

Robert Lacoste, Michel Robiolle, Xavier Vital

L'ÉCOCONCEPTION EN ÉLECTRONIQUE



**L'USINE
NOUVELLE**

DUNOD

Ouvrage publié avec le concours de l'ADEME

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, Paris, 2011
ISBN 978-2-10-056259-6

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	1
1 • Écoconception : opportunités et contraintes	5
1.1 Le contexte réglementaire	5
1.2 Les exigences du marché	23
1.3 Les grands impacts environnementaux	36
2 • La démarche d'écoconception	49
2.1 L'écoconception – Définition et principes	49
2.2 Les étapes du déploiement d'une démarche d'écoconception dans l'entreprise	52
2.3 Les outils d'aide à l'écoconception	54
2.4 L'analyse du cycle de vie (ACV) d'un produit	56
2.5 EIME – Un logiciel d'analyse du cycle de vie et d'aide à l'écoconception	75
2.6 La communication environnementale	79
2.7 Quelle stratégie d'écoconception prioritaire pour votre produit ?	84
3 • Optimiser la fabrication du produit	87
3.1 La problématique environnementale	87
3.2 Méthode d'analyse	87
3.3 Axe 1 : Alléger les pièces du produit	88
3.4 Axe 2 : Trouver un matériau alternatif	88
3.5 Exemples d'application	90
4 • Optimiser l'utilisation du produit	95
4.1 Réduire la consommation énergétique	96
4.2 Utiliser des énergies renouvelables	140
4.3 Réduire la production de déchets en fonctionnement	146
4.4 Réduire les pollutions électromagnétiques	148
5 • Optimiser la fin de vie du produit	151
5.1 Augmenter la durée de vie du produit	151

5.2	Améliorer la recyclabilité d'un équipement électrique/électronique	154
5.3	Quelques règles de bonnes pratiques en matière d'écoconception orientée fin de vie	176
6 •	Deux exemples de démarches globales d'écoconception	183
6.1	NEOPOST TECHNOLOGIES SA – Écoconception de machines à affranchir	183
6.2	SFR – Écoconception de la Neufbox de SFR	188
	Conclusion	199
	Annexes :	
A •	Impacts des produits électroniques dans la vie quotidienne d'un européen moyen	203
B •	Liste des équipements concernés par la directive ErP	213
C •	À propos de CAP'TRONIC	215
	Bibliographie	217
	Index alphabétique	219

AVANT-PROPOS

Grâce aux progrès constants dans le domaine de l'électronique en termes de miniaturisation et de services rendus, nous assistons à une banalisation et une omniprésence des objets électroniques dans la vie courante. Ces équipements de plus en plus sophistiqués sont fabriqués à partir de métaux rares et la transformation de matières comme le silicium requiert beaucoup d'énergie. Or les préoccupations environnementales sont de plus en plus présentes et grandissantes dans notre société. C'est dans ce contexte que les démarches d'écoconception voient le jour et se mettent en place dans les entreprises. L'écoconception est une démarche visant à limiter le bilan environnemental global d'un produit ou d'un service en prenant en compte la production, l'utilisation et la fin de vie de ce dernier.

Les concepteurs de produits qui comportent de l'électronique ont, dans les choix qu'ils font en amont, un rôle majeur sur la réduction de l'impact environnemental des produits.

Les choix économiques ont toujours été prépondérants dans les bureaux d'études électroniques. Ce souci de conception à coût objectif, tout en répondant au besoin fonctionnel, n'est cependant pas incompatible avec une conception respectueuse de l'environnement.

Le métier d'électronicien offre une prédisposition à l'écoconception des produits : la réduction du poids, l'optimisation de la consommation énergétique, la facilité de démontage, sont déjà des paramètres optimisés systématiquement sans que la dimension environnementale en soit la motivation principale.

Aujourd'hui, les concepteurs électroniciens ont besoin de comprendre et d'intégrer l'écoconception pour l'appliquer. Ils ont besoin de repères, de guides et de références pour étendre la prise en compte de l'environnement à tout le cycle de vie. C'est un des objectifs de cet ouvrage que de proposer des lignes guides et d'expliquer l'importance d'une approche globale, sur tout le cycle de vie du produit.

Par ailleurs, l'écoconception est déjà appliquée dans les grandes entreprises parce qu'elles ont les moyens humains et économiques d'une veille

réglementaire et technologique. Toutes les entreprises, y compris les PME, doivent désormais prendre en compte ces nouvelles attentes du marché et les exigences qui les accompagnent. Certains chapitres de ce livre rappelleront les réglementations qui imposent des règles d'écoconception mais aussi les initiatives sectorielles, véritables normes en application.

Aujourd'hui, les concepteurs sont demandeurs de méthodes et de principes pour formaliser leur savoir-faire et afficher clairement l'extension de leurs compétences à l'écoconception.

Le présent ouvrage a pour ambition de répondre aux attentes des concepteurs, qu'ils soient ingénieurs, décideurs dans les entreprises, fabricants de cartes électroniques ou encore enseignants et étudiants dans les métiers de l'électronique ou de l'électrotechnique.

■ Comment aborder ce livre

Cet ouvrage traite du sujet de l'écoconception des produits électroniques en balayant les étapes du cycle de vie, ce qui n'impose pas une lecture complète, mais permet au lecteur d'aller directement vers le chapitre qui présente le plus d'intérêt pour lui. Les chapitres 1 et 2 donnent au lecteur une vision globale du sujet. Le chapitre 3 est dédié aux impacts liés à la phase de production des équipements. Le chapitre 4 s'adresse principalement à des concepteurs électroniciens et présente des recommandations concernant la réduction de consommation énergétique. Le chapitre 5 présente quant à lui la problématique de fin de vie et de recyclage des produits. Enfin, le chapitre 6 illustre la démarche globale d'écoconception par deux exemples.

■ Remerciements

La nécessité de disposer d'un ouvrage traitant de l'écoconception pour les électroniciens est née des remarques qui nous ont été faites par les participants aux nombreux séminaires que nous avons organisés pour informer les PME sur les directives européennes concernant le devenir des déchets des équipements électriques et électroniques ainsi que sur les restrictions d'utilisation de certaines matières dangereuses dans l'industrie électronique.

L'appel à projets 2008 de l'ADEME : « Recherche, Développement, et Innovation en écoconception » a été déterminant dans la formalisation et la concrétisation de ce projet. C'est aussi grâce à l'implication de trois structures que ce projet a pris forme : CODDE, ALCIOM et JESSICA FRANCE.

Nous remercions la direction de JESSICA FRANCE d'avoir accepté de supporter ce projet qui est en marge du programme CAP'TRONIC que lui confie le ministère.

Nous sommes reconnaissants tout particulièrement à Linda LESCUYER, directrice associée de la société H3C Caraïbes et experte en écoconception. Elle a été au départ co-initiatrice du projet et, par la suite, a accepté d'en assurer la relecture complète.



■ Les auteurs

□ Michel Robiolle – JESSICA FRANCE

JESSICA FRANCE est une association en charge de la mise œuvre du programme CAP'TRONIC. Ce programme national est financé par le ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

Le programme CAP'TRONIC s'attache à faciliter la diffusion et le transfert des connaissances en électronique des laboratoires de recherche publics et industriels vers les PME. Le champ d'intervention concerne l'incorporation de nouvelles solutions électroniques lors du développement de nouveaux produits ou de l'amélioration des performances de produits existants aux fins de renforcer leur compétitivité.

CAP'TRONIC se donne également pour mission d'informer les PME par le biais de séminaires d'une part sur des sujets techniques d'actualité mais également sur des sujets d'ordre réglementaire comme ce fut le cas des directives RoHS, DEEE et EuP qui ont donné lieu à plusieurs dizaines de séminaires dans toutes les régions ainsi qu'à l'organisation d'actions collectives comme par exemple ADERE, eDEEE, ADEL, ECO'TRONICS®.

Michel Robiolle a travaillé dans les laboratoires du CEA de Fontenay aux Roses et de Saclay à la conception de systèmes électroniques durcis aux radiations, notamment sur des calculateurs et des caméras, Michel Robiolle est détaché chez JESSICA FRANCE depuis 2002.

□ Xavier Vital – Bureau Veritas CODDE

Créée en 2003 à l'initiative de plusieurs fédérations professionnelles dont la Fédération des Industries Électriques et Électroniques et de Communication (FIEEC) pour répondre aux exigences réglementaires et

aux attentes du marché, CODDE a rejoint Bureau Veritas en janvier 2008, devenant le pôle d'expertise éco-environnement pour le groupe.

Xavier VITAL, titulaire d'un master en écoconception et déchets solides, est consultant en écoconception. Xavier dirige le service écoconception et Analyse du Cycle de Vie (ACV) du groupe Bureau Veritas depuis 2009.

Ces six dernières années, Xavier a réalisé ou supervisé plus de 600 ACV de produits ou composants électroniques et formé près de 400 entreprises aux principes de l'écoconception. Chaque année, environ trente projets complets de déploiement de démarches d'écoconception sont menés en partenariat avec les entreprises. Xavier a en outre assuré la gestion de plusieurs projets de recherche et développement tels que le projet ECODIS, projet Européen visant à développer des outils et méthodes d'écoconception adaptées aux PME. Xavier représentait la Fédération des Industries Électriques et Électroniques au sein de ce projet de 3 millions d'euros. Le projet ECO'DEEE, présenté dans cet ouvrage consistait à développer une méthode de calcul de la recyclabilité des équipements électriques et électroniques. Xavier est en outre responsable du développement du logiciel d'ACV EIME et de sa base de données et représente Bureau Veritas CODDE au sein de divers comités tels que la plate-forme internationale sur l'harmonisation des pratiques en ACV (*International Life Cycle Data system-ILCD*), la plateforme sur l'affichage environnemental des produits de grande consommation (Grenelle de l'environnement), le groupe de travail sur le développement d'une norme internationale sur le calcul de la recyclabilité des équipements électroniques.

□ Robert Lacoste – ALCIOM

ALCIOM est un cabinet d'expertise, de conseil et d'étude en électronique spécialisé dans les applications signaux mixtes et tout particulièrement dans les systèmes sans fil à très basse consommation. Acteur majeur de l'innovation en électronique, ALCIOM a accompagné depuis sa création en 2003 une centaine de start-up, de PME et de grands comptes en France, en Europe et aux États-Unis. Lauréat de plus de quinze concours internationaux de conception et de design, ALCIOM est accrédité au titre du Crédit Impôt-Recherche et est certifié par les plus grands noms de l'industrie : Texas Instruments, Microchip Technology, Cypress, Freescale Semiconductor, Analog Devices. Partenaire régulier de JESSICA FRANCE et de CODDE en particulier au titre d'expert du programme CAP'TRONIC, ALCIOM a développé dans le domaine de l'écoconception une méthodologie d'optimisation énergétique pragmatique et systématique présentée dans cet ouvrage. Robert Lacoste, fondateur et dirigeant d'ALCIOM, est également *contributing editor* de la revue professionnelle *Circuit Cellar* (États-Unis).

1 • ÉCOCONCEPTION : OPPORTUNITÉS ET CONTRAINTES

1.1 Le contexte réglementaire

La mise en place d'une démarche d'écoconception débute généralement par l'identification des contraintes réglementaires impactant le produit à écoconcevoir, préalable à sa mise en conformité, et se poursuit par une veille destinée à anticiper les évolutions réglementaires à venir.

Les réglementations environnementales visent à réduire les impacts des produits électriques et électroniques sur l'environnement. Elles se sont progressivement imposées à ce secteur et ont contribué à faire passer l'écoconception d'une démarche volontaire à une démarche obligatoire.

1.1.1 La responsabilité élargie du producteur

Ces dernières années les pouvoirs publics ont porté une attention toute particulière aux problématiques de substances dangereuses et de déchets. C'est la raison pour laquelle, dès le début des années quatre-vingt-dix, plusieurs initiatives réglementaires ont vu le jour à l'échelle de plusieurs pays (Allemagne, Suède, Norvège...) puis plus largement au niveau européen.

La réduction à la source (prévention de la production de futurs déchets) est apparue comme une manière efficace pour traiter ces problématiques de substances dangereuses et de réduction des quantités de déchets générés par notre société de consommation. Le concept de Responsabilité Élargie du Producteur (REP) s'est alors imposé. Initialement promu par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques), cette notion vise à transférer la responsabilité en matière de collecte et de traitement des déchets des municipalités vers les producteurs, fabricants et importateurs de produits.

Le principal frein à la mise en place d'une filière de traitement des déchets étant son coût, la REP consiste en l'internalisation des coûts de la filière.

Le financement est assuré par une contribution payée par les « producteurs » et intégrée au prix de vente du produit. Cette contribution est appelée éco-participation ou éco-contribution. Les sommes ainsi collectées permettent le financement de tout ou partie des frais de collecte et/ou de traitement mais aussi de communication, de gestion et de structure ainsi que, le cas échéant, des frais de recherche et développement de technologies de valorisation des déchets. Les règles financières exigent que le bilan des recettes soit strictement équivalent au bilan des dépenses. Ainsi, le coût calculé de l'éco-contribution correspond au coût réel nécessaire à l'organisation de la filière de recyclage.

Initialement appliquée pour traiter le problème de l'augmentation croissante des quantités de Déchets des Équipements Électriques et Électroniques (DEEE) générés en Europe, la REP s'est rapidement élargie pour traiter à la source (dès la conception d'un produit) l'ensemble des problématiques environnementales pouvant être associées à un produit au cours de son cycle de vie. De cette politique publique sont nées différentes réglementations applicables aux produits électriques et électroniques :

- *Directive DEEE*¹ (2002/96/CE) : visant à organiser et maîtriser la collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques, séparer et traiter de manière adéquate les sous-ensembles pouvant présenter des risques pour l'environnement et valoriser les matières contenues.
- *Directive RoHS*² (2002/95/CE) : visant à interdire ou limiter l'utilisation de substances dangereuses dans la composition de certains produits afin de limiter la diffusion de ces substances dans l'environnement.
- *Directive EuP*³ (2005/32/CE) : écoconception des produits utilisant de l'énergie pour fonctionner. Il s'agit d'imposer des règles de conception ciblées sur les aspects des produits responsables d'impacts environnementaux significatifs sur leur cycle de vie. Le système de contrôle impose la mise en place d'un système de management environnemental produit (écoconception). Cette directive EuP s'est élargie en 2009 et est devenue l'ErP⁴ pour couvrir un grand nombre de produits liés à l'énergie.

Les syndicats professionnels ont édité des guides destinés à aider à la compréhension du champ d'application des directives et de leurs conséquences pour l'industrie. Des guides de qualité sont par exemple disponibles auprès du GIMELEC⁵, et de DOMERGIE⁶.

1. DEEE : Déchets des Équipements Électriques et Électroniques

2. RoHS : *Restriction of Hazardous Substances*

3. EuP : *Energy using Products*

4. ErP : *Energy related Products*

5. Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés – www.gimelec.fr

6. Groupement des industries de l'appareillage électrique d'installation et de ses applications domotiques.

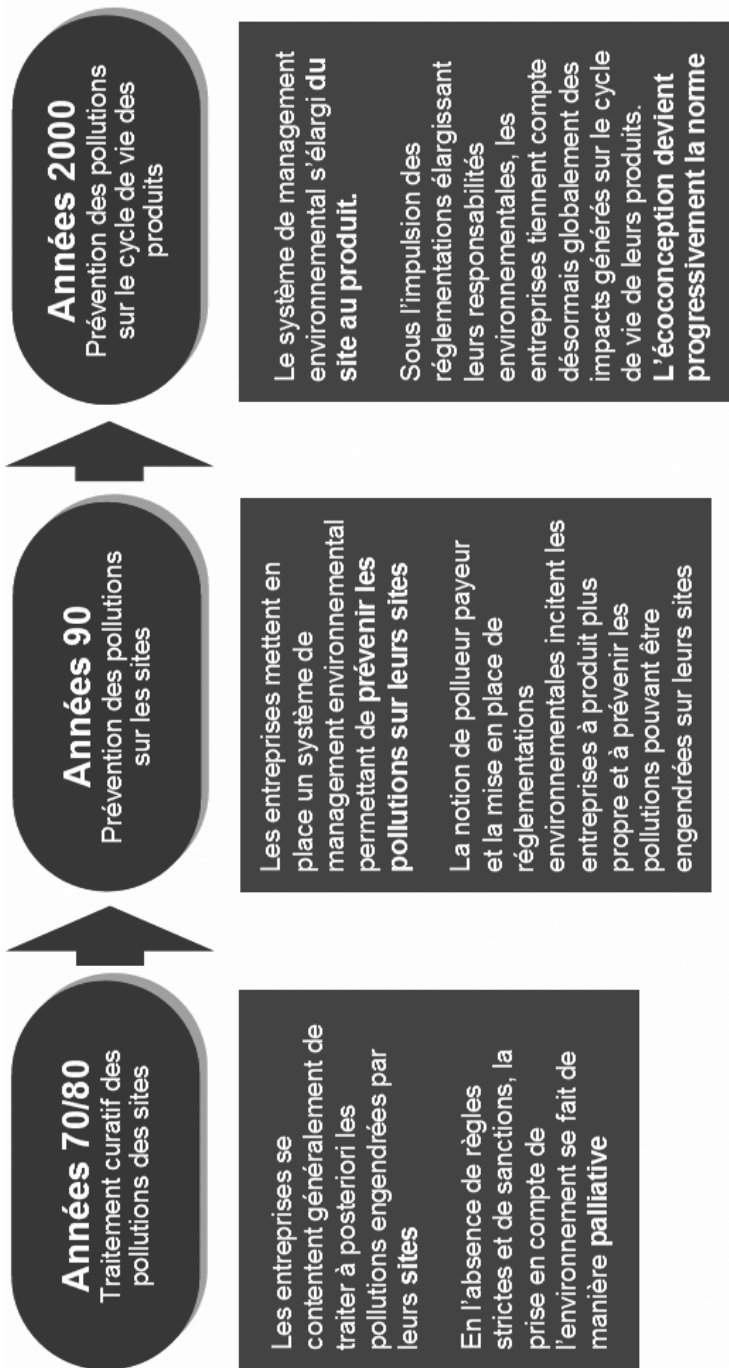


Figure 1.1 – Évolution de la prise en compte des problématiques environnementales par les producteurs en Europe des années 1970-1980 à nos jours