Non classifié **ENV/EPOC/WGWPR(2001)3/FINAL**

Organisation de Coopération et de Développement Economiques
Organisation for Economic Co-operation and Development **17-Mar-2003**

Français - Or. Anglais

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
COMITE DES POLITIQUES D'ENVIRONNEMENT

ENV/EPOC/WGWPR(2001)3/FINAL
Non classifié

Annule & remplace le même document du 04 mars 2003

Sous-groupe sur la prévention de la production de déchets et le recyclage

ORIENTATIONS TECHNIQUES POUR LA GESTION ECOLOGIQUE DES FLUX DE DÉCHETS : ORDINATEURS PERSONNELS USAGÉS ET MIS AU REBUT

Le présent document a été adopté et déclassifié par les délégués du Comité sur les politiques d'environnement en février 2003.

Ce document procure des orientations techniques pour la gestion écologique des flux de déchets des ordinateurs personnels (PCs) usagés et mis au rebut.

Henrik Harjula, Tél : +33 (0)1 45 24 98 18 ; Fax : +33 (0)1 44 30 61 79 ;
mél : henrik.harjula@oecd.org

JT00141040

Document complet disponible sur OLIS dans son format d'origine
Complete document available on OLIS in its original format

Français - Or. Anglais

AVANT-PROPOS

Depuis les années 1980, l'OCDE s'est attachée à élaborer et promulguer des politiques internationales favorisant la gestion écologique des déchets. Beaucoup de temps et d'efforts ont été consacrés à la mise au point de mesures destinées à contrôler des mouvements transfrontières de déchets. Ces travaux ont abouti à l'adoption de huit Actes du Conseil sur les mouvements transfrontières de déchets, et notamment de la Décision opérationnelle C(2001)107/FINAL (amendement de C(92)39/FINAL). Récemment, il a été reconnu que le niveau de protection environnementale, même parmi les pays Membres de l'OCDE, varie beaucoup selon l'installation de valorisation. L'OCDE a donc décidé en 1999 de commencer à réfléchir à des orientations techniques internationales pour la gestion écologique des déchets, de manière à améliorer et harmoniser la protection de l'environnement au sein des installations de traitement de déchets de la zone OCDE.

L'OCDE élabore actuellement un programme complet de gestion écologique qui, pour l'instant, met l'accent essentiellement sur la valorisation. Toutefois, pour optimiser l'efficience des ressources, il ne faudrait pas s'occuper de la valorisation isolément, mais plutôt dans le contexte de l'encouragement du développement écologiquement viable, notamment pour favoriser la réduction maximale des déchets et harmoniser les règles du jeu au sein de l'OCDE.

L'étendue et le contenu du programme global de gestion écologique de l'OCDE ne sont pas encore figés. Il est fort probable que ce programme comprendra plusieurs volets. L'un des volets possibles serait axé sur les mesures propres à faciliter l'adoption par l'industrie de pratiques écologiquement viables en insistant sur le recours à des Systèmes de management environnemental (SME) existants, comme par exemple la série ISO 14 000 et le Système de gestion de l'environnement et d'audit environnemental (EMAS) de la Communauté européenne. Un autre volet pourrait être composé d'orientations techniques pour la gestion écologique, comprenant entre autres des «critères de performance de base » qui devraient être employés en association avec des SME spécifiquement liés aux activités de gestion des déchets. Ces «critères de performance de base » peuvent être d'ordre général, mais les déchets concernés, tout comme les activités, sont encore à l'étude. Des orientations techniques pour la gestion écologique plus spécifiques pourront s'avérer nécessaires pour certains flux de déchets.

Les pays Membres de l'OCDE ont identifié les ordinateurs personnels usagés et mis au rebut comme un flux de déchets auquel des orientations techniques spécifiques sont bien adaptées. Ainsi, au cours des trois dernières années, l'OCDE a élaboré les orientations techniques ci-après, qui forment un ensemble pilote pour la gestion écologique de ce flux de déchets. Ces orientations techniques ont été rédigées par M. Robert Tonetti, de l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis (EPA), assisté de Mme Sonja Löw, du Ministère fédéral autrichien de l'agriculture et des forêts, de l'environnement et de la gestion de l'eau, et du Secrétariat de l'OCDE. Elles seront régulièrement mises à jour en fonction des besoins.

Le Sous-groupe sur la prévention de la production de déchets et le recyclage a adopté ces orientations techniques en septembre 2002 et a recommandé leur déclassification. Le Comité des politiques d'environnement a adopté et diffusé ce document en février 2003.

Copyright, OCDE 2003

Toute demande d'autorisation de reproduction ou de traduction totale ou partielle de cette publication doit être adressée au Chef du Service des publications, OCDE, 2 rue André Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 2
1. INTRODUCTION 4
2. DÉFINITION ET CARACTÉRISTIQUES DES «PC USAGÉS ET MIS AU REBUT » 4
3. PRINCIPAUX SUJETS DE PRÉOCCUPATION ENVIRONNEMENTALE 6
3.1 Substances posant des risques 6
3.2 Exposition à des substances à risques 7
4. PANORAMA DES PRATIQUES EN MATIÈRE DE RÉUTILISATION/RECYCLAGE 8
4.1 Réutilisation 10
4.2 Valorisation des matières premières 11
5. ORIENTATIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES INSTALLATIONS 11
5.1 Remise en état 11
5.2 Valorisation des matières 12
5.2.1 Démantèlement – Orientations techniques générales concernant les installations 12
5.2.2 Valorisation des matières premières - Orientations techniques générales concernant les installations 14
5.2.3 Traitement de composants spécifiques 14
5.2.3.1 Cartes de circuits et éléments de cartes 14
5.2.3.1.1 Batteries et piles 16
5.2.3.1.2 Condensateurs 16
5.2.3.1.3 Diodes électroluminescentes 17
5.2.3.2 Tubes cathodiques 17
5.2.3.2.1 Phosphores 18
5.2.3.2.2 Dégazeur (getter) 18
5.2.3.3 Écrans plats et ordinateurs portables 18
5.2.3.4 Fils isolés 19
5.2.3.5 Métaux ferreux et non ferreux 20
5.2.3.6 Plastiques 20
5.2.4 Valorisation énergétique et élimination 20
6. TRANSPORT 21
6.1 Retrait de matières dangereuses 22
6.2 Conditionnement 22

1. INTRODUCTION

1. Les innovations technologiques concernant les ordinateurs continuent de connaître une progression exponentielle. Les ordinateurs personnels désormais à la disposition des citoyens des pays Membres de l'OCDE pour un prix modique recèlent davantage de puissance informatique que les pouvoirs publics de ces pays n'en avaient eux-mêmes il y a peu. Connectés à Internet, ces ordinateurs donnent accès à des sources d'information et des moyens de communication presque inimaginables. Cette puissance et cette utilité ont provoqué une hausse tout aussi exponentielle de la demande d'ordinateurs personnels, ainsi que leur prolifération tant à domicile que dans les entreprises. Ils sont désormais omniprésents dans les sociétés développées.

2. Cette prolifération des ordinateurs personnels a soulevé des préoccupations environnementales concernant leur sort ultime dans notre environnement. Des centaines de millions d'ordinateurs se trouvent aujourd'hui entre les mains des citoyens. Or, étant donné le rythme de développement technologique astronomique que nous connaissons, tous ces ordinateurs personnels se rapprochent rapidement de l'obsolescence. Régulièrement, leurs détenteurs doivent s'en débarrasser pour faire de la place au modèle suivant.

3. Dans le contexte du programme global de l'OCDE en matière de gestion écologique des déchets et des matières usagées et mises au rebut, le présent document fournit un ensemble pilote d'orientations techniques pour la gestion écologique de flux de déchets spécifiques, susceptibles de servir à assurer la réutilisation et la valorisation écologiquement rationnelles d'ordinateurs personnels (PC) usagés et mis au rebut[1], ainsi que de leurs composants et matières. Ces orientations techniques sont également applicables aux mouvements transfrontières de ces appareils, composants et matières pour ce qui concerne leur réutilisation et leur valorisation. Elles ne prennent pas en compte d'autres questions environnementales telles que la conception des produits, le choix des matières et l'efficience énergétique à l'utilisation, questions qui peuvent surgir à tout moment du cycle de vie d'un ordinateur personnel entre le stade de la conception et de la fabrication et la fin de son existence en tant qu'équipement électronique opérationnel. Il faudra néanmoins que les fabricants et les recycleurs de PC coopèrent plus étroitement (dans des domaines tels que l'identification des substances à risques dans différents modèles d'ordinateurs personnels, mais aussi au niveau des efforts en vue d'une recyclabilité prévue dès la conception) si l'on veut obtenir la plus grande quantité possible de matières valorisables, et contribuer ainsi davantage à la prévention et à la réduction des déchets. Ces orientations techniques ne traitent pas des aspects liés à la collecte des PC usagés, mais plutôt de leur gestion écologique une fois qu'ils ont été collectés pour réutilisation ou recyclage. Des informations très utiles sur les programmes de collecte de nombreux types de déchets sont disponibles dans la publication de l'OCDE «Responsabilité élargie des producteurs : Manuel à l'intention des pouvoirs publics » parue en 2001.

2. DÉFINITION ET CARACTÉRISTIQUES DES «PC USAGÉS ET MIS AU REBUT »

4. Les présentes orientations techniques concernent les ordinateurs personnels et les ordinateurs portables (portables et portatifs) d'usage domestique ou professionnel, se composant des éléments suivants :

1 . Dans ce contexte, le rebut désigne les produits hors normes dont la date de péremption a été atteinte (excédents de stocks), les pièces inutilisables, les matières contaminées, etc., que détiennent les fabricants et les revendeurs.

a. Unité centrale (UC) : un boîtier et l'ensemble de son contenu, c'est-à-dire notamment la carte principale de circuits imprimés (dite carte-mère) et ses composants (puces, condensateurs, connecteurs, etc.), d'autres cartes de circuits imprimés (cartes-filles), un ou plusieurs lecteur(s) de disque, un transformateur (l'alimentation), la filerie interne, et un cordon d'alimentation. (Ce descriptif correspond à l'acception générale du vocable « UC », mais on s'accorde à dire, parmi les constructeurs de PC, que l'« UC » peut ne désigner que les puces.)

b. Moniteur : un écran à tube cathodique ou un écran plat (aussi connu sous le nom d'écran à cristaux liquides), son boîtier, sa filerie et ses circuits internes, son câble de raccordement à l'UC et un cordon d'alimentation

c. Imprimante : un boîtier et son contenu (cartouche d'encre ou de toner, filerie interne, câble de raccordement à l'UC), et un cordon d'alimentation

d. Différents périphériques : clavier et souris, scanneur, graveur de CD, webcam, haut-parleurs.

5. Les présentes orientations techniques ont pour objet la gestion et l'élimination des ordinateurs personnels usagés et mis au rebut. En deux mots, un « PC usagé » est un PC dont le propriétaire n'a plus l'usage. C'est un équipement usagé, et non nécessairement un déchet. Il peut lui rester une longue période de vie utile, et il peut être utilisé par un autre propriétaire soit en l'état, soit après réparation ou mise à niveau. Il arrive souvent que les PC usagés soient rassemblés et expédiés en un lieu (à l'étranger ou non) où sera évalué leur potentiel de réutilisation ou de remise en état. Les présentes orientations techniques sont applicables à ce genre de mouvements de PC usagés ainsi qu'à leur gestion dans des installations d'évaluation du potentiel de réutilisation et dans des installations chargées de procéder à leur remise en état et à la valorisation des matières.

6. Le vocable « PC usagé » ne désigne pas les PC, sous garantie ou hors garantie, que leur propriétaire envoie en réparation ou pour remise en état, et qui lui reviennent. Il ne concerne pas non plus les PC qui sont expédiés prêts à être directement réutilisés, c'est-à-dire ceux qui ont déjà été évalués ou remis en état et se trouvent prêts à l'emploi. Bien entendu, il ne désigne pas davantage les PC inutilisés qui sont expédiés prêts à être utilisés pour la première fois. Aussi les présentes orientations techniques ne concernent-elles ni ces PC, ni leur expédition.

7. Les présentes orientations techniques sont applicables à tous les composants microinformatiques issus directement des installations de production, c'est-à-dire aux ordinateurs personnels et aux composants hors normes ou excédentaires. Elles concernent en outre les rebuts, résidus et déchets issus de l'élimination des PC usagés, dont par exemple les poussières et scories produites par la valorisation des matières premières.

3. PRINCIPAUX SUJETS DE PRÉOCCUPATION ENVIRONNEMENTALE[2]

3.1 Substances posant des risques

8. Un ordinateur personnel contient plusieurs substances à risques pour l'environnement :

a. Antimoine : l'antimoine est un composant de la soudure au plomb. Le verre de la dalle et/ou du cône des tubes cathodiques peut en contenir ;

b. Oxyde de baryum : l'oxyde de baryum est présent dans la plaque getter du canon à électrons des tubes cathodiques ; une partie de l'oxyde de baryum du dégazeur (getter) se dépose sur la face interne du verre de la dalle et du cône ;

c. Béryllium : la carte-mère, au niveau des emplacements pour les cartes-filles, contient une petite quantité de béryllium sous la forme d'un alliage cuivre-béryllium (habituellement dans la proportion de 98 % de cuivre et 2 % de béryllium) ;

d. Cadmium : du cadmium se trouve en faible quantité dans les contacts et commutateurs métallisés, et peut avoir été employé en très faible quantité, comme stabilisateur, dans l'isolation en PVC de fils que peut contenir un ordinateur personnel. Les ordinateurs portables contiennent souvent une batterie rechargeable au nickel-cadmium (Ni-Cd) ;

e. Chlore et/ou brome : des agents ignifuges halogénés (bromés) organiques et des agents ignifuges inorganiques (par exemple du chlorure d'antimoine) peuvent être présents dans le plastique des cartes de circuits imprimés et des boîtiers. Toute isolation PVC des fils et câbles utilisés dans un ordinateur personnel contient du chlore ;

f. Plomb : le tube cathodique contient une quantité substantielle de plomb, à raison peut-être, en moyenne, de deux à trois kilogrammes dans les modèles plus anciens et d'un kilogramme dans les modèles récents, encapsulés sous forme de verre plombé. Du plomb est aussi présent en bien plus faible quantité, sous la forme de soudures, sur les cartes de circuits imprimés de l'UC. Les imprimantes et divers périphériques contiennent aussi une faible dose de plomb sous forme de soudures. Certains ordinateurs portables contiennent un accumulateur au plomb scellé;

g. Lithium : du lithium peut être présent au sein d'une petite pile implantée sur la carte-mère ;

h. Mercure : les moniteurs plats de grande taille peuvent contenir une petite quantité de mercure dans un dispositif d'éclairage de l'écran ;

i. Phosphores : une couche électroluminescente, habituellement composée de sulfure de zinc et de métaux de terres rares, sert à l'intérieur de la dalle des tubes cathodiques à convertir l'énergie cinétique du faisceau électronique en lumière. Cependant, du sulfure de cadmium a aussi été utilisé dans des tubes cathodiques plus anciens.

---

2. Des renseignements complémentaires sur certaines de ces substances à risques sont disponibles dans la « Proposition de Directive du Parlement européen et du Conseil relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques » (Directive DEEE), Bruxelles, 13 juin 2000, COM(2000)347 final. Pour en savoir plus sur l'évolution de cette question, voir la Directive 2002/96/EC du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 2003 concernant les restrictions de l'utilisation de certaines substances dangeureuses dans le matériel électrique et électronique.

9. Bien que ces substances puissent présenter des risques lors du recyclage ou de l'élimination d'ordinateurs personnels usagés, il est important de noter que certaines d'entre elles sont présentes dans les PC dans le but de diminuer les risques que représente l'utilisation du produit pour la santé humaine. On peut ainsi mentionner l'usage dans les tubes cathodiques d'écrans en plomb qui protègent l'usager contre les rayons X nocifs, et l'emploi dans les plastiques de substances ignifuges qui réduisent le risque de surchauffe et d'incendie. Techniquement, il n'existe pas de substitut au plomb pour le verre des tubes cathodiques.

10. Conformément à leur législation nationale, certains pays Membres peuvent considérer des substances telles que les cristaux liquides (présents en faible quantité dans les écrans plats à cristaux liquides), l'arsenic (présent en faible quantité sous forme d'arséniure de gallium dans les diodes électroluminescentes (DEL)), les électrolytes liquides (présentes en faible quantité dans les condensateurs électrolytiques) et le toner en poudre (des imprimantes) comme des substances d'ordinateurs personnels à risques[3].

3.2 Exposition à des substances à risques

11. Presque toutes les substances à risques d'un ordinateur personnel se présentant sous forme solide et non dispersable, aucun motif d'inquiétude n'est justifié du point de vue de l'exposition de l'homme ou des rejets dans l'atmosphère si les conditions d'utilisation et de manipulation d'un ordinateur personnel restent normales. Aucune substance préoccupante ne s'échappera d'un ordinateur personnel au cours d'un contact normal, transport et démontage manuel compris.

12. La présence de ces substances dans un ordinateur personnel peut poser des risques en matière de santé humaine et d'environnement si l'équipement usagé est mis en décharge ou incinéré. Par ailleurs, certains scénarios de réutilisation et de recyclage posent des problèmes : par exemple, lorsque des composants sont collectés selon certaines méthodes (telles que la fonte de soudures) ou soumis à des traitements de récupération des métaux ou des plastiques par broyage, combustion ou fonte. Toutes ces expositions peuvent être atténuées grâce à des pratiques de travail adaptées, au contrôle de la combustion et à l'emploi de dispositifs de maîtrise des rejets atmosphériques (ces pratiques, destinées à éliminer ou atténuer les possibles effets nocifs pour la santé humaine et l'environnement, sont abordées à la partie 5 du présent document) :

a. Antimoine : dans certaines conditions de mise en décharge, l'antimoine présent dans le verre de l'écran peut être lixivié ;

b. Oxyde de baryum : le démantèlement et la manipulation des tubes cathodiques peuvent libérer des poussières d'oxyde de baryum ;

c. Béryllium : le traitement des métaux à haute température peut libérer le béryllium présent dans un alliage cuivre-béryllium sous forme de poussières ou de vapeurs d'oxyde de béryllium ;

d. Cadmium : la faible quantité de cadmium présente dans le plastique peut être libérée sous forme de poussières d'oxyde de cadmium si le plastique est brûlé avant ou pendant la récupération des métaux. Le traitement des métaux à haute température peut libérer le cadmium présent dans les contacts et commutateurs métallisés sous forme de poussières ou de vapeurs d'oxyde de cadmium. L'incinération peut aussi aboutir au rejet de cadmium dans l'environnement ;

---

3 . Le texte apparaissant en italique dans les présentes orientations techniques fait référence à des pratiques effectives dans certains pays Membres seulement ou imposées par des législations nationales.

e. Chlore et brome : le brome présent dans les plastiques sous forme d'agents ignifuges bromés, ou le chlore des isolants en PVC, peut se recombiner avec le carbone et l'hydrogène au cours de différents processus d'élimination ou de valorisation avec apport de chaleur (combustion, extrusion de plastiques, etc.) et former d'autres composés organiques halogénés potentiellement nocifs pour l'environnement, et notamment des dibenzodioxines et dibenzofurannes chlorés ou bromés ;

f. Plomb : dans certaines conditions d'élimination par mise en décharge, le plomb présent dans un tube cathodique ou une carte de circuits imprimés peut être lixivié à partir du verre plombé. L'incinération peut se traduire par le rejet de plomb dans l'atmosphère, ainsi que par le dépôt de plomb dans les cendres qui sont ensuite éliminées par épandage. Le plomb d'une carte de circuits imprimés peut aussi être libéré sous la forme de vapeurs de plomb si la carte est chauffée pour faciliter la collecte des composants ou sous la forme de fines particules si la carte est brûlée ou déchiquetée avant récupération des métaux. Le plomb d'un tube cathodique ou d'une carte de circuits imprimés peut être libéré sous forme de poussières d'oxyde de plomb ou de vapeurs de plomb au cours de traitements des métaux à haute température (comme par exemple la fusion) ;

g. Lithium : le lithium présent dans une pile sera libéré si la pile est déchiquetée avec la carte de circuits imprimés à laquelle elle est rattachée. Une fois libéré, le lithium peut entrer en réaction avec l'oxygène et l'humidité, produire ainsi de la chaleur et potentiellement provoquer un départ de feu ;

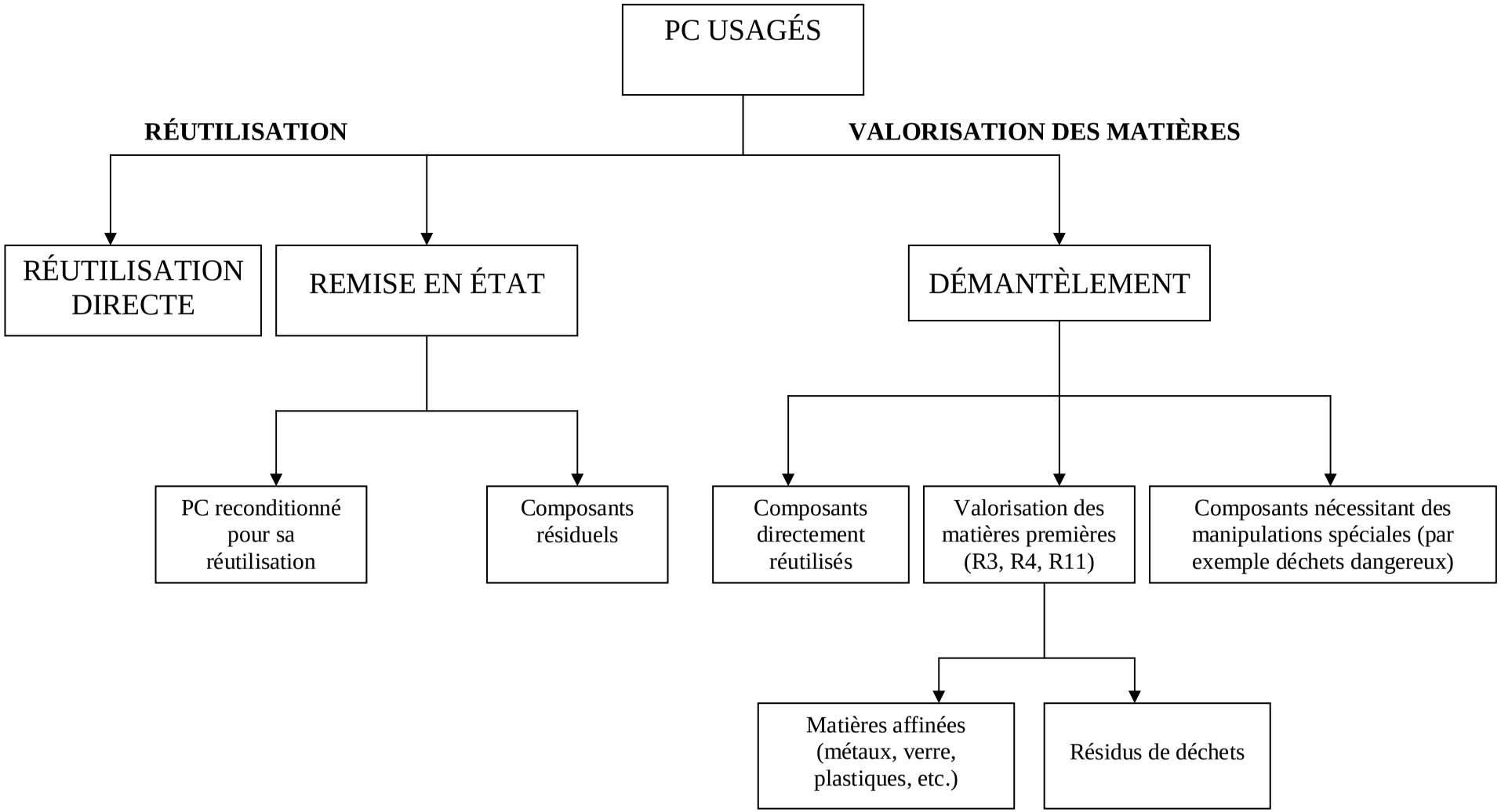
h. Mercure : lors de leur broyage et des manipulations qui suivent cette opération, certains écrans plats peuvent libérer du mercure. La mise en décharge et l'incinération des écrans plats peuvent aussi provoquer le rejet de mercure dans l'environnement ; et

i. Phosphores : le cadmium présent dans la couche électroluminescente des dalles des tubes cathodiques moins récents peut présenter un risque d'inhalation par les ouvriers qui prennent part aux opérations de bris du verre des tubes. Il peut aussi y avoir lixiviation de cadmium suite à une mise en décharge de ces déchets.

4. PANORAMA DES PRATIQUES EN MATIÈRE DE RÉUTILISATION/RECYCLAGE

13. Une fois collectés, les PC usagés doivent être orientés vers des dispositifs soit de réutilisation, soit de recyclage. Le schéma de traitement ci-après illustre les étapes des processus de réutilisation et de valorisation des matières ; il est suivi de développements sur ces opérations.

SCHÉMA DE TRAITEMENT



4.1 Réutilisation

14. Étant donné les progrès rapides de l'informatique, il est clair qu'un ordinateur personnel atteint l'obsolescence longtemps avant d'avoir perdu toute capacité à remplir ses fonctions essentielles. La poursuite de son utilisation en tant qu'ordinateur est donc une orientation à la fois évidente et souhaitable, qui peut prendre différentes formes :

a. Réutilisation directe : l'ordinateur personnel usagé peut être utilisé par tout autre individu sans modification. Il s'agit du mode de réemploi d'un ordinateur personnel le plus courant. La machine peut être réaffectée à un autre utilisateur de la même organisation ou du même foyer ou encore donnée ou vendue directement au bénéficiaire suivant.

b. Remise en état et réutilisation : l'ordinateur personnel peut être remis en état ou à niveau et utilisé par quelqu'un d'autre. Tous les ordinateurs personnels ont une part de modularité, c'est-à-dire que certaines pièces au moins peuvent être remplacées soit par des pièces identiques, soit par des pièces mises à niveau. On peut ainsi prolonger la durée de vie d'un ordinateur personnel, et celui-ci peut continuer d'être utilisé.

c. Réutilisation de composants : l'ordinateur personnel peut être démonté pour valorisation de ses composants électroniques opérationnels. Un ordinateur personnel usagé dont la remise en état et la réparation complètes ne sont pas économiquement efficientes peut néanmoins renfermer un ou plusieurs composants réutilisables tels qu'un lecteur de disque ou un dispositif de stockage.

15. Ces différentes opérations sont principalement le fait d'une nouvelle industrie, l'industrie des ordinateurs d'occasion, qui a surgi de la prolifération des ordinateurs personnels. Depuis une décennie au moins, cette industrie se charge de collecter, remettre en état, mettre à niveau et revendre des ordinateurs usagés et des composants d'ordinateur. D'abord quelque peu informelle – des gens compétents s'échangeaient des composants ou montaient des ordinateurs de A à Z à partir de composants usagés, elle s'est développée jusqu'à rassembler un nombre relativement important d'individus, de petites entreprises et, de manière croissante, d'organismes caritatifs.

16. Un ordinateur personnel peut en grande partie être démonté et remonté manuellement (par exemple à l'aide d'un tournevis) ; ces opérations de réparation et de remise en état ne posent pas de problèmes environnementaux particuliers. Toutefois, ce type d'opérations produira inévitablement des ordinateurs personnels et des composants qui s'avèrent irréparables ou dont la remise en état et la réparation ne sont pas économiquement efficients. De tels ordinateurs et composants nécessiteront des dispositions complémentaires tenant compte des préoccupations environnementales liées à la protection du personnel et au rejet de substances dans l'environnement.

17. Les « casses » électroniques, qui ont tendance à traiter de plus gros volumes d'équipement usagé que les entreprises de réparation et de remise en état, se livrent elles aussi à quelques activités de réutilisation. Elles peuvent revendre des équipements, avec ou sans réparation : PC entiers, moniteurs, etc. – mais leur principale activité en matière de réutilisation consiste à collecter et revendre les composants les plus précieux des PC usagés que sont les circuits intégrés (ou « puces »), les lecteurs de disque, et ainsi de suite. Cela dit, la plus grande part des matières traitées par ces entreprises de démantèlement va au recyclage des matières premières, et non à la réutilisation.

18. La collecte de certains composants en vue de leur réutilisation fait naître des préoccupations, pour le personnel et pour l'environnement, qu'il faut traiter. Par exemple, certains composants ont été soudés sur des cartes de circuits imprimés. Pour les ôter, il faut appliquer une certaine chaleur, qui désolidarise la soudure – ce qui pose un problème d'émission de plomb dans l'atmosphère. Ce type de

récupération de composant nécessite une application de chaleur contrôlée, une ventilation adéquate, la prise en compte des émissions et la protection attentive de la santé et de la sécurité du personnel.

4.2 Valorisation des matières premières

19. Si un ordinateur personnel ou l'une quelconque de ses pièces ne peut être réutilisé, il doit être démonté et traité de manière à valoriser la plus grande part des matières premières qu'il contient : métaux, verre et plastiques. En outre, tout composant considéré comme dangereux et dont la dépose est requise par les autorités compétentes doit être mis de côté pour une prise en charge spécifique.

20. Les matières ferreuses et non ferreuses – dont l'acier, l'aluminium et le cuivre – qui résultent du démantèlement des boîtiers et châssis d'ordinateur et des fils et câbles sont vendus à des fondeurs qui en tirent des matières premières. L'industrie des métaux non ferreux récupère les métaux précieux et le cuivre des cartes de circuits imprimés, des fils et des câbles, ainsi que d'autres composants informatiques tels que puces, connecteurs et culots de tube cathodique en cuivre.

21. Le verre plombé des tubes cathodiques qu'extraient les entreprises de démantèlement peut être traité et vendu aux fabricants de tubes cathodiques pour être utilisé dans de nouveaux tubes. Ce marché est relativement neuf, en croissance, tant dans la zone OCDE qu'au-delà. Ce verre plombé peut aussi être transféré à des fonderies de plomb, qui en valoriseront le plomb tout en utilisant le verre comme fondant pour le processus de fusion. Le verre plombé des tubes peut aussi être utilisé dans des fonderies de métaux non ferreux.

22. Le marché du recyclage des plastiques se développe lentement ; avec l'écoconception des PC, il se développera davantage. Il existe un marché de la valorisation énergétique des plastiques.

5. ORIENTATIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES INSTALLATIONS

23. Les mesures nécessaires à un recyclage écologique des ordinateurs personnels usagés sont pour une grande part spécifiques au site. En effet, le risque d'effets nocifs pour la santé du personnel et l'environnement dépend considérablement de la nature des opérations de remise en état, de démantèlement ou de recyclage des matières qui sont menées dans une installation donnée. De même, le niveau convenable de contrôle et de surveillance par les pouvoirs publics dépend à la fois de la nature et de l'ampleur des activités. Les programmes publics nationaux, régionaux et locaux doivent donc s'y adapter. Voici les orientations techniques générales préconisées :

5.1 Remise en état

24. Les installations qui se consacrent principalement à la remise en état de PC usagés tirent la plus grande part de leur chiffre d'affaires de la revente de PC usagés à des fins de réutilisation. Toutes les ventes de composants inutilisables à des entreprises de démantèlement ou de valorisation des matières premières ne constituent qu'une source secondaire, et généralement mineure, de recettes. Le personnel des installations de remise en état a reçu une formation spécifique à la réparation microinformatique. Certains collaborateurs détiennent une licence de technicien ou un diplôme professionnel dans leur domaine, tandis que leurs collègues ont été formés sur le tas.

25. Les risques encourus par le personnel et l'environnement des installations de remise en état sont en général très réduits. En effet, les PC sont réparés ou mis à niveau manuellement, de manière très précautionneuse, sans emploi d'une méthode destructrice qui pourrait rendre des composants inutilisables

et provoquer le rejet de constituants dangereux sur le lieu de travail ou dans l'environnement immédiat. Les principales préoccupations environnementales associées aux installations de remise en état concernent le stockage des composants de PC et la destination extérieure des composants inutilisables.

26. Les installations de remise en état, notamment celles qui importent des PC usagés, doivent satisfaire aux critères de performance de base qui garantissent une gestion écologique des déchets et des matières usées et de rebut, établis dans le document [ENV/EPOC/WGWPR(2001)4/REV2]. Elles doivent bénéficier des autorisations adéquates locales, régionales ou nationales, qui peuvent aller de la licence locale d'exploitation (dans le cas d'installations de moindre taille) à la licence ou au permis stipulant les principes directeurs en matière d'hygiène et de sécurité du personnel ou les dispositions fondamentales dans le domaine de la protection de l'environnement (pour les installations plus importantes). L'autorisation donnée à une installation importante doit aborder spécifiquement la gestion des composants traités et non traités, et limiter la quantité de déchets dangereux stockable sur le site. Les composants traités doivent faire régulièrement l'objet de transferts dans des installations de recyclage ou d'élimination agréées.

27. Les installations de remise en état de grande taille doivent être régulièrement inspectées par les autorités compétentes, qui vérifieront la conformité aux prescriptions de l'autorisation délivrée.

28. Les installations de remise en état qui gèrent un volume non négligeable de PC usagés doivent pérenniser un instrument financier garantissant un nettoyage adéquat de l'installation en cas (1) de mauvaise gestion flagrante des PC ou composants usagés ou (2) de fermeture du site.

29. Les transactions entre entreprises qui impliquent un mouvement transfrontière de PC et de composants usagés doivent avoir une base contractuelle (ou une base commerciale équivalente) établie au préalable et détaillant la quantité et la nature des matières à expédier. La tenue de registres doit permettre à l'installation de remise en état de détailler, au moins annuellement, la proportion (en volume ou en poids) des PC et composants usagés remis en état, envoyés au recyclage et mis en décharge.

30. Les opérations de remise en état, y compris le stockage des produits et des composants inutilisables, doivent être effectuées à l'intérieur de bâtiments aux planchers étanches. Les zones de stockage doivent être adaptées à l'entreposage de l'ensemble des stocks et déchets de matières.

5.2 Valorisation des matières

5.2.1 Démantèlement – Orientations techniques générales concernant les installations

31. Les installations dont l'activité principale est le démantèlement de PC usagés pour la valorisation des pièces récupérables et/ou des matières premières peuvent être de très petits sites comme des installations assez importantes. Dans leurs activités de démontage, ces différentes installations vont aussi des plus manuelles aux plus automatisées. Le niveau de danger pour le personnel et l'environnement varie lui aussi beaucoup et dépend des spécificités de chaque site. Par exemple, certaines installations de démontage manuel posent peu de problèmes concernant le personnel ou l'environnement, tandis que d'autres, qui supposent la fonte de soudures au plomb, le bris de tubes cathodiques ou l'emploi de broyeurs font naître un éventail plus large de risque potentiellement plus sérieux.

32. Les installations de démantèlement doivent satisfaire aux critères de performance de base pertinents, qui garantissent une gestion écologique des déchets et des matières usées et de rebut, établis dans le document [ENV/EPOC/WGWPR(2001)4/REV2]. Elles doivent par exemple bénéficier des autorisations adéquates locales, régionales ou nationales. Si le démantèlement est manuel et n'implique

qu'un outillage à main (par exemple sans chaleur ni broyage), le niveau de risque pour le personnel et l'environnement peut être similaire à celui d'une installation de remise en état ; il peut donc s'avérer approprié d'autoriser une telle installation de démantèlement comme on autorise une installation de remise en état (voir descriptif plus haut).

33. Toutefois, de nombreuses installations de démantèlement emploient certaines pratiques ou équipements qui constituent des dangers pour le personnel ou l'environnement. En effet, les opérations de démantèlement supposent généralement des méthodes destructrices qui peuvent se traduire par le rejet de constituants dangereux issus des différents composants d'un PC. Ce démontage par destruction autorisant par ailleurs un rythme de traitement des PC plus élevé que ce que permet la remise en état, les sites de démantèlement recèlent généralement de plus grandes quantités de matières potentiellement dangereuses. Aussi les installations de démantèlement nécessitent-elles en général une surveillance plus étroite de la part des pouvoirs publics que celle décrite plus haut pour les installations de remise en état.

34. De manière générale, une installation de démantèlement doit disposer de l'équipement adapté au traitement approprié des matières reçues et à la maîtrise des rejets dans l'environnement. Il faut mettre en place un dispositif adéquat d'identification et de gestion des composants dangereux (par exemple des piles et batteries) qui sont ôtés des PC usagés pendant le démontage. L'installation doit s'assurer que le personnel a été correctement formé à la manipulation des matières et équipements, aux questions d'exposition humaine, à la maîtrise des rejets, et aux procédures de sécurité et d'urgence.

35. L'installation doit appliquer des procédures de surveillance, de notification et de traitement des rejets polluants et d'autres urgences telles que les incendies. Elle pérennisera un instrument financier garantissant un nettoyage adéquat de l'installation en cas (1) de rejets polluants majeurs ou de mauvaise gestion flagrante des PC usagés et des rebuts ou (2) de fermeture du site.

36. L'autorisation accordée à l'installation (qu'il s'agisse d'une licence ou d'un permis) doit décrire sa capacité, et notamment le volume de déchets dangereux dont la conservation sur le site est autorisée. On pourra ainsi s'assurer que la capacité des aires de stockage n'est pas dépassée et que les dangers pour la santé humaine et l'environnement sont le plus possible réduits pendant le fonctionnement ou en cas de fermeture inopinée de l'installation.

37. La conformité des sites de démantèlement à la licence d'exploitation et le respect des prescriptions en matière de sécurité, d'hygiène et d'environnement doivent faire l'objet d'inspections régulières par les autorités compétentes. Les responsables de l'installation doivent eux aussi réaliser des audits réguliers et/ou des inspections de sa conformité en matière de respect de l'environnement.

38. Les installations doivent gérer toutes les matières de façon à réduire le plus possible les expositions nocives pour le personnel et les rejets dans l'environnement. Les activités de démantèlement et le stockage de tout composant contenant des substances dangereuses doivent avoir lieu à l'intérieur d'un bâtiment aux planchers étanches. Les zones de stockage doivent être adaptées à l'entreposage de l'ensemble du stock traité et non traité. Comme nous l'avons indiqué plus haut, les installations de démantèlement qui utilisent la chaleur pour ramollir les soudures ou qui broient les différents composants des PC doivent organiser leur fonctionnement de manière à maîtriser leurs rejets dangereux dans l'atmosphère.

39. Indépendamment de la classification des risques, les composants suivants devront être ôtés des PC usagés et gérés séparément dans certains pays Membres (prescription du projet de Directive DEEE – voir note 2 page 6) :

- *Composants contenant du mercure, comme par exemple les ampoules et commutateurs ;*

- *Piles et batteries ;*
- *Cartes de circuits imprimés (si la surface de la carte est supérieure à 10 cm²) ;*
- *Cartouches de toner, liquide et en pâte, ainsi que les toners de couleur;*
- *Matières plastiques contenant des agents ignifuges bromés ;*
- *Tubes cathodiques ;*
- *Écrans à cristaux liquides (et leur boîtier le cas échéant) d'une surface supérieure à 100 cm² et tous les écrans rétro-éclairés par des lampes à décharge gazeuse ;*
- *Câbles électriques extérieurs ;*
- *Condensateurs aux BPC présents dans des périphériques de PC anciens ; et*
- *Condensateurs électrolytiques contenant des substances à risques (si leur hauteur ou leur diamètre est supérieur à 25 mm, ou occupe un volume de proportions similaires).*

40. Pour des motifs de gestion, de nombreuses installations s'occupant de démantèlement suivent de près, expédition par expédition, le sort des PC et des composants usagés qu'elles reçoivent. Ce suivi est non seulement une bonne habitude qui permet d'appréhender et d'optimiser l'efficience des flux des produits reçus et expédiés, mais aussi un moyen pour de nombreuses entreprises de démantèlement de compenser le montant facturé pour la réception des PC usagés par un avoir correspondant à la valeur des composants réutilisables ou recyclables. Grâce à ces données, ces entreprises doivent assez aisément disposer d'éléments indiquant, au moins sur une base annuelle, la proportion de PC et de composants usagés orientés vers une réutilisation, le recyclage et la décharge.

41. Les transactions qui impliquent l'expédition transfrontière de PC et de composants usagés doivent avoir une base contractuelle (ou une base commerciale équivalente) établie au préalable et détaillant la quantité et la nature des matières à expédier.

5.2.2 Valorisation des matières premières - Orientations techniques générales concernant les installations

42. Les installations qui se livrent à la valorisation des matières premières – par exemple par la fusion des métaux – nécessitent un niveau plus élevé de surveillance environnementale par les pouvoirs publics, proportionnel aux risques environnementaux posés par leurs activités. La valorisation des matières premières implique souvent des émissions ou la production de résidus qui doivent être soigneusement contrôlés si l'on veut éviter toute conséquence néfaste pour l'environnement, la santé du personnel, et la santé humaine en général.

43. En ce qui concerne les installations de valorisation des métaux, les métaux présents dans les ordinateurs personnels ne font pas naître de problèmes environnementaux inhabituels ou spéciaux, c'est-à-dire qui seraient différents de ceux rencontrés dans d'autres activités de traitement des métaux ou des minerais. Toutefois, des métaux traces présents dans des rebuts de PC (comme le béryllium), qui sont habituellement absents des minerais et des émissions produites par les composés organiques, doivent être pris en considération.

5.2.3 Traitement de composants spécifiques

5.2.3.1 Cartes de circuits et éléments de cartes

44. Dans un PC usagé, les cartes de circuits imprimés sont des composants particulièrement précieux parce qu'elles peuvent contenir des puces commercialisables qu'il est possible d'ôter et de vendre pour

réutilisation, et elles contiennent des métaux économiquement intéressants valorisables en fonderie. Les installations de démantèlement qui récupèrent des puces commercialisables se servent de chaleur pour ramollir les soudures qui maintiennent les puces sur les cartes de circuits imprimés. Au cours de ce processus de chauffe, le plomb des soudures se vaporise et doit être capturé pour protéger à la fois le personnel et l'environnement. La capture des vapeurs de plomb nécessite l'emploi de hottes de captage par dépression et de filtres qui suppriment le plomb des émanations. La licence d'exploitation de l'installation doit spécifiquement indiquer les prescriptions à observer sur les sites utilisant le chauffage des soudures au plomb.

45. Les cartes de circuits imprimés contiennent une quantité non négligeable de cuivre, ainsi que de précieuses concentrations d'or, d'argent et de palladium. Habituellement, ces métaux sont valorisés par fusion du cuivre puis affinage du métal considéré. À tous égards ou presque, les cartes de circuits imprimés peuvent se substituer au concentré de cuivre extrait directement du minerai, car elles contiennent non seulement une concentration élevée de cuivre, mais aussi de nombreux autres métaux communément rencontrés dans le minerai de cuivre, comme le plomb, le cadmium, l'or et l'argent.

46. Cependant, en raison de la valeur économique élevée des cartes de circuits, il est fréquent qu'avant la fusion, un lot de cartes soit partiellement ou totalement traité par broyage et combustion dans des installations appropriées, de manière à obtenir un échantillon représentatif et un titrage métallique. Les cartes et composants broyés, ainsi que les cendres, sont ensuite fondus.

47. Le broyage des cartes de circuits produit des poussières, dont une fraction est composée de métaux à risques. Qu'elle ait lieu avant ou pendant la fusion, la combustion des cartes est source d'inquiétude quant au rejet de ces métaux dans les fumées des fours et au rejet d'autres produits de la combustion. Les installations qui broient et/ou brûlent des cartes de circuits imprimés et les fondeurs de métaux non ferreux doivent faire attention à ces questions. Elles doivent former leur personnel à la gestion des matières dangereuses (par exemple à la manipulation des poussières et des cendres), et à la protection personnelle. Les conditions de combustion des fours doivent être maîtrisées (température, temps de séjour, niveaux d'oxygène, etc.), et leurs dispositifs de contrôle des émissions doivent être adaptés à leur charge (lavage des gaz acides, contrôle des émissions de particules, ou les deux). Le permis de l'installation prévoyant le contrôle des rejets atmosphériques doit spécifiquement autoriser le traitement des déchets métalliques électroniques.

48. La présence d'halogènes (chlore et brome) dans les plastiques qui seront brûlés durant la valorisation du métal fait naître des préoccupations différentes de celles couramment associées au minerai de cuivre. Il faut en effet s'inquiéter de la possibilité que la combustion de ces déchets métalliques électroniques crée des dibenzofurannes et des dibenzodioxines. La première chose à prendre en compte est la combustion elle-même, pour laquelle la plupart des pays Membres de l'OCDE recommande une température supérieure ou égale à 850 °C, avec un temps de séjour de 2 secondes et un excès d'oxygène. La destruction thermique complète des hydrocarbures réduit substantiellement la possibilité de formation de dibenzofurannes et dibenzodioxines dans les émanations du four. Les halogènes seront convertis en acides, puis en sels par un dispositif de lavage des gaz acides. *Pour les déchets contenant plus de 1 % de substances organiques halogénées exprimées sous forme de chlore, la Directive communautaire sur l'incinération des déchets exige une température de 1100 °C. Un dernier point à considérer, qui est censé constituer la technologie de contrôle la plus avancée aux États-Unis, consiste à maintenir, à un niveau inférieur ou égal à 200 °C, la température des gaz d'échappement à l'admission d'un dispositif de contrôle des émissions de particules sèches (c'est-à-dire un séparateur électrostatique ou à couche filtrante). La*

mesure des émissions de dioxine garantirait l'efficience des mesures spécifiques ou des unités de nettoyage des gaz[4].

5.2.3.1.1 Batteries et piles

49. La carte-mère d'un ordinateur personnel contient une petite pile qui assure une tension électrique pour la conservation de paramètres tels que l'heure et la date. Son type le plus courant est de loin la pile au lithium, dont la taille avoisine celle d'une petite pièce de monnaie, et que l'on appelle pile-bouton. Une pile-bouton contient moins d'un gramme de lithium, qui est enrobé sous forme solide et forme l'anode.

50. La pile-bouton doit être ôtée de la carte-mère avant le broyage. Si elle reste sur la carte, l'opération de broyage l'ouvrira et exposera l'anode au lithium. Si une partie du lithium est inaltérée, elle peut alors réagir avec l'oxygène de l'atmosphère ou l'humidité, et générer de la chaleur et, potentiellement, de l'hydrogène. Il se peut que l'installation de broyage connaisse un départ de feu immédiat, ou que la réaction du lithium couve, avec départ de feu ultérieur possible. Un tel feu, au milieu de fragments de cartes combustibles, peut être difficile à maîtriser et provoquer une pollution atmosphérique dangereuse.

51. Dans une installation qui broie des cartes de circuits imprimés, il faut procéder à un contrôle visuel des cartes-mères pour repérer et enlever toute pile-bouton. Si elle a été insérée dans un support mécanique, celle-ci peut être retirée sans outillage. Si, comme c'est le cas dans des ordinateurs récents, elle a été soudée sur la carte, un outillage à main sera nécessaire.

52. Une fois retirées, les piles-boutons ne doivent pas être stockées en grande quantité sans être séparées physiquement les unes des autres ; on évite ainsi les décharges électriques non maîtrisées. Les piles-boutons peuvent être soumises avec d'autres composants d'un ordinateur personnel à un traitement thermique, associé comme toujours au contrôle adéquat de la combustion et des rejets. Les piles-boutons au lithium ne posent pas d'autres problèmes au moment de la combustion ou de la fusion. Elles ne sont pas rechargeables, mais leur lithium peut, après une décharge complète destinée à éliminer une réactivité potentielle, être valorisé par broyage et séparation gravitaire.

5.2.3.1.2 Condensateurs

53. Sur les cartes de circuits des ordinateurs personnels, on trouve aussi des condensateurs qui sont des semi-conducteurs. *Il se peut que certains petits condensateurs électrolytiques, qui restent utilisés dans les PC, contiennent des liquides corrosifs et soient donc classés comme composants dangereux par certains pays Membres.*

54. On s'inquiète de ce que certains condensateurs aux BPC aient pu être utilisés dans le passé dans certains ordinateurs personnels. Bien que l'historique de leur usage dans ce type d'équipement soit confus, on sait qu'ils ont été employés dans des équipements informatiques de plus grande taille – sites centraux et grosses imprimantes – que ne couvrent pas les présentes orientations techniques.

55. Certains pays Membres exigent tout de même que soient retirés de tout équipement électronique, avant les opérations de broyage et de valorisation, tout condensateur électrolytique de taille supérieure à

4. Des informations complémentaires sont disponibles dans i) : la « Directive 2000/76/EC du Parlement européen et du Conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets », Journal officiel L 332, 28 décembre 2000, p. 91-111; et ii) les « Draft Technical Guidelines for the Identification and Environmentally Sound Management of Plastic Wastes and for Their Disposal », projet du 12 décembre 2001, UNEP/CHW/TWG/19/6, Genève, ou toute version ultérieure.

25 mm² et tout condensateur aux BPC. Les condensateurs électrolytiques peuvent être transmis à une installation de valorisation des métaux. Les condensateurs aux BPC et les condensateurs électrolytiques non transmis à une installation de valorisation des métaux doivent subir un traitement thermique dans une installation technologiquement très pointue.

5.2.3.1.3 Diodes électroluminescentes

56. Sur certaines cartes de circuits d'ordinateurs personnels, on trouve aussi des diodes électroluminescentes (DEL). *En raison de la teneur en arséniure de gallium des DEL, certains pays peuvent exiger leur retrait des cartes de circuits.*

5.2.3.2 Tubes cathodiques

57. De loin, ce sont les tubes cathodiques qui, dans un ordinateur personnel, contiennent la plus grande quantité de substances à risques. Un tube cathodique couleur d'ancienne génération peut contenir deux à trois kilogrammes de plomb, tandis qu'un tube de génération récente n'en contient habituellement pas plus d'un kilogramme. La teneur en oxyde de plomb (PbO) est de 20 à 24 % dans le verre du cône, de 28 à 30 % dans le verre du col et de 80 % dans la fritte de verre, tandis que le verre de la dalle est normalement exempt de plomb. Le plomb étant encapsulé dans le verre, il ne peut être libéré qu'en cas de bris de ce dernier. Toutefois, le verre doit être cassé en morceaux relativement petits pour que des quantités non négligeables de plomb soient rejetables dans l'environnement. Le culot et la filerie interne des tubes cathodiques contiennent aussi une faible quantité de cuivre, mais dont la valeur est nulle ou presque. La gestion écologique du verre plombé des tubes cathodiques peut prendre différentes formes.

58. La valorisation du verre plombé d'un tube cathodique peut se faire dans une fabrique de tubes neufs. On retire tous les composants non vitreux, dont la coque plastique du moniteur, le culot du tube et l'électronique. Ces opérations nécessitent un équilibrage des pressions par perçage du tube pour supprimer le vide. On peut ensuite casser le tube désossé et en séparer précautionneusement les parties vitrées – dalle, cône et col – en fonction de leur concentration de plomb respective (qui change d'un tube à l'autre). Le personnel doit être protégé contre l'inhalation des poussières provoquées par la rupture du tube, qui sont susceptibles de contenir du plomb ou de l'oxyde de baryum.

59. Le verre du tube est nettoyé et ses couches électroluminescentes enlevées. Après titrage de leur concentration de plomb, les morceaux nettoyés de verre plombé peuvent servir de matière première à l'industrie des tubes cathodiques pour la fabrication de nouveaux composants en verre plombé.

60. Le plomb d'un tube cathodique peut aussi être valorisé sous forme de plomb par une fonderie de plomb. Cette opération nécessite un démontage préalable, avec notamment dépose de la coque plastique du moniteur, car les fonderies de plomb ne sont généralement pas équipées des dispositifs antipollution adaptés à la combustion des plastiques. Le verre sert aussi de fondant silicaté dans le processus de fusion du plomb, et de substitut du silicate que la fonderie achèterait et utiliserait en son absence. Le verre utilisé pour la fusion du plomb peut être du verre de tube cathodique non trié et non nettoyé, que les fabricants de verre pour tubes cathodiques ne peuvent généralement accepter.

61. Le verre plombé d'un tube cathodique peut aussi servir de fondant silicaté à une fonderie de cuivre, là aussi comme substitut du silicate que le fondeur achèterait et utiliserait en son absence. La fonderie peut aussi appliquer ensuite une procédure dans laquelle les sous-produits de la fusion du cuivre et de l'affinage électrolytique sont traités en vue de la valorisation du plomb. Une fonderie de cuivre peut aussi être équipée d'un dispositif antipollution qui lui permet de brûler les plastiques et, par conséquent, de traiter le moniteur d'un ordinateur personnel sans démontage préalable.

62. Si le plomb d'un tube cathodique n'est pas valorisé sous forme de verre plombé mais introduit dans un processus de fusion, il peut partiellement ou totalement rester dans le laitier qui est produit. Le plomb du laitier silicaté est immobilisé et peut être éliminé dans une décharge écologiquement rationnelle et dûment autorisée. Ce type d'élimination nécessite l'octroi d'une licence d'exploitation spécifique par les autorités environnementales compétentes chargées de la surveillance de la fonderie.

63. L'utilisation du verre plombé de tubes cathodiques dans des matériaux de construction (comme substitut du sable) ou comme grenaille de décapage ou autre matière abrasive est contre-indiquée pour l'environnement. *Certains pays considèrent par ailleurs l'utilisation du verre des tubes cathodiques pour la fabrication de carreaux et autres céramiques comme non respectueuse de l'environnement*. La contamination d'autres verres normalement exempts de plomb, et notamment des verres de récipients, doit être évitée. L'utilisation du verre non plombé de moniteurs cathodiques est possible, par exemple, dans les matériaux de construction (par exemple pour la laine minérale).

5.2.3.2.1 Phosphores

64. Les couches électroluminescentes des dalles de tubes cathodiques peuvent présenter un danger d'inhalation si elles sont manipulées à l'état sec. Ce sont souvent des processus humides qui sont appliqués pour ôter les particules de phosphore. En bout de course, les phosphores doivent subir soit un traitement thermique de destruction, soit une stabilisation, avant d'être éliminés de manière sûre dans une décharge écologiquement rationnelle et dûment autorisée, ou stockés dans un site souterrain approprié. Aujourd'hui, la valorisation des phosphores est une activité très rare. Les fines poussières de verre et les filtres encrassés générés par le processus de nettoyage peuvent être envoyés à une fonderie de plomb.

5.2.3.2.2 Dégazeur (getter)

65. Le canon à électrons du tube cathodique contient une petite plaque de dégazage (getter) qui pèse environ un à deux grammes, cadre compris, et comporte du baryum et des composés de baryum (l'oxyde de baryum est classé comme substance nocive). *La législation nationale peut imposer la dépose du getter avant tout traitement mécanique (broyage), de manière à éviter le rejet de poussières de baryum nocives.* Le getter doit être stocké séparément, et tout contact avec de l'eau ou une atmosphère humide doit être proscrit, car le baryum réagit à l'eau et se désintègre (lixiviat ; facilement soluble). Actuellement, aucune activité de valorisation de l'oxyde de baryum autre que celles menées à titre de tests n'est connue. De préférence, les getters collectés séparément doivent être transférés dans un site de stockage souterrain ou incinérés dans un incinérateur écologiquement rationnel, dûment autorisé et doté de dispositifs modernes de nettoyage des gaz de combustion.

5.2.3.3 Écrans plats et ordinateurs portables

66. Les écrans plats et les ordinateurs portables contiennent des afficheurs à cristaux liquides qu'il convient de transférer pour valorisation (ont récemment débuté des activités de valorisation du verre impliquant la destruction catalytique des substances des cristaux liquides) ou pour traitement thermique dans un incinérateur écologiquement rationnel, dûment autorisé et doté de dispositifs modernes de nettoyage des gaz de combustion.

67. Certains pays exigent une gestion séparée des afficheurs à cristaux liquides d'une surface supérieure à 100 cm² en raison de leur rétro-éclairage assuré par des lampes à décharge gazeuse contenant du mercure. Si de telles lampes sont extraites, il convient de les transférer dans une installation spécialisée de valorisation du mercure ou dans un incinérateur de déchets dangereux écologiquement

rationnel, dûment autorisé et doté de dispositifs modernes de nettoyage des gaz de combustion, comprenant des filtres à charbon actif iodé ou des systèmes équivalents garantissant la séparation ou l'immobilisation du mercure.

68. Les ordinateurs portables (à l'exclusion des batteries et, le cas échéant, des lampes à décharge gazeuse contenant du mercure) peuvent être transférés dans une fonderie pour valorisation des métaux non ferreux, à condition que la fonderie soit équipée de dispositifs de nettoyage des gaz de combustion permettant d'atténuer les rejets de dioxine et de séparer ou immobiliser le mercure (par exemple des filtres à charbon iodé). Pour augmenter le débit du recyclage, il est suggéré de retirer les cartes de circuits et les boîtiers avant le traitement.

69. Les batteries utilisées dans les ordinateurs portables et portatifs sont notamment des batteries rechargeables au nickel-cadmium (Ni-Cd), à hydrure métallique de nickel (NiMeH) et aux ions de lithium. Certains accumulateurs au plomb sont aussi utilisés. Toutes ces batteries sont extractibles manuellement et doivent être retirées au cours du processus de démantèlement, puis triées selon leur type. Tous les éléments de batterie doivent être gérés de manière à éviter les courts-circuits et courants externes intempestifs. Il convient d'éviter les stocks importants de batteries, et d'envoyer dans des installations de récupération des métaux toutes celles qui ne sont pas réutilisables. Les batteries Ni-Cd et NiMeH peuvent être recyclées pour la valorisation du nickel, et pour la valorisation du cadmium dans certaines entreprises. Les batteries aux ions de lithium ne présentent pas les risques d'incendie des batteries au métal lithium, car le lithium s'y présente sous la forme stable d'hydroxyde de lithium. Le personnel doit procéder avec précaution en cas d'ouverture ou de rupture de batteries aux ions de lithium, car l'hydroxyde de lithium est assez corrosif. Le lithium que contiennent ces batteries est recyclable.

5.2.3.4 Fils isolés

70. Il se peut que les fils électriques isolés fournis avec un ordinateur personnel, tels que ses cordons d'alimentation, soient recouverts de chlorure de polyvinyle (PVC), d'un élastomère plastique ou d'un autre plastique. À cause de son contenu chloré, c'est le PVC qui est la substance préoccupante. Autrefois, l'isolation était supprimée par combustion, parfois sans maîtrise. Cette méthode ne peut être considérée comme écologiquement rationnelle car la combustion peut rester incomplète, émettre différentes particules de combustion incomplète, et se traduire par la présence dans les gaz de combustion de dibenzofurannes et dibenzodioxines chlorés.

71. Si la filerie est accessible durant le démantèlement, comme c'est par exemple le cas pour les cordons d'alimentation, il convient de séparer les fils électriques isolés de l'ordinateur personnel. Il reste toutefois peu commode de tenter d'extraire tous les fils isolés de l'intérieur d'un ordinateur personnel. Les fils retirés doivent ensuite être broyés ou coupés en morceaux (ou les deux) relativement petits (leur longueur sera habituellement comprise entre un et dix cm). Ils peuvent ensuite être brûlés de manière maîtrisée, sous couvert d'un dispositif antipollution conçu pour empêcher la formation de dibenzofurannes et de dibenzodioxines chlorés. Les fils broyés ou coupés en morceaux peuvent aussi être granulés de manière à séparer l'isolant du cuivre. La matière résultante mélangée peut être séparée par différents moyens physiques faisant appel à l'eau ou à l'air. Correctement exécuté, le processus complet produira du cuivre propre et des éléments plastiques recyclables dans du plastique. Parmi les autres possibilités d'utilisation du plastique séparé (bien qu'elles arrivent en seconde place dans la hiérarchie des traitements de déchets), il faut citer la combustion aux fins de valorisation énergétique, effectuée dans un incinérateur écologiquement rationnel, dûment autorisé et doté de dispositifs modernes de nettoyage des gaz de combustion, et le transfert des résidus dans une décharge écologiquement rationnelle et dûment autorisée. *Toutefois, il se peut que certains pays interdisent la mise en décharge de ces déchets.*

5.2.3.5 Métaux ferreux et non ferreux

72. Outre les métaux présents dans les cartes de circuits, qui ont été examinés plus haut, les métaux ferreux et non ferreux des autres composants des PC usagés doivent aussi être valorisés. Par exemple, les PC contiennent des quantités substantielles d'acier, d'aluminium, de cuivre et d'autres métaux non ferreux qui peuvent être relativement facilement séparés d'autres composants du PC par des moyens manuels ou mécaniques. Ces métaux peuvent être vendus à des fonderies, qui doivent être équipées de dispositifs ultramodernes de nettoyage des gaz de combustion.

5.2.3.6 Plastiques

73. Les plastiques (coques, boîtiers, socles) constituent la grande catégorie de matières pour laquelle les possibilités de recyclage sont aujourd'hui fort limitées. Ceci est dû (1) aux nombreux types de résines utilisés dans les équipements microinformatiques, (2) à l'absence d'étiquetage du type des pièces plastiques et (3) à la présence de composés chlorés et bromés dans certains plastiques, qui impose des mesures de protection de la santé humaine et de l'environnement dans les lieux où ces plastiques sont broyés ou chauffés. Des agents ignifuges bromés très divers ont été utilisés comme additifs à certains composants plastiques des PC. De ce fait, les options de recyclage doivent prendre en compte non seulement les types particuliers de résines des différentes pièces, mais aussi les types d'agents ignifuges présents dans les plastiques – puisque la sécurité des opérations de recyclage peut être mise en jeu.

74. Le broyage des composants plastiques durs contenant des agents ignifuges bromés peut provoquer une exposition du personnel à des poussières contenant ces substances chimiques. Il convient donc de protéger le personnel travaillant dans les zones de broyage grâce à des adaptations des machines de broyage, des dispositifs de maîtrise des circulations d'air, des équipements de protection individuelle ou une association de ces dispositifs.

75. Après le traitement préliminaire, le recyclage des plastiques suppose une phase d'extrusion destinée à fabriquer de nouveaux produits. L'usage de la chaleur dans l'extrusion de plastiques contenant des agents ignifuges bromés peut provoquer la formation de furannes et dioxines bromés. Aussi les sites assurant le recyclage de plastiques issus de PC usagés doivent-ils, durant la procédure d'agrément, faire l'objet d'un examen soigneux de la part des autorités compétentes.

76. Dans certains pays Membres, il convient, pour tout PVC destiné à être valorisé, de prendre en compte la présence de stabilisateurs spécifiques (par exemple le cadmium), et de respecter les interdictions de commercialisation des plastiques comprenant ces stabilisateurs prohibés.

5.2.4 Valorisation énergétique et élimination

77. Probablement, le recyclage de certains composants de PC usagés s'avérera impossible. Ces composants, qui seront probablement en plastique ou en résine comportant des agents ignifuges halogénés, devront être brûlés ou mis en décharge d'une manière écologiquement rationnelle (*quoique certains pays puissent interdire la mise en décharge de ces déchets*). Il est préférable de brûler les parties combustibles dans un but de valorisation énergétique – une méthode mieux placée dans la hiérarchie des traitements de déchets que la combustion sans valorisation énergétique ou la mise en décharge. Le fonctionnement de l'incinérateur ou de tout autre appareil de combustion (avec ou sans valorisation énergétique) doit viser à réduire le plus possible la formation de furannes et de dioxines, et l'installation doit être équipée de dispositifs ultramodernes de nettoyage des gaz de combustion. Les cendres résultant de la combustion, de même que les matières non recyclables issues du traitement de PC usagés, doivent être éliminées dans une décharge écologiquement rationnelle et dûment autorisée.

6. TRANSPORT

78. Les infrastructures en place pour la valorisation des matières des PC usagés et mis au rebut génèrent d'importants échanges internationaux entre les pays Membres de l'OCDE. Ce sont à la fois des composants microinformatiques complets – comme les tubes cathodiques – et des résidus métallifères spécifiques – comme des cartes de circuits imprimés broyées et/ou brûlées – qui sont transportées sur de longues distances vers des fonderies, des sites d'affinage et des usines de fabrication de nouveaux produits. Si la valorisation des matières premières (par exemple par fusion et affinage) pose elle-même des problèmes d'ordre environnemental (abordés plus haut à la partie 5), ce n'est pas le cas, la plupart du temps, de leur transport. Ces matières usées et mises au rebut ne représentent en effet aucun autre risque de transport ou presque que ceux inhérents à de nombreuses autres matières pratiquement identiques (telles que les tubes cathodiques neufs ou les déchets métalliques ayant une autre origine), qui sont le lot commun du commerce international. Il convient de respecter scrupuleusement les prescriptions nationales et internationales relatives au conditionnement pour le transport. Le transport vers des sites adaptés, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des frontières nationales, est un volet essentiel de tout programme de gestion écologique de PC usagés et mis au rebut.

79. Une installation recevant des PC usagés et mis au rebut doit fonctionner de manière à optimiser les possibilités (1) de réutilisation de l'équipement usagé (par la réparation ou la remise en état) ou (2) de valorisation des matières reçues. La raison d'être essentielle de l'importation et de l'exportation de PC usagés et mis au rebut est leur réutilisation ou la valorisation de matières.

80. L'importation par des installations qui n'optimisent pas la réutilisation ou la valorisation des matières (compte tenu des contraintes technologiques et économiques) n'est pas considérée comme écologiquement rationnelle. Il est cependant courant que la valorisation des matières sur le site importateur initial reste partielle, c'est-à-dire qu'il faille transférer certaines matières dans d'autres installations pour la poursuite de leur traitement et l'extraction de matières recyclables. Il est souhaitable que ces marchés de seconde destination recevant des matières partiellement traitées soient connus, au moins de manière générale, avant l'exportation, de sorte que l'on puisse être raisonnablement certain que celle-ci aura lieu principalement à des fins de réutilisation ou de valorisation écologiquement rationnelles.

81. Les mouvements transfrontières de déchets valorisables dans la zone OCDE sont régis par la Décision du Conseil de l'OCDE [C(92)39/FINAL] révisée concernant le contrôle des mouvements transfrontières de déchets destinés à des opérations de valorisation [C(2001)107/FINAL]. Les mouvements de PC usagés et de composants considérés comme des déchets « oranges » par le pays exportateur ou le pays importateur devront être notifiés aux autorités compétentes des pays concernés. Les mouvements de déchets « verts » ou de matériaux non considérés comme des déchets ne nécessitent pas de notification et ne subissent pas de contrôles autres que ceux normalement appliqués aux transactions commerciales.

82. Certains pays de l'OCDE ont cependant commencé à utiliser la Décision du Conseil de l'OCDE C(2001)107/FINAL pour contrôler les mouvements transfrontières des PC usagés et d'autres pièces électroniques usagées et déchets électroniques. Par exemple, la Suisse a émis des règlements et des orientations techniques qui imposent l'usage de la procédure de contrôle « orange » pour toutes les exportations d'appareils électroniques usagés. Certains pays Membres considèrent les PC usagés complets destinés à la valorisation comme des déchets « oranges » parce que les tubes cathodiques et autres verres activés ont une classification à part dans la liste « orange », ou que le rebut comporte des composants dangereux. Bien entendu, d'autres accords multilatéraux (par exemple le Règlement communautaire concernant les transferts de déchets) et bilatéraux entre certains pays de l'OCDE régissent aussi les mouvements de déchets. En outre, certaines prescriptions internationales en matière de transport peuvent être applicables aux transferts de PC et de composants usagés entre pays de l'OCDE.

6.1 Retrait de matières dangereuses

83. Il n'est pas nécessaire, avant un mouvement transfrontière, de séparer les matières dangereuses des autres composants de PC usagés entiers. Néanmoins, les obligations de procédure et/ou de conditionnement relatives à une expédition transfrontière donnée dépendent de l'absence ou de la présence de ces matières dangereuses et de leur potentiel de dispersion dans l'environnement. Autrement dit, plus grands sont les risques potentiels pour la santé humaine et l'environnement, plus stricts sont les contrôles applicables.

6.2 Conditionnement

84. Les tubes cathodiques usagés et mis au rebut et le verre des tubes cathodiques doivent être emballés de manière à réduire le risque de bris dans des conditions normales de transport. Le conditionnement doit en outre réduire le plus possible les rejets dans l'environnement en cas de bris accidentel durant le transport. Par exemple, si les tubes cathodiques sont emballés sous film rétractable d'une manière telle que des morceaux puissent s'en échapper, il convient de placer la palette dans un emballage extérieur qui limitera les rejets. Les tubes cathodiques cassés, les morceaux de verre et les rognures de verre doivent être conditionnés dans des emballages étanches qui empêchent les particules de s'échapper et qui seront aussi efficaces dans des conditions de transport normales.

85. Les cartes de circuits broyées qui ne contiennent pas de piles (voir aussi la partie 5 sur les condensateurs électrolytiques et les DEL) doivent être conditionnées dans des emballages qui empêchent les particules de s'échapper et qui seront aussi efficaces dans des conditions de transport normales.