

## **Risques liés à l'utilisation des CD et DVD enregistrables comme support de stockage fiable pour les collections d'archives - stratégies et alternatives**

Le présent document, établi par le Sous-Comité de la technologie du Programme Mémoire du monde, a pour objet de fournir des orientations détaillées sur la gestion des risques liés au stockage des données d'archives sur des CD et DVD enregistrables. On y recommande une stratégie visant à réduire ces risques par le mesurage et la gestion appropriée des erreurs.

CI/INF/2006/1/REV.  
Octobre 2006

**PROGRAMME MÉMOIRE DU MONDE**  
Sous-Comité de la technologie

**Risques liés à l'utilisation des CD et DVD enregistrables comme support  
de stockage fiable pour les collections d'archives -  
stratégies et alternatives**

par Kevin Bradley  
Bibliothèque nationale d'Australie, Canberra  
UNESCO, Paris 2006

# **Risques liés à l'utilisation des CD et DVD enregistrables comme support de stockage fiable pour les collections d'archives - stratégies et alternatives**

Kevin Bradley

## **Résumé exécutif**

Dès leur apparition sur le marché, au début des années 1990, les disques compacts enregistrables (CD-R), puis les DVD enregistrables et, à présent, les disques « laser bleu » enregistrables ont été utilisés comme supports de stockage non seulement de données à usage privé mais également de documents numérisés ou numériques d'origine dans les bibliothèques et les archives. L'incitation à utiliser ces supports s'explique par le fait qu'ils sont largement disponibles et, plus important encore par le faible coût du support lui-même et du matériel d'enregistrement/relecture. L'utilisation de CD et de DVD enregistrables dans les archives et les bibliothèques est aussi source de préoccupations quant à leur fiabilité en tant que supports de stockage. Ces préoccupations étaient pour la plupart centrées sur la question de la durée de vie escomptée des supports eux-mêmes, sachant que les différents types de teintures, de substrats d'enregistrement et de couches réfléchives ont des comportements différents. Le problème est toutefois plus complexe. La qualité du signal numérique enregistré est un facteur important du point de vue de la durée de vie. Or, cette qualité repose sur l'interaction entre le graveur utilisé, le support et le lecteur utilisé. Étant donné que les graveurs et les lecteurs ne sont pas normalisés, la qualité et la durée de vie des données sont dans une certaine mesure imprévisibles. Tant que la qualité des données n'est pas systématiquement testée, au moyen de testeurs professionnels fiables, la qualité du contenu ne peut pas être connue et est donc en péril. Les tests sont certes possibles mais des tests fiables prennent beaucoup de temps, font appel à des systèmes manuels et nécessitent un matériel coûteux.

Les disques optiques enregistrables représentent certes des outils viables d'accès à tous les types d'information numérique et de diffusion de cette information mais il est vivement recommandé d'adopter des méthodes professionnelles de stockage des données, à l'instar de celles mises au point par l'industrie informatique. Tous les supports numériques manquent plus ou moins de fiabilité mais les systèmes à bande magnétique et à disque dur deviennent fiables lorsque des systèmes de tests techniques, de copie et de gestion sont mis en place pour les soutenir, et assurer la qualité de leur contenu, et pour maintenir et gérer l'intégrité des données. De tels systèmes peuvent être mis en place pour emmagasiner des données cruciales même en l'absence de conditions environnementales ou financières optimales. Il n'existe aucun système automatisé viable de test et de gestion qui assurerait la fiabilité des disques optiques et, par conséquent, toute utilisation de ce support à des fins d'archivage impose le recours à une approche manuelle faisant appel à des agents humains et au matériel de test décrit dans la présente publication.



## TABLE DES MATIÈRES

*Résumé exécutif*

*Préface*

*Introduction*

Objet

*Les CD et DVD enregistrables, formats de stockage cibles*

La typologie des CD et DVD

Les normes

Compatibilité du disque et du lecteur

*Enregistrer des données fiables sur un CD ou DVD enregistrable*

Ordinateur, logiciel et dispositif d'enregistrement

Récapitulation des procédures d'écriture

Erreurs, durée de vie et tests et analyses

Tests pour les disques déjà enregistrés

Matériel de tests

Stockage

*Reproduction des supports optiques (CD et DVD)*

Compatibilité à la relecture

Nettoyage, restauration du support

L'autre voie : les approches professionnelles du stockage des données numériques

Coûts et échelle

Conclusion

*Système de stockage numérique de masse : Principes*

*Disques optiques : Normes et spécifications fabricant*

Les disques optiques en général

Le disque compact (CD)

Le DVD

Testeurs de CD et de DVD autonomes disponibles dans le commerce

Testeurs téléchargeables

*Visionneurs de code ISRC et ATIP*

*Références*



## Préface

Dès leur apparition au début des années 1990, les CD enregistrables (CD-R) - puis les DVD enregistrables - ont suscité l'intérêt des archivistes, des bibliothécaires et des conservateurs de collections muséologiques à la recherche d'un support consacré à la préservation numérique. L'attrait de ce support était accentué par les prétentions optimistes de certains fabricants de disques optiques concernant la longévité de leur produit. Les prix relativement faibles des disques vierges et des graveurs ont transformé les disques optiques en un support cible largement utilisé dans les petites comme dans les grandes institutions partout dans le monde. Les CD-R ont été utilisés dans de nombreux projets de numérisation non seulement d'enregistrements sonores mais également de fichiers images de manuscrits ou de livres rares, de collections photographiques et de photographies de pièces de musée. Aucune catastrophe n'a été signalée à cette époque, ce qui a peut-être encouragé à accorder une confiance aveugle à ce support. Aux alentours de l'an 2000, toutefois, lorsque la recherche effrénée de vitesses d'enregistrement de plus en plus grandes est devenue la norme, les archives sonores ont commencé à voir d'un oeil plus critique ces supports. Pour ces archives, la numérisation est un outil indispensable pour la préservation d'originaux analogiques très menacés. Il en va différemment de l'utilisation des CD-R dans de nombreux projets extérieurs au monde des archives sonores. Dans ces autres domaines, la numérisation visait à favoriser l'accès à des documents ou objets qui ne couraient généralement pas de risque et étaient encore préservés dans leur forme originale. Les préoccupations concernant la fiabilité des CD et DVD enregistrables étaient aussi alimentées par la multiplication des cas signalés de défaillance des disques au stade de leur production.

Le Sous-Comité de la technologie du Programme Mémoire du monde s'est associé au Comité technique de l'IASA pour la première fois en juin 2002 pour inviter les fabricants de CD enregistrables au Siège de l'UNESCO, à Paris, afin d'examiner les problèmes rencontrés par ceux qui utilisent leurs produits à des fins d'archives. Les fabricants se sont certes montrés ouverts aux préoccupations des archivistes, et des produits caractérisés par un souci de longévité optimale ont été commercialisés depuis, mais le problème principal n'est toujours pas résolu. Comme il est expliqué dans la présente publication, ce problème ne peut être résolu que par l'adoption de normes concernant les supports vierges et les lecteurs axées sur l'optimisation de la fiabilité et de la longévité du support enregistré. Il reste néanmoins possible d'utiliser les disques optiques enregistrables comme support fiable de stockage avant même qu'un tel accord se réalise. Il faut pour cela appliquer une procédure rigoureuse de tests et de sélection aussi bien des disques vierges que des dispositifs d'enregistrement. Ces tests prennent du temps et nécessitent un matériel coûteux.

La présente publication ne vise pas à dissuader les gens d'utiliser des supports optiques enregistrables. On y explique toutefois la complexité du processus d'enregistrement et les risques inhérents à l'utilisation des disques optiques en tant que seul support d'enregistrement pour une préservation à long terme. Ces supports demeureront indispensables pour la diffusion des données audiovisuelles et autres et l'accès à ces contenus. En mettant en exergue les technologies professionnelles de stockage des données, qui sont d'ores et déjà abordables y compris pour des institutions qui connaissent de gros problèmes de financement, une méthode alternative d'organisation fiable à long terme de la préservation des données numériques est proposée aux nombreuses petites institutions.

La présente publication pourrait aussi enclencher un processus qui, par une coopération entre les fabricants de supports et de graveurs, déboucherait sur l'élaboration d'un ensemble de normes qui, une fois entrées en vigueur, feraient des disques optiques enregistrables un support d'archivage sans qu'il y ait besoin de mettre en œuvre des procédures de tests complexes et coûteuses. L'introduction de la technologie du laser et des supports enregistrables qui font appel à cette technologie constitue peut-être le bon moment pour enclencher ce processus.

Le Sous-Comité continuera de suivre cette question et, le cas échéant, de porter à la connaissance de la communauté des archivistes les faits nouveaux pertinents.

La présente publication contient certes beaucoup d'éléments nouveaux mais elle fait aussi largement appel aux conseils donnés par l'IASA-TC 04 dans ses *Guidelines on the Production and Preservation of Digital Audio Objects*, K. Bradley (dir. publ.) (2004), en les replaçant toutefois dans un contexte moins spécifiquement sonore plus adapté au stockage des données en général. Dans le TC 04, l'auteur primaire de la section sur les CD en tant que support cible - sujet principal de la présente publication - est Lars Gaustad, Président du Comité technique de l'IASA, et pour la relecture des CD, les auteurs primaires sont Albrecht Häfner et Mathew Davies. Qu'ils soient vivement remerciés de leur contribution à ce travail. Le projet de texte a fait l'objet d'une relecture critique par le Comité technique de l'IASA.

Le Sous-Comité de la technologie du Programme Mémoire du monde exprime sa gratitude au Comité technique de l'IASA et, plus particulièrement, à Kevin Bradley pour l'excellente coopération qui a permis de faire considérablement progresser la connaissance et les services de conseil dans le domaine de la préservation numérique bien au-delà des frontières des archives audiovisuelles.

Jun 2006  
Dietrich Schüller  
Président du Sous-Comité de la technologie



## Introduction

Le disque compact (CD) a été conçu à l'origine en tant que dispositif de stockage et de relecture de données audio à codage numérique. Toutefois, peu de temps après l'adoption de ce nouveau format par les consommateurs de musique, un autre rôle, finalement plus vaste, est apparu pour le CD. Les fabricants de logiciels ont commencé à développer des applications informatiques plus volumineuses qui dépassaient les capacités de stockage des disquettes qui étaient alors le support le plus fréquemment utilisé, et le CD est devenu le format d'échange standard. Ce besoin de disposer d'un support de données de grande capacité et commercialement reproductible a incité à améliorer les fonctionnalités du CD audio afin qu'il puisse être utilisé comme support pour d'autres types de données. L'intention des CD, puis des DVD<sup>1</sup>, enregistrables et réinscriptibles a permis de disposer d'un format commode de support enregistrable grâce auquel les utilisateurs peuvent enregistrer leurs propres données, ce qui a dans une certaine mesure démocratisé le processus d'enregistrement, de partage et de diffusion des données.

Les CD et les DVD ne représentent plus aujourd'hui que l'une des multiples technologies plus abordables et fiables pour le stockage des données mais ce format demeure très apprécié pour de nombreuses raisons, notamment sa facilité d'utilisation et son statut d'objet familier. Le CD a été initialement commercialisé en tant que support permanent parfait mais cela s'est vite révélé inexact compte tenu des nombreux cas de défaillance des premiers disques. Les progrès technologiques ultérieurs ont certes permis de remédier à bon nombre des premiers défauts de fabrication mais aucune prétention à la permanence ne saurait être crédible. En fait, les experts de l'archivage numérique reconnaissent volontiers qu'il n'existe pas de support permanent<sup>2</sup>. En réalité, les processus d'acquisition des données, de transfert au système de stockage et de gestion et de maintenance des données, ainsi que les moyens d'accès aux données et de garantie de leur intégrité, posent toute une série de nouveaux risques qui doivent être bien gérés si l'on veut que les avantages de la préservation et de l'archivage numériques se concrétisent. Une gestion peu judicieuse de ces risques peut se traduire par une perte importante de valeur des données et des contenus.

Les CD et les DVD enregistrables sont souvent choisis comme support d'archivage mais le risque de défaillance d'un système de stockage fondé sur ce type de technologie est plus élevé que dans d'autres solutions. L'on considère qu'un système intégré de stockage numérique de masse, assorti d'un logiciel approprié de gestion des dépôts de données, constitue le choix le plus judicieux pour la viabilité sur le long terme des données. Un tel système permet la vérification, la mise à jour, l'identification, la récupération et la migration automatique des données tout en nécessitant le minimum d'intervention humaine. Associé à un logiciel approprié de gestion des dépôts de données, un tel système permet la gestion directe du contenu numérique et des métadonnées correspondantes, notamment des métadonnées structurelles, techniques, descriptives et de préservation nécessaires à une conservation fiable du contenu numérique.

La moindre complexité du système, la grande disponibilité de la technologie et le faible coût du matériel et des supports expliquent le succès de la solution fondée sur les CD et les DVD enregistrables et réinscriptibles auprès des archives. Le coût d'un système plus fiable de stockage des données pourrait néanmoins se révéler inférieur même pour des fonds d'archives assez petits une fois étalé sur l'ensemble de la collection. Il peut néanmoins arriver qu'un directeur de collection préfère utiliser un support optique autonome, un CD ou un DVD enregistrable par exemple. Il est

---

<sup>1</sup> DVD était à l'origine le sigle de Digital Video Disc, puis de Digital Versatile Disc mais est désormais utilisé officiellement sans référence à une appellation précise.

<sup>2</sup> La plupart des experts de la préservation numérique considèrent que l'obsolescence des formats de fichiers constitue le risque principal pour ce qui est de l'accès au sens codé dans un fichier ou une série de données. Or, si le flux d'octets n'est pas conservé sur un support fiable, il n'y a plus de contenu auquel on puisse accéder. C'est pour cela que la question des supports est d'une importance capitale pour la durabilité du stockage numérique. Les Lignes directrices de l'UNESCO pour la préservation du patrimoine numérique (Web) donnent des conseils sur la gestion des contenus numériques.

certainement recommandé dans le présent document d'opter pour un système intégré plus fiable de stockage numérique mais l'on y trouvera aussi des conseils sur la gestion des données stockées sur CD ou DVD enregistrable dans les collections numériques de bibliothèque et d'archives<sup>3</sup>.

## Objet

L'objet du présent document est de fournir des orientations détaillées sur la gestion des risques liés au stockage des données d'archives sur des CD et des DVD enregistrables. L'on y traite de ce qui semble être une lacune dans les écrits sur la gestion des données d'archives, à savoir l'identification du risque de défaillance de ces supports. On y recommande également une stratégie propre à réduire ce risque par le mesurage des erreurs et une gestion appropriée. Ce document contient également quelques conseils concernant leur stockage et leur maniement.

Le présent document aborde aussi l'idée fautive mais communément répandue selon laquelle un CD ou un DVD enregistrable constitue un support permanent. Aucun support de stockage ne constitue une solution permanente à la question de la préservation numérique, et aucune avancée technologique n'amènera cette solution ultime, constituant tout au plus une étape dans un processus dans le cadre duquel les institutions devront assurer la maintenance des données à travers les changements et les évolutions technologiques, en faisant migrer les données d'un système au système suivant tant que ces données conservent une valeur. C'est à cette institution ou aux individus qui s'occupent de l'archivage qu'il appartient d'assurer en dernière analyse la durabilité de l'information numérique. La technologie n'est qu'un outil, un maillon dans la chaîne qui assure une préservation numérique durable.

La défaillance du support est certes un sujet de préoccupation mais l'autre grand facteur qui intervient dans ce processus de changement et de migration a trait à l'obsolescence des formats, lorsque les fabricants de matériel abandonnent une technologie avec pour conséquence que les données ne peuvent plus être lues ni comprises. Ce scénario inévitable signifie que les données doivent être copiées sur un nouveau support. Le présent document d'orientation fournit aussi des conseils sur la copie exacte et efficace du contenu des CD et des DVD sur d'autres disques enregistrables ou sur des systèmes de stockage plus permanents si cela devient nécessaire.

Les conseils donnés à cette fin dans le présent document sont de trois ordres : les CD et les DVD enregistrables utilisés comme support de stockage cible ; les procédures relatives à la protection, au maniement, aux tests et analyses, au stockage et à la copie, et la duplication des CD et des DVD. Les versions les plus récentes ou en cours d'élaboration en matière de disques optiques enregistrables (DVD enregistrables à double couche, Blu Ray, etc.) ne sont pas traitées ici.

La présente publication vise certes à alerter les archivistes sur les risques liés à l'utilisation des disques optiques enregistrables et à décrire les moyens de réduire ce risque mais on y recommande aussi des méthodes de stockage plus professionnelles et plus fiables à utiliser pour autant que cela soit possible. Les systèmes intégrés de stockage numérique de masse sont plus fiables si de bonnes pratiques d'archivage sont appliquées lors de leur installation et dans leur fonctionnement.

---

<sup>3</sup> IASA-TC 04, *Les Guidelines on the Production and Preservation of Digital Audio Objects* K. Bradley (dir. publ.) (2004), fournissent des renseignements sur l'archivage audio et d'autres approches d'application plus générale du stockage des archives et devraient être consultées. Ces directives sont disponibles sous une autre forme sur le site Web de l'IASA <http://www.iasa-web.org>. Prière de noter qu'aucune de ces deux publications ne traite de manière détaillée des versions les plus récentes ou en cours d'élaboration en matière de disques optiques enregistrables (DVD enregistrables à double couche, Blu Ray, etc.).

## Les CD et les DVD enregistrables en tant que formats de stockage cibles

Depuis son apparition, en 1982, la catégorie des disques optiques (CD-ROM, DVD-ROM) est devenue la technologie dominante pour la distribution des logiciels, des jeux et des enregistrements audio et vidéo. Les formats de disque optique enregistrable<sup>4</sup> sont d'abord devenus disponibles à la fin des années 1980 et, bien que d'autres technologies continuent de voir le jour, ils occupent toujours une place importante dans la distribution et le stockage des données numériques. Dans leur version enregistrable, leur grande disponibilité et leur faible coût de mise en place ont assuré leur succès auprès de nombreuses petites collections, ainsi que de collections moins petites. Or, une bonne gestion d'archives numériques sur CD-R ou DVD-/+R exige un investissement non négligeable en connaissances et en technologie pour obtenir un service fiable allant bien au-delà du service requis pour produire les disques. Comme on l'a vu plus haut, un disque optique enregistrable, de quelque type que ce soit, n'est pas une solution permanente. La dégradation des supports et l'obsolescence des formats imposeront dans un proche avenir une migration du contenu des disques vers un autre format. Dans ces conditions, il est possible d'utiliser des disques optiques enregistrables en tant que support fiable pendant un laps de temps limité, pour autant que l'on respecte scrupuleusement des normes et des directives comme celles présentées ici.

### La grande famille des CD et des DVD

Dans la famille des CD, on peut classer les CD-ROM, les CD-R, et les CD-RW, tous caractérisés par l'utilisation d'un laser de 780nm de fréquence. Le DVD fait appel à un laser bleu de 350 à 450nm environ pour le disque matrice en verre et de 635-650nm pour la relecture ; le DVD+R dispose d'un laser de 650nm pour la création initiale et la relecture ; et le DVD-R utilise un laser de 635nm pour la création et de 650nm pour la relecture<sup>5,6</sup>.

### Possibilités d'enregistrement, de réécriture et d'effacement et accessibilité

Les CD et les DVD produits industriellement sont des disques préenregistrés (pressage et moulage) qui peuvent être lus mais ne peuvent être ni enregistrés ni effacés. Les CD-R, DVD-R et DVD+R sont des disques enregistrables (une seule fois) mais non effaçables, à base de teintures.

---

<sup>4</sup> Selon l'Oxford English Dictionary, les deux orthographes anglaises disk et disc sont correctes. Les directives de l'IASA-TC 04, soucieuses d'établir une distinction entre le disque analogique qui est la source d'une bonne partie des contenus, et le disque de stockage numérique, qui est la cible, a opté pour la solution assez originale consistant à utiliser disc pour le support source et disk pour le disque cible. Toutefois, étant donné que CD (Compact Disc) a été breveté avec un « c » et que la matière du présent document est le disque optique, dont le CD est l'exemple le plus répandu, c'est l'orthographe avec « c » qui est systématiquement utilisée dans le texte anglais.

<sup>5</sup> Le premier système opérationnel de CD-R, le PDS (Programmable Disc System) de Yamaha, a été lancé en 1988.

<sup>6</sup> S'agissant des divers suffixes des disques optiques, le présent document adopte la terminologie cohérente qui a été élaborée dernièrement et adoptée par l'ISO et que l'on retrouve aussi dans d'autres normes :

- ROM (read only memory) est utilisé pour les disques faisant l'objet d'une reproduction de masse par moulage à partir d'un disque matrice métallique.
- R (ou +R) est utilisé pour les disques qui peuvent être enregistrés une seule fois et pour lesquels on emploie des teintures organiques
- RW (ou +RW) et RAM sont utilisés pour les disques qui peuvent être enregistrés, puis effacés, puis réenregistrés et pour lesquels on emploie un film en alliage métallique qui peut constamment basculer entre le stade amorphe et le stade cristallin et vice-versa (« changement de phase »).

Tous ces types de disques peuvent contenir des flux audio ou vidéo ou des flux de données dans tous les types de formats de fichier. Initialement, les CD audio reproduits (moulage par injection), contenant un flux de données audio, ne constituant pas un format de fichier, étaient complétés par des CD contenant des données de différents formats de fichier. Ces derniers ont été appelés au départ CD-ROM. L'apparition des CD enregistrables a créé une certaine confusion dans la terminologie.

Les CD-RW, DVD-RW et DVD+RW sont des disques à changement de phase réinscriptibles qui permettent d'effacer des données et d'en enregistrer d'autres sur le même emplacement du disque. Les DVD-RAM sont des disques à changement de phase réinscriptibles formatés pour l'accès aléatoire aux données, à l'instar d'un disque dur d'ordinateur.

### **CD et DVD enregistrables : description**

Les CD-R et les DVD-/R emmagasinent les données en les alignant sur un sillon microscopique en spirale qui va du centre du disque à sa périphérie. Tous les types de lecteurs de CD/DVD utilisent des rayons laser pour scanner ces sillons. Ils diffèrent par la longueur d'onde des rayons laser utilisés. Les DVD utilisent un pas transversal plus étroit (0.74µm), que les CD (1.6µm). Les DVD font aussi appel à de nouvelles méthodes de modulation et de correction d'erreurs qui n'existaient pas lorsque les spécifications du CD ont été établies.

Les dimensions physiques des CD et des DVD sont les mêmes, soit 120 mm de diamètre et 1,2 mm d'épaisseur. Toutefois, les DVD sont faits de deux disques de 0,6 mm d'épaisseur collés l'un sur l'autre.

Les CD-R et les DVD+R comportent trois couches : un substrat clair de polycarbonate, une couche de teinture et la couche réfléchive. Dans les CD-R, la couche réfléchive se trouve du côté sur lequel il y a l'étiquette du disque et sa surface fragile est couverte d'une couche protectrice supplémentaire de laque. La couche réfléchive des DVD-R est située entre deux couches de polycarbonate.

Au stade de l'enregistrement, un laser d'une intensité beaucoup plus forte que le laser de lecture « brûle » la teinture organique suivant le signal codé et laisse derrière lui une rangée de minuscules zones transparentes et non transparentes le long des sillons du disque. Tous les CD et DVD enregistrables contiennent une couche réfléchive qui permet au laser de lecture de rebondir sur la surface du CD/DVD et d'être « lu » par le capteur de l'appareil de lecture de CD ou de DVD. De nombreux métaux conviennent pour la fabrication de cette couche réfléchive mais deux seulement, l'or et l'argent, sont largement utilisés sur les CD et DVD enregistrables. La combinaison du sillon de teinture « brûlée » et de la couche réfléchive module le laser de lecture tout comme les pics et les plats moulés par injection et la couche réfléchive d'aluminium le font pour un CD-ROM.

Les trois teintures organiques les plus fréquemment utilisées dans les disques enregistrables sont la cyanine, la phtalocyanine et l'azo. Dans les CD enregistrables, chaque teinture donne au support son apparence caractéristique, en fonction du métal qui est utilisé pour la couche réfléchive : la cyanine (bleue) paraît verte si c'est l'or qui est utilisé et bleue si c'est l'argent ; la phtalocyanine (vert clair) paraît transparente avec l'or mais vert clair avec l'argent ; en ce qui concerne l'azo (bleu foncé), il existe aujourd'hui en plusieurs nuances de bleu, l'original étant bleu foncé et le plus récent, le Super Azo, d'un bleu plus clair. Et dans le cas des DVD enregistrables, la couche de teinture est si fine qu'il n'est pas toujours facile de déterminer le type de teinture utilisé. Toutefois, les fabricants de CD et de DVD enregistrables encodent des renseignements à ce sujet dans la couche de polycarbonate. Les graveurs de CD et de DVD utilisent cette information pour calibrer la puissance du laser et, avec un logiciel approprié, cette information peut également être lue par l'utilisateur qui peut ainsi décrire avec précision le disque lui-même. Le type de logiciel qui permet de lire ces données est décrit dans l'Appendice 4. Depuis quelque temps, des DVD enregistrables à double couche sont également disponibles.

Les CD et les DVD réinscriptibles fonctionnent selon un principe totalement différent. Les disques réinscriptibles peuvent être effacés et réenregistrés, mais pas indéfiniment. La couche enregistrable est faite de germanium, d'antimoine et de tellurium. Un laser est utilisé pour porter la surface à deux niveaux de température. La température la plus élevée est dite du point de fusion (600 degrés centigrades environ) tandis que la température la plus faible (350 degrés centigrades environ) est dite température de cristallisation. Le chauffage du disque et le contrôle de la vitesse

de refroidissement produisent une succession de zones amorphes ou cristallines. Ces zones ayant des taux de réflectivité différents, elles peuvent être interprétées par le laser tout comme la structure en pics et plats d'un CD-ROM.

Pour les premiers disques réinscriptibles et leurs lecteurs, la vitesse d'écriture était relativement faible et cette limitation a été encodée et appliquée dans la première génération de lecteurs et les normes correspondantes. Les progrès les plus récents ont permis de disposer d'un mécanisme grâce auquel les données peuvent être gravées plus rapidement sur des disques réinscriptibles. Les anciens lecteurs peuvent certes lire un disque réinscriptible de nouvelle génération mais seuls les graveurs de dernière génération peuvent enregistrer sur ces disques.

## **Les normes**

Le respect des normes, tel est le mécanisme qui permet de faire en sorte que l'on puisse inscrire des données sur les disques et les lire au moyen d'appareils provenant de différents fabricants. Il incombe aux fabricants de produire des disques conformes aux normes applicables. Or, les normes existantes portent uniquement sur la compatibilité des formats et non sur la longévité ou la fiabilité du support. De ce fait, un disque enregistré sur un appareil et lisible par celui-ci peut très bien être tout juste convenable, voire ne pas répondre du tout à la norme applicable. Les fabricants sont certes responsables de la formulation du disque mais la durée de vie escomptée du stockage de l'information ne peut se réaliser que si l'utilisateur final veille lui-même à produire une copie numérique convenable et conforme aux paramètres prévus dans ces normes. Compter sur la seule technologie pour assurer la conformité aux normes ne suffit pas pour assurer une durée de vie optimale du disque. Cette obligation de veiller à ce que l'information numérique stockée sur un disque optique est produite conformément aux normes peut être illustrée par l'exemple de la compatibilité entre le disque et le graveur. Les normes portent ici sur le support d'enregistrement et non sur la technologie de relecture et d'enregistrement. Philips avertit les fabricants de graveurs qu'ils « doivent adopter une stratégie de gravure qui donne des résultats acceptables ». Or, cette injonction peut être interprétée de différentes manières. Philips/Sony ont essayé de régler ces questions par le code MID (code d'identification fabricant). La nature de la production des supports enregistrables fait toutefois que la seule information véritablement enregistrée dans le MID est le nom du fabricant des matrices utilisées pour la production des disques. En conséquence, cette approche n'a pas beaucoup contribué à résoudre le problème de l'interaction disque/graveur, qui demeure posé.

## **Compatibilité entre le disque et le lecteur**

La compatibilité entre les disques et les lecteurs peut poser problème lorsqu'il s'agit d'enregistrer des données sur des CD ou des DVD enregistrables et réinscriptibles. Il arrive souvent que certains disques produits sur un appareil donné produisent des copies de très mauvaise qualité ou ne puissent pas être lus par d'autres lecteurs. Les tests portant sur cette question ont montré que les taux d'échec peuvent être très élevés. Un projet de l'Organisation internationale de normalisation - *ISO N178 Imagerie électronique - Classification et vérification de l'information stockée sur support optique* - pourrait régler ce problème précis de la compatibilité des lecteurs.

Plusieurs facteurs expliquent peut-être ces mauvais résultats. Les premiers lecteurs sont équipés d'un laser qui n'est pas suffisamment puissant pour le calibrage sur des types plus récents de disques. Les lecteurs conçus pour des disques à teinture ne peuvent pas écrire sur des disques réinscriptibles, ni même souvent les lire. Des problèmes logiciels, le vieillissement de certains composants, les lasers en particulier, et certains choix de mise en œuvre peuvent également aboutir à des résultats peu satisfaisants. Les codes de calibrage inscrits dans le substrat de polycarbonate ne sont pas nécessairement toujours précis ni exacts. Cela étant, même en tenant compte de tous ces facteurs, on constate un nombre non négligeable d'échecs qui ne peuvent s'expliquer que par des incompatibilités techniques.

Les légères variations dans la mise en œuvre par les fabricants de matériel de la norme de lecture des disques et les écarts de qualité de ces derniers signifient qu'il peut arriver que des disques et des lecteurs soient incompatibles au sens que leur combinaison peut produire des disques défectueux pour telle ou telle marque ou tel ou tel lot de disques.

Afin de s'assurer que les lecteurs et les disques sont compatibles, il est recommandé d'enregistrer sur le lecteur choisi une série de marques de disques fiables et de bonne réputation et que ces disques fassent l'objet de tests pour déterminer les taux d'erreur. Chacun de ces points est examiné dans les sections qui suivent.

### **Enregistrer des données fiables sur un CD ou DVD enregistrable**

L'inscription de données sur un disque enregistrable peut donner des résultats très variables. Chacun des maillons de la chaîne et toutes les interactions entre eux peuvent influencer sur le résultat. La réussite ou non de l'enregistrement de données sur un CD ou un DVD peut être mesurée objectivement par le taux d'erreur qui en résulte. Le mesurage du taux d'erreur revêt une importance capitale pour la production de données fiables sur un disque enregistrable. Le fait que les données puissent être lues, ce qui est déterminé par la « vérification », n'est pas en soi un indice suffisant, parce qu'un disque à taux d'erreur élevé peut parfois être quand même lu mais risque fort de ne plus l'être peu de temps après. Les maillons de la chaîne d'écriture des données sur un disque optique sont le disque vierge, l'ordinateur et le logiciel, le graveur de disques et le matériel de tests.

### **Choix des disques**

Il existe fondamentalement trois types de teinture sur les disques enregistrables inscriptibles une seule fois, à savoir la phtalocyanine, la cyanine et l'azo. Les fabricants de disques à phtalocyanine prétendent que leur produit a une durée de vie plus longue que les produits concurrents. Certains des premiers essais, mais pas tous, tendent à confirmer cela. Certains fabricants utilisent des teintures azoïques pour fabriquer des disques qu'ils appellent d'archives. La cyanine est le premier type de teinture mise au point pour l'enregistrement sur disque optique et la plupart des fabricants considèrent qu'elle a la durée de vie la plus courte. Cela étant, le type de teinture est certes important mais ne constitue que l'un des facteurs qui déterminent la durée de vie du support.

La variation de la quantité de teinture utilisée dans la couche prévue à cet effet, résultant de la recherche par les fabricants d'une vitesse et d'une densité d'enregistrement toujours plus grandes, est aussi un facteur contributif de la défaillance à long terme des supports optiques enregistrables. La vitesse d'enregistrement a été multipliée par 5 et continue d'augmenter tandis que la densité d'enregistrement est passée de 650Go à 800Go pour les CD-R. Il y a lieu de noter que les disques optimisés pour l'enregistrement à grande vitesse utilisent moins de teinture, ce qui pourrait être un indicateur de durée de vie plus courte. Les DVD-R utilisent évidemment moins de teinture, le taux de transfert des données pendant la gravure sur DVD enregistrable étant beaucoup plus élevé que pour les CD-R. Mais la question n'est pas simplement de réduire la vitesse car si un disque à couche de teinture plus dense, optimisé pour l'écriture à une vitesse plus faible, est enregistré à une vitesse plus grande, son taux d'erreur est plus mauvais. Certes, les fabricants indiquent la vitesse d'enregistrement maximum mais l'enregistrement à cette vitesse maximum peut ne pas donner des résultats satisfaisants. Il y a une vitesse optimale d'enregistrement à laquelle le disque réalise la meilleure performance technique. La meilleure façon possible d'identifier cette vitesse consiste à procéder à des essais et à mesurer les erreurs enregistrées au moyen d'un testeur de disques fiable. En général, on obtient les meilleurs résultats avec un disque à teinture dense enregistré à la vitesse 8x.

La qualité des CD et des DVD enregistrables vierges peut être qualifiée, au mieux, de variable. La fabrication de CD et de DVD enregistrables est devenue un marché caractérisé par des marges bénéficiaires faibles et des volumes importants. Le matériel de fabrication des CD et

DVD enregistrables est devenu de dimensions plus modestes, moins coûteux et plus autonome. De ce fait, les fabricants de supports numériques fiables pour un marché haut de gamme ont été dans une large mesure supplantés par des fabricants de CD et de DVD enregistrables pour un marché bas de gamme. De nombreux disques portant des marques apparemment renommées peuvent avoir été en fait fabriqués par un sous-traitant et reconditionnés pour la vente. Un fabricant de CD ou de DVD peut manipuler la teinture, la couche réfléchive et les nouveaux et coûteux composants en polycarbonate pour réduire le prix ou contrôler la qualité.

Il a été souvent recommandé qu'en règle générale, il ne faut acheter que des CD et des DVD enregistrables d'une marque fiable mais les tests ont révélé que même parmi les marques fiables, il y a tout un éventail de niveaux de conformité aux normes convenues. Il est plutôt recommandé que la personne ou institution responsable insiste pour ne traiter qu'avec un fournisseur qui soit franc en ce qui concerne l'importateur ou le fabricant avec lequel il traite et est en mesure d'établir le contact avec le personnel technique de l'entreprise de fabrication. Les disques qui ne correspondent pas à la norme spécifiée ci-dessous doivent être refusés.

Il n'est guère facile d'identifier les supports de meilleure qualité sans procéder à des analyses de haut niveau (Slattery et al., 2004). Dans la plupart des situations concrètes, les disques doivent être enregistrés avant que l'on puisse les tester. Certains matériels de test des CD et des DVD de très haute qualité peuvent analyser des disques non enregistrés mais la plupart des tests sont effectués en enregistrant un signal d'essai et en analysant le résultat. La norme ISO 18925:2002, AES 28-1997, ou ANSI/NAPM IT9.21 donne une méthode standard d'estimation de l'espérance de vie à partir des effets de la température et de l'humidité relative pour les systèmes à disque compact enregistrable. Comme l'estimation des effets cumulatifs de la température et de l'humidité ne donne pas toujours un résultat clair, d'autres approches ont consisté à déterminer l'évolution dans le temps de la sensibilité à la lumière des disques enregistrables à teinture, et certains fabricants ont procédé à des tests dans ce domaine, mais il n'y a pas encore de norme correspondante (Slattery et al., 2004).

#### *Récapitulation sur le choix des disques*

- *Acheter une série de disques de la meilleure qualité, à partir d'une étude de marché. Acheter plus d'un disque de chaque type (le prix n'est certes pas nécessairement un indicateur mais il faut bien garder à l'esprit que le coût des disques les plus chers reste faible par rapport à la valeur des données).*
- *En veillant à ce que toutes choses soient égales par ailleurs, enregistrer des données sur chacun des disques.*
- *Déterminer par test quels disques donnent les meilleurs résultats au regard des spécifications figurant dans le présent document. Tous les disques doivent dépasser les normes de qualité recommandées ci-dessous (voir tableau 1, taux d'erreur maximum pour un CDR d'archives).*
- *Tester à différentes vitesses d'enregistrement.*
- *Garder à l'esprit la compatibilité disque/graveur, différents graveurs pouvant donner des résultats différents.*
- *Choisir les trois meilleurs disques, avec au moins deux types différents de teinture (phtalocyanine et azo).*
- *Enregistrer des copies identiques des données sur les trois disques retenus.*
- *S'assurer que les disques livrés sont identiques aux disques échantillons testés.*
- *Répéter les tests chaque fois qu'un lot de disques est acheté.*

## **Ordinateur, logiciel et appareil d'enregistrement**

Pratiquement tous les ordinateurs récents sont capables de graver des DVD ou CD enregistrables. La plupart des appareils d'enregistrement sont inclus dans l'ordinateur et dotés du logiciel approprié. Comme pour la plupart des achats de ce type, choisir du matériel fiable et bien connu en effectuant les études de marché nécessaires. Même en tenant compte des différences de technologie, plusieurs variables interviennent dans le processus de gravure d'un disque. La phase d'enregistrement constitue la partie la plus importante et sensible du cycle de vie d'un CD/DVD enregistrable. Tout ce qui peut affecter le rayon laser dirigé sur la couche de teinture peut provoquer une erreur. Un environnement propre et un maniement prudent sont donc essentiels. Même dans un environnement propre, le support vierge doit être nettoyé par un jet d'air propre (qualité laboratoire) avant enregistrement. Il existe dans le commerce des boîtes d'air comprimé propre qui peuvent être utilisées à cet effet. Il faut aussi acclimater le disque avant de l'enregistrer, afin d'éviter un calibrage thermique irrégulier du laser qui peut interrompre le transfert des données, ce qui suppose une climatisation ou une ventilation raisonnable du matériel. Les disques, qui peuvent être stockés dans un milieu froid pour prolonger leur durée de vie, doivent donc être laissés pendant un certain temps dans le même environnement que le graveur avant l'enregistrement. Les ordinateurs et autres matériels doivent être de préférence installés dans un espace climatisé ou, au moins, suffisamment ventilé.

Les interruptions du transfert de données (débit insuffisant ou de la mémoire tampon) peuvent faire échouer l'enregistrement. Le débit insuffisant de la mémoire tampon peut s'expliquer par des facteurs tels que la fragmentation de la structure de fichier, qui fait que les données enregistrées sur le disque ne se trouvent pas toutes au même emplacement sur le disque dur. Les activités informatiques qui se déclenchent automatiquement en arrière-plan, les économiseurs d'écran ou les vérificateurs de courrier, par exemple, peuvent aussi provoquer des interruptions du transfert de données. Tous les programmes qui risquent de provoquer de telles interruptions doivent être fermés.

Comme il est fortement et constamment recommandé dans le présent document, il faut toujours tester les disques pour s'assurer qu'une fois enregistrés, ils répondent aux normes requises. Les tests sont une composante obligatoire du stockage des données sur un disque enregistrable. Toutefois, il est possible que sur un disque enregistré, les données soient corrompues sans pour autant que le taux d'erreur ne signale cette perte d'intégrité. Ce risque peut être géré en vérifiant les disques à l'issue de l'enregistrement. La vérification consiste à comparer le fichier aux données originales dont il est tiré. La vérification des données donne une mesure qui permet d'évaluer la réussite de l'enregistrement. Le test d'erreur ne signale pas nécessairement que des données sont incomplètes et la vérification ne révèle pas l'état des données et du disque. Il faut faire les deux.

## **Copies multiples des disques optiques**

Il faut créer des copies excédentaires des données numériques stockées. On maintient l'intégrité de toutes les données numériques en produisant ce que l'on appelle communément des données excédentaires, qui sont manifestement tout sauf excédentaires si l'on attache de l'importance à la fiabilité des données. Il faut garder au moins trois copies de chaque disque optique stocké, une MATRICE stockée dans des conditions optimales, une copie DE TRAVAIL à utiliser à des fins d'accès ou de copie et une copie DE SÉCURITÉ à stocker dans un autre lieu. Si l'on dispose des supports appropriés, la MATRICE et la copie DE SÉCURITÉ devraient être enregistrées sur des disques provenant de deux fabricants différents. Cela s'impose surtout lorsque le support cible est un CD-R ou un DVD-R, qui comporte des différences de couche réfléchive, de teinture et d'autres composants critiques. Une telle stratégie atténue les risques liés à telle ou telle formulation.



### Récapitulation des procédures d'enregistrement

- Défragmenter le disque dur - les fichiers éparpillés sur le disque dur peuvent provoquer des interruptions de transfert des données.
- Créer sur le disque dur une partition spécialement consacrée aux fichiers qui doivent être enregistrés.
- Créer une image du catalogue à enregistrer sur cette partition. La taille de la partition sera plus ou moins grande selon qu'on utilise des CD-R ou des DVD-R. Il y aura alors moins besoin de défragmenter entre des séances d'enregistrement.
- S'assurer qu'il y a suffisamment de place sur le support pour les données sélectionnées.
- Toujours procéder par monoséance (un disque de bout en bout).
- Fermer toutes les applications telles que les économiseurs d'écran, les sauvegardes automatiques, les vérificateurs de courrier, etc., et s'assurer que la seule application ouverte est le logiciel nécessaire pour l'enregistrement.
- Utiliser un logiciel de gravure qui vérifie si les résultats sont corrects.
- Tester les disques qui viennent d'être enregistrés. Si le budget ne permet pas d'avoir un programme de test des CD, choisir un autre support de stockage.
- Procéder à l'enregistrement trois fois, pour produire en plus une matrice et une copie de sécurité.

### Erreur, durée de vie et tests et analyses

La seule façon de connaître l'état d'une collection numérique est de procéder à des tests constants et complets. L'on ne saurait trop insister sur ce point, à savoir qu'aucune collection d'archives utilisant comme support d'archivage des CD-R ou des DVD-R/+R ne peut se passer d'un testeur fiable. La capacité de correction des erreurs de la plupart des appareils de relecture masque les effets de la dégradation jusqu'à ce que les erreurs atteignent des niveaux qui ne peuvent plus être corrigés. Une fois ce point atteint, toutes les copies ultérieures sont faussées de manière irréversible. D'un autre côté, un système de tests complets permet de planifier au mieux les stratégies de préservation en intervenant sur les paramètres connus, objectifs et mesurables que l'archivage numérique rend possibles. Dans des archives numériques bien documentées, les métadonnées consignent l'historique de tous les objets, y compris le mesurage des erreurs et les corrections notables.

La durée de vie d'un CD ou d'un DVD est un sujet qui suscite des avis divers. Pour la plupart des utilisateurs, la durée de vie d'un CD-R ou d'un DVD-R/+R s'achève lorsque le lecteur ne peut plus reproduire les données inscrites sur le disque mais, les lecteurs n'étant pas régis par des normes, un CD/DVD qui n'est pas lu par un lecteur peut être lu par un autre. Les exemples à cet égard sont légion. Parfois aussi, des normes ou des fournisseurs précisent ce qu'ils considèrent comme un taux d'erreur sur les blocs (BLER) acceptable. Le BLER correspond au nombre de blocs erronés par seconde, mesuré à l'entrée du décodeur C1 (voir ISO/IEC 60908) pendant la relecture à la vitesse standard de transfert des données (1x), en moyenne sur une période mesurée de 10 secondes. Les normes ISO/IEC 10149 et ANSI/NAPM IT9.21-1996, ou norme Red Book, établissent un BLER maximum de 220. La norme pour l'enregistrement de données générales sur CD, aussi appelée norme Yellow Book, établit un BLER de 50. Lorsqu'il s'agit de données, ce taux plus faible est vital.

Des études ont montré que le BLER tout seul n'est pas une mesure très utile quand il s'agit de déterminer la durée de vie, parce que des disques défectueux peuvent donner un BLER bien inférieur à 220, voire à 50. Il faut donc mesurer d'autres paramètres de test, parmi lesquels les erreurs E22 et E32 (erreur non corrigéable) et les erreurs de trame (*frame burst errors* ou FBE), parfois aussi désignées par l'expression « longueur du train d'erreurs » (*Burst Error Length* ou BERL), qui sont des indicateurs de fin de vie valables. Quand ces paramètres dépassent les limites spécifiées ci-dessous, on peut en déduire qu'il faut faire immédiatement des doubles, pour autant que le disque contenant les données d'archives peut encore être lu.

Les erreurs sur les CD-R d'archives ne devraient pas dépasser les taux spécifiés dans le tableau ci-dessous. Il s'agit en l'occurrence de taux maximum au-delà desquels les CD-R doivent être copiés. Concrètement, des taux d'erreur beaucoup plus faibles sont réalisables et préférables. Ils doivent être réalisés pour que le disque puisse avoir une quelconque durée de vie en tant qu'archive avant qu'il ne devienne nécessaire de le recopier. Un BLER moyen de 1 et plafonnant à 20 est facilement réalisable. Le scintillement est aussi un indicateur utile de diagnostic de la qualité des données enregistrées sur un CD et devrait être mesuré après enregistrement. Les taux de scintillement ne devraient pas dépasser 35nS (Fontaine et Poitevineau, 2005).

Erreurs de trame FBE < 6  
Taux moyen d'erreur sur blocs BLER < 10  
Taux maximum d'erreur sur blocs BLER < 50  
E 22 (erreur corrigéable) 0  
E 32 (erreur non corrigéable) 0  
Scintillement 3T <35nS

### **Tableau 1 Taux d'erreur maximum pour un CD-R d'archives**

La configuration des DVD diffère notablement de celle des CD et, même si ces deux supports ont de nombreux aspects communs, les critères qui s'appliquent aux seconds ne sont pas nécessairement applicables aux premiers. Pour les DVD, le scintillement est généralement mesuré en pourcentage. Bien qu'il soit mesuré différemment, le scintillement effectif est dans une large mesure équivalent pour les deux types de disques mais les principales mesures d'erreur sont assez différentes. Les deux principales mesures d'erreurs pour les DVD sont les erreurs de parité interne (*Parity Inner Errors* ou PIE) et les autres erreurs de parité (*Parity Outer Errors* ou POE). Selon les normes des fabricants, le POE doit être égal à zéro. D'autres types de mesure des erreurs ont été définis mais, à l'heure où le présent document a été établi, aucun seuil n'a été défini d'un commun accord pour les archives. Dans la spécification des DVD, pour toute série de huit blocs ECC consécutifs (PI Sum8) le nombre de PIE ne doit pas dépasser 280 et le taux de scintillement maximum doit être de 9 %. Toutefois, s'agissant de l'utilisation de CD enregistrables, l'expérience des archivistes et les tests ont conduit à recommander des taux maximum d'erreur correspondant à 25 % environ des taux recommandés dans la norme Red Book. Par extrapolation, la recommandation pour les DVD serait un maximum de 70 PIE pour toute série de huit blocs EEC consécutifs. Il importe de comprendre qu'il n'a été procédé à aucune série distribuée de tests sur les DVD dans des contextes d'archives pour évaluer la validité de ces chiffres. Il ressort des premières investigations que dans les CD enregistrables, l'échec n'est pas nécessairement l'aboutissement d'un processus linéaire et que, par conséquent, une petite variation des taux d'erreur initiaux peut avoir un effet plus important sur la durée de vie utile du disque. Plusieurs tests ont montré qu'il en est ainsi (Trock, 2000 ; Bradley, 2001), mais il n'y a pas eu d'examen approfondi de cette affirmation. Un examen « longitudinal » des enregistrements dans la durée, associé à des expériences de vieillissement artificiel, pourrait donner de meilleures informations sur les facteurs de stabilité des disques. Un facteur qui continue de freiner le développement d'une recherche cohérente sur cette question tient à l'absence d'une norme convenue d'un commun accord pour la production des lecteurs de CD/DVD.

Étant un produit composite, qui contient, entre autres éléments, des peintures organiques ou autres composés chimiques, ces supports optiques ne peuvent pas ne pas se détériorer sous l'effet de réactions chimiques. Le choix des disques optiques comme support cible comporte l'obligation de mettre en place un programme de contrôle de ces disques et une procédure de copie des disques dont la durée de vie est sur le point de s'achever. L'utilisation des CD/DVD enregistrables et réinscriptibles ne peut être préconisée sans la mise en place d'un programme rigoureux de tests et de contrôle. Il convient de noter que les tests et les analyses sont absolument nécessaires mais aussi qu'ils prennent beaucoup de temps et accroissent sur la durée le coût du système d'archivage retenu. Ces coûts doivent être pris en compte dans la planification d'une stratégie d'archives.

Il convient de tenir des registres de résultats des tests, et des tests occasionnels, une fois l'an éventuellement, peuvent être effectués sur un nombre statistiquement pertinent de disques stockés contenant des données d'archives. Lorsqu'on constate que le taux d'erreur est en augmentation, on peut procéder au transfert sur de nouveaux supports du contenu de tous les disques de cet âge ou de ce type.

#### *Récapitulation sur les tests*

- *Tester tous les disques lors de l'enregistrement.*
- *Rejeter tous les disques non conformes aux spécifications.*
- *Conserver les comptes rendus des tests de tous les disques.*
- *Procéder régulièrement à des tests sur un nombre statistiquement pertinent de disques stockés pour chacun des différents lots de produits.*
- *Recopier les disques lorsque les taux d'erreur augmentent.*

#### **Tests sur les disques déjà enregistrés**

Si des données sur CD ou DVD enregistrable n'ont pas fait l'objet de tests au moment de leur création, il est impératif que des tests soient effectués pour déterminer leur état actuel. Des tests d'erreur rigoureux doivent être effectués car leur taux d'erreur actuel contribue dans une large mesure à déterminer leur durée de vie restante. Si les taux d'erreur mesurés sont supérieurs à ceux du tableau 1 ci-dessus, leur contenu doit être immédiatement transféré sur de nouveaux supports.

#### **Matériel de tests**

Il est recommandé de se doter d'un matériel de tests professionnel, comportant des lecteurs spécifiques, ou du moins spécifiés, pour procéder à des tests précis sur les DVD et les CD. Ces systèmes sont chers mais nécessaires si l'on veut prendre des mesures d'erreur fiables et précises à répétition. Les tests doivent être au minimum conformes à la norme *ISO 12142 Imagerie électronique - Méthodes de surveillance et d'établissement de compte rendu d'erreurs pour la vérification des données stockées sur des disques optiques numériques*. Toutefois, ces tests ne régleront pas le problème de l'absence de normalisation des lecteurs de disques optiques. Il existe à l'heure actuelle un projet de norme de l'Organisation internationale de normalisation, à savoir *ISO N178 - Imagerie électronique, classification et vérification de l'information stockée sur des supports optiques*, qui pourrait porter sur le problème précis de la compatibilité du lecteur.

Il existe certes, comme toujours, des logiciels de tests disponibles en *shareware* sur le Web mais ces logiciels doivent faire l'objet d'une évaluation minutieuse avant de pouvoir servir dans le contexte des archives. Ces systèmes à base logicielle sont tributaires de la précision des lecteurs non standard installés sur l'ordinateur. S'il faut opter pour un système de tests faisant appel au

lecteur d'un ordinateur, alors le système « propriétaire » fourni par le fabricant de disques risque d'être le plus utile. Au moins un fabricant de graveurs de CD/DVD fournit un logiciel qui permet d'utiliser son lecteur à des fins de tests. On trouvera dans l'Appendice 3 des informations sur le matériel de tests des CD disponible dans le commerce. Pour tout système de tests tributaires du graveur de CD, les résultats doivent être comparés à ceux d'un système de tests connu et calibré pour s'assurer que le taux de conformité est suffisant.

On trouve dans le commerce du matériel de tests des disques qui mesure avec précision les seuls paramètres spécifiés dans le présent document d'orientation et est d'un bon niveau. Toutefois, les chiffres obtenus en testant ces paramètres permettent seulement d'identifier les problèmes. L'analyse des problèmes nécessitera probablement l'accès à des moyens de test des CD et des DVD beaucoup plus analytiques. Il est utile de se procurer ce type de matériel par location ou prêt lorsqu'on doit résoudre des problèmes, ou calibrer ses propres équipements de tests.

Dans son document Web « Permanence and Handling of CDs » (permanence et maniement des CD) (Kodak 2002), Kodak affirme que 95 % de ses CD-R maintiennent les données en vie pendant 100 ans dans un environnement de bureau. Les résultats de ces tests sont souvent jugés suspects par les archivistes et nombreux sont ceux qui ont éprouvé des difficultés à reproduire les tests et à obtenir les mêmes résultats. Ceci s'explique peut-être par des différences d'interprétation des chiffres et des divergences de vues sur la validité de la méthode d'estimation de la durée de vie. Même si les tests se révèlent vrais et dans l'hypothèse improbable où ces lecteurs de CD seront encore disponibles dans 100 ans un taux d'échec de 5 % est inacceptable pour les archives. Cette conclusion corrobore aussi la nécessité d'un programme de contrôle des erreurs.

### **Stockage des disques**

Les supports optiques enregistrables ou réinscriptibles doivent être stockés en milieu propre, sec et frais. L'effet du temps s'accélère avec l'élévation de la température et de l'humidité. L'éventail des conditions de stockage donné par les fabricants pour les supports optiques est très large. Le rapport du NIST (Byers, 2003) et la norme ISO 18925:2002, Matériaux pour l'image - disques optiques - pratiques de stockage énumèrent ces paramètres et donnent des conseils sur la protection et le maniement des CD et des DVD. Très peu de tests ont été effectués en ce qui concerne le stockage mais la plupart des experts considèrent que les meilleures conditions sont celles d'un milieu frais et stable. Les supports optiques enregistrables doivent être stockés dans l'obscurité, dans la mesure où une lumière à fort rayonnement ultraviolet accroît la vitesse de dégradation de la couche enregistrable (Kunej, 2001). Les poussières et autres saletés ont un effet non négligeable sur le taux d'erreur à la relecture des disques optiques et, si elles sont abrasives, peuvent endommager les supports de manière permanente. La propreté du milieu est un important facteur de longévité.

### **Reproduction des supports à disque optique (CD et DVD)**

Il arrive un moment où il devient nécessaire de copier les données d'un CD ou DVD sur un autre support. En situation optimale, les disques numériques peuvent produire une copie parfaite du signal enregistré mais toute erreur qui n'est pas corrigée dans le processus de relecture est enregistrée de manière permanente sur la nouvelle copie, ou bien des interpolations superflues sont incorporées aux données archivées, aucun de ces deux phénomènes n'étant souhaitable. L'optimisation du transfert consiste à s'assurer que les données transférées sont équivalentes à l'information figurant sur le support original. En respectant les procédures de tests ci-dessus et les techniques de reproduction ci-dessous, on peut maintenir l'exactitude et la fiabilité des données sur disque optique pendant longtemps, mais certes pas indéfiniment.

## Compatibilité à la relecture

La variété des normes et de la manière de les encoder impose de choisir le bon matériel de relecture. Le lecteur de CD autonome ordinaire risque fort de ne lire que les CD-audio et leurs variantes, alors que le lecteur de CD d'un ordinateur peut lire tous les formats mais nécessite un logiciel approprié pour en déterminer le contenu. Les DVD ne fonctionnent pas sur les lecteurs de CD alors que les lecteurs de DVD sont compatibles avec les CD. Le tableau ci-dessous indique la compatibilité entre certains lecteurs et les supports correspondants.

### Type de disque

#### Lecteur de CDRM

#### Lecteur de CD-RW-R/RW

#### Lecteur de CDR

Lecture Écriture Lecture Écriture Lecture Écriture  
CDROM

Oui Non Oui Non Oui Non

CD-R Oui Non Oui Oui Oui Oui

CD-RW Oui Non Oui Oui Oui Non

### Tableau 2 Section 5.6 : Compatibilité ; CD

### Type de disque

#### Lecteur de DVD de salon

#### Lecture seulement

#### Lecteur de DVD-ROM

#### Lecture seulement

#### (Ordinateur)

#### DVD-R

#### Lecteur (G)

#### Enregistrements

#### Général-R

#### DVD-R

#### Lecteur (A)

#### Enregistrements

#### Création-R

#### Lecteur DVDRW

#### Enregistrements -RW,

#### Général-R

#### Lecteur DVD+RW/+R

#### Enregistrements +RW, +R

#### Lecteur DVDRAM

#### Enregistrements RAM

DVDRAM

Non Non Non Non Non Non Non

DVDR(A) Non Non Non Oui Non Non Non

DVDR(G) Non Non Oui Non Oui Non Non

DVD-RW Non Non Non Non Oui Non Non

DVD+RW Non Non Non Non Non Oui Non  
 DVD+R Non Non Non Non Non Oui Non  
 DVDRAM  
 Non Non Non Non Non Non Oui  
 CD-ROM Non Non Non Non Non Non Non  
 CD-R Non Non Oui Non Oui Oui Non  
 CD-RW Non Non Non Non Oui Oui Non

**Tableau 3 Compatibilité ; DVD (mode écriture)**

**Type de disque**

**Lecteur de DVD de salon**

**Lecture seulement**

**Lecteur de DVD-ROM**

**Lecture seulement**

**(Ordinateur)**

**DVD-R**

**Lecteur (G)**

**Records**

**Général-R**

**DVD-R**

**Lecteur (A)**

**Enregistrements**

**Création-R**

**Lecteur DVDRW**

**Enregistrements -RW,**

**Général-R**

**Lecteur DVD+RW/+R**

**Enregistrements +RW, +R**

**Lecteur DVDRAM**

**Enregistrements RAM**

**DVDROM**

Pas généralement

Oui Oui Oui Oui Oui

DVDR(A) Le plus souvent Généralement Oui Oui Oui Oui Oui

DVDR(G) Le plus souvent Généralement Oui Oui Oui Oui Oui

DVD-RW En partie Généralement Non Oui Oui Généralement Généralement

DVD+RW En partie Généralement Généralement Généralement Généralement Oui  
 Généralement

DVD+R En partie Généralement Généralement Généralement Généralement Oui  
 Généralement

**DVDRAM**

Rarement Rarement Non Non Non Non Oui

CD-ROM Cela dépend Oui Oui Non Oui Oui Généralement

CD-R Généralement Oui Oui Non Oui Oui Généralement

CD-RW Généralement Oui Oui Non Oui Oui Généralement

DVDAudio  
DVDVidéo

Tous les lecteurs de DVD devraient lire les DVD-audio ou les DVD-vidéo si l'ordinateur est équipé d'un logiciel gérant ces deux types de support. Les lecteurs de DVD-RAM seraient un choix contestable.

#### **Tableau 4 Compatibilité ; DVD (mode lecture)**

##### **Nettoyage, restauration du support**

Les CD et les DVD ne nécessitent pas un nettoyage régulier s'ils sont maniés avec précaution mais toute contamination de la surface du disque doit être éliminée avant relecture ou préalablement au stockage. Il importe de ne pas endommager la surface du disque pendant le nettoyage. La contamination par des particules, de poussières par exemple, peut rayer la surface du disque lors du nettoyage, et l'utilisation de solvants puissants peut dissoudre le substrat de polycarbonate ou modifier sa transparence. Il faut utiliser un aérosol ou un flacon d'air propre comprimé pour dépeussier le disque où, en cas de contamination plus lourde, rincer le disque à l'eau distillée ou avec une solution aqueuse de nettoyage des verres de contact. Il faut faire attention aux colorants de marquage du disque qui, sur de nombreux disques enregistrables et réinscriptibles, sont solubles dans l'eau. Utiliser un coton doux ou une peau de chamois pour l'essuyage final du disque. Ne jamais essuyer le disque autour de sa circonférence, toujours opérer par un mouvement radial allant du centre vers le bord du disque, évitant ainsi le risque d'une rayure concentrique qui endommagerait des séquences entières de données. Évitez d'utiliser les produits de nettoyage en papier ou abrasifs sur des disques optiques. En cas de contamination grave, on peut si nécessaire utiliser de l'alcool isopropylique. Il vaut mieux ne pas procéder à des réparations ou un polissage sur des disques optiques d'archives car ces procédés modifient de manière irréversible le disque lui-même. Toutefois, si la surface du disque (côté lecture) comporte des rayures qui provoquent des erreurs de haut niveau, alors des réparations visant à remettre le disque en état d'être lu peuvent être autorisées à des fins de transfert. Il peut s'agir notamment de systèmes de polissage humide, sous réserve que ces systèmes de restauration soient soumis à des tests minutieux pour déterminer leurs effets avant de les utiliser sur des supports importants. Il faut pour cela tester un disque dont on peut se passer, procéder à la restauration puis tester de nouveau pour déterminer l'effet de celle-ci (pour plus de détails, consulter ISO 18925:2002, AES 28-1997, ou ANSI/NAPM IT9.21 et ISO 18927:2002/AES 38-2000).

##### **Les autres approches, professionnelles, du stockage numérique des données**

###### **Coûts et échelle**

Le choix des CD-R comme technologie de stockage est souvent motivé par des considérations économiques. L'idée que la solution CD-R est moins coûteuse peut toutefois se révéler fallacieuse pour de nombreux types d'archives. À titre d'exemple, une collection de matériels numérisés ou numériques d'origine acquise au rythme de 500 Go (giga-octets) sur une période de 10 ans représenterait 5 To (téra-octets) de données. Il est déjà possible aujourd'hui de stocker sans grand mal une telle quantité de données sur des matrices de disque dur de taille moyenne, avec une sauvegarde sur bande magnétique, des copies excédentaires et un chargeur automatique et un logiciel appropriés pour un coût inférieur au coût d'achat du nombre voulu de disques enregistrables de qualité optimale (y compris les copies excédentaires) et de l'infrastructure technique. Les juke-boxes et les logiciels nécessaires et le matériel qui permet d'effectuer des tests précis ajoutent beaucoup au coût de la solution fondée sur des disques optiques enregistrables. Étant donné que les supports de stockage fiables sont de moins en moins coûteux chaque année cet écart de coût ne pourra qu'être plus évident.

Les grandes bibliothèques de données sur bande magnétique sont de moins en moins chères avec chaque téra-octet supplémentaire puisque la quantité de données stockées augmente alors que les CD/Jukebox ne permettent pas de réaliser de telles économies en changeant d'échelle. Hormis les collections les plus petites, une solution professionnelle et plus fiable de stockage serait probablement moins coûteuse et le stockage par des tiers peut aussi être une solution, pour autant que ces derniers se conforment à des normes strictes. Le coût de ces grands systèmes fiables de stockage baisse année après année et les différentiels de coût par rapport à l'utilisation des CD augmentent année après année.

## **Conclusion**

Les CD et, plus récemment, les DVD enregistrables remportent un grand succès en tant que support de stockage des données. Relativement simples à produire, largement disponibles et financièrement abordables, ils ont été très souvent utilisés dans des projets visant à préserver et rendre accessibles des documents culturels et scientifiques en tout genre. Comme ils n'étaient jamais censés servir de support fiable pour la préservation à long terme et ont été conçus principalement en tant que produit de consommation pour un marché de masse, leur utilisation dans des contextes critiques d'archivage et de préservation constitue un risque non négligeable. Comme il est démontré dans la présente publication, des mesures complexes doivent être mises en place si l'on veut garantir une récupération fiable des données en utilisant des CD et des DVD enregistrables comme (seul) support de préservation de matériels numériques. Par ailleurs, la baisse des coûts des disques durs et des systèmes de sauvegarde sur bande magnétique pouvant servir de support de stockage fait que les technologies professionnelles de stockage numérique constituent désormais une alternative viable même pour des institutions petites et dotées de peu de moyens financiers.

## **Appendice 1**

### **Aspects pratiques des stratégies de protection des données**

Les grands systèmes informatiques de stockage des données étaient auparavant réservés aux organismes gouvernementaux, aux bibliothèques et archives nationales et aux grands gestionnaires de données commerciaux. Aujourd'hui, de petits systèmes de stockage tout à fait abordables et accessibles sont utilisés pour stocker et gérer des collections de dimensions plus modestes. On peut désormais acheter un téra-octet de stockage de données auprès d'un fournisseur d'ordinateurs de bureau et si la sauvegarde sur bande magnétique demeure du domaine de l'informatique professionnelle, son coût a beaucoup baissé. Le système de stockage numérique idéal se compose d'un disque dur associé à une sauvegarde sur bande magnétique, d'un logiciel de gestion du dépôt de données et de métadonnées et d'un logiciel de gestion hiérarchisée du stockage (*hierarchical storage management* ou HSM). Le matériel est facile à obtenir, le logiciel de gestion des données l'est également dans le monde du logiciel libre (Wheatley, 2004) mais la gestion hiérarchisée du stockage demeure coûteuse. Toutefois, des systèmes de gestion manuelle des sauvegardes peuvent être mis en place pour réduire le risque couru par les données en attendant que le marché des logiciels de HSM arrive à maturité ou que des fonds soient disponibles.

Une solution simple consisterait à mettre en place un système protégé de stockage sur disque rattaché à la collection ou un ordinateur d'encodage, avec sauvegarde à intervalles réguliers, sur bande magnétique, de l'ensemble du dépôt de données. Une façon de procéder consisterait à se connecter à une série de disques durs organisés en RAID (réseau redondant de disques indépendants). Un RAID accroît la fiabilité du système de disque dur, et la vitesse globale d'accès, en traitant la série de disques comme un seul grand disque dur. Si un des disques est défaillant, il peut être remplacé et toutes les données qu'il contient peuvent être reconstruites au moyen des données contenues dans les autres disques. Le degré d'échec que le système peut tolérer, et la vitesse de récupération après un échec sont fonction du niveau du RAID. Le RAID n'a pas été conçu pour être un réseau de préservation de données. Un RAID de niveau 1 n'est rien



d'autre que deux disques en miroir conservant deux copies des données sur deux éléments physiques différents ; si un disque est défaillant, les données sont disponibles sur l'autre.

Les systèmes RAID de niveau plus élevé (2 à 5) mettent en œuvre des systèmes de plus en plus complexes de vérification de la redondance et de la parité des données qui assurent le maintien de l'intégrité de celles-ci en même temps qu'une utilisation plus efficace de l'espace de stockage<sup>7</sup>.

Les données sur disque dur doivent aussi être dupliquées sur bande magnétique. Il existe toutefois plusieurs formats de bande, dont l'un des plus répandus est le LTO Ultrium, qui a introduit en 2005 un format de troisième génération avec une capacité de stockage native de 400 Go. Comme pour toutes les données numériques, les copies excédentaires sont obligatoires. La bande magnétique est certes plus fiable que le disque optique mais elle n'est pas à l'abri des défaillances. Étant donné que chaque bande contient une masse non négligeable de données, l'effet d'une telle défaillance pourrait être très dommageable et les copies multiples permettent de se prémunir contre ce risque.

Il importe absolument de noter aussi que quels que soient la technologie, la bande ou autre éléments utilisés actuellement, il faudra assurer leur migration vers un nouveau support de stockage dans les 5-10 années à venir, faute de quoi les bandes elles-mêmes deviendront inaccessibles, par dégradation de la bande ou obsolescence du format. Il s'agit là d'un principe inscrit dans toutes les pratiques de stockage et de préservation des données. Les systèmes professionnels de stockage et de gestion des données dotés d'une sauvegarde sur bande appropriée sont plus fiables, plus efficaces et plus précis.

Si la possibilité pour plusieurs utilisateurs d'accéder en même temps au système est requise, il faut mettre en place un système en réseau de stockage et de sauvegarde des données. Les systèmes en réseau permettent l'accès d'utilisateurs multiples conformément aux règles établies par le système de gestion des données. Les petits restos sont chose relativement courante et, moyennant le bon niveau de connaissance, faciles et peu coûteux à mettre en place. Des volumes raisonnables de stockage peuvent être réalisés au moyen d'un dispositif de stockage en réseau NAS (*Network Attached Storage*) la plupart des dispositifs NAS les moins coûteux ont une bande passante réduite par rapport aux dispositifs plus coûteux, ce qui se traduit par des délais d'accès plus longs ou une moindre possibilité d'accès simultané. La vitesse d'accès peut ne pas constituer un problème pour bon nombre d'institutions d'archives, surtout si l'on considère que même le NAS le plus lent reste plus rapide qu'une rangée de CD.

En principe, il est possible de concevoir des solutions à petite échelle pouvant être par la suite étendues afin qu'avec l'augmentation du volume de matériels numérisés, de la demande d'accès à ces matériels et des ressources financières, il puisse y avoir un passage sans accroc d'un système simple et intégralement manuel à un système semi-automatisé puis à un véritable système de stockage numérique de masse (DMSS). Une organisation logique des données et des procédures d'appellation rigoureuses sont une nécessité dans les petits systèmes de stockage manuels. Sans logiciels de gestion hiérarchisée du stockage (HSM) et sans bases de données bien conçues et intégrées, l'organisation et la structuration des données deviennent une obligation si l'on veut que l'information demeure accessible et localisable. Un logiciel de gestion des dépôts de données, et un logiciel approprié de gestion du volume peuvent faciliter cette tâche. Le risque avec tout système de ce type réside dans le niveau de compétence nécessaire pour le faire fonctionner et dans la nécessité de disposer constamment du personnel et du financement nécessaires pour maintenir son intégrité. Les responsables qui veulent mettre en place un tel système devraient solliciter l'avis technique de professionnels mais ces systèmes présentent un

---

<sup>7</sup> Pour un examen plus détaillé de cette approche, voir IASA-TC 04, 6.5. Étant rédigé pour la préservation des données audio, le contenu de ce chapitre peut être aisément remanié pour d'autres contenus numériques et leurs caractères et besoins d'accès spécifiques.

niveau d'intégrité et de fiabilité qui en fait la solution la plus judicieuse dans la plupart des situations où il est question de stockage de données.

### **Principes régissant les systèmes de stockage numérique de masse**

Par souci de fiabilité et de durabilité, dans bien des situations, sinon dans la plupart, il vaut mieux recourir à un système de stockage numérique de masse (DMSS). Un DMSS peut être un système complet, totalement automatisé, conçu pour stocker, gérer, entretenir, distribuer et préserver tout un éventail d'objets du patrimoine numérique complexes et les métadonnées correspondantes, ou bien un simple système de stockage et de sauvegarde pour un seul type de format, les copies dérivées et les métadonnées correspondantes. Le choix du système qui convient sera essentiellement fonction, entre autres, du type de collection et de sa taille, de la relation entre la collection et une archive ou bibliothèque plus importante, de la nécessité d'une gestion de l'accès en ligne et des ressources budgétaires disponibles.

Les renseignements donnés ci-après suivent de très près les aspects pratiques des stratégies de protection des données tirées des Lignes directrices de l'UNESCO pour la préservation du patrimoine numérique. La seule modification a trait à la possibilité d'un système incorporant une sauvegarde non automatisée. Cette section figure dans le présent document avec l'aimable autorisation de l'auteur (Webb, 2003).

**Désignation d'un responsable** : Il faut désigner sans aucune ambiguïté qui sera responsable de la gestion, du stockage et de la protection des données. Il s'agit d'une responsabilité technique qui exige un ensemble particulier de qualifications et de connaissances, ainsi qu'une compétence en matière de gestion. Pour toutes les collections, le stockage et la protection des données exigent des ressources spécifiques, un plan judicieux et une définition des responsabilités concernant ces stratégies, et même les collections les plus petites doivent avoir accès aux compétences nécessaires et désigner une personne spécialement responsable du travail à accomplir.

**Infrastructure technique appropriée pour le travail à accomplir** : Les données doivent être stockées et gérées au moyen de systèmes appropriés et sur un support approprié. Il existe des systèmes de gestion des ressources numériques ou des systèmes de stockage des objets numériques qui répondent aux exigences des programmes de préservation et de durabilité numériques. Certaines approches à cet égard sont examinées ci-dessous. Une fois les besoins identifiés, ils doivent faire l'objet d'un examen approfondi avec les fournisseurs éventuels. À différents besoins correspondent différents systèmes de supports et ceux que l'on choisit pour les programmes de préservation doivent convenir pour cette tâche. L'ensemble du système doit disposer de capacités suffisantes, notamment sur les plans suivants :

**Capacité de stockage suffisante** : La capacité de stockage peut être accumulée avec le temps mais le système doit être en mesure de gérer le volume de données à stocker pendant toute sa durée de vie. Fondamentalement, le système doit être en mesure de **dupliquer les données** nécessaires sans pertes et de transférer, également sans perte, ces données sur des supports nouveaux ou « remis à neuf ».

**Fiabilité avérée** et soutiens techniques aptes à régler promptement les problèmes.

**Aptitude à organiser les noms de fichier** en un système d'attribution des noms de fichier adapté à l'architecture du stockage. Les systèmes de stockage reposent sur des objets nommés. Les systèmes n'utilisent pas tous la même architecture pour organiser les objets, ce qui peut imposer des contraintes quant à la manière de nommer les objets à stocker. À titre d'exemple, un système à disques peut imposer que les noms de fichier existants soient organisés selon une structure hiérarchique à répertoires différente de la structure qui serait utilisée pour un système à bande. Le système doit permettre ou, mieux encore, effectuer une cartographie des noms de fichier imposés par le système et des identifiants existants.

**Aptitude à gérer le stockage excédentaire** : Étant donné que les supports numériques ont un taux d'erreur certes faible mais non négligeable, des copies excédentaires des fichiers sont nécessaires à chaque étape, surtout dans la phase finale du stockage.

**Contrôle d'erreur** : Un certain degré de contrôle automatisé des erreurs est chose normale dans la plupart des systèmes de stockage informatique. Parce que les matériels d'archives numériques doivent être conservés pendant de longues périodes, souvent en n'étant plus utilisés, le système retenu doit être en mesure de détecter les modifications ou les pertes de données et de prendre les mesures qui s'imposent. Les stratégies mises en œuvre doivent, au strict minimum, alerter les responsables de collection sur les problèmes qui risquent de se poser, suffisamment à l'avance pour que les mesures voulues puissent être prises.

**Infrastructure technique** : L'infrastructure technique doit aussi inclure les moyens de stocker des métadonnées et d'établir des liens fiables entre celles-ci et les objets numériques stockés. Les grandes institutions estiment souvent nécessaire de se doter de systèmes de gestion des objets numériques liés à - mais distincts de - leur système de stockage numérique de masse afin de pouvoir prendre en charge l'ensemble des processus et modifier les métadonnées et les interfaces de travail sans avoir à modifier le stockage de masse.

## Appendice 2

### Disques optiques : normes et spécifications fabricant

#### Disques optiques en général

ISO 18925:2002, matériaux pour l'image - disques optiques - pratique de stockage.

ISO/AWI 18938, matériaux pour l'image - disques optiques - précautions et manipulation pour stockage étendu.

#### Disques compacts

La norme pour les CD était à l'origine un produit des entreprises Philips et Sony. Ces normes sont désignées par des couleurs, la première étant le *Red Book*. Il est possible de les commander, dans certaines limites, sur le site Web de Philips, à l'adresse <http://www.licensing.philips.com/>. Elle s'adresse essentiellement aux fabricants. Les normes ISO peuvent être achetées en s'adressant au Secrétariat général de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), à l'adresse <http://www.iso.org/>.

Philips-Sony Red Book CD Digital Audio. Comprend aussi CD Graphics, CD

(Extended) Graphics, CD-TEXT, CD-MIDI, CD Single (8cm), CD Maxi-single

(12cm) et CDV Single (12cm)

IEC 908:1987, Compact Disc Digital Audio System (CD-DA)

(n.b. IEC 908:1987 et Philips-Sony Red Book sont des normes fondamentalement équivalentes)

ISO 9660:1988, Structure de volume et de fichiers (CD-ROM) (ECMA-119)

ISO/IEC 10149:1995, Échange de données sur des disques optiques de 120 mm à lecture unique (CD-ROM) (ECMA-130)

Orange Book Part II : CD-R Volume 1 CD-WO (CD enregistrement unique) aussi appelée norme CD-R décrivant les CD à vitesse nominale 1x, 2x et 4x

Orange Book Part II : CD-R Volume 2 : Multi-Speed CD-R (CD enregistrable) décrivant les CD à vitesse nominale allant jusqu'à 48x

Orange Book Part III : CD-RW Volume 1 CD-RW (CD réinscriptible) décrivant les CD à vitesse nominale 1x, 2x et 4x

Orange Book Part III : CD-RW Volume 2 : High Speed CD-RW (CD réinscriptible) décrivant les CD à vitesse nominale 4x et 10x

Orange Book Part III : CD-RW Volume 3 : Ultra Speed CD-RW (CD réinscriptible) décrivant les CD à vitesse nominale 8x et 32x

Green Book. Compact Disc Interactive Full Functional Specification

White Book Video-CD Specification

Il existe aussi des normes pour d'autres formats de CD propres à un fabricant.

ANSI/NAPM IT9.21-1996 - Life Expectancy of Compact Discs (CD-ROM)-Method for Estimating Based on Effects of Temperature and Relative Humidity

## **Disques optiques DVD**

Il existe un large éventail de normes ISO pour le DVD mais, à l'instar des CD, il s'agit de versions spécifiques des normes relatives aux DVD. Ces normes ont des désignations alphabétiques : DVD-ROM, la norme de base, est spécifiée dans le *Book A*, DVD video est décrite dans le *Book B*, DVD-Audio dans le *Book C*, DVD-R dans le *Book D* et DVD-RW dans le *Book E*.

ISO 7779:1999/et 1:2003 Mesurages du bruit, et spécifications pour les lecteurs de CD/DVD-ROM

ISO/IEC 16448:2002 Technologies de l'information -- DVD 120 mm -- Disque à lecture seule

ISO/IEC 16449:2002 Technologies de l'information -- DVD 80 mm -- Disque à lecture seule

ISO/IEC 16824:1999 Technologies de l'information -- Disque DVD réinscriptible 120 mm (DVD-RAM)

ISO/IEC 16825:1999 Technologies de l'information -- Coffret pour disques DVD-RAM 120 mm

ISO/IEC 17341:2004 Technologies de l'information -- Disques DVD réinscriptibles (DVD+RW) 80 mm (1,46 Go par face) et 120 mm (4,70 Go par face)

ISO/IEC 17342:2004 Technologies de l'information -- Disques DVD réinscriptibles (DVD-RW) 80 mm (1,46 Go par face) et 120 mm (4,70 Go par face)

ISO/IEC 17592:2004 Technologies de l'information -- Disques DVD réinscriptibles (DVD-RAM) 80 mm (1,46 Go par face) et 120 mm (4,70 Go par face)

ISO/IEC 17594:2004 Technologies de l'information -- Coffret pour disques DVD-RAM 120 mm et 80 mm

ISO/IEC 20563:2001 Technologies de l'information -- Disques DVD enregistrables (DVD-R) 80 mm (1,23 Go par face) et 120 mm (3,95 Go par face)

ISO/IEC 16969:1999 Technologies de l'information -- Échange de données sur cartouches de disques optiques de 120 mm utilisant le format +RW -- Capacité: 3,0 Go et 6,0 Go

ISO/IEC DTR 18002 - Spécifications des systèmes de fichiers pour DVD

ISO/IEC 13346, Structure de volume et de fichier enregistrable/réinscriptible (ECMA-167)

DVD+R - Disques optiques enregistrables, 4.7 Go, vitesse d'enregistrement jusqu'à 4X (ECMA-349)

## **Appendice 3**

### **Testeurs de CD et de DVD**

#### **Testeurs autonomes de CD et de DVD disponibles dans le commerce**

Les testeurs énumérés ci-dessous proviennent de fabricants de matériel fiable et précis utilisés pour tester les CD et DVD.

#### **Testeurs de production haut de gamme précis**

Les prix des testeurs de production précis et haut de gamme commencent aux alentours de 30 000 dollars pour les modèles de base et vont jusqu'à plus de 50 000 dollars pour de nombreux appareils. Ce coût est imputable aux lecteurs de référence et de grande qualité qui sont nécessaires pour des essais réussis à répétition. Tous les testeurs sont destinés au marché des fabricants de disques optiques qui les utilisent pour le contrôle de la production. Les prix effectifs sont fonction de l'ampleur des paramètres mesurables, dont plusieurs ne sont pas pertinents pour tester les disques optiques enregistrables pour leur fiabilité à des fins d'archivage.

Il existe à l'heure actuelle trois producteurs de testeurs de haute qualité : Audio Development (<http://www.audiodev.com/>), DaTARIUS (<http://www.datarius.com/>) et Expert Magnetic Corporation (<http://www.expertmg.co.jp/>). Il faut prendre contact avec les fabricants et les fournisseurs pour demander des devis.

#### **Testeurs de production milieu de gamme**

Le coût de ces appareils va de 3 000 à 11 000 dollars des États-Unis ou plus. Ces systèmes peuvent tester tous les paramètres requis au moyen de lecteurs de PC standard spécialement sélectionnés et calibrés. Il est recommandé qu'avant d'envisager l'acquisition de ces testeurs milieu de gamme, le futur acheteur procède à une étude approfondie des types de lecteurs utilisés et de la précision de l'appareil. Il est aussi fortement recommandé que tous les systèmes milieu de gamme soient régulièrement calibrés en fonction d'une norme connue.

Il y a actuellement un grand fabricant de tels appareils milieu de gamme, Clover Systems (<http://www.cloversystems.com/>).

#### **Testeurs téléchargeables**

Un certain nombre de testeurs téléchargeables sont disponibles en ligne qui utilisent le lecteur de CD/DVD installé sur l'ordinateur pour mesurer les erreurs sur les CD et les DVD enregistrés. Toutefois, compte tenu des limites du logiciel et de l'imprécision des lecteurs, la plupart de ces testeurs, sinon tous, ne conviennent pas à des fins d'archivage.

Toutes les informations ci-dessus renvoient à la situation du marché au printemps 2006.

## Appendice 4

### Visionneurs de code ISRC et ATIP

CD Media Code Identifier <http://www.softpedia.com/get/CD-DVD-Tools/CD-DVDRip-Other-Tools/CDR-Media-Code-Identifier.shtml> Freeware. Permet à l'utilisateur de lire des informations telles que le type de teinture, le fabricant du disque, la capacité, les vitesses de lecture et le type de support. Ce programme ne fonctionne apparemment bien qu'avec les lecteurs optiques SCSI.

ISRCView – [www.cloversystems.com](http://www.cloversystems.com) Freeware. Ce programme Windows affiche la table des matières, les codes de contrôle et les codes ISRC des CD audio, mixtes et haute qualité. Il est compatible avec les lecteurs IDE et SCSI mais fournit beaucoup moins de données fabricant que les produits disponibles chez CD Media Code Identifier.

## Références

BRADLEY, K. (2001) CD-R, Case Study of an Interim Media. *IASA/SEAPAAVA Conference*. Singapour.

BRADLEY, K (2004) dir. publ., Guidelines on the Production and Preservation of Digital Audio Objects (=IASA-TC 04, IASA-Comité technique des normes, des pratiques recommandées et des stratégies. Disponible sur <http://www.iasa-web.org/>

BYERS, F. R. (2003) Care and Handling of CDs and DVDs - A Guide for Librarians and Archivists. *NIST Special Publication 500-252*.

FONTAINE, J.-M. & POITEVINEAU, J. (2005) Are there criteria to evaluate optical disc quality that are relevant for end-users? *AES Convention Paper*. Préimpression numéro 6535.

KUNEJ, D. (2001) Instability and Vulnerability of CD-R Carriers to Sunlight. *AES 20<sup>th</sup> International Conference: Archiving, Restoration, and New Methods of Recording*. Budapest.

SLATTERY, O., LU, R., ZHENG, J., BYERS, F. & TANG, X. (2004) Stability Comparison of Recordable Optical Discs-A Study of Error Rates in Harsh Conditions. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*. NIST.

TROCK, J. (2000) Permanence of CD-R Media. in AUBERT, M. & BILLEAUD, R. (Eds.) *The Challenge of the 3<sup>d</sup> Millennium JTS 2000*. Paris.

WEBB, C. (2003) Lignes directrices pour la préservation du patrimoine numérique. UNESCO.

WHEATLEY, P. (2004) Institutional Repositories in the context of Digital Preservation. *DPC Reports*. Digital Preservation Coalition.