale à 600 ko par seconde.

L'organisation des fichiers sur les CD-ROM a été normalisée dès 1984. La norme ISO 9660, qui assure la lisibilité des CD-R avec n'importe quel système d'exploitation, comporte plusieurs niveaux. Le niveau 1, par exemple, impose des noms de fichiers de 8 caractères au maximum, en majuscules, et n'admet que 8 niveaux de répertoires.

Elle prévoit des zones de description du CD (ou volume), permettant de pointer sur les répertoires et les fichiers, mais aussi d'enregistrer par exemple le numéro du disque, sa taille, le nom de l'éditeur, le nom du responsable de l'enregistrement, les droits d'auteur, un résumé du contenu, une bibliographie, les dates de création, de modification et de péremption de l'information. Certains logiciels permettent d'enregistrer et de lire ces zones : CD Roller, Nero CD-DVD Speed, PlexTools, DVDInfoPro, etc.

Les divers concepteurs de systèmes d'exploitations ont établi des standards complémentaires, compatibles avec la norme ISO 9660 et plus proches de leurs propres usages : Joliet pour Microsoft, Rockridge pour Unix, Apple pour MacOS.

L'écriture des données est en principe séquentielle : les différents fichiers à graver sont organisés à l'avance par le logiciel de gravure, formant une image du disque, et écrits comme un tout. L'image du disque peut être réalisée à l'avance ou se constituer au fur et à mesure de la gravure (à la volée).

Cet ensemble de données écrit en une opération, appelée session, comporte une zone d'en-tête, appelée *lead-in* en anglais, dans laquelle se trouve la table des répertoires et des fichiers (*table of content* ou TOC) du disque, et une zone terminale, appelée *lead-out*.

Il est possible d'écrire plusieurs sessions successives sur un CD-R (multi-sessions). Dans ce cas, on ferme la session et on en ouvre une autre. Si une nouvelle session n'est pas ouverte en même temps que la précédente est fermée, le disque est clos et il n'est plus possible d'écrire dessus. Les zones de lead-in et lead-out sont écrites lorsque la session est fermée et la TOC de cette session pointe sur l'emplacement de la TOC à venir de la session suivante.

1.5. Le processus physique de lecture

La lecture du CD-R s'effectue, dans l'appareil de lecture, à l'aide d'un faisceau laser de moindre puissance que pour l'écriture. Ce faisceau traverse le substrat et, selon qu'il frappe une zone modifiée ou non modifiée de la couche de colorant organique, se trouve réfléchi de manière différente par le film métallique. Un capteur interprète la réflexion du faisceau et la convertit en informations binaires.

1.6. Les dispositifs de correction des erreurs

La gravure des données fait intervenir des processus complexes destinés à la synchronisation du disque, à la correction des erreurs d'écriture des données, etc.

En particulier, chaque octet est accompagné d'un bit de parité (0 si l'octet comporte un nombre pair de 1, 1 s'il en comporte un nombre impair), de manière à ce que la somme des bits soit toujours paire : si ce n'est pas le cas, c'est qu'une erreur est survenue. Pour permettre d'identifier le bit erroné à l'intérieur d'un octet fautif, les octets sont disposés en tableaux, appelés blocs, de 32 octets (ou symboles), regroupant 24 octets d'information utile et 8 octets de parité. Ce dispositif, qui n'est efficace que si un ou deux bits d'un octet sont erronés, s'accompagne d'un "entrelacement" des informations, qui consiste à disperser à la surface du disque les différents bits d'un même octet, de sorte que, même si une surface importante du disque est endommagée, peu d'octets entiers soient affectés. Les processus d'encodage et d'entrelacement des informations constituent le système CIRC (*Cross Interleaved Reed-Solomon Code*).

A la lecture, le système CIRC, qui consiste en deux décodeurs, appelés C1 et C2, permet, par l'analyse des symboles de parité, de détecter les erreurs et de les corriger. Les symboles utiles et de parité passent ainsi d'abord par le décodeur C1. Ceux qui ne peuvent pas être corrigés par le premier décodeur sont alors pris en charge par le second décodeur, C2. Le passage de l'information dans les deux décodeurs permet la mesure des différents taux d'erreurs du bloc concerné. Un bloc est dit erroné si au moins un symbole de ce bloc est erroné et un symbole est dit erroné si au moins un bit de ce symbole est erroné.

Au passage du premier décodeur C1, avant désentrelacement, sont mesurés :

- le **BLER (B**lock **E**rror **R**ate) : nombre de blocs par seconde comportant **au moins un** symbole erroné parmi les 32 symboles du bloc ; de fait, le BLER correspond à la somme des 3 taux d'erreurs E11, E21 et E31 définis ci-dessous ;
- **E11** : nombre de blocs par seconde dont **un seul** symbole est erroné parmi les 32. Ce symbole erroné est **corrigé** par C1.
- **E21** : nombre de blocs par seconde dont **deux** symboles sont erronés parmi les 32. Ces deux symboles erronés sont **corrigés** par C1.
- **E31** : nombre de blocs par seconde dont **au moins trois** symboles sont erronés parmi les 32. Ces symboles erronés sont détectés mais **non corrigés** par C1. E31 est équivalent à un **taux d'erreurs non corrigibles** par C1.

Au passage du second décodeur C2, après désentrelacement, sont mesurés :

- le **BURST** ("salve" ou "rafale" en anglais) : nombre de blocs **successifs** erronés et détectés par C2. Le BURST mesuré à l'entrée du décodeur C2 est caractéristique de la présence de défauts physiques sur le disque. On parle aussi de BERL (Burst ERror Length).
- **E12** : nombre de blocs par seconde dont **un seul** symbole est erroné. Ce symbole erroné est **corrigé** par C2.
- **E22** : nombre de blocs par seconde dont **deux** symboles sont erronés. Ces deux symboles erronés sont **corrigés** par C2. Cependant, ces erreurs E22 sont le signe d'une mauvaise qualité du disque. En effet, la présence importante d'erreurs E22 sur le disque rend celui-ci vulnérable, car elles laissent peu de marges en cas

d'apparition de nouvelles erreurs. Des erreurs de type E32 (cf. ci-dessous) sont alors susceptibles d'apparaître plus facilement au cours de la vie du disque.

- **E32** : nombre de blocs par seconde dont **au moins trois** symboles sont erronés. Ces symboles erronés sont détectés mais **non corrigés** par C2. Toutes les données ne sont donc pas récupérées : la présence d'une seule erreur E32 sur un disque de données est rédhibitoire.

1.7. Les outils de test

Plusieurs outils permettent d'évaluer la qualité des CD-R, de manière plus ou moins approfondie.

1.7.1. Les logiciels de test

Certains logiciels permettent de contrôler quelques paramètres du disque (notamment les taux d'erreurs de lecture) en tirant parti des informations recueillies par un lecteur de CD.

Ces outils n'étant pas étalonnés, leurs résultats sont toujours relatifs. De plus, ils ne fonctionnent pas avec tous les lecteurs de CD.

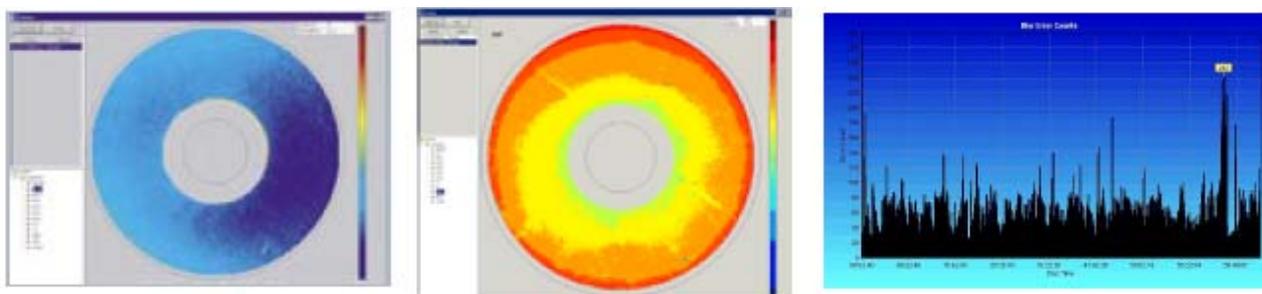
Exemples : Nero CD-DVD Speed (téléchargeable gratuitement), PlexTools (livré avec un graveur Plextor), DVDInfoPro (une version téléchargeable gratuitement).

1.7.2. Les analyseurs de CD

Les analyseurs de CD sont des appareils permettant de mesurer de nombreux paramètres des disques.

Certains, comme l'analyseur EC2 de la société Stage Tech, commercialisé en France par Disc & Digital Services (environ 9 000 euros), les analyseurs CDX et QA-101 de la société Clover Systems (<http://www.cloversystems.com>, Etats-Unis) ou encore le CDC-512 de la société eFocus (<http://www.efocus.co.uk>, Grande-Bretagne) mesurent surtout les taux d'erreurs de lecture (BLER, E11, E21, E31, E12, E22 et E32).

D'autres prennent en compte également de nombreuses caractéristiques optiques ou mécaniques des CD, comme les analyseurs proposés par les sociétés Audio Development (<http://www.audiodev.com>, Suède) et Datarius (<http://www.datarius.com>, Autriche), ainsi que certains appareils fabriqués par Clover Systems et eFocus. Ce sont généralement des appareils coûteux (70 000 euros pour la plate-forme CATS SA 300 de Audio Development par exemple) et dont l'utilisation requiert des connaissances techniques avancées.



Exemples de présentation des résultats des analyses de CD-R sur divers appareils de tests.

1.7.3. Confier les tests à des prestataires extérieurs

Certains laboratoires de recherche spécialisés, équipés d'analyseurs perfectionnés, proposent des prestations de vérification de CD, comme le Laboratoire national d'essais (LNE). Chez ce

dernier, le coût des tests est actuellement compris entre 108 et 180 euros HT par disque, de manière dégressive en fonction de la quantité.

Des sociétés de numérisation et des fabricants d'analyseurs peuvent également réaliser des tests.

2. Le choix d'un CD-R

2.1. La documentation du disque

Il est souhaitable d'utiliser des disques vierges dont les principales caractéristiques sont indiquées par le fabricant :

- la nature des composants, en particulier le film métallique et le colorant organique ;
- la vitesse de gravure maximale ou certifiée par le fabricant ;
- la durée de vie annoncée ou/et estimée, en fonction de tests de vieillissement accéléré.

Si ces diverses caractéristiques ne sont pas indiquées sur le disque ou sur son emballage, il est difficile de les obtenir autrement de manière simple. En effet, les informations préenregistrées sur le disque (ATIP), lisibles au moyen de logiciels utilitaires gratuits, ne sont pas toujours fiables. Par ailleurs, l'observation directe ne permet pas de déterminer avec certitude la nature du film métallique ou du colorant organique.

Les disques vierges doivent de préférence être munis d'un numéro de lot de fabrication, voire d'un numéro de série.

2.2. La composition du disque et sa durée de vie

Des deux métaux utilisés le plus couramment dans les CD-R, l'or résiste mieux que l'argent à la corrosion. Les disques à film métallique en or doivent donc être privilégiés pour la conservation. Les services d'archives qui utiliseraient néanmoins des disques à film métallique en argent doivent être particulièrement vigilants sur leurs conditions de stockage et de manipulation (cf. 5).

La phtalocyanine et le colorant azoïque sont généralement plus stables que la cyanine.

La durée d'utilisation du disque annoncée par le fabricant est souvent de l'ordre de 100 ans. Les tests de vieillissement accéléré qui aboutissent à ces résultats ne prennent pas en compte tous les facteurs de dégradation des disques : la durée réelle d'utilisation devra donc dans la pratique être largement minorée. Il reste toutefois préférable de choisir des CD-R dont l'espérance de vie indiquée par le fabricant est longue.

Les disques dont le substrat a été coloré à des fins commerciales sont déconseillés.

Toutes choses égales par ailleurs, les disques dont le vernis protecteur est recouvert d'une laque offrent des garanties de conservation supplémentaires.

Il est conseillé de se procurer des disques conditionnés en boîtiers rigides plutôt qu'en piles sur des axes (*spindles* en anglais).

2.3. La taille du disque

L'utilisation de disques de 90 ou 100 minutes est déconseillée en raison d'une densité d'information trop importante qui affecte leur qualité.

On privilégiera l'utilisation de disques de 74 minutes (650 Mo) ou de 80 minutes (700 Mo).

2.4. Le fabricant

Les titulaires des principaux brevets de fabrication des CD-R sont Taiyo Yuden, Philips et Sony. D'autres sociétés, comme Mitsubishi, Mitsui ou Kodak, détiennent des brevets sur des couches de colorants organiques spécifiques.

Près de quatre-vingts sociétés exploitent ces brevets, parmi lesquelles Kodak (Etats-Unis), MAM-A (Etats-Unis), MAM-E (France), Mitsubishi (Japon et Singapour) et sa filiale Verbatim, Mitsui (Japon), MPO (France), Pioneer (Japon), Ricoh (Japon), Taiyo Yuden (Japon), TDK (Japon, Etats-Unis, Luxembourg), etc.

Ces sociétés peuvent vendre sous leur marque les disques qu'elles produisent ou les revendre à d'autres sociétés, qui les commercialiseront sous leur propre nom. Par exemple, la société Memorex diffuse, sous sa marque, des disques fabriqués par Taiyo Yuden et d'autres fabriqués par le taiwanais Ritek. Un fabricant peut lui-même s'approvisionner, pour partie, auprès d'autres sociétés : Fuji, par exemple, vend aussi des disques produits par TDK et Ritek.

Le nom du fabricant n'est, en général, pas mentionné sur le disque.

Pour une marque donnée, il est conseillé de choisir, s'il existe dans la gamme, un modèle de CD-R dédié à l'archivage (souvent appelé « pour l'archivage à long terme », « à usage médical », « à usage professionnel », etc.).

La revue *60 millions de consommateurs* a récemment publié (cf. bibliographie *infra*) une étude du Laboratoire national d'essais sur 15 CD-R du marché, qui a évalué leur qualité de gravure et leur aptitude au vieillissement.

2.5. Le choix de lots de fabrication homogènes et récents

Il est conseillé aux services gravant de grandes quantités de CD-R d'acheter des lots de fabrication homogènes, de sorte que la vérification s'en trouve ensuite facilitée.

Cependant, les disques vierges doivent être utilisés dans un délai raisonnable, de quelques mois ou une année par exemple, car leurs qualités pour la gravure peuvent s'amoinrir avec le temps.

3. Le choix d'un graveur et d'un logiciel de gravure

3.1. Les graveurs et les logiciels de gravure du marché

Les logiciels de gravure les plus connus sont Burning Rom de Nero, Easy CD Creator et Toast de Sonic Solutions (développés antérieurement par Adaptec puis Roxio).

Certaines marques de graveurs sont considérées comme assez fiables : Asus, Pioneer, Plextor, Sony, Teac, etc.

Cependant, il restera à s'assurer de la compatibilité du modèle choisi avec les références des disques utilisés (cf. 4.2).

Si l'on utilise un graveur externe, il est conseillé de disposer d'une liaison rapide entre l'ordinateur et le graveur, par exemple de type USB 2.0 ou FireWire.

3.2. Dispositifs spéciaux pour la production de grandes quantités

Lorsque les quantités à graver sont plus importantes, il est conseillé de mettre en place une chaîne de production, comprenant une station dédiée à la gravure, les images des disques étant réalisées sur d'autres postes.

Parfois, il peut être nécessaire de graver de très grandes quantités de données, par exemple pour dupliquer une série de disques sur de nouveaux disques, pour copier sur des disques un très grand nombre de fichiers, ou encore pour produire de nombreux disques identiques destinés à la diffusion.

Il existe des robots destinés à la gravure et à l'impression de nombreux exemplaires identiques d'un même disque, dont le prix peut avoisiner 2 500 euros TTC. Ces appareils sont cependant moins bien adaptés à la duplication de nombreux disques en un seul exemplaire : il est alors nécessaire d'empiler alternativement dans le chargeur le disque gravé à copier et le disque vierge et de programmer un traitement particulier, le légendage devant être effectué dans un second temps.

La duplication des disques un à un peut être réalisée à l'aide d'un appareil spécialisé, appelé duplicateur (autour de 1 000 euros TTC). La copie d'un disque dure moins de 5 minutes, mais là encore sans prendre en compte le légendage.

4. Le mode de gravure

4.1. Les paramètres de la gravure

Lorsqu'il souhaite procéder à la gravure d'un disque, l'utilisateur doit préciser certaines options et saisir certains renseignements dans le logiciel de gravure : format (audio ou données ?), vitesse de gravure, nombre de sessions, etc. Les choix à privilégier sont détaillés dans les paragraphes qui suivent.

4.1.1. Le choix du format

Sauf dans le cas de la production de CD-Audio composés de plages, il est conseillé de graver le CD-R comme un CD de données, au format CD-ROM (mode 1) ou CD-ROM XA (mode 2), même s'il comprend des fichiers de son.

4.1.2. La quantité de données à graver

Il est préférable de ne pas remplir totalement le CD, de manière à ne pas écrire de données à la périphérie du disque, zone plus fragile et plus exposée aux traces de doigts.

En pratique, il est conseillé de ne pas utiliser plus de 90 % environ du volume total du disque. Ainsi, un disque de 650 Mo ne sera rempli que jusqu'à 585 Mo environ.

4.1.3. Remplir la zone de description du disque

La zone de description du disque prévue par la norme ISO 9660 doit être renseignée avec au minimum le nom de volume (c'est-à-dire la référence ou cote du disque choisie par l'utilisateur), le nom de l'éditeur, le nom du responsable de l'enregistrement et la date d'enregistrement du disque.

Il est possible de faire figurer d'autres informations dans un fichier texte, placé à la racine du disque, c'est-à-dire au-dessus de tous les répertoires, de manière qu'il puisse être repéré dès l'ouverture du disque.

4.1.4. Le système de fichiers

Il convient de choisir le système de fichiers ISO 9660 niveau 2, permettant l'utilisation de noms longs.

Les noms de répertoires et de fichiers (y compris le séparateur et l'extension) sont limités à 31 caractères, qui doivent obligatoirement être des lettres capitales, des chiffres ou des tirets bas (_). L'arborescence des fichiers est limitée à huit niveaux de répertoires.

Le système ISO 9660 niveau 1 assure une compatibilité plus étendue entre les divers systèmes d'exploitation mais limite les noms de répertoires à 8 caractères et les noms de fichiers à 8 caractères également avec une extension de 3 caractères au maximum.

4.1.5. Une session ou plusieurs ?

Il est très vivement recommandé de graver le CD-R en une seule session.

En effet, tous les lecteurs ne lisent pas parfaitement les CD multi-sessions. Par ailleurs, l'enregistrement en multi-sessions fait perdre de la place. Enfin, des erreurs E32 peuvent être produites et détectées par des analyseurs, même si elles sont situées dans des zones dépourvues d'informations utiles.

4.1.6. Réaliser une image du CD ou graver à la volée ?

Il est plus sûr de réaliser une image du CD, qui sera gravée dans un second temps. Cette méthode évite des problèmes de synchronisation entre le flux de données et le graveur qui peuvent être rencontrés en cas de gravure à la volée.

Si la gravure à la volée est néanmoins choisie, il est conseillé de simuler la gravure avant l'enregistrement proprement dit, en choisissant l'option correspondante dans le logiciel de gravure.

Dans tous les cas, il est important de veiller à ce que l'ordinateur qui pilote la gravure n'effectue pas en même temps d'autres tâches, qui pourraient perturber le bon déroulement de l'opération.

4.1.7. La vitesse de gravure

Il est indispensable de choisir une vitesse de gravure entre le minimum et le maximum indiqués par le fabricant.

En l'absence de renseignements, il est actuellement recommandé de ne pas dépasser la vitesse de 16 x, voire 12 x. Des vitesses trop basses (1 x ou 2 x par exemple) ne sont pas un gage de qualité.

Dans tous les cas de figure, il est préférable de pratiquer des tests pour calibrer le processus de gravure.

4.2. *La calibration de la gravure*

La qualité de la gravure dépend non seulement des choix indiqués plus haut mais surtout du comportement précis d'un type de disque particulier avec un graveur particulier. Le couple disque / graveur choisi est déterminant.

La procédure suivante est proposée pour s'assurer de la qualité de la gravure d'une configuration particulière :

- enregistrer un disque à 90 % de sa capacité et à la vitesse préconisée pour l'archivage ;
- vérifier le disque bit par bit avec la fonction "vérification après écriture" du logiciel de gravure ;

- tester ou faire tester le disque avec un analyseur de CD (cf. 1.7.2 et 1.7.3).

Pour les paramètres mesurés, les résultats du test devront faire apparaître une conformité générale du disque avec les valeurs acceptables prévues par l'*Orange Book* (notamment BLER inférieur à 220, BURST inférieur à 7...).

Cette procédure de validation doit être renouvelée à chaque changement de graveur, de lot de disques ou de lieu de production.

4.3. Le contrôle après gravure

Dans le cas d'une production en interne, dont la chaîne de production a été calibrée, il est conseillé de vérifier régulièrement quelques disques aussitôt après la gravure (par exemple un disque testé pour 30 disques gravés), à l'aide d'un logiciel de test par exemple (cf. 1.7.1). Cette vérification assez légère vise essentiellement à détecter les éventuels dysfonctionnements du graveur.

Lorsque les disques ont été gravés dans le cadre d'une prestation externe, le service commanditaire devra contrôler ou faire contrôler les CD-R lors de leur réception, afin de s'assurer que le niveau de qualité prévu par le cahier des charges a bien été atteint.

Les cahiers des charges récents prévoyaient généralement que les CD-R devaient appartenir au moins à la classe 2 définie par la norme Z 42-011-2. En attendant le remplacement de la norme, ce critère peut encore être utilisé à titre indicatif.

Le contrôle, effectué à l'aide d'un analyseur de CD-R (cf. 1.7.2 et 1.7.3), devra porter sur des lots homogènes de CD-R produits, les échantillons à tester étant définis selon la méthode décrite au 6.3.2.

4.4. Assurer la traçabilité

Il est recommandé de conserver, pour chaque CD-R gravé, les informations suivantes :

- la cote du disque ;
- la date de la gravure ;
- la provenance du disque (marque, capacité, nature du film métallique et du colorant organique, éventuellement numéro de série) ;
- le modèle et le numéro de série du graveur ;
- la version du firmware ou micrologiciel du graveur ;
- le nom et la version du logiciel de gravure ;
- la vitesse de gravure ;
- le nom du responsable de la gravure (notamment dans le cas d'une prestation externe).

En pratique, il est possible de définir un lot de production, affecté d'un numéro et caractérisé par la provenance des disques, le graveur, la version du firmware et le logiciel de gravure utilisés, et de noter les cotes extrêmes des disques appartenant à ce lot. Si les disques, le graveur ou le logiciel de gravure utilisés changent, un nouveau lot de production sera défini de la même manière.

Dans le cas d'une production externe, le prestataire devra définir des lots selon les mêmes principes et indiquer à son client la liste des disques appartenant à chacun de ces lots.

Ces lots de production seront particulièrement utiles pour les tests de surveillance (cf. 6).

5. Les facteurs de dégradation des CD-R gravés et les conditions de stockage et de manipulation à respecter

Les CD-R sont soumis à de multiples facteurs de dégradation et, en pratique, il n'existe guère de moyens de les restaurer. Certaines précautions s'imposent donc lors du stockage et de la manipulation des CD-R.

Les conseils qui suivent s'appliquent aussi bien aux disques vierges qu'aux disques gravés, et à toutes les phases de leur utilisation (stockage avant gravure, gravure, stockage après gravure, consultation).

De plus, s'il n'existe pas d'autre système de sauvegarde, il est recommandé de graver les CD-R en double exemplaire, stockés en deux lieux différents. Certains utilisateurs choisissent, par précaution, d'utiliser deux marques de CD-R différentes pour les deux exemplaires.

Un des exemplaires doit être destiné à la conservation, stocké en magasin et exclu de toute consultation.

5.1. La lumière

La lumière, notamment ultraviolette, peut affecter la structure physico-chimique du CD-R, en particulier la couche de colorant organique, entraînant des perturbations dans la transmission du faisceau laser ou même une altération de l'information.

Le CD-R devra donc être protégé de la lumière du jour, et plus généralement de toute source lumineuse.

Pour cela, il pourra être rangé dans un boîtier opaque ou stocké dans un meuble fermé.

5.2. La température

Une chaleur excessive, en particulier lorsqu'elle est combinée à une forte humidité, peut endommager la structure générale du disque.

Plus graves, des changements trop rapides de température risquent de conduire à une délamination du CD-R.

La température pour le stockage et l'utilisation des CD-R doit être comprise en 16 et 23 ° C.

La variation de température subie par le CD-R ne devra pas dépasser 4 ° C par heure.

Il convient de ne pas laisser un disque inutilisé dans le lecteur, en raison de la chaleur dégagée par l'appareil.

5.3. L'humidité

Le substrat de polycarbonate est assez sensible à l'humidité, qui le dégrade, entraînant une perte de transparence et donc des perturbations dans la transmission du faisceau laser.

L'humidité peut également conduire à une oxydation du film métallique, visible parfois sur la tranche du disque.

Il est conseillé de stocker et d'utiliser le CD-R dans une humidité relative comprise entre 30 et 50 %, avec une variation maximale de 10 % par heure.

5.4. Les traces sur le substrat (poussières, rayures, traces de doigts, postillons, etc.)

Les poussières ou les traces de doigts sur le substrat peuvent entraîner des perturbations dans la transmission du faisceau laser.

Afin d'être préservés de ces agressions, les disques seront conservés dans des boîtiers.

Ils devront être manipulés avec précaution et tenus de préférence par le trou central et le bord extérieur. Le substrat de polycarbonate ne doit pas être touché. L'usage de gants en coton est une sécurité supplémentaire.

Il est préférable de stocker et d'utiliser les CD-R dans une atmosphère filtrée et ventilée selon les normes applicables aux magasins d'archives. La conservation des disques à part des documents papier, dans un local distinct, peut permettre de limiter leur exposition à la poussière.

Si le disque est sale, il convient de le nettoyer en suivant les conseils du fabricant figurant sur l'emballage. En l'absence d'indications, il est possible d'utiliser un jet d'air sec et propre, à l'aide de soufflettes ou de pinceaux pneumatiques pour appareils optiques par exemple, et, si cela ne suffit pas, avec un chiffon non pelucheux et de l'eau savonneuse. Les mouvements sur le disque ne doivent pas être effectués de manière circulaire, mais du centre vers la périphérie. De bons résultats peuvent également être obtenus avec des dépoussiéreurs antistatiques (exemples : Pro-Co Dust-Stat de la société britannique The Process Control Company, environ 470 euros ; FN de la société néerlandaise Simco, environ 1 000 euros).

Avant d'être employée, la procédure de nettoyage envisagée doit de préférence être essayée une fois sur un disque gravé de test.

5.5. La dégradation du vernis protecteur par des actions mécaniques ou chimiques

Les rayures sur le vernis protecteur risquent de mettre le film métallique en contact avec l'air, entraînant sa corrosion, ou, pire, de l'endommager directement. Dans les deux cas, le faisceau laser ne pourra plus être réfléchi correctement.

Il convient en particulier de ne jamais utiliser de crayon à pointe très fine ou à bille pour légènder le disque.

Les polluants ou les solvants peuvent endommager les diverses couches du CD-R.

En particulier, les encres utilisées pour écrire sur le CD peuvent migrer et dégrader le vernis, voire le film métallique. La colle des étiquettes peut également être nocive et l'étiquette elle-même n'est pas sans risques (décollement, déséquilibre du disque) : leur utilisation doit être proscrite. Si des étiquettes ont déjà été collées sur un disque, on évitera cependant de les retirer, afin de ne pas endommager le vernis protecteur.

5.6. Comment légènder un CD-R ?

Quel que soit le procédé utilisé pour légènder le disque, il est recommandé d'écrire le minimum d'informations à la surface du support – seulement un identifiant de préférence, en petits caractères. Les autres informations utiles peuvent être enregistrées soit à l'intérieur du CD-R, soit dans une base de données associée.

Lorsque cela est possible, il convient d'écrire sur l'anneau central du disque, qui n'est pas en contact avec la zone de données.

En dehors des étiquettes adhésives, dont l'usage est exclu, il existe plusieurs procédés permettant d'inscrire des informations sur un disque.

5.6.1. L'utilisation d'un feutre

L'utilisation d'un feutre est la solution la plus souple et la moins coûteuse. Elle convient à tous les types de CD-R.

Le feutre doit être choisi de préférence à tous les autres types de crayons, car il possède une pointe douce. L'encre doit être permanente mais non agressive, à base d'eau de préférence, éventuellement d'alcool, les solvants aromatiques de type xylène et toluène devant être évités absolument.

Il existe des feutres spéciaux pour l'écriture sur les CD (exemples : Edding 8400, Kaiser CD-R pen, Memorex CD Marker, Pilot CD Marker SCA – EFCD, Pilot Twin Marker, Staedtler Lumocolor permanent CD/DVD pen, TDK CD/DVD Marker, Zebra Mc Kie II, etc.).

Ces précautions s'appliquent en premier lieu à l'écriture sur le vernis protecteur, mais sont également valables pour l'écriture sur l'anneau central du disque.

5.6.2. L'utilisation d'une imprimante

Certaines imprimantes permettent d'écrire à la surface d'un CD, si ce dernier est revêtu d'une couche spécialement adaptée. Le marché se partage entre imprimantes à jet d'encre et imprimantes thermiques.

Les imprimantes à jet d'encre fonctionnent, comme leur nom l'indique, par la projection de minuscules gouttelettes d'encre sur le support.

Dans les imprimantes thermiques, l'encre se trouve sur un ruban, qui est mis en contact avec le support par la tête d'écriture, le transfert de l'encre étant assuré par chauffage, d'où le nom de ce type d'imprimantes.

L'absence de contact entre la tête d'impression et le support est un avantage des imprimantes à jet d'encre. A l'inverse, le contact entre la tête d'écriture et le support ainsi que le chauffage nécessaire dans les imprimantes thermiques peuvent être des facteurs de risque pour la conservation des disques à long terme.

Il est donc recommandé d'utiliser des imprimantes à jet d'encre, les imprimantes thermiques devant être évitées.

Certaines imprimantes à jet d'encre acceptent à la fois les disques et le papier.

Certaines imprimantes permettent une impression sur l'anneau central, à condition que ce dernier soit recouvert d'une couche spéciale pour l'impression.

5.6.3. Autres procédés

La surface des CD-ROM pressés est souvent imprimée par sérigraphie ou par procédé offset. Mais ces techniques, bien adaptées pour des grandes séries identiques, ne conviennent guère pour les CD-R gravés à l'unité ou par très petites quantités.

Une autre technique, apparue récemment et appelée *pit art* en anglais, consiste à graver des informations numériques sur le disque pour créer des zones brûlées en une concentration telle qu'un motif ou des lettres apparaissent à l'œil. Mais ce procédé, applicable seulement sur la partie extérieure non utilisée de la zone de données, ne peut concerner que des disques contenant peu de données et semble avoir un usage surtout publicitaire.

6. Surveiller et renouveler les CD-R

6.1. La vitesse de dégradation des CD-R

Aux facteurs de dégradation qui viennent d'être évoqués s'ajoute un processus de vieillissement naturel inéluctable des disques, qui ne peut être que retardé. Les mécanismes de ce vieillissement sont encore mal connus.

Dans certains cas, rares, la dégradation peut être rapide et entraîner des pertes d'informations en moins de trois ans. En général, cependant, les disques gravés montrent une grande stabilité, pouvant laisser espérer une durée d'utilisation de plusieurs dizaines d'années.

En tout état de cause, le transfert des CD-R sur de nouveaux supports (CD-R ou autres) est à prévoir à plus ou moins longue échéance.

6.2. Tester les CD-R ou effectuer des migrations à périodicité fixe ?

Le transfert de supports peut être décidé soit à partir du résultat des tests réalisés selon la méthode exposée plus loin, soit selon une périodicité fixée à l'avance.

Si on fait l'hypothèse que le transfert d'un CD-R gravé sur un nouveau CD-R revient à 5 euros et que le test de ce même disque revient à 50 euros au minimum, il apparaît que la stratégie à suivre dépend fortement de la taille des lots de disques considérés.

Soit un lot de 50 disques gravés au même moment et sur le même graveur. En application du 6.3, il serait nécessaire, au bout de 5 ans par exemple, de tester 8 disques de ce lot. Ce test coûterait 400 euros environ au minimum, tandis que la recopie pure et simple des 50 disques coûterait seulement 250 euros. Dans ce cas, la recopie pure et simple, selon une périodicité fixée à l'avance, semble plus intéressante.

Soit à présent un lot homogène de 3 000 disques. Ce sont cette fois-ci 125 disques qui doivent être vérifiés, pour un coût de 6 250 euros environ. La recopie des disques reviendrait, elle, à 15 000 euros. Si le test donne de bons résultats et permet de prolonger la durée de vie des disques de quelques années supplémentaires, il s'agit d'une solution économiquement intéressante.

En règle générale, les petits lots de disques peuvent être transférés sur de nouveaux supports au bout d'une durée décidée à l'avance ; les grands lots de disques, en revanche, seront de préférence testés, afin de déterminer le moment optimal du transfert.

Cette distinction démontre l'importance de bien identifier des lots de disques homogènes et l'intérêt de produire des lots numériquement importants, c'est-à-dire de changer le moins souvent possible les conditions de gravure.

6.3. Méthode pour les tests de surveillance

6.3.1. Périodicité des contrôles

La périodicité des contrôles dépend des conditions de conservation des CD-R et de la nature des informations qui y sont stockées.

Les CD-R stockés dans des conditions bien contrôlées ou contenant des copies de documents conservés par ailleurs peuvent être testés moins souvent.

Par ailleurs, il est conseillé d'effectuer un premier test relativement peu de temps après la gravure (18 mois à 5 ans), les tests suivants pouvant être plus espacés.

6.3.2. Sélection d'un échantillon à vérifier

Il est impératif de vérifier des lots de production homogènes, comprenant des disques de même provenance et mêmes conditions de gravure.

Ces lots peuvent être constitués conformément à la méthode décrite au 4.4 ou à partir de toute autre information disponible.

A l'intérieur du lot constitué, seul un échantillon sera testé, selon la méthode suivante, inspirée de la norme ISO 2859 ("Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs") :

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|
| Taille du lot | 2 à 8 | 9 à 15 | 16 à 25 | 26 à 50 | 51 à 90 | 91 à 150 | 151 à 280 | 281 à 500 | 501 à 1 200 | 1 201 à 3 200 | 3 201 à 10 000 | 10 001 à 35 000 | 35 000 à 150 000 |
| Nombre de disques à vérifier | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 20 | 32 | 50 | 80 | 125 | 200 | 315 | 500 |

Une fois l'échantillon déterminé, il est conseillé de le conserver pour tous les tests successifs qui seront effectués sur le lot auquel il appartient, afin de pouvoir effectuer un suivi des mêmes disques à travers le temps.

6.3.3. Mode de vérification de l'échantillon sélectionné

Sur l'échantillon sélectionné, la procédure suivante est recommandée :

- vérifier que les fichiers s'ouvrent bien, de préférence sur un lecteur d'une autre marque que le graveur ;
- tester ou faire tester le CD à l'aide d'un analyseur (cf. 1.7.2 et 1.7.3).

6.3.4. Conclusions de la vérification

Pour les paramètres mesurés, les résultats du test devront faire apparaître une conformité générale du disque avec les valeurs acceptables prévues par l'*Orange Book* (notamment BLER inférieur à 220, BURST inférieur à 7...).

Des recherches sont actuellement menées, dans le cadre d'un "Réseau national de recherche pour la conservation des informations enregistrées sur disques optiques numériques" récemment constitué par le Laboratoire d'acoustique musicale (Paris 6, CNRS, ministère de la Culture et de la communication), le Laboratoire de photochimie moléculaire et macromoléculaire (université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand) et le Laboratoire national d'essais, afin de déterminer les paramètres les plus significatifs pour déterminer le moment où un disque atteint un état critique nécessitant son transfert sur un nouveau support.

Si des erreurs déterminantes sont détectées dans une partie du lot testé, l'ensemble du lot doit être recopié sur de nouveaux supports.

Si l'échantillon a déjà été testé précédemment, il est important de mettre en évidence l'évolution de la qualité du disque, une brusque dégradation devant amener à prendre des mesures de précaution, même lorsque les paramètres restent au-dessous des seuils prévus par l'*Orange Book*.

6.4. Méthode pour le transfert de support

Si la migration s'effectue sur de nouveaux CD-R, il est conseillé de copier les données de l'ancien CD-R sur le disque dur du poste de travail puis de constituer une image (cf. 4.1.6) qui sera gravée sur le nouveau disque.

Il est important de conserver une trace de l'opération de copie. La référence de l'ancien disque doit notamment être inscrite dans la zone de description du nouveau disque.

Il est conseillé, lorsque cela est matériellement possible, de conserver les anciens supports pendant un certain temps, de manière à pouvoir s'assurer de la réussite de la migration.

Bibliographie sommaire

Fontaine (Jean-Marc) et Marie-France Calas, *La conservation des documents sonores*, Paris : CNRS Editions, 1996.

Fontaine (Jean-Marc), "Conservation des supports d'archivage : les disques optiques enregistrables" dans *Culture et recherche*, n° 103 (octobre-novembre-décembre 2004), p. 21-22.

<http://www.culture.gouv.fr/culture/editions/r-cr/cr103.pdf>

International Association of Sound and Audiovisual Archives. Technical Committee 04 (IASA TC-04), *Guidelines on the Production and Preservation of Digital Audio Objects*, éd. par Kevin Bradley, 2004.

[Cet ouvrage peut être commandé en ligne sur le site de l'IASA (<http://www.iasa-web.org/iasa0075.htm>).]

Le livre blanc du CD-R (à paraître).

McFadden (Andy), *CD-Recordable FAQ* (mis à jour régulièrement).

<http://www.cdrfaq.org/>

[Traduction française de Marc Kergomard à l'adresse <http://www.lagravuredecad.com/>]

MOS : le magazine de l'archivage et de la gestion d'information (environ 10 numéros par an).

National Institute of Standards and Technology (NIST) et Council on Library and Information Resources (CLIR), *Care and Handling of CDs and DVDs : A Guide for Librarians and Archivists*, éd. par Fred R. Byers, Washington D.C., 2003.

<http://www.itl.nist.gov/div895/carefordisc/>

"Les CD et DVD gravés ne sont pas éternels !" dans *60 millions de consommateurs*, n° 387 (octobre 2004), p. 50-54.

[L'article est un essai comparatif de 15 CD-R et 13 DVD-R ou DVD+R du marché, du point de vue de la qualité de gravure et du vieillissement].

Les *Recommandations de la direction des archives de France relatives à la gravure, à la conservation et à l'évaluation des CD-R* ont été mises au point par un groupe de travail animé par Françoise Banat-Berger (Direction des archives de France, département de l'innovation technologique et de la normalisation) comprenant Jean-Louis Bellec (Centre historique des Archives nationales), Edmond Fernandez (Centre des archives d'outre-mer), Michel Kerbellec (Centre historique des Archives nationales), Olivier de Solan (Direction des archives de France, département de l'innovation technologique et de la normalisation) et Jean-Pierre Teil (Centre des archives contemporaines). La rédaction a été assurée par Olivier de Solan. Une relecture a été effectuée par l'inspection générale des archives de France. MM. Jacques Perdereau et Yvric Saunders, du Laboratoire national d'essais, et Jean-Marc Fontaine, du Laboratoire d'acoustique musicale, ont également accepté de relire le document, qui doit beaucoup à leurs conseils. Merci également à tous les membres du groupe de rédaction du *Livre blanc du CD-R* – en particulier, outre les personnes déjà citées, MM. Jacques Lafosse, Gérard Cathaly et Michel Thomas –, et à tous ceux qui ont bien voulu apporter leurs remarques sur ce texte.

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 2 |
| 1. La structure et le fonctionnement des CD-R | 3 |
| 1.1. Les standards et normes relatifs au CD-R | 3 |
| 1.2. Composition physique du CD-R..... | 4 |
| 1.3. Le processus physique de gravure | 5 |
| 1.4. Les divers modes de gravure | 6 |
| 1.5. Le processus physique de lecture..... | 7 |
| 1.6. Les dispositifs de correction des erreurs | 7 |
| 1.7. Les outils de test..... | 8 |
| 1.7.1. Les logiciels de test..... | 8 |
| 1.7.2. Les analyseurs de CD..... | 8 |
| 1.7.3. Confier les tests à des prestataires extérieurs | 8 |
| 2. Le choix d'un CD-R | 9 |
| 2.1. La documentation du disque | 9 |
| 2.2. La composition du disque et sa durée de vie | 9 |
| 2.3. La taille du disque | 9 |
| 2.4. Le fabricant..... | 10 |
| 2.5. Le choix de lots de fabrication homogènes et récents..... | 10 |
| 3. Le choix d'un graveur et d'un logiciel de gravure | 10 |
| 3.1. Les graveurs et les logiciels de gravure du marché..... | 10 |
| 3.2. Dispositifs spéciaux pour la production de grandes quantités | 11 |
| 4. Le mode de gravure | 11 |
| 4.1. Les paramètres de la gravure | 11 |
| 4.1.1. Le choix du format..... | 11 |
| 4.1.2. La quantité de données à graver..... | 11 |
| 4.1.3. Remplir la zone de description du disque | 11 |
| 4.1.4. Le système de fichiers..... | 12 |
| 4.1.5. Une session ou plusieurs ? | 12 |
| 4.1.6. Réaliser une image du CD ou graver à la volée ? | 12 |
| 4.1.7. La vitesse de gravure | 12 |
| 4.2. La calibration de la gravure | 12 |
| 4.3. Le contrôle après gravure..... | 13 |
| 4.4. Assurer la traçabilité | 13 |
| 5. Les facteurs de dégradation des CD-R gravés et les conditions de stockage et de manipulation à respecter | 14 |
| 5.1. La lumière..... | 14 |
| 5.2. La température..... | 14 |
| 5.3. L'humidité | 14 |
| 5.4. Les traces sur le substrat (poussières, rayures, traces de doigts, postillons, etc.)..... | 14 |
| 5.5. La dégradation du vernis protecteur par des actions mécaniques ou chimiques | 15 |
| 5.6. Comment légènder un CD-R ?..... | 15 |
| 5.6.1. L'utilisation d'un feutre | 15 |
| 5.6.2. L'utilisation d'une imprimante | 16 |
| 5.6.3. Autres procédés | 16 |
| 6. Surveiller et renouveler les CD-R..... | 17 |
| 6.1. La vitesse de dégradation des CD-R..... | 17 |
| 6.2. Tester les CD-R ou effectuer des migrations à périodicité fixe ? | 17 |
| 6.3. Méthode pour les tests de surveillance | 17 |
| 6.3.1. Périodicité des contrôles | 17 |
| 6.3.2. Sélection d'un échantillon à vérifier..... | 18 |
| 6.3.3. Mode de vérification de l'échantillon sélectionné..... | 18 |
| 6.3.4. Conclusions de la vérification..... | 18 |
| 6.4. Méthode pour le transfert de support | 19 |
| Bibliographie sommaire | 20 |

