

EcoDEEE: Prévenir les Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE) grâce à l'éco-conception orientée fin de vie

Fabrice Mathieux, laboratoire G-Scop

► L'amélioration de la fin de vie des équipements élect(ron)iques a été identifiée comme prioritaire par le législateur européen. Cette amélioration passe par le développement des filières de valorisation et par la conception de produits adaptés à des filières. Le projet EcoDEEE a visé à mieux connaître l'état actuel et les performances des filières de valorisation et à développer les outils d'évaluation et d'amélioration utilisables par les concepteurs d'équipements élect(ron)iques.

La fin de vie des DEEE

Les Déchets d'Equipements Electrique et Electroniques ont été identifiés par l'Union Européenne comme un flux de déchets prioritaires pour plusieurs raisons : leur quantité est fortement croissante (+3 à 4%/an), ils contiennent des quantités importantes de substances dangereuses (plomb, mercure, retardateurs de flamme, etc.), et leur mise en décharge en fin de vie engendre une perte de ressources précieuses (métaux précieux (or, argent, palladium, métaux, etc), métaux, polymères d'ingénierie, composants élect(ron)iques).

A ce titre, l'Union Européenne a promulgué en 2002 deux textes réglementaires les concernant, l'un appelé « Limitation des Substances Dangereuses » et l'autre appelé « Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques ». Le premier encadre l'usage des substances dans les équipements, le second énonce des objectifs pour la valorisation en fin de vie des DEEE, à respecter par les états et les producteurs :

principe de prévention à la source (en conception), objectifs de collecte (4 kg/hab./an), procédure minimale de traitement, objectifs de valorisation en masse (par exemple : 75% de valorisation pour un PC, dont 65% de réutilisation et recyclage) y sont en particulier établis. De plus, la pression sociétale ainsi que les demandes des clients (qu'ils soient industriels ou individuels) à propos de la fin de vie des produits augmentent considérablement.

La conception d'Equipements Electriques et Electroniques (EEE) doit permettre de respecter un certain nombre des objectifs de la réglementation et des attentes sociétales. Cependant, jusqu'en 2006, la prise en compte de la fin de vie par les équipes de conception n'était encore qu'embryonnaire et partielle : des guides sur ce thème sont en général disponibles dans les entreprises mais aucune méthode d'évaluation, importante en conception, n'est disponible ; la conception pour le désassemblage y est de plus la seule stratégie considérée, en prônant notamment les liens réversibles et un démontage complet du produit. De telles mesures contribuent à fortement limiter les degrés de liberté des équipes de conception sans pour autant garantir un traitement satisfaisant en fin de vie.

Le projet EcoDEEE

ECO'DEEE est un projet piloté par le cabinet de conseil « Bureau Veritas CODDE » qui vise à trouver les axes d'amélioration de la conception des produits électriques et électroniques afin de faciliter leur dépollution et leur valorisation. Il est piloté par CODDE et a bénéficié des apports de cinq industriels du secteur élect(ron)ique (groupe Fagor-Brandt,

«Un monde de progrès où les technologies et les services innovants sont éco-conçus et éco-utilisés dans un éco-système industriel économiquement, socialement et écologiquement responsable»

Daniel BRISAUD, Peggy ZWOLINSKI, Fabrice MATHIEUX, Alan LELAH

Conception, ingénierie, plate-forme de données environnementales, éco-innovation, éco-conception, développement durable, cycle de vie, taux de recyclabilité, ACV, remanufacturing, réutilisation, recyclage, REACh, gestion des substances dangereuses, systèmes produit-services, efficacité énergétique, flux de matière, production bouclée, évaluation environnementale, indicateurs environnementaux, innovation de système, économie de fonctionnalité

Le centre de recherche en éco-conception est membre de :



Figure 1. Flux de DEEE acheminé chez un recycleur spécialisé (© EcoDEEE)

Plus de 50 chercheurs ont séjourné au centre depuis 2005.

A ce jour, 8 thèses de doctorat soutenues, 10 en cours.

Projets en cours

ANR/ADEME Eco-Use, ANR Convergence, ANR Skippi, FUI Senscity, ADEME Synergico, AUF Conception pour la Durabilité, Eco-industrie GIPIE2.0, Région nano2012 et à la plateforme européenne VISIONAIR.

Partenaires

- ▶ ADEME, AUF, Fondation CETIM, EVEA, CODDE, BIO-IS, Groupe SAFRAN, Orange, STMicroelectronics, Renault Trucks, SAGEM Communication, NEOPOST, Dassault System, Chanel, Schneider Electric, ...
- ▶ EPF Lausanne, Cranfield, Linköping, DTU, Strathclyde Glasgow, Loughborough, T.U Braunschweig, Kaiserslautern, Bochum, Unicamp, UFT Parana, USW Sydney, KMUTNB Bangkok, USP Fiji, CfSD, ...
- ▶ Supmeca Toulon, UT Troyes, Arts et métiers Paris Tech.

Réseaux

- ▶ CIRP LCE, IPSE.
- ▶ ARDI, Viameca, Arve-Industries, Minalogic, System@tic.

NOUS CONTACTER

Valérie ROCCHI

Laboratoire G-SCOP

46 avenue Félix Viallet

38000 Grenoble

Tél : + 33 (4) 76 82 51 68

Email: valerie.rocchi@grenoble-inp.fr

grenoble-inp.fr

Neopost Technologies, Sagem Communication, Groupe SEB et Schneider Electric) et du laboratoire de recherche G-SCOP. Le projet, co-financé par l'ADEME, s'est déroulé de 2006 à 2008.

Le projet ECO'DEEE s'est décliné autour de quatre axes :

- ▶ Réalisation d'un état des lieux des traitements possibles pour les DEEE en Europe : il a ainsi été démontré que les filières de valorisation en fort développement en Europe associent du démontage manuel (pour la dépollution et l'extraction de pièces à réutiliser ou recycler) et des procédés de broyage suivi par du tri automatique ; ces derniers procédés permettent d'atteindre des taux de valorisation raisonnables à un moindre coût ;
- ▶ Développement d'un module de sensibilisation et d'information sur les filières de traitement des DEEE adressé et dispensé aux concepteurs ;
- ▶ Développement d'indicateurs quantitatifs de recyclabilité et de la base de données associée, intégrables dans l'outil logiciel EIME (développé par CODDE), et formation des concepteurs à leur usage. Ces indicateurs permettent de prendre en compte à la fois les filières « démontage » et les filières « broyage » ;
- ▶ Création d'un recueil d'informations concernant les leviers d'amélioration de la conception des EEE afin d'améliorer leur valorisation en fin de vie : cet axe a essentiellement consisté à réunir, remettre à jour et structurer les recommandations de conception (les « guidelines ») orientées fin de vie.



Figure 2. Préparation au pré-broyage des DEEE (en vue du tri automatique des matériaux) en développement chez les recycleurs, au détriment du démontage manuel. (© EcoDEEE)

Une méthode de calcul d'indicateurs de recyclabilité utilisables en conception de produits

G-SCOP a développé pour le projet EcoDEEE une méthode de calcul d'indicateurs de recyclabilité massive afin de permettre aux industriels de res-

Publications

MATHIEUX F., FROELICH D., MOSZKOWICZ P., (2008). «ReSICLED: a new Recovery Conscious Design method for complex products based on a multicriteria assessment of the recoverability» *Journal of Cleaner Production*. Vol. 16(3). p.277-298.

MATHIEUX F., LESCUYER L., MOENNE-LOCCOZ G., BRISSAUD, D., «Proposition of new recoverability indicators as support for the product design process: the electr(on)ic sector experience» in Proceedings of CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference. 2008. Sydney (Australia).

pecter les objectifs de la Directive DEEE. La méthode repose en particulier sur :

- ▶ Une procédure de calcul de taux de recyclabilité de produit cohérente avec les standards existants (notamment l'ISO 22628 (2002) proposé pour les véhicules) et les pratiques actuelles des recycleurs de DEEE ;
 - ▶ Une base de données de taux de valorisabilité de matériaux et composants pour 39 matériaux et composants typiques du secteur, qui comptabilisent les pertes de tous les procédés de la filière. Les valeurs de recyclabilité sont présentées pour un scénario « démontage manuel » (plus cher ; moins de pertes) et un scénario « broyage » (moins cher, plus de pertes).
- Les valeurs de la base de données ont été au cours du projet EcoDEEE collectées auprès de nombreux acteurs (syndicats, éco-organismes, recycleurs, etc.) et homogénéisées (adoptant le même périmètre, c'est-à-dire jusqu'au lingot de matière recyclée).

Le calcul d'indicateurs de valorisabilité (taux massique de recyclabilité ; taux massique de valorisabilité énergétique ; taux massique de déchets résiduels) en cours de conception à partir de la composition (« Bill of Materials ») du produit, doit permettre à l'équipe d'analyser les performances du produit, et de les comparer aux objectifs de la Directive DEEE, ou à des objectifs du marketing. L'exploitation des résultats doit permettre l'identification de points faibles de conception (par exemple un matériau moins recyclable dans le contexte, un lien entre pièces non pertinent, ou encore une architecture non adaptée) et de tester des alternatives. Ainsi, la méthode permet d'orienter la conception en considérant un scénario combinant démontage manuel (pour la dépollution, l'extraction de composants pour la réutilisation ou de pièces pour un recyclage de qualité) et le broyage suivi du tri automatique. Il peut aussi permettre de communiquer aux clients (via par exemple une Déclaration Environnementale de Produit) les performances du produit d'un point de vue recyclabilité en fin de vie. Cette méthode est ainsi utilisable à différentes étapes du processus de conception de produit.

La méthode a été communiquée aux partenaires industriels et est aujourd'hui utilisée en conception par leurs équipes. Elle a également été traduite en langage logiciel et constitue le nouveau volet évaluation de la fin de vie de l'outil EIME. G-SCOP raffine et simplifie actuellement la méthode afin de proposer prochainement un outil public sur internet.