

L'électronique « EIME » l'environnement

GÉRARD GAY⁽¹⁾

La société Schneider Electric a obtenu le 2^e prix « écoproduit pour le développement durable » 2004 du ministère de l'Écologie et du Développement durable pour Altivar 71, la première gamme de variateurs de vitesse écoconçus. En voici une présentation permettant d'appréhender l'utilisation du logiciel d'écoconception EIME.

Dans sa démarche d'écoconception de la gamme de variateurs de vitesse Altivar 71, Schneider Electric s'est fixé deux axes d'amélioration prioritaires (voir en encadré) :

- **Respecter et anticiper les réglementations**

- Diminution de la quantité de substances dangereuses pour la santé dans les produits (respect de la directive RoHS, voir en encadré)
- Diminution de la quantité de déchets et du coût de leur traitement (respect de la directive WEEE, voir en encadré)
- Transparence de l'information et déclarations environnementales (profil environnemental produit ou PEP)

- **Diminuer les impacts environnementaux**

L'utilisation du logiciel EIME

Schneider Electric a mené une analyse de cycle de vie (ACV) à l'aide du logiciel sous licence EIME (Environmental Impact and Management Explorer), outil d'écoconception et d'évaluation des performances environnementales des équipements électriques, électroniques et mécaniques.

Créé en 1996 avec le soutien de l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et de la profession, EIME est opérationnel dans la majorité des entreprises françaises du secteur électrique, électronique et de la communication, de plus en plus concernées par les réglementations et par les attentes grandissantes du marché en matière

mots-clés

communication, écoconception, électronique, énergie, logiciel

de protection de l'environnement. Il constitue en effet une aide à la décision appréciable pour concevoir des produits plus respectueux de l'environnement tout au long de leur cycle de vie.

La définition des flux

La base de données d'EIME a permis de définir :

- **Les flux entrants**

- Bilan matière (composition du produit : matières premières, additifs, liens process)
- Consommation de matières premières pour les phases extraction, production et emballage
- Consommation d'énergie pendant la phase de transport et d'électricité pendant la phase d'utilisation
- Fin de vie (broyage, démantèlement)

- **Les flux sortants**

- Émissions dans l'air, l'eau et le sol
- Tableau des impacts environnementaux

Les étapes du cycle de vie

- **L'étape de fabrication 1**

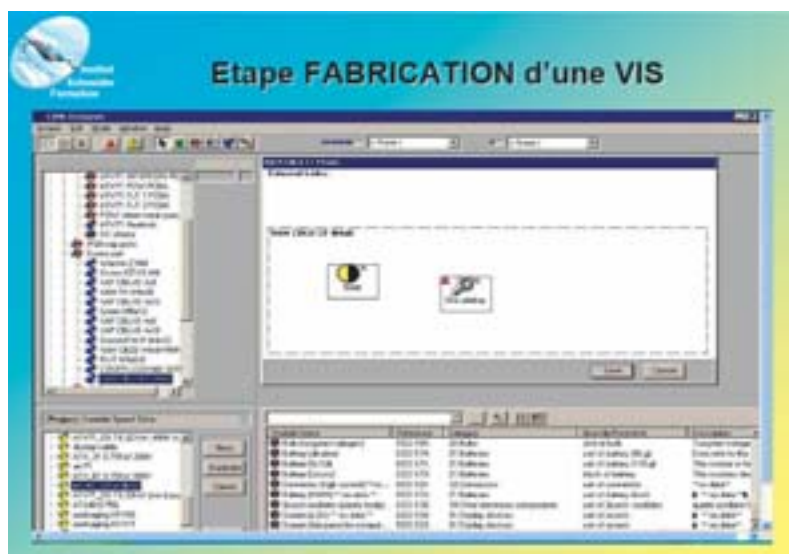
On choisit dans les bases de données les différents éléments, pièces et composants, entrant dans la composition de l'Altivar, leur matériau (*steel, copper, polycarbonates...*), traitement de surface (*cooper plating, zinc plating*) et process de réalisation (injection plastique, *stamping...*).

- **La phase de distribution 2**

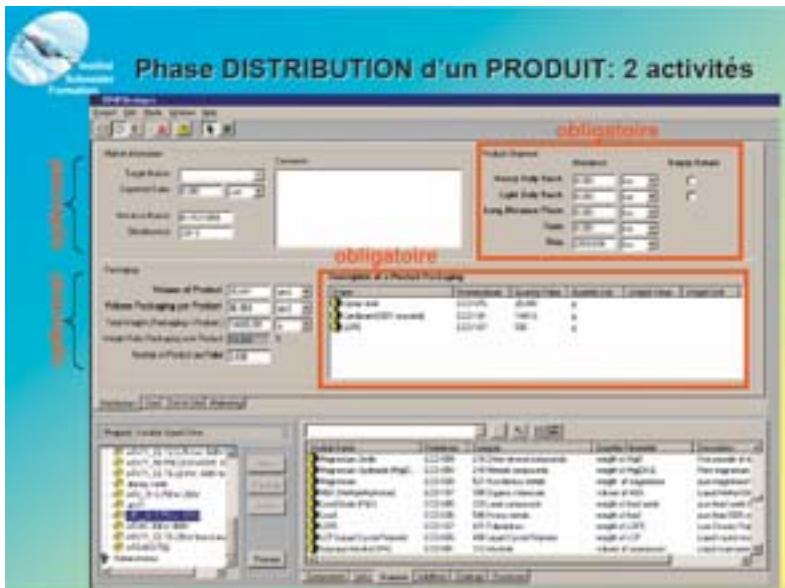
On définit les distances et les modes de transport du variateur de vitesse et le type de l'emballage (résine époxy, carton et LDPE, *Low-Density Poly-Ethylene*).

- **La phase d'utilisation 3**

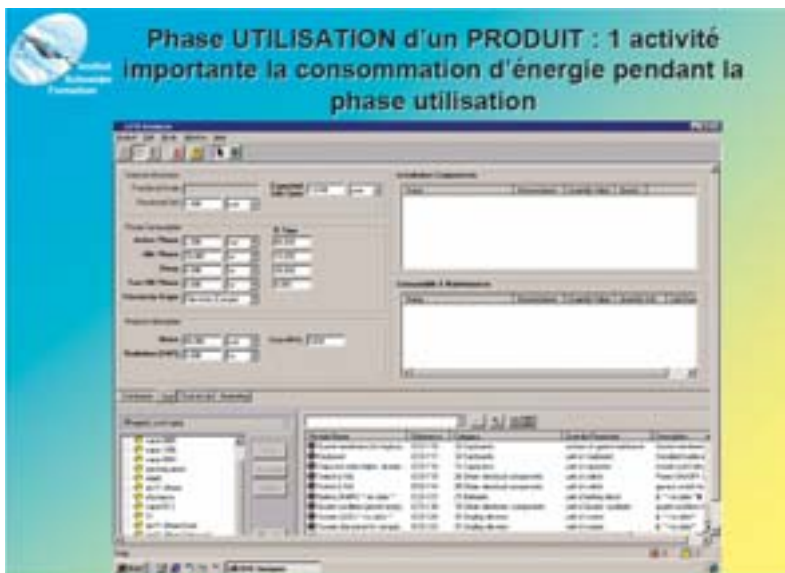
On précise dans le logiciel la durée d'utilisation de l'Altivar (dix ans) et on introduit les paramètres des différentes phases de consommation (lors des phases d'activité, de repos en veille ou de mise hors service).



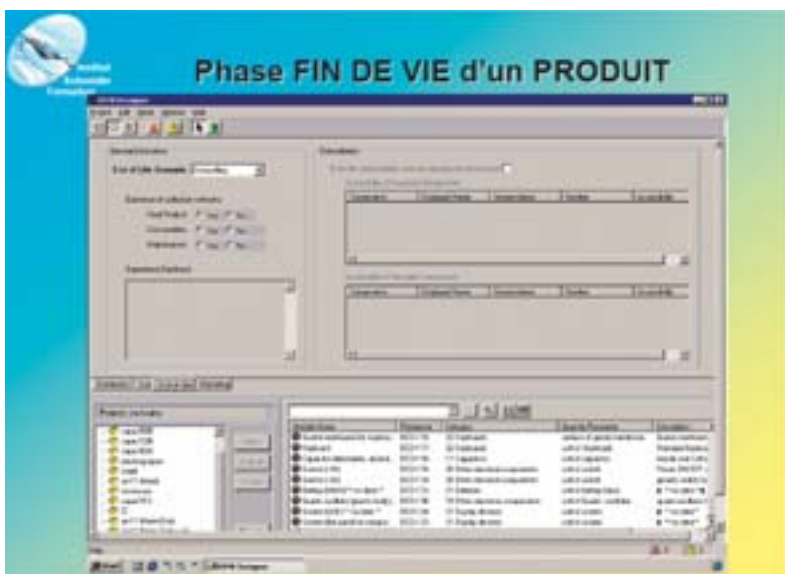
1 La phase de fabrication d'une vis



2 La phase de distribution



3 La phase d'utilisation



4 La phase de fin de vie

● La phase de fin de vie 4

On renseigne le logiciel sur le scénario de fin de vie prévu : démantèlement pour dépollution avec ou sans récupération.

Le process de fin de vie (*end of life*, EOL) d'un produit peut comporter cinq étapes :

- > Le démantèlement pour dépollution : retrait des sous-ensembles réglementés (ex. : cartes, batteries)
- > Le démantèlement pour raisons économiques : composants à forte valeur ajoutée
- > Le broyage pour séparer les composants
- > L'incinération
- > L'enfouissement des déchets ultimes

Une fois renseignés chacune des phases et chacun des éléments et composants intervenant dans le projet, le logiciel va donner des résultats relatifs aux impacts environnementaux par étape et par critère 5.

À ce stade, on se fixe pour but d'identifier (en dehors des aspects réglementaires qui sont prioritaires) les points pour lesquels on peut lancer une action d'amélioration continue — ceux qui ont un impact environnemental fort, un potentiel de progrès technique et un sens pour le client.

La première étape de la méthode adoptée est celle qui permet d'identifier les phases les plus impactantes sur les indicateurs environnementaux. Sur le tableau 5, on constate que la phase de fabrication (*manufacturing*) est la plus impactante sur l'indicateur d'épuisement des matières premières (*raw material depletion*, RMD) et la phase d'utilisation (*use*) sur tous les autres indicateurs.

Dans la seconde étape, on va rechercher dans la phase la plus impactante les activités qui contribuent le plus à l'impact, par exemple la production du cuivre utilisé dans

[1] Expert en distribution électrique à l'institut Schneider Formation.

Pour aller plus loin

Le logiciel EIME est commercialisé par le pôle d'expertise en écoconception et développement durable CODDE (COncption DévEloppement Durable Environnement), sur le site duquel vous trouverez toutes les informations le concernant et, notamment, une animation PowerPoint de démonstration : www.codde.fr

le produit ou le process d'injection plastique des pièces. On se fixe comme critère de déterminer si une activité représente plus de 50 % de l'impact ou si deux ou trois activités représentent plus de 80 % de l'impact [6] [7].

Ce travail étant effectué, il va falloir mettre en place des plans d'action d'amélioration. Un plan d'action doit répondre à deux questions :

- Existe-t-il un potentiel de progrès permettant d'améliorer l'impact ? si



5 Le tableau des impacts environnementaux

La gamme Altivar 71, un exemple d'écoconception^[2]



de la gamme. Les autres produits de la gamme sont réalisés avec la même technologie et sur le même processus de fabrication. L'analyse environnementale a été réalisée en conformité avec la norme ISO 14040 « Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre ». Elle prend en compte les étapes du cycle de vie du produit.

Matériaux constitutifs

La masse des produits de la gamme s'échelonne de 2680 g à 9000 g. Elle est de 2680 g hors emballage pour l'Altivar 71 - 0,75 kW 500 V analysé. Les

matières constitutives sont réparties comme indiqué en [8].

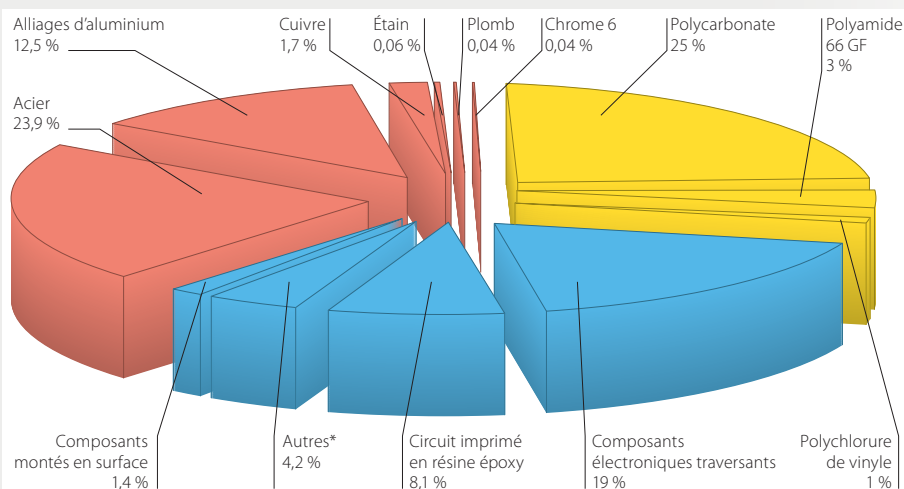
Toutes les dispositions utiles sont prises auprès de nos services, fournisseurs et sous-traitants pour que les matériaux entrant dans la composition des produits de la gamme Altivar 71 de 0,37 à 18 kW ne contiennent pas de substances interdites par la réglementation en vigueur lors de sa mise sur le marché.

Par conception, cette gamme ne comporte ni piles ni accumulateurs. Le site de conception de cette gamme de produits est certifié ISO 14001 pour son processus d'écoconception.

La gamme Altivar 71 a pour fonction principale la commande et la variation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique asynchrone.

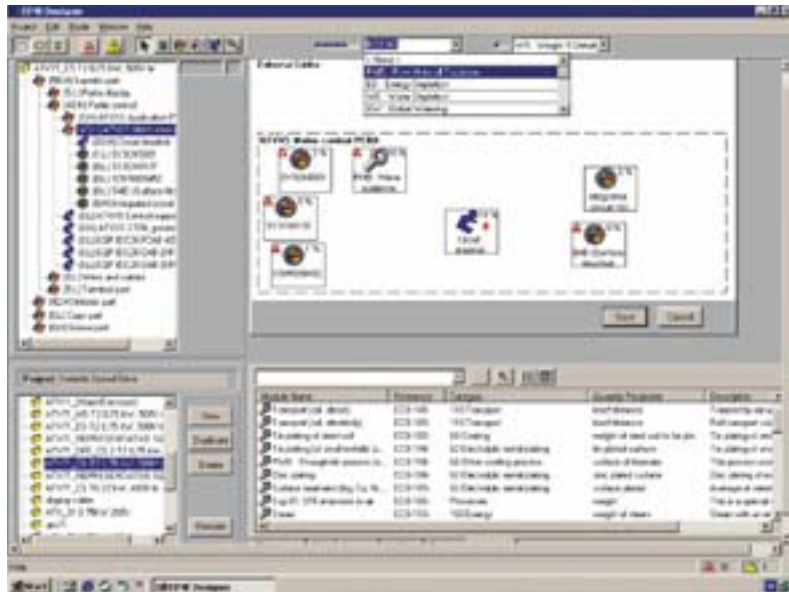
Cette gamme est composée de produits de 0,37 à 18 kW fonctionnant à des tensions de 200 et 500 V monophasées ou triphasées.

Le produit utilisé pour réaliser l'étude est l'Altivar 71 complet de calibre 0,75 kW 500 V (réf. ATV71H075N4). Il est représentatif de l'ensemble



* La catégorie « Autres » comprend tous les éléments présents à moins de 1 % tels les gaines thermorétractables, l'élastomère EPDM, etc.

8 La répartition des matières constitutives



6 L'identification d'un impact supérieur à 50 %

oui, on engage un plan d'action et on se fixe des objectifs ; sinon, on utilise les meilleures technologies disponibles.

● L'action est-elle significative pour le client ?

La fin de vie de l'Altivar 71

Dans la gamme précédente, on utilisait des inserts en laiton, des mousses et des joints ainsi que des étiquettes (feuilles isolantes, obturateurs...) [8], qui nuisaient au démantèlement, c'est-à-dire à la séparation des pièces de natures différentes pour pouvoir les valoriser. Le démantèlement doit être facile et rapide. Schneider Electric estime qu'il ne faut pas dépasser 50 secondes par kilogramme de matériau pour que son coût soit acceptable.

GLOSSAIRE

Épuisement des ressources naturelles

Raw material depletion (RMD)

Cet indicateur quantifie la consommation de matières premières durant le cycle de vie du produit. Il est exprimé par la fraction de ressources naturelles disparaissant chaque année, rapportée à l'ensemble des réserves annuelles de cette matière.

Épuisement de l'eau

Water depletion (WD)

Cet indicateur calcule la consommation d'eau utilisée, qu'elle soit potable ou de source industrielle. Elle est exprimée en mètres cubes.

Potentiel de réchauffement dit atmosphérique (effet de serre)

Global warming potential (GWP)

Le réchauffement global de la planète résulte de l'accroissement de l'effet de serre dû à l'absorption du rayonnement solaire réfléchi par la surface de la terre par certains gaz dits à effet de serre. Cet effet est quantifié en grammes d'équivalent CO₂.

Potentiel d'épuisement stratosphérique (destruction de la couche d'ozone)

Ozone depletion (OD)

Cet indicateur caractérise la contribution au phénomène de disparition de la couche d'ozone stratosphérique due à l'émission de certains gaz spécifiques. Cet effet est exprimé en grammes d'équivalent CFC-11.

Création d'ozone atmosphérique

Photochemical ozone creation

(POC)

Cet indicateur quantifie la contribution au phénomène de smog (oxydation photochimique de certains gaz qui produit de l'ozone) et est exprimé en grammes d'équivalent éthylène (C₂H₄).

Acidification de l'air

Air acidification (AA)

Les substances acides présentes dans l'atmosphère sont entraînées par les pluies. Un taux élevé d'acidité de ces pluies peut entraîner le dépérissement des forêts. La contribution de l'acidification est calculée en utilisant les potentiels d'acidification des substances et est exprimée en moles d'équivalent H⁺.

Fabrication

Cette gamme est fabriquée dans un site de production Schneider Electric qui a mis en place un système de management environnemental certifié ISO 14001.

L'amélioration constante des process permet de diminuer en moyenne de 5 % la consommation énergétique annuelle du site.

Un tri complet des déchets permet d'atteindre un taux de valorisation de 99 %.

Distribution

Les emballages ont été conçus en vue de réduire leur poids et leur volume, en respectant la directive « Emballages et déchets d'emballages » de l'Union européenne 94/62/CE.

Le poids total de l'emballage est de 1 080 g, constitué majoritairement de carton et d'un sachet en polyéthylène recyclable. Aucune mousse de calage, aucune agrafe ne sont utilisées.

Les flux de distribution des produits sont optimisés par l'implantation de centres de distribution locaux, proches des zones de marché.

Utilisation

Les produits de la gamme Altivar 71 de 0,37 à 18 kW ne présentent pas de nuisances entraînant des précautions d'usage particulières (bruit, émissions). L'énergie électrique consommée dépend des conditions de mise en œuvre et d'exploitation des produits.

Leur puissance consommée s'échelonne de 44 W à 620 W. Elle est de 44 W pour l'Altivar 71 - 0,75 kW 500 V et représente moins de 6 % de la puissance totale qui transite dans le produit.

Impacts environnementaux

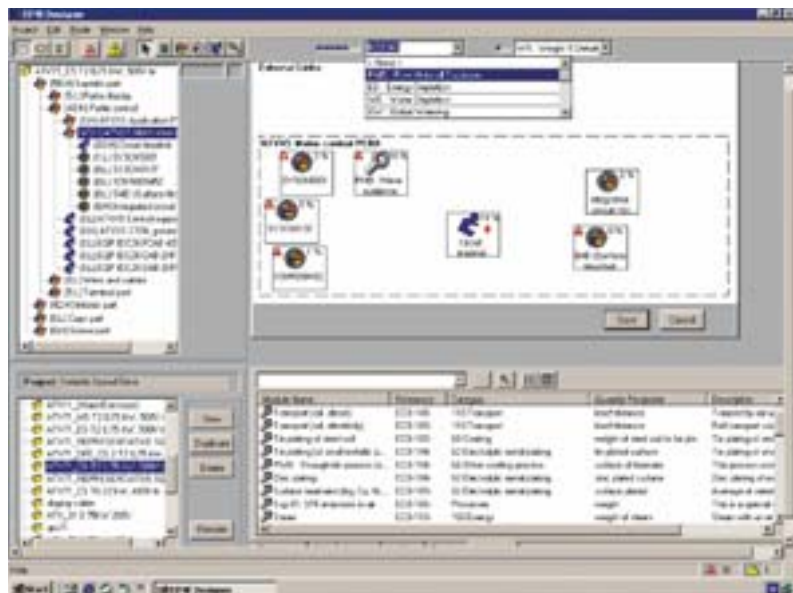
L'analyse de cycle de vie (ACV) a été réalisée à l'aide du logiciel EIME (Environmental Impact and Management Explorer) version 1.6 et de sa base de données version 5.4.

L'hypothèse de durée d'utilisation du produit est de dix ans et le modèle d'énergie électrique utilisé est le modèle européen.

Le périmètre analysé est composé d'un Altivar 71 - 0,75 kW 500 V.

Les impacts environnementaux ont été analysés sur les étapes *manufacturing* (M) comprenant l'élaboration des matières premières, distribution (D) et utilisation (U). ●●●

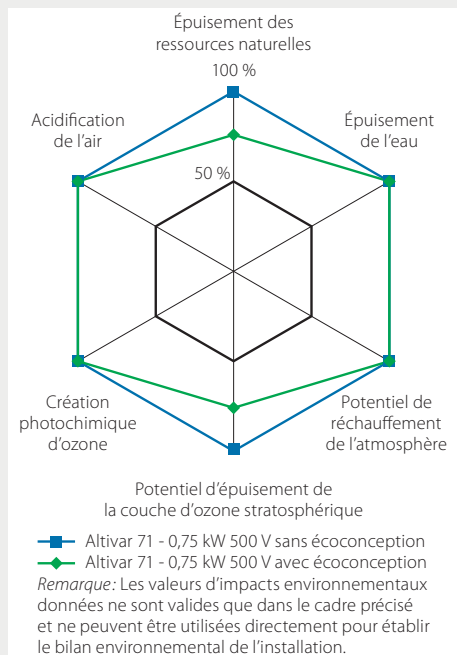
[2] Extrait du « Guide général d'écoconception » rédigé par Claude Jollain, Michel Lauraire et Willy Martin pour *Intersections*, le magazine de Schneider Electric pour l'enseignement technologique et professionnel, novembre 2005.



7 L'identification d'une association d'activités d'impact supérieur à 80 %

La gamme Altivar 71, un exemple d'écoconception (suite)

●●● L'analyse des impacts environnementaux a été réalisée en comparant les impacts du produit sans écoconception avec ceux du produit écoconçu 10.



10 La comparaison ACV des impacts de l'Altivar 71 - 0,75 kW 500 V avec écoconception et sans écoconception

Le produit écoconçu bénéficie d'une réduction de masse de 27 % et de volume de 19 % par rapport à la gamme précédente. Les plastiques utilisés sont valorisables à 100 %, grâce aux choix de matières et à la nouvelle architecture du produit. Ces modifications ont permis de réduire l'impact global du produit sur l'environnement.

Fin de vie

En fin de vie, les produits de la gamme Altivar 71 de 0,37 à 18 kW doivent être démantelés afin de mieux valoriser les différents matériaux constitutifs. Le potentiel de recyclage est supérieur à 80 %. Ce pourcentage comprend les métaux ferreux, les alliages de cuivre et d'aluminium et les plastiques marqués. Les produits de cette gamme comprennent également des cartes électroniques à extraire et à orienter dans des filières de traitement spécialisées. Les données de fin de vie sont détaillées dans la fiche de fin de vie des produits.

Approche système

Le variateur de vitesse permet une économie d'énergie en optimisant les cycles d'utilisation des moteurs électriques asynchrones. En régime transitoire, les produits de la gamme Altivar 71 de 0,37 à 18 kW peuvent faire diminuer de plus de moitié la consommation d'énergie d'une installation.

● Les inserts en laiton

Ils assuraient la fixation du capot sur l'embase du variateur de vitesse. Leur extraction serait indispensable au démantèlement, parce qu'ils feraient subir des dommages aux têtes des broyeuses utilisées pour le recyclage du polycarbonate du capot et de l'embase, et que, d'autre part, le recyclage d'un matériau tolère un pourcentage très faible de matériau étranger associé (environ 1 %). Mais le temps d'extraction aurait un coût exorbitant : les inserts sont emmanchés de force dans l'embase.

Dans la gamme actuelle, la solution adoptée par Schneider Electric consiste à utiliser simplement des vis autotaraudeuses.

● Les joints

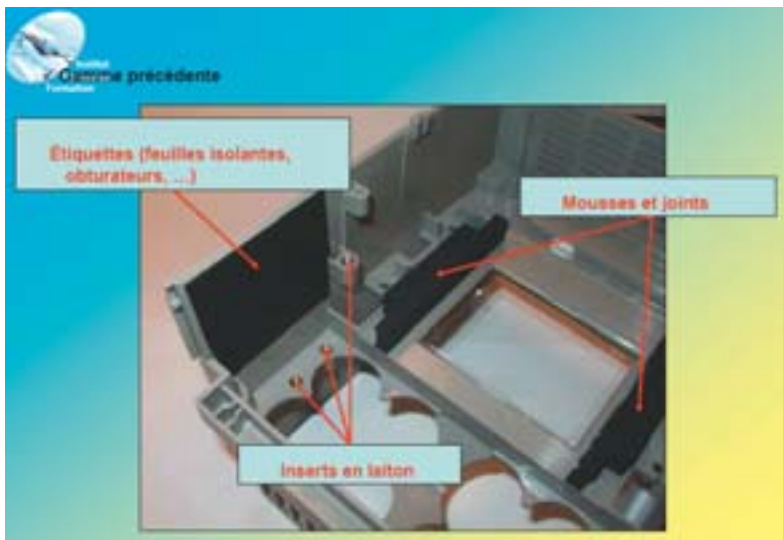
Collés, ils étaient impossibles à extraire sans laisser des résidus de colle sur le capot en polycarbonate, ce qui compromettait le recyclage de ce dernier. Ils ont été remplacés par des joints toriques non collés, simplement prépositionnés 9.

● Les étiquettes en polyamide

Elles étaient collées. Aujourd'hui, elles suivent le principe du « papier jambon » en alimentaire : un onglet prédécoupé permet de s'en séparer dans la phase de démantèlement.

On a donc obtenu une plus grande aptitude au démantèlement, par la réduction du nombre de vis et la démontabilité des pièces en matériaux non compatibles, ainsi qu'une plus grande aptitude au recyclage, par la suppression des inserts (métalliques, élastomères...) dans les plastiques et le choix de matériaux compatibles. Résultat final : un meilleur taux de valorisation qu'avec la solution sans écoconception 10, et le respect de la directive européenne WEEE (performance supérieure de 13 %), ce qui n'était pas le cas antérieurement.

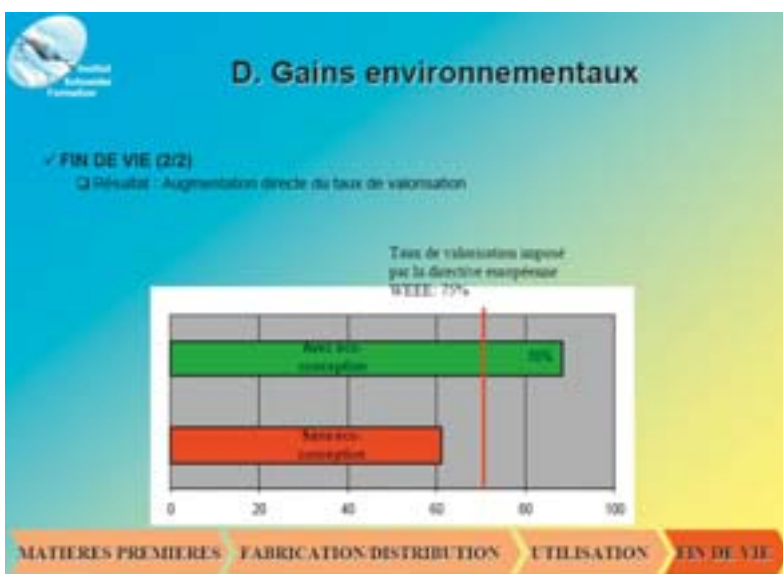
Et, contrairement aux idées reçues, l'écoconception n'engendre pas obligatoirement un surcoût de fabrication : les solutions retenues par Schneider Electric engendrent au contraire un gain significatif 9. ■



8 Les solutions de la gamme précédente



9 Les gains de la solution avec écoconception



10 Les gains environnementaux obtenus

Les directives européennes

RoHS

RoHS signifie *Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment*, c'est-à-dire « restriction de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques ».

La directive européenne RoHS (2002/95/CE), entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2006, vise à limiter l'utilisation de six substances dangereuses. Tout nouveau produit mis sur le marché dans l'Union européenne, qu'il soit importé ou fabriqué dans l'Union, devra être conforme à la directive.

Les substances concernées sont :

- le plomb
- le mercure
- le cadmium
- le chrome hexavalent
- les polybromobiphényles (PBB)
- les polybromodiphényléthers (PBDE)

La directive vise les produits commercialisés sur tous les territoires européens. Elle s'applique à huit des catégories de produits spécifiées dans la directive européenne DEEE (Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques) :

- Gros appareils ménagers
- Petits appareils ménagers
- Équipements informatiques et de télécommunication
- Matériel grand public
- Matériel d'éclairage
- Outils électriques et électroniques
- Jouets, équipements de loisir et de sport
- Distributeurs automatiques

Les batteries ne sont pas concernées par la directive.

Il est prévu d'inclure plus tard deux autres catégories :

- Dispositifs médicaux (à l'exception des produits implantés ou infectés)
- Instruments de surveillance et de contrôle

WEEE

Cette directive concerne les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) produits en fin de vie (en anglais *waste electrical and electronic equipment*, WEEE). Ils sont définis par la réglementation européenne (directive 2002/96/CE).

Elle concerne les équipements fonctionnant grâce à des courants électriques ou à des champs électromagnétiques, ainsi que les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs, conçus pour être utilisés à une tension ne dépassant pas 1 000 V en courant alternatif et 1 500 V en courant continu dans des catégories précisées par décret (en France, c'est le décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets issus de ces équipements).

En Europe, cette directive vise à rendre obligatoire la valorisation des DEEE et à instaurer le principe de la responsabilité du producteur.

Les appareils concernés par la directive 2002/96/CE sont les suivants :

- Gros appareils ménagers
- Petits appareils ménagers
- Équipements informatiques et de télécommunications
- Matériel grand public
- Matériel d'éclairage (à l'exception des appareils d'éclairage domestique et des ampoules à filament, auxquels s'appliquent néanmoins les articles 4 et 5 du décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005)
- Outils électriques et électroniques (à l'exception des gros outils industriels fixes)
- Jouets, équipements de loisir et de sport
- Dispositifs médicaux (à l'exception de tous les produits implantés ou infectés)
- Instruments de surveillance et de contrôle
- Distributeurs automatiques

Le matériel militaire n'est pas concerné par la directive 2002/96/CE.