

ÉCOCONCEPTION

La conception raisonnée en

FABRICE CLAUDE, BRUNO TOUEIX [1]

La prise de conscience générale sur le développement durable et les nouvelles réglementations vont imposer aux entreprises comme aux citoyens une nécessité de décryptage des performances écologiques des produits.

Après un rappel des notions fondamentales développées dans le numéro 167 spécial développement durable, voici des pistes d'activités à mener pour la formation des futurs diplômés du nouveau bac STI2D.

Les enjeux de l'écoconception

Le Grenelle 2 de l'Environnement s'apprête à lancer, le 1^{er} juillet, l'expérimentation d'une réforme fondamentale : l'affichage environnemental des produits de grande consommation. Si, au bout d'un an, cette expérimentation est jugée positive par les députés, sa généralisation imposera aux fabricants de renseigner les étiquettes sur les impacts environnementaux de leurs produits suivant trois indicateurs prédéfinis pour chaque catégorie de produits. Le but sera de permettre le choix du produit le moins préjudiciable à l'environnement à fonction équivalente. Des référents « écoconception » seront donc nécessaires dans les entreprises pour mener à bien ces évaluations soit en interne soit en collaboration avec un cabinet d'experts.

Le développement durable est d'ores et déjà une composante incontournable dans différents secteurs industriels. La directive européenne sur le recyclage des produits électriques (DEEE), par exemple, est une réalité qui s'impose aux consommateurs et aux industriels.

Au-delà de ces contraintes réglementaires et des objectifs de marketing, c'est bien de la prise en compte d'une nouvelle dimension dont il s'agit. C'est une véritable « économie verte » qui est en train de naître dans nos sociétés, à des degrés divers et en fonction de l'histoire et de la sensibilité propres à chaque pays. Les économies d'énergie, la recherche systématique de la meilleure efficacité énergétique, le développement des énergies propres et renouvelables, la gestion de la fin de vie des produits par la récupération et le recyclage sont des données qu'il faut maintenant intégrer à toutes les réflexions. Toutes les activités de conception, de fabrication, d'utilisation, de maintenance et de fin de vie des produits industriels sont concernées.

[1] Professeurs agrégés de génie mécanique, respectivement au lycée André-Argouges de Grenoble (38), et au lycée Édouard-Branly de Créteil (94).

mots-clés

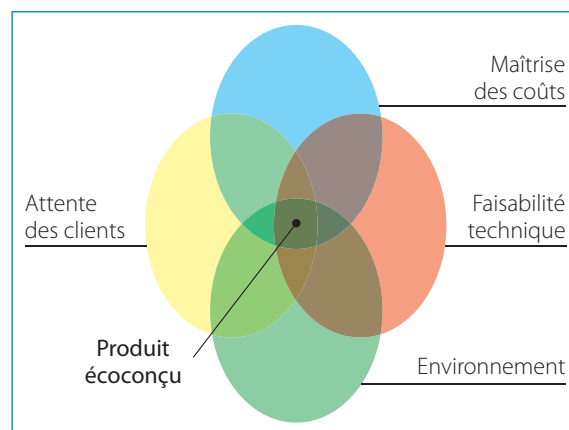
écoconception, prébac, travaux dirigés

Les entreprises l'ont compris, et généralisent des approches spécifiques, comme l'écoconception.

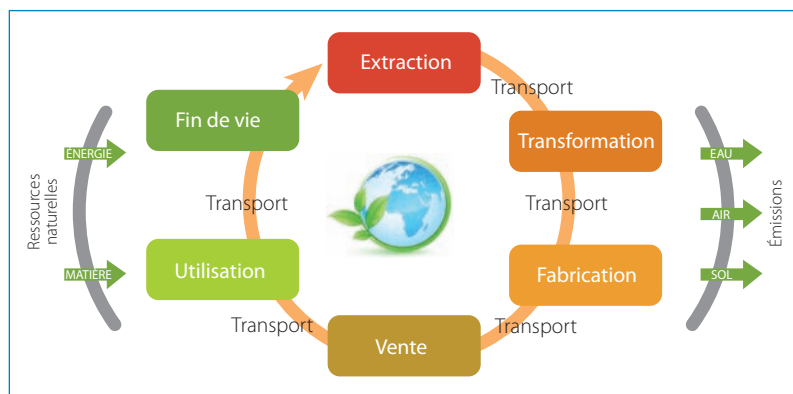
De plus en plus de jeunes sont sensibles aux enjeux du développement durable. Cette dimension doit donc être prise en compte dans une formation globale aux technologies industrielles visant à former les cadres moyens et supérieurs des entreprises industrielles de demain. Bien au-delà de connaissances à apporter, c'est tout un raisonnement, toute une démarche qu'il est nécessaire de mettre en place.

Une démarche compétitive

Jusqu'à présent, la conception d'un produit manufacturé devait tenir compte de trois critères principaux : l'attente des clients, la maîtrise des coûts et la faisabilité technique. Ces trois critères permettaient à un produit d'être compétitif. L'écoconception ajoute un quatrième critère, qui a pour objectif principal de réduire les impacts environnementaux négatifs des produits dès leur conception. Le produit écoconçu se placera donc



1 Les 4 critères de conception des produits



2 Le cycle de vie du produit

STI2D

à l'intersection de ces ensembles de contraintes qui ne sont pas, *a priori*, hiérarchisables **1**. Les contraintes environnementales ne peuvent donc pas constituer le seul axe d'une étude de produit, au détriment des autres facteurs essentiels à son existence que sont les besoins comme la faisabilité technique. Dans la démarche d'écoconception, l'efficacité d'une solution se mesure non seulement à la réduction des impacts environnementaux, mais aussi à la mise en relation de cette réduction avec les coûts qu'elle engendre ; on parle alors d'*éco-efficacité*. Cette démarche n'a donc de sens que si elle est intégrée dans un processus global de conception. Les outils d'analyse de la valeur et de créativité doivent être utilisés en parallèle de ceux d'analyse du cycle de vie pour répondre efficacement aux besoins énoncés.

Lors d'une démarche d'écoconception, il faut garder à l'esprit que tout produit a besoin de matière et d'énergie pour être fabriqué, d'être emballé et transporté, et qu'emballage et produit deviendront un jour des déchets. Il n'existe donc pas de produit « zéro impact ». C'est pour cette raison que le cycle de vie du produit sera toujours pris en considération **2**.

Propositions d'activités autour de l'ACV

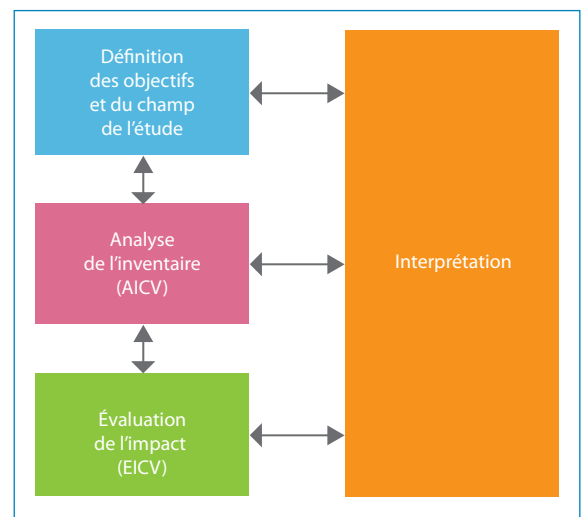
L'analyse du cycle de vie (ACV) est un outil scientifique encadré par la série 14040 des normes ISO **3**. Elle vise à la prise en compte de tous les impacts environnementaux, sociaux et économiques sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit ou d'un service. Cette méthodologie permet d'éviter que des améliorations locales ne fassent que déplacer les problèmes (pollution, conditions sociales...) – ce qu'on appelle le *transfert d'impact*.

Lors de l'utilisation de la méthodologie de l'ACV avec les élèves, il faudra bien avoir à l'esprit que cette démarche est exhaustive et demande beaucoup de temps. Nous nous limiterons donc à l'étude d'objets simples ou de systèmes simplifiés pour mettre en évidence les différents concepts liés à cette méthode. L'objectif n'est pas d'en devenir des experts, mais d'en montrer le grand champ d'application – par exemple la comparaison d'un service avec un produit répondant à la même fonction.

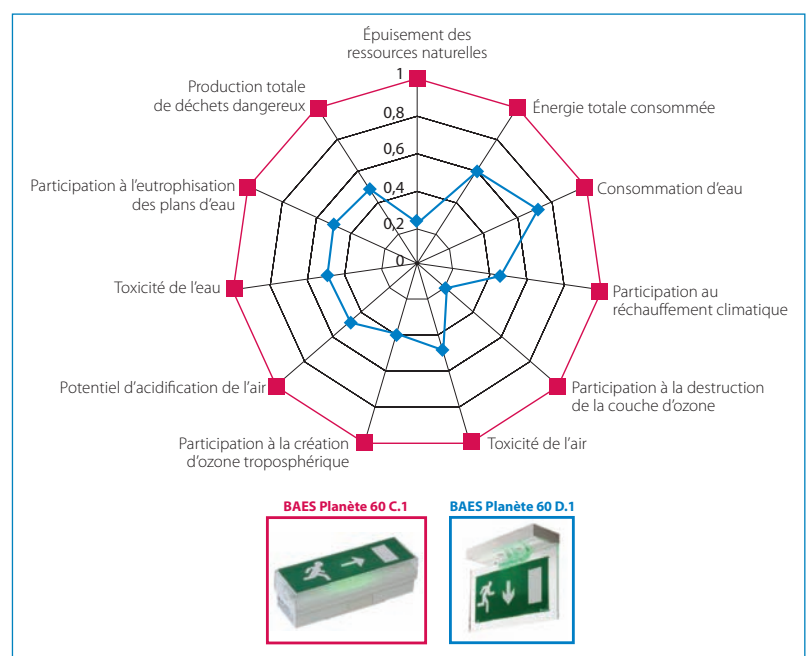
On devra être capable de fournir des informations sur l'unité fonctionnelle (UF), les hypothèses et les limitations, d'identifier clairement les phases du cycle de vie du système ou produit à étudier, les types d'impacts, les méthodologies d'évaluation ainsi que les voies d'amélioration.

L'unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle (UF) représente la grandeur quantifiant le service rendu par le produit ou le système. Par exemple, la fonction principale d'une perceuse est de permettre à l'utilisateur de réaliser une série de trous sur une cloison. Le service d'une perceuse est la quantification de la fonction principale selon une unité de référence (temps, distance, cycle...). On en déduit

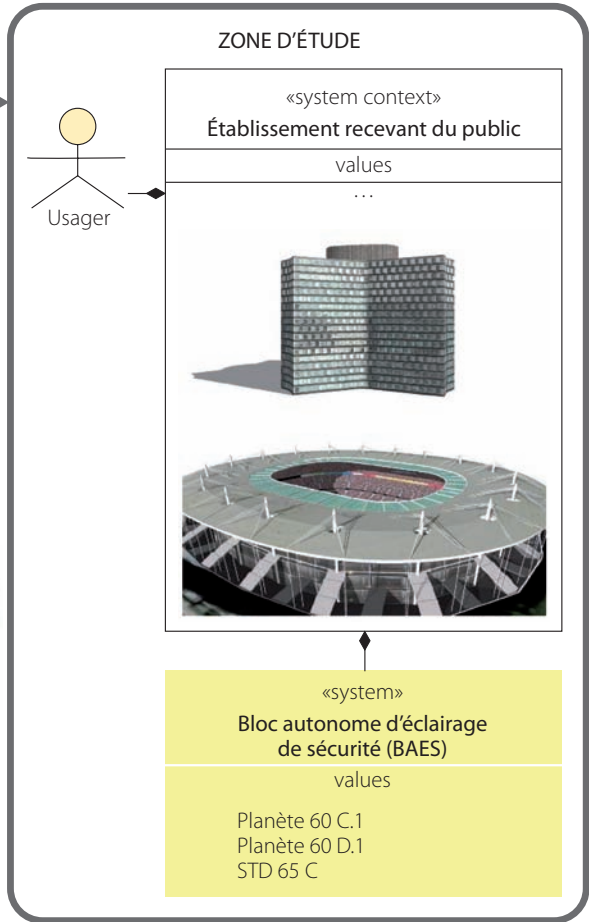


3 Les normes ISO 14040



4 La comparaison du profil environnemental de 2 blocs autonomes d'éclairage de sécurité

UF1
Baliser les évacuations d'un établissement recevant du public suivant les réglementations en vigueur pendant dix ans



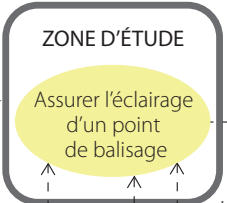
«Rationale»
Établissement d'enseignement :
éclairage de sécurité obligatoire dans les salles de plus de 50 personnes ou de superficie supérieure à 300 m²

«Rationale»
Établissement de plein air (type stade) :
éclairage limité à la fonction d'évacuation

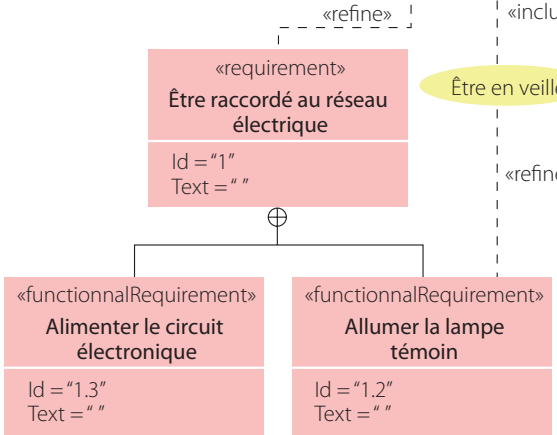
«Rationale»
Parcs de stationnement couverts :
éclairage limité à la fonction d'évacuation



UF2
Éclairer à 45 lumens pendant 1 heure un point de balisage, suivant les réglementations en vigueur, pendant dix ans



«Rationale»
On doit pouvoir identifier l'état de BAES : en veille, en recharge batterie, défectueux



«Rationale»
Pour satisfaire à la réglementation, le BAES doit fournir un flux lumineux de 45 lumens pendant 1 heure

5 Des unités fonctionnelles différentes selon les limites de l'étude

l'unité fonctionnelle du service rendu par le produit. Différentes unités fonctionnelles sont possibles pour une même fonction de perceuse :

UF : réaliser 50 trous par jour pendant deux ans → service rendu pour un professionnel

UF : réaliser 10 trous par an pendant cinq ans → service rendu pour un particulier

On pourra proposer des activités sur la définition de l'unité fonctionnelle, et comparer les conséquences sur les impacts des différents choix de celle-ci.

L'unité fonctionnelle nous servira de base d'une part pour quantifier les différents impacts et d'autre part pour la comparaison de différents scénarios.

Prenons pour exemple d'activité le choix de l'unité fonctionnelle d'un bloc autonome d'éclairage de sécurité (BAES) de Luminox. L'étude du dossier technique permettra de comparer les différents produits ou systèmes d'un point de vue environnemental. On utilisera pour cela la mallette « Energis – Blocs de sécurité » distribuée par la société Alira (voir l'encadré « Pour se procurer... ») ainsi que la plate-forme Pairform@nce, parcours ET30, module ET302.

Les bilans environnementaux utilisent des unités peu connues et difficilement interprétables pour les non-spécialistes (kg eq CO₂, MJ eq, année⁻¹...). C'est l'une des raisons pour lesquelles les fabricants utilisent la comparaison entre produits pour effectuer leurs bilans environnementaux **4**.

Les trois unités fonctionnelles choisies mettent en évidence la réalité fonctionnelle étudiée **5**. Différentes, elles ne pourront être comparées. Elles montrent qu'une analyse du cycle de vie peut s'effectuer sur différents niveaux d'étude : balisage d'évacuation d'un bâtiment (UF1), bloc de sécurité (UF2) ou encore l'un des composants (UF3). Il est possible de prendre pour UF une exigence technique comme un cas d'utilisation, et de développer une démarche d'ACV telle que représentée en **5** par une modélisation SysML (*Systems Modeling Language*).

Les limites du système

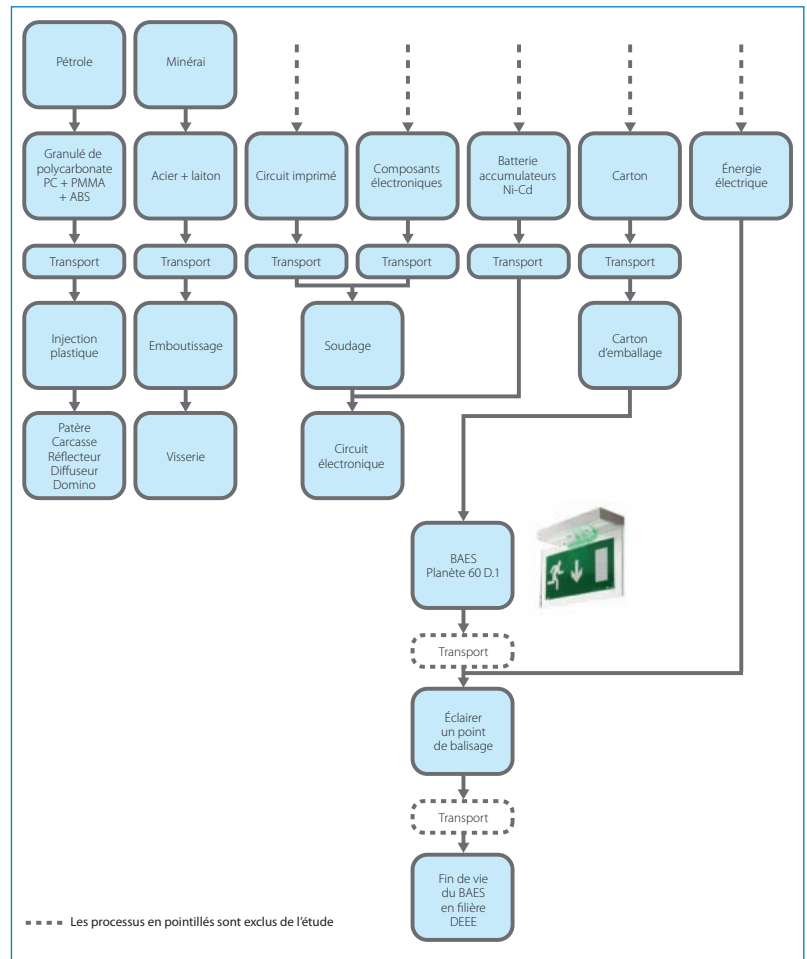
Dans le cadre d'une comparaison de produits, les limites du système devront être identiques pour tous les scénarios étudiés. Pour des raisons de complexité, on pourra se limiter à un composant, une fonction..., tout en précisant explicitement le périmètre de l'étude pour qu'il n'y ait pas de confusion sur les résultats obtenus. Lors de la définition de l'inventaire du cycle de vie, on s'arrêtera à l'inventaire des processus les plus caractéristiques du produit en tenant compte de l'ensemble des étapes du cycle de vie **6**.

L'évaluation des impacts

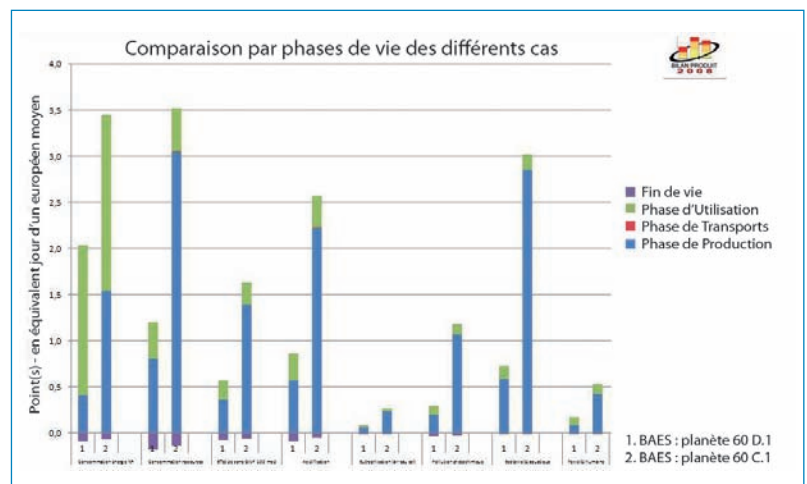
Afin que les élèves puissent avoir une représentation concrète des impacts, il serait intéressant de pouvoir leur donner des équivalences parlantes (kilomètres

parcourus, nombre d'arbres abattus...). Nous prendrons comme référence de calcul la méthode CML ou l'empreinte écologique.

On choisira les indicateurs d'impact pertinents (ceux choisis par exemple pour l'affichage environnemental) et parlant pour les élèves (consommation d'eau, empreinte écologique, énergie primaire consommée et changement climatique...) – inutile de tous les donner.



6 L'inventaire et la limite de système pour le bloc de sécurité Planète 60 D.1



7 Le graphe obtenu avec Bilan Produit sur 2 blocs de sécurité

Les différentes études menées pourront être mono-critères, mais si le but de l'étude est de montrer ou de vérifier qu'il y a, ou non, transfert d'impact, alors plusieurs indicateurs seront nécessaires. Les calculs d'impacts **7** peuvent être rapidement obtenus avec des logiciels tels que Bilan Produit (logiciel gratuit diffusé par l'Ademe).

Il est plus aisé de comparer deux produits pour vérifier qu'il n'y a pas de transfert d'impact entre les deux solutions choisies. Un logiciel ACV utilisant, en règle générale, la masse de chaque processus ou matériau pour calculer les impacts, on peut identifier facilement lequel de deux composants équivalents d'un même matériau ou processus est le moins préjudiciable.

Dans l'exemple présenté, le BAES Planète 60 C.1 utilise un tube CCFL, le Planète 60 D.1 des leds. La diminution des impacts entre les deux technologies provient essentiellement de la phase de production : effectivement, en pesant les cartes électroniques et les batteries, on trouve $27,1 \text{ g} + 87,7 \text{ g} = 114,8 \text{ g}$ pour le Planète 60 D.1 contre $71,7 \text{ g} + 139,1 \text{ g} = 210,8 \text{ g}$ pour le Planète 60 C.1.

Les voies d'amélioration

À partir de l'évaluation des impacts, il faudra identifier les fonctions, les composants, la phase du cycle de vie à optimiser. La recherche de solutions peut se faire à partir des outils de créativité et d'innovation (TRIZ ou ASIT).

Dans le cadre du baccalauréat STI2D, on s'appuiera sur la *roue de l'écoconception* (Brezet *et al.*, *Eco-design : a Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*, UNEP, 1997), qui donne les grandes pistes d'amélioration de produits **8**, développées dans le tableau **9**.

Les solutions ne seront validées qu'après une comparaison entre les impacts environnementaux initiaux et ceux découlant de l'amélioration du produit.

La société Luminox a utilisé pour faire évoluer son produit les axes de progrès 6 et 2 de la roue de l'écoconception **10**. Les travaux de reconception ont permis de diminuer la masse des pièces constituant et la consommation d'énergie pendant la phase d'utilisation de manière conséquente.

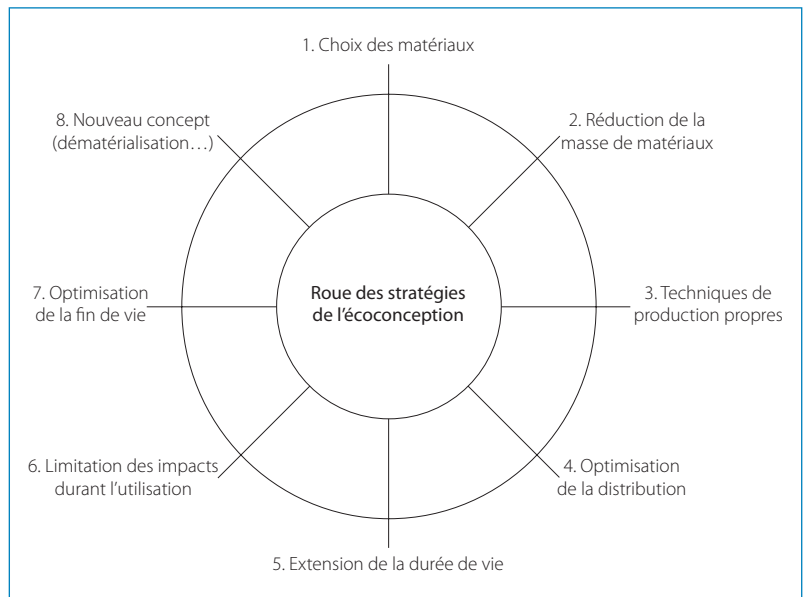
L'écoconception par typologie

La typologie s'utilise dans une première approche, lorsqu'il est possible de définir un type sans équivoque à partir du service ou produit et de l'unité fonctionnelle qu'on lui associe. Elle permet notamment d'éviter un calcul d'impact.

Définitions

Nous pouvons définir quatre types :

- Un produit ou système est dit *consommateur* lorsque les impacts de la phase d'utilisation sont dominants.



8 La roue de l'écoconception

1	Choix des matériaux	Moins toxiques, renouvelables, peu énergivores, recyclés, recyclables
2	Réduction de l'emploi de matériaux	Réduction de la masse, du volume ou du nombre de matériaux
3	Techniques propres de production	Moins d'étapes de production, moindre consommation d'énergie, moindre production de déchets
4	Optimisation du système de distribution	Moins d'emballages, ou emballages réutilisables, plus propres, moins nombreux, moins volumineux, modes de transport moins énergivores, moins polluants
5	Phase d'utilisation	Moins de consommation énergétique, sources d'énergie plus propres, moins d'énergie non renouvelable
6	Durée de vie des produits	Durabilité et fiabilité, maintenance et réparation, structure modulaire, lien produit-consommateur (fonction)
7	Fin de vie	Réutilisation, désassemblage, « refabrication », recyclage, incinération
8	Optimisation des fonctions du produit	Dématérialisation, partage entre utilisateurs, nouvelles fonctions, optimisation fonctionnelle

9 Les pistes possibles d'amélioration environnementale d'un produit

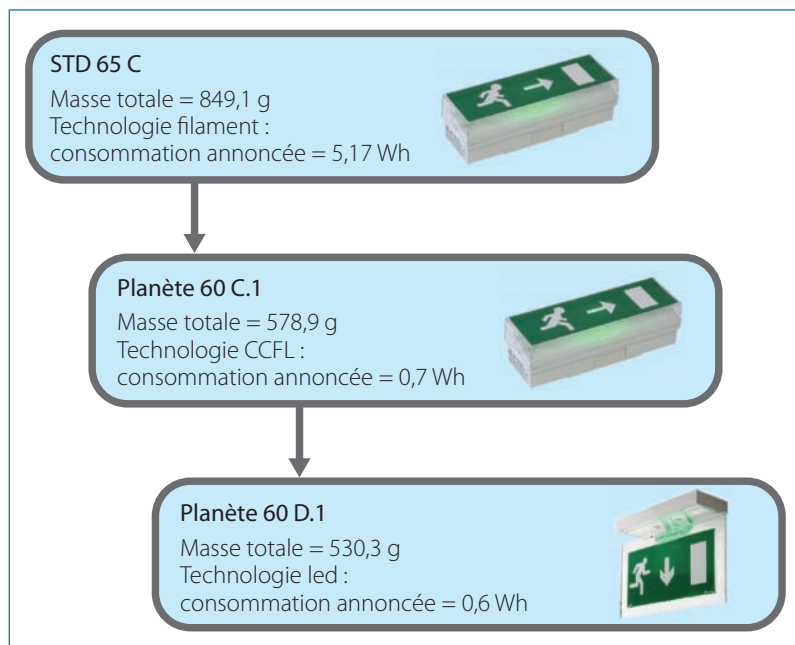
Ce seront donc les produits utilisant de l'énergie, mais aussi ceux utilisant des consommables.

- Un produit est considéré *non consommateur* lorsque les impacts de la phase d'utilisation ne sont pas dominants. Une chaise de bureau peut être considérée comme un produit non consommateur.

- Un produit est considéré *jetable* ou de courte durée de vie si son nombre d'utilisations est faible. Il est un des points d'entrée pour la partie matériaux et

les problématiques liées. On pourra s'interroger sur la nature des matériaux utilisés dans le produit – recyclables, renouvelables, recyclés, réserves estimées en matières premières –, sur leurs moyens de production, et sur leurs filières de recyclage.

● Un produit est considéré *positif* lorsque les impacts de la phase d'utilisation (appelée *vie en œuvre* lors de l'étude d'un bâtiment) sont négatifs. Il permet, en général, la récupération d'énergie. Le choix parmi les solutions peut se faire en comparant les ratios énergie produite sur énergie grise (somme des énergies nécessaires à la production, la fabrication, l'utilisation et le recyclage). Il faut garder à l'idée que les solutions comparées devront relever de la même unité fonctionnelle.



10 Les pistes suivies par Luminox : réduction des masses (axe 2) et réduction des énergies consommées (axe 6 : limitation des impacts durant l'utilisation)

Pour simplifier la recherche de solutions, qui peuvent être nombreuses, une fois le type défini, on appliquera quelques règles de la roue de l'écoconception. On cible ainsi les améliorations possibles **11**, avant de les valider.

Quelques exemples

Deux UF pour une perceuse :

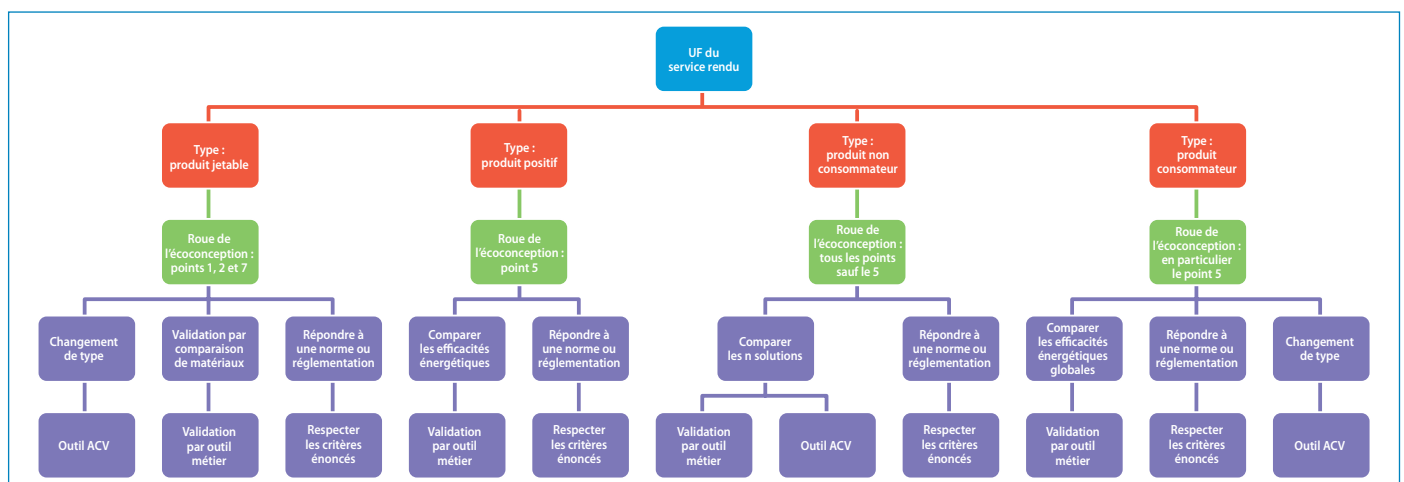
- L'UF « réaliser 50 trous par jour pendant deux ans » est de type consommateur. La recherche de solution portera sur la diminution de la consommation et l'augmentation de la durée de vie.
- L'UF « réaliser 10 trous par an pendant cinq ans », de type non consommateur, orientera les recherches vers l'optimisation du transport, le choix de matériaux recyclés, la filière de fin de vie et la réutilisation de pièces.

Pour un même produit rendant deux services différents, comme ici, les scénarios ne peuvent pas être comparés.

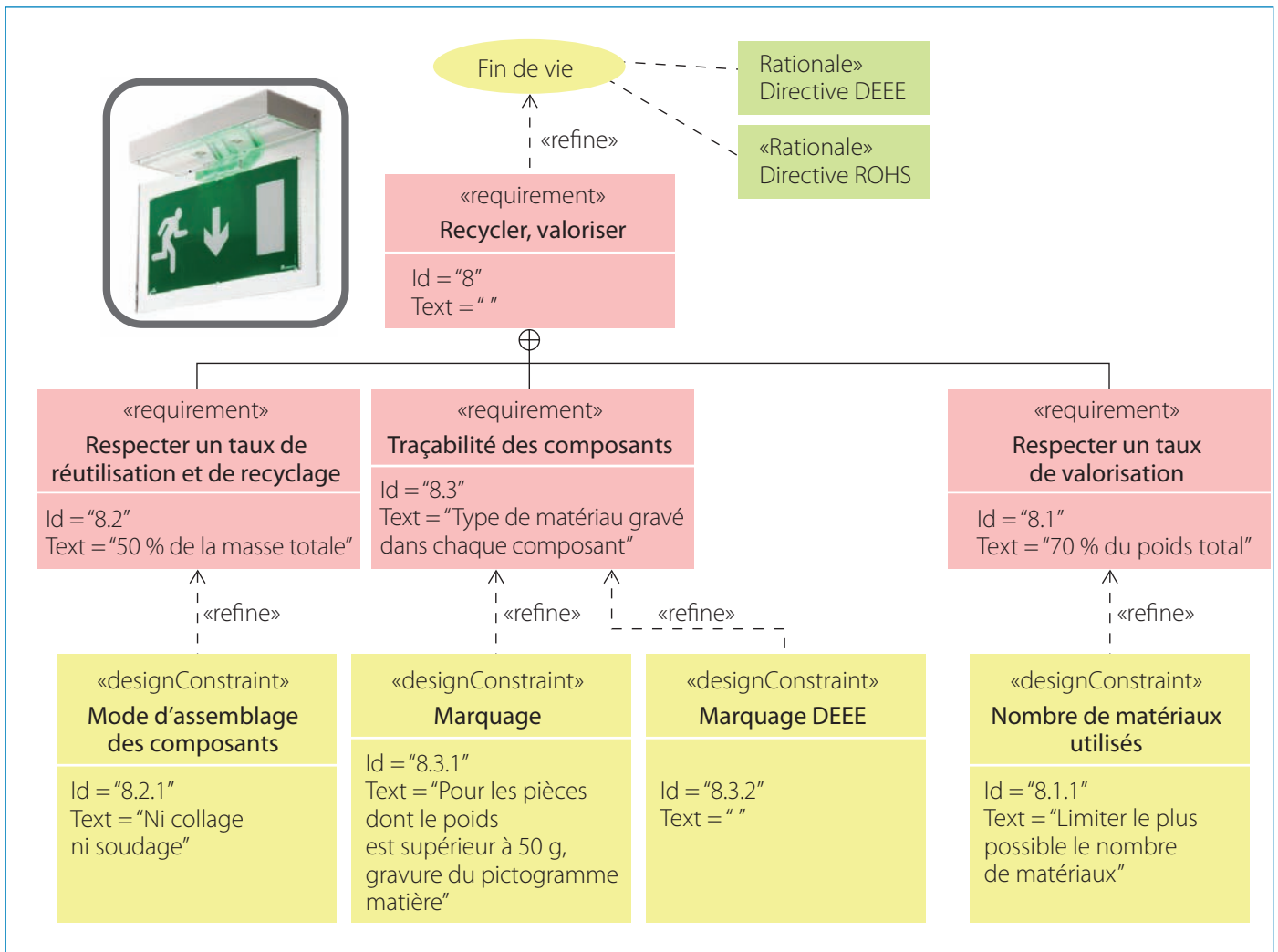
Deux solutions pour une même UF, « percer 10 trous par an pendant cinq ans » :

- Le service : la mise à disposition d'une perceuse professionnelle est de type consommateur (plusieurs utilisateurs percent avec le même produit, ce qui demande de l'énergie pendant la phase d'utilisation). Les solutions recherchées vont dans le sens de la diminution de la consommation et de l'augmentation de la durée de vie.
- L'acquisition : l'achat d'une perceuse bas de gamme pour percer peu de trous consomme peu d'énergie. On est face à un type non consommateur qui orientera les recherches vers l'optimisation du transport, le choix de matériaux recyclés, la filière de fin de vie et la réutilisation de pièces.

Il est possible ici de comparer les deux solutions, car elles relèvent de la même unité fonctionnelle. Les choix d'écoconception ne sont pas les mêmes pour les deux solutions, mais ils peuvent répondre à une stratégie d'entreprise.



11 Les axes d'amélioration retenus par Luminox



12 Le diagramme d'exigence de recyclage et de valorisation en fin de vie des blocs de sécurité

Remarques:

- On peut chercher des solutions liées à un changement sociétal du mode de consommation des produits tels que certains appareils électriques « dormants », en organisant par exemple leur prêt entre utilisateurs.
- Un produit peut être considéré comme consommateur ou non suivant le contexte dans lequel il est utilisé. Un fauteuil peut être considéré, *a priori*, comme non consommateur. Après analyse de son contexte d'utilisation, un fauteuil de véhicule (voiture, avion...) contribuant à la consommation d'énergie lors du déplacement de ce véhicule pourra finalement être classé comme consommateur. Il est donc nécessaire d'identifier très clairement la fonction et le contexte du produit.

Exemple d'activité pour les produits consommateurs

En règle générale, ce sont des produits utilisant de l'énergie. Il est donc nécessaire de réduire cette consommation, mais les solutions peuvent être différentes suivant

le contexte. Pour un filtre à essence, on essaiera de diminuer sa masse tout en gardant ses qualités d'usage. Pour une habitation, diverses solutions sont envisageables : système de chauffage peu énergivore ou isolation. On s'aperçoit que l'on utilise alors plusieurs items de la roue de l'écoconception, celle-ci ne donnant que des pistes d'action.

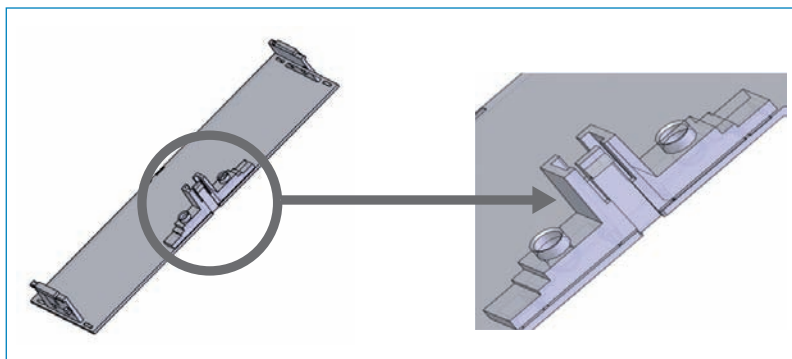
Le choix d'une solution peut se faire de manière simple par comparaison des efficacités énergétiques des deux solutions mises en concurrence, ou bien par comparaison à une valeur extraite d'une contrainte réglementaire, relative par exemple aux déchets des équipements électrique et électronique (DEEE).

La réglementation DEEE impose des contraintes de recyclage et de valorisation pour la fin de vie des blocs de sécurité 12. L'activité pratique portera sur la réponse à la réglementation DEEE du BAES de Luminox, l'objectif étant de réduire les impacts lors de la fin de vie des produits à partir des données disponibles sur la plate-forme Pairform@nce, parcours ET30, module ET304, et du dossier technique du bloc.

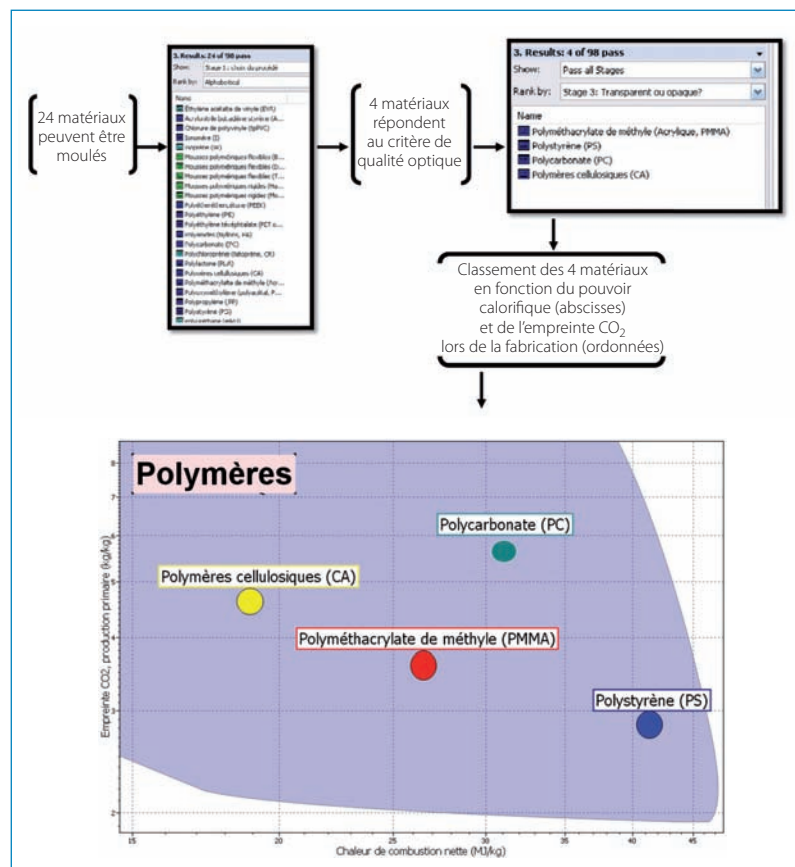
Le nombre de matériaux doit être limité pour faciliter le recyclage. Pour répondre à cette contrainte, Luminox a utilisé dans le bloc Planète 60 D.1 deux matériaux pour la partie plastique, le PC et le PMMA (thermoplastiques). Toutes les liaisons encastrement ont été réalisées par clip pour éviter un ajout de matière (vis, colle...) qui polluerait le tri et le recyclage. L'activité porte sur la justification du choix du polycarbonate (PC) pour une des pièces du bloc de sécurité, le réflecteur.

Énoncé des contraintes de conception :

- Le procédé utilisé doit être l'injection plastique.
- Le matériau doit avoir des qualités optiques.



13 Le clip de fermeture du bloc de sécurité



14 La succession de filtres permettant le choix du matériau dans CES EduPack

- La fabrication du matériau doit avoir le moins d'impact possible sur l'environnement.
- Le matériau doit être à fort pouvoir calorifique s'il n'est pas recyclé mais valorisé énergétiquement.
- Les clips ne doivent pas se casser lors du montage.

Nous vous proposons d'effectuer ce travail sur un clip en particulier, le clip de fermeture du bloc de sécurité 13.

Première phase, la recherche de matériaux correspondant aux quatre premiers critères, grâce au logiciel CES EduPack qui permet par une succession de filtres 14 de faire un choix de plus en plus précis.

Le logiciel oriente les recherches vers quatre matériaux. Il s'agit alors de calculer le ratio d'efficacité, rapport entre l'énergie dissipée lors de la combustion du matériau et l'empreinte CO₂. Le polystyrène semble être le bon compromis d'un point de vue environnemental. En effet, le polycarbonate a un bon pouvoir calorifique, mais est plus énergivore que le polystyrène lors de sa fabrication ; c'est l'une des raisons pour lesquelles son empreinte CO₂ est plus importante. Il est ensuite nécessaire de vérifier la tenue de ces deux matériaux aux contraintes mécaniques générées par l'assemblage. Grâce au logiciel de simulation intégré à SolidWorks, on va déterminer les contraintes engendrées par le montage du clip et vérifier qu'elles ne dépassent pas la limite élastique du matériau 15 16, repérée par la flèche rouge.

Les conditions géométriques sont imposées par la déflexion due au montage du clip. On constate ainsi que le choix du polycarbonate est réaliste, la limite élastique n'étant pas dépassée, ce qui n'est pas le cas pour le polystyrène. On montre par cette étude que le choix du matériau ne peut qu'être multicritère, tenant compte de l'ensemble de fonctions techniques réalisées ici par le réflecteur, et notamment des caractéristiques mécaniques du polycarbonate, supérieures à celles du polystyrène.

Exemple d'activité pour les produits non consommateurs

Ils ont un champ plus large, sont souvent moins complexes, ce qui permet d'aborder de manière simple les problématiques liées aux phases du cycle de vie autres que celles traitées par les produits consommateurs : tendre vers les monomatériaux, augmenter la durée de vie en prévoyant des échanges standard, favoriser le désassemblage, optimiser le transport en prévoyant un volume réduit...

La validation des choix de conception en termes d'impact peut se faire en quantifiant les deux solutions par exemple : compter le nombre de matériaux utilisés tout en respectant la qualité d'usage, mesurer le volume des solutions.

Certains produits peuvent être écolabélisés ou réglementés ; les critères des écolabels ou des réglementations peuvent aussi servir à la validation.

Les élèves pourront aborder ce point à partir de l'étude du dossier technique d'un siège de bureau Steelcase. Une vidéo (www.steelcase.fr/fr/groupe/environnement/demarche/pages/developpement.aspx), présentée par le responsable initiatives développement durable de la société, passant en revue le cycle de vie du produit et les solutions d'écoconception adoptées, permettra d'identifier les points de la roue de l'écoconception utilisés pour réduire les impacts sur l'environnement en fonction du cycle de vie [17]. Les éléments nécessaires à cette activité sont disponibles à partir de Pairform@nce, parcours ET30, module ET305.

L'écoconception, une voie pour l'innovation

L'écoconception est un concept qui couvre l'essentiel des activités humaines, de l'extraction et la transfor-

mation des matières premières jusqu'à leur recyclage ou destruction. Ce n'est pas une matière à part entière, mais une voie différente qui aborde les problématiques de conception de produit ou système avec un angle de vision innovant.

Le développement durable et l'écoconception deviennent des notions à aborder au travers des différents systèmes du laboratoire de STI2D. Même si elles nécessitent des savoirs et savoir-faire, elles ne devront pas être considérées comme un chapitre à traiter parmi les autres, mais plutôt en tant que problématique, c'est-à-dire un ensemble de problèmes techniques auxquels on cherche une réponse.

On distinguera deux phases dans l'apprentissage de l'écoconception.

Dans un premier temps, on abordera les différents concepts, en y consacrant de 30 à 40 heures. La répartition peut se faire de la manière suivante pour l'enseignement transversal :

- **Lors de l'année de première**, les parties ci-dessous pourront être traitées :

- Le contexte du développement durable
- Le cycle de vie
- Les énergies (énergie grise, énergie primaire)
- L'épuisement des ressources (les matériaux)
- L'efficacité énergétique
- L'unité fonctionnelle
- La roue de l'écoconception

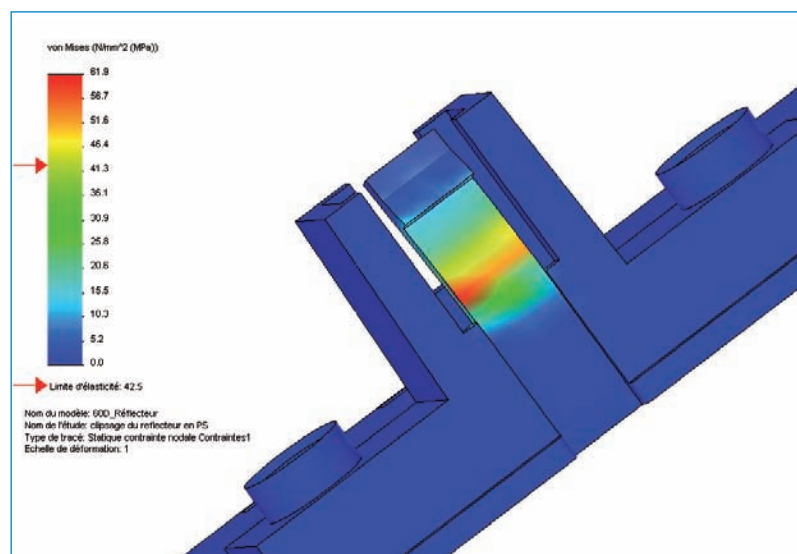
- **Lors de l'année de terminale**, les parties suivantes :

- les mix énergétiques
- L'ACV (modélisation, calcul et transfert d'impact)
- La roue de l'écoconception
- Les typologies

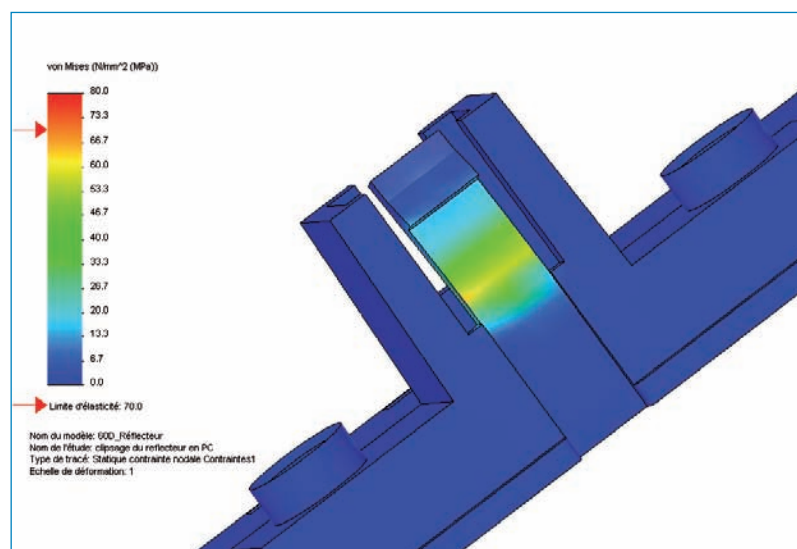
On retrouve ce type d'activités dans le parcours ET30 de Pairform@nce et dans la mallette « Energis – Blocs de sécurité » d'Alira, qui sont exclusivement consacrés à l'apprentissage des concepts liés à l'écoconception et au développement durable. Ces activités doivent être utilisées dans ce sens, mais, pour être réaliste, il faut y ajouter une dimension technico-économique.

La seconde phase permettra d'appliquer ces différents concepts dans une démarche complète, ou la réduction des impacts sera prise comme problématique ou comme objectif. Les activités que l'on proposera aux élèves devront être plus globales, intégrant les problématiques techniques et économiques. Nous avons essayé de montrer cette démarche à partir de l'exemple du clip, avec ses contraintes environnementales liées au recyclage et à la fabrication, puis ses contraintes techniques liées à l'assemblage du réflecteur.

Certaines activités ont été testées, notamment l'utilisation de Bilan Produit en projet avec des élèves de seconde. La démarche a été parfaitement comprise. Il faut toute fois éviter un inventaire trop long, qui peut être rébarbatif.



15 Les contraintes liées au montage du clip en polystyrène



16 Les contraintes liées au montage du clip en polycarbonate

La sensibilisation aux futurs changements sociétaux qu'engendreront l'évolution du climat et la disparition des ressources de matières premières est de notre responsabilité. Y préparer à travers les différents cursus de l'enseignement en général est fondamental. Les objectifs européens de réduction des gaz à effet de serre et de la consommation d'énergie sont très exigeants, et s'y soumettre demandera sûrement de gros efforts collectifs et individuels, qui devront être acceptés par les futurs citoyens que sont nos élèves. Gérer cette contrainte pourra se faire dans la douleur ou bien en relevant les défis. Cette dernière option, prenant le problème à bras le corps, nous paraît plus motivante, et donc préférable. ■

► Pour se procurer...

... la mallette « Energis – Blocs de sécurité » :

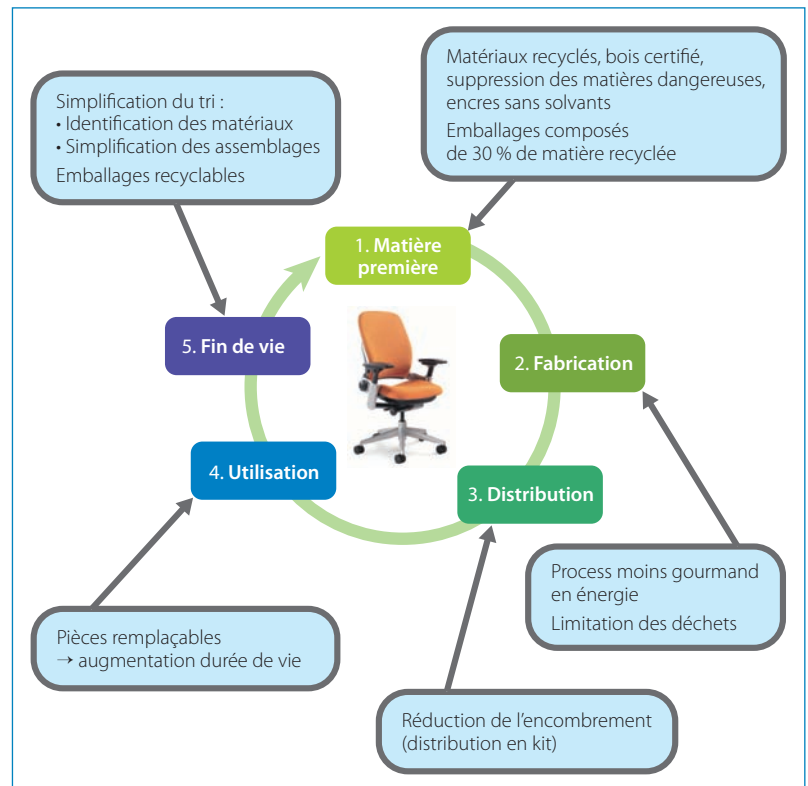
www.alira.fr/mesureetaccessoi/page3.html

... le logiciel Bilan Produit :

www.ademe.fr/internet/bilan_produit/login.asp

... le logiciel CES EduPark :

www.grantadesign.com/FR/education.htm



17 La roue de l'écoconception du siège de bureau Steelcase



→ www.sceren.com
La librairie en ligne de l'éducation

DES RESSOURCES POUR **ENSEIGNER**

Programmes • Disciplines • Formation • Outils pour la classe • Évaluations