



Projet n°7

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

F. Mathieux, laboratoire G-scop

Le Cluster gosci est un réseau de recherche pluridisciplinaire (sciences pour l'ingénieur, sciences humaines et sociales, informatique) sur les processus industriels d'innovation, de conception, de production et de logistique

- ▶ 350 chercheurs dont 120 doctorants
- ▶ 32 laboratoires
- ▶ un budget annuel de 750 K€ en soutien à des projets collaboratifs

Nos objectifs

▶ Produire de nouvelles connaissances scientifiques et technologiques en privilégiant l'excellence scientifique internationale et la pertinence industrielle

▶ Être un pôle d'expertise et de services scientifiques regroupant les entreprises et les universités pour la recherche et la formation

Nos domaines d'expertise

▶ L'innovation organisationnelle

Design et éco-conception, lean manufacturing et en réseau, travail collaboratif et PLM, ingénierie des systèmes de soin

▶ Le pilotage des systèmes d'innovation

Diagnostic et performance des systèmes d'innovation, stratégies d'innovation, usages et comportements

▶ L'ingénierie avancée

Modélisation, simulation et optimisation des systèmes de production, de la logistique et de la supply chain, des produits et des technologies de production

Contacts

Resp. scientifique : Daniel BRISAUD
Chargée de mission : Valérie ROCCHI
E.mail: cluster-gosci@inpg.fr

Cluster Gospi, Lab. G-SCOP
46 avenue Félix Viallet
38031 Grenoble cedex
33 (4) 76.82.51.68

www.cluster-gosci.fr

▶ **Résumé** : 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, 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.

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

Notre offre de recherche appliquée

- ▶ Etudes scientifiques appliquées, études génériques intersectorielles
- ▶ Aide au montage de projets, recherche de partenaires, élaboration du programme de recherche, état de l'art scientifique
- ▶ Diffusion de nouveaux concepts et méthodes, échanges de pratiques, formation

Nos principaux partenaires

Les établissements d'enseignement supérieur et de recherche

- ▶ Grenoble INP, Université Joseph Fourier, Université Pierre Mendès France, Grenoble Ecole de Management, Université de Savoie
- ▶ INSA de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Lumière Lyon 2, Université Jean Moulin Lyon 3, EMLyon, ECAM, Université Jean Monnet Saint Etienne, Ecole nationale supérieure des Mines de Saint Etienne, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, Ecole Supérieure de Commerce de Saint Etienne
- ▶ CNRS, INRA, INRIA, CEA

Les réseaux scientifiques nationaux et internationaux

- ▶ EMIRAcle, GDR Macs, AIP-Primeca

Les acteurs économiques

- ▶ La plate-forme technologique française MÉCAFUTURE-FR et européenne MANUFUTURE
- ▶ Les pôles de compétitivité ARVE-INDUSTRIES et VIAMECA
- ▶ 86 entreprises partenaires dans les projets de recherche

Les organismes de soutien à l'innovation

- ▶ Agence Régionale du Développement et de l'Innovation (ARDI), Thésame

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) ;
 - ▶ 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.