

UN TP EN 1^{RE} STI GM

Une approche de l'écoconception

NICOLAS BEL^[1]

Si, dans nos enseignements de construction, l'écoconception est encore peu présente, l'arrivée de la spécialité ITEC (Innovation Technologique et ÉcoConception) dans le programme de STI2D va changer la donne.

L'écoconception ayant fait son entrée au référentiel du BTS Électrotechnique depuis quelques années, j'ai expérimenté une séquence qui lui était dédiée avec une classe de 1^{re} STI Génie mécanique.

Je suis parti du constat que le domaine qui fascinait le plus mes élèves était l'automobile. J'ai donc contacté, par l'intermédiaire du chef de travaux, un ingénieur du site Valeo d'Issoire (et ancien élève du lycée), Pascal Vacher, qui a beaucoup travaillé sur le balai d'essuie-glace Flat Blade **1**. En production depuis 2001, ce modèle constituait un saut technologique majeur par rapport au modèle classique **2**. Le Flat Blade offre un essuyage plus efficace, car la pression est mieux répartie, la prise au vent moindre, permettant de diminuer les nuisances acoustiques et la consommation d'énergie. Enfin, son design plat améliore la visibilité du conducteur. Riche en innovations techniques, ce produit avait pour moi des avantages indéniables : sa simplicité et son faible coût d'achat.

Intarissable sur tous les aspects techniques de la conception du Flat Blade, Pascal Vacher m'a expliqué que ce modèle avait dû répondre à un cahier des charges

[1] Professeur agrégé au lycée Marcelin-Berthelot de Saint-Maur-des-Fossés (94).



1 Un balai d'essuie-glace de modèle Flat Blade

mots-clés

écoconception, lycée technologique, prébac

très exigeant : une résistance aux conditions climatiques extrêmes, le respect d'une législation très contraignante en termes de toxicité et de recyclage, un positionnement angulaire précis au degré près, une pression uniforme **3**, ce qui est particulièrement délicat avec les nouveaux pare-brise galbés et les grandes surfaces à balayer.

Mon objectif était de collecter des données permettant de comparer l'impact environnemental d'un balai classique et celui du Flat Blade. Mais Valeo n'avait entrepris pour ce produit aucune démarche d'écoconception à proprement parler, aucune analyse détaillée du cycle de vie avec les impacts environnementaux. Les concepteurs ont seulement veillé à rester compétitifs par rapport à la législation environnementale (rappelons que Valeo, en proposant des disques de frein sans amiante avant que cela ne devienne obligatoire, avait pu conquérir le marché lorsque la législation leur fut devenue favorable). Pour eux, une conception intelligente réduit le nombre de pièces, la quantité de matière utilisée, les dépenses énergétiques, et facilite la maintenance ; le produit sera *de facto* plus écologique.

Notre entretien m'a permis d'imaginer de nombreuses séquences d'enseignement. J'ai choisi de vous présenter une séquence de TP de 2 heures sur l'écoconception.

Le TP

● Les objectifs du TP :

- Comparer qualitativement les empreintes environnementales de deux produits remplissant la même fonction sur tout leur cycle de vie.



2 Un balai d'essuie-glace classique

Les défauts et lacunes des balais d'essuie-glace

Afin de mieux comprendre le mandat que nous a confié notre client, le concessionnaire AGAG Automobile Inc., nous avons procédé à une observation poussée du fonctionnement des balais d'essuie-glace. Cette observation nous a permis d'identifier des défauts et lacunes majeurs, que nous avons classés par catégories. Le tableau suivant en fait état et décrit brièvement le résultat de nos observations.

Catégorie	Description
1. Lenteur des essuie-glaces	<ul style="list-style-type: none"> • Quand on actionne les essuie-glaces, il faut au moins 6 ou 7 cycles de balayage pour obtenir une vitre propre ; donc, de 8 à 10 secondes. Ce temps de réaction est trop long.
2. Faible efficacité du nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> • Après 6 ou 7 cycles de nettoyage, des tâches tenaces subsistent, même après avoir utilisé beaucoup de liquide nettoyant. • Après le passage répété des essuie-glaces sur les tâches tenaces, des traînées de saleté apparaissent. • Après l'utilisation des essuie-glaces, le pare-brise n'est propre qu'au centre de la surface couverte par les balais. La surface nettoyée par l'extrémité des balais porte une mince pellicule de saleté.
3. Mauvais rendement du gicleur	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsqu'on actionne le jet de liquide nettoyant, on constate que chacun des balais d'essuie-glace ne diffuse pas uniformément le jet sur toute la surface à nettoyer. • Lorsqu'on actionne le gicleur, une bonne quantité de liquide est projetée au-delà du pare-brise en se déposant sur le toit et sur la vitre arrière. • Lorsque l'automobile se déplace à bonne vitesse, le jet de liquide est dévié sur le pare-brise, selon le vent et la vitesse de l'automobile. • Lorsqu'il y a de la neige sur le capot ou que la glace se forme, il arrive souvent que le gicleur soit obstrué.
4. Usure prématurée des lames d'essuie-glace	<ul style="list-style-type: none"> • Après 6 ou 7 mois d'utilisation, les extrémités des balais d'essuie-glace ne collent plus à la surface vitrée.

L'observation des défauts et lacunes lors de l'utilisation des balais d'essuie-glace nous confirme l'urgence de régler ce problème. En effet, ce mauvais fonctionnement cause l'obstruction régulière du champ de vision de l'automobiliste.

Il devient évident qu'en situation de conduite normale et, à plus forte raison, en situation de conduite d'urgence ce mauvais fonctionnement peut être à l'origine d'une mauvaise manœuvre qui peut causer un accident.

De plus, pour notre client, le concessionnaire AGAG Automobile Inc., cette situation engendre des problèmes d'insatisfaction de sa clientèle et, de surcroît, lui occasionne des frais supplémentaires. En effet, les acheteurs exigent le remplacement des essuie-glaces au frais du concessionnaire.

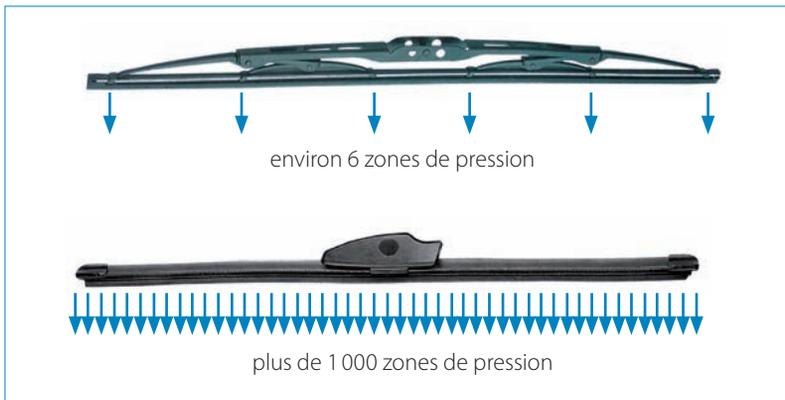
Cette situation est inacceptable et doit être résolue rapidement.

Afin de résoudre le problème de notre client, une solution doit être produite, qui permettra :

- d'accroître la vitesse de nettoyage des balais d'essuie-glace ;
- de nettoyer uniformément toute la surface couverte par les lames d'essuie-glace ;
- de mieux diffuser le jet du gicleur sur toute la surface vitrée, aussi bien pour un véhicule en mouvement que pour un véhicule arrêté ;
- d'augmenter la durée de vie des lames d'essuie-glace.

Source : École de technologie supérieure du Québec

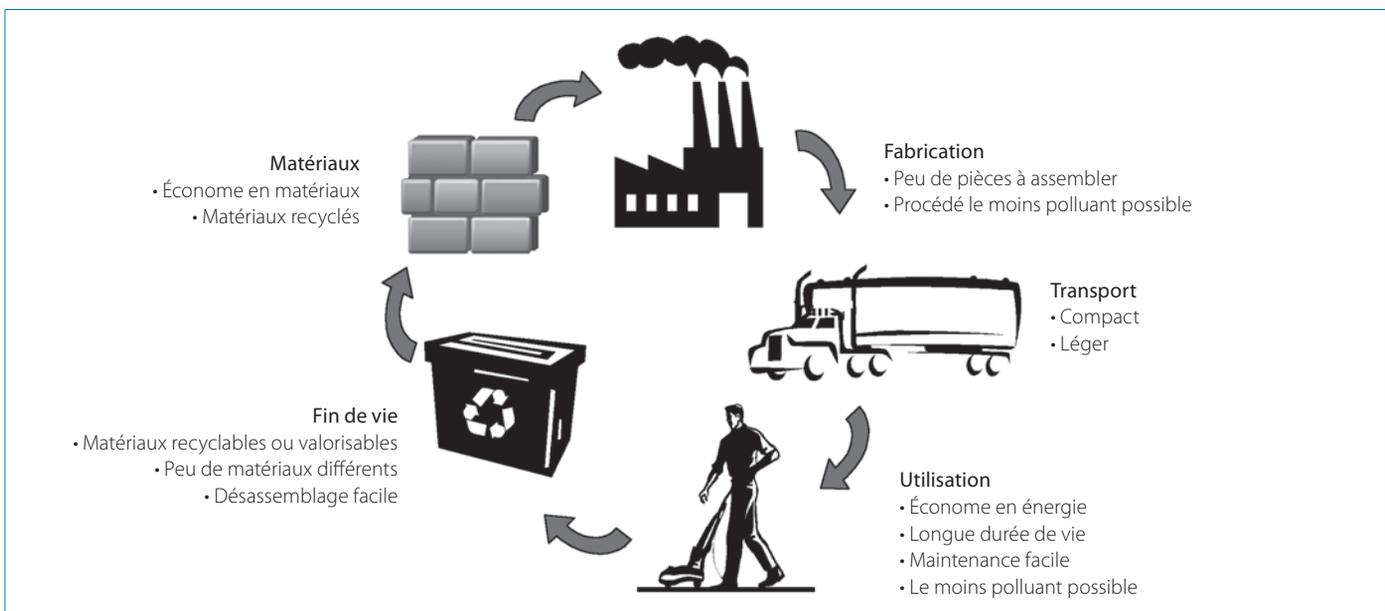
www.seg.etsmtl.ca



3 La répartition de la pression sur le pare-brise en fonction des modèles

– Se familiariser avec les directives européennes liées au recyclage et à la toxicité.

J'avais déjà présenté un objet écoconçu (le bloc autonome d'évacuation Luminox), et les élèves étaient en possession du document de synthèse sur les bonnes pratiques à adopter à chaque étape du cycle de vie d'un produit 4. À partir de ces données, d'une étude réalisée sur « Les défauts et lacunes des balais d'essuie-glace » (en encadré) par l'École de technologie supérieure de Montréal et du visionnage d'une vidéo de 1 min 49 sur YouTube (www.youtube.com/watch?v=r4EeyV6PXw), les élèves doivent repérer les premiers éléments concernés par la problématique suivante : quel



4 Les bonnes pratiques à adopter à chaque étape du cycle de vie d'un produit

Le Flat Blade 2

L'innovation : l'armature unique intégrée

Les évolutions de l'automobile ne vont pas vers une simplification du travail des essuie-glaces. Les pare-brise sont en effet de plus en plus galbés et de plus en plus hauts. En dépit d'une longueur en augmentation, le balai se doit de suivre une forme incurvée en trois dimensions, tout en maintenant une pression suffisante sur l'ensemble de sa lame. Le balai d'essuie-glace Flat Blade de première génération avait marqué une étape majeure en intégrant une armature continue dans la lame de l'essuie-glace. Cette armature permettait une répartition de la pression de contact sur toute sa longueur, alors que ce rôle était attribué aux multiples leviers articulés pour les balais de conception précédente.

La deuxième génération du Flat Blade améliore toutes les caractéristiques du balai d'essuie-glace : plus aérodynamique, plus compact, plus léger et moins sensible à l'accumulation de neige.

Le principe de fonctionnement

Deux évolutions majeures marquent le Flat Blade de 2^e génération. Alors que la lame d'essuyage et le déflecteur étaient auparavant réalisés dans le même caoutchouc, le Flat Blade 2 dissocie les deux fonctions. Le déflecteur, plus rigide et de forme optimisée, améliore la capacité d'essuyage à haute vitesse (jusqu'à 220 km/h). Le flux aérodynamique balayant le déflecteur dépend de

l'addition des vitesses de la voiture et du vent, d'où la très haute importance de repousser encore la valeur maximale. Par ailleurs, la forme de la partie inférieure du balai ne génère plus de force de soulèvement.

La seconde évolution est la réduction du nombre de vertèbres de deux à une seule, tout en assurant les mêmes fonctions. Le balai y gagne en encombrement, notamment en largeur, qui est réduite de 16 à 10,5 mm, et la visibilité est améliorée. Autre avantage, l'accumulation de neige est diminuée en raison du volume sous la vertèbre inférieure. Les performances dans ce cas d'utilisation extrême en sont accrues. L'arrivée du Flat Blade avait permis une réduction de poids de 50 %. La 2^e génération est encore allégée de 20 % : par exemple, un balai de 600 mm de long ne pèse plus que 101 g. Enfin, l'essuyage est possible jusqu'aux deux extrémités du balai, soit un gain de 10 mm par rapport à l'encombrement du Flat Blade 1. Cet avantage n'est pas anodin lorsque l'on sait que le rayon de balayage doit être optimal sur des pare-brise de plus en plus hauts.

D'autre part, le balai Flat Blade 2 n'utilise que des éléments recyclables. Sa version de 2^e génération est commercialisée depuis septembre 2007 dans une large gamme de longueurs, de 350 à 700 mm, gamme qui couvre la majeure partie de la demande.

Source : Valeo

modèle de balais d'essuie-glace a le moins d'impact sur l'environnement ?

La comparaison des balais

Les élèves constatent que l'encombrement du Flat Blade est moindre, son design novateur, qu'il a un spoiler intégré, c'est-à-dire un très bon aérodynamisme, et qu'il est silencieux. Il assure également un meilleur contact avec le pare-brise, et sa durée de vie est plus longue, grâce à un caoutchouc haute résistance.

Les élèves vont ensuite prendre en compte d'autres critères objectifs et facilement mesurables dans un laboratoire de construction : la masse, le nombre de pièces,

La directive VHU (extraits)

Directive européenne 2000/53/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 septembre 2000 relative aux véhicules hors d'usage

Article 2

Définitions

Aux fins de la présente directive, on entend par :

7) « recyclage », le retraitement, dans un processus de production, des déchets, soit en vue de la même utilisation que celle d'origine, soit à d'autres fins, mais à l'exclusion de la valorisation énergétique; par « valorisation énergétique », on entend l'utilisation de déchets combustibles en tant que moyen de production d'énergie, par incinération directe avec ou sans autres déchets, mais avec récupération de la chaleur; [...]

Article 4

Prévention

2. a) Les États membres veillent à ce que les matériaux et les composants des véhicules mis sur le marché après le 1^{er} juillet 2003 ne contiennent pas de plomb, de mercure, de cadmium ou de chrome hexavalent dans les cas autres que ceux énumérés à l'annexe II et dans les conditions qui y sont précisées.

Article 7

Réutilisation et valorisation

2. Les États membres prennent les mesures nécessaires pour que les objectifs suivants soient atteints par les opérateurs économiques :

a) au plus tard le 1^{er} janvier 2006, pour tous les véhicules hors d'usage, le taux de réutilisation et de valorisation est porté à un minimum de 85 % en poids moyen par véhicule et par an. Dans le même délai, le taux de réutilisation et de recyclage est porté à un minimum de 80 % en poids moyen par véhicule et par an. Pour les véhicules produits avant le 1^{er} janvier 1980, les États membres peuvent prévoir des objectifs moindres, mais non inférieurs à 75 % pour la réutilisation et la valorisation et non inférieurs à 70 % pour la réutilisation et le recyclage. Les États membres qui se prévalent du présent alinéa informent la Commission et les autres États membres de leurs raisons;

b) au plus tard le 1^{er} janvier 2015, pour tous les véhicules hors d'usage, le taux de réutilisation et de valorisation est porté à un minimum de 95 % en poids moyen par véhicule et par an. Dans le même délai, le taux de réutilisation et de recyclage est porté à un minimum de 85 % en poids moyen par véhicule et par an.

la surface de résistance aérodynamique et le temps de montage.

La masse

Les élèves pèsent les deux balais et notent leur masse respective. Un modèle à biellettes pèse approximativement 240 g; le Flat Blade, 100 g. Ils précisent si cela a une influence sur l'impact environnemental et à quelle(s) étape(s) du cycle de vie. Ils identifient alors le gain sur les matériaux et le transport. Un élève m'a même fait remarquer qu'avec une inertie plus faible le Flat Blade serait probablement plus économe en énergie à l'utilisation.

Le nombre de pièces

Les élèves comptent le nombre de pièces sur les deux modèles à partir des balais entièrement démontés : 24 pour un balai à biellettes en moyenne, et 12 pour le Flat Blade. (La manipulation propre au démontage n'a pas été demandée aux élèves, car les démontages et remontages successifs auraient provoqué une détérioration rapide des balais.) Le gain d'énergie a pu être facilement identifié.

L'estimation de la surface de résistance aérodynamique

La résistance à l'avancement de l'essuie-glace dépend de sa surface de résistance aérodynamique. La méthode d'évaluation de la surface imposée aux élèves est une approximation à l'aide de triangles et de rectangles **5**. Les élèves prennent les mesures, calculent et s'aperçoivent que la surface du modèle à biellettes est presque deux fois plus grande. Certains remarquent que le modèle mathématique appliqué aux surfaces de résistance aérodynamique est très peu précis, car l'air passe entre les biellettes. Si la remarque est bonne, les qualités aérodynamiques du Flat Blade n'en sont pas moins réellement supérieures, essentiellement grâce à sa forme. Les élèves notent qu'un meilleur aérodynamisme permet des économies d'énergie électrique lors de la phase d'utilisation.

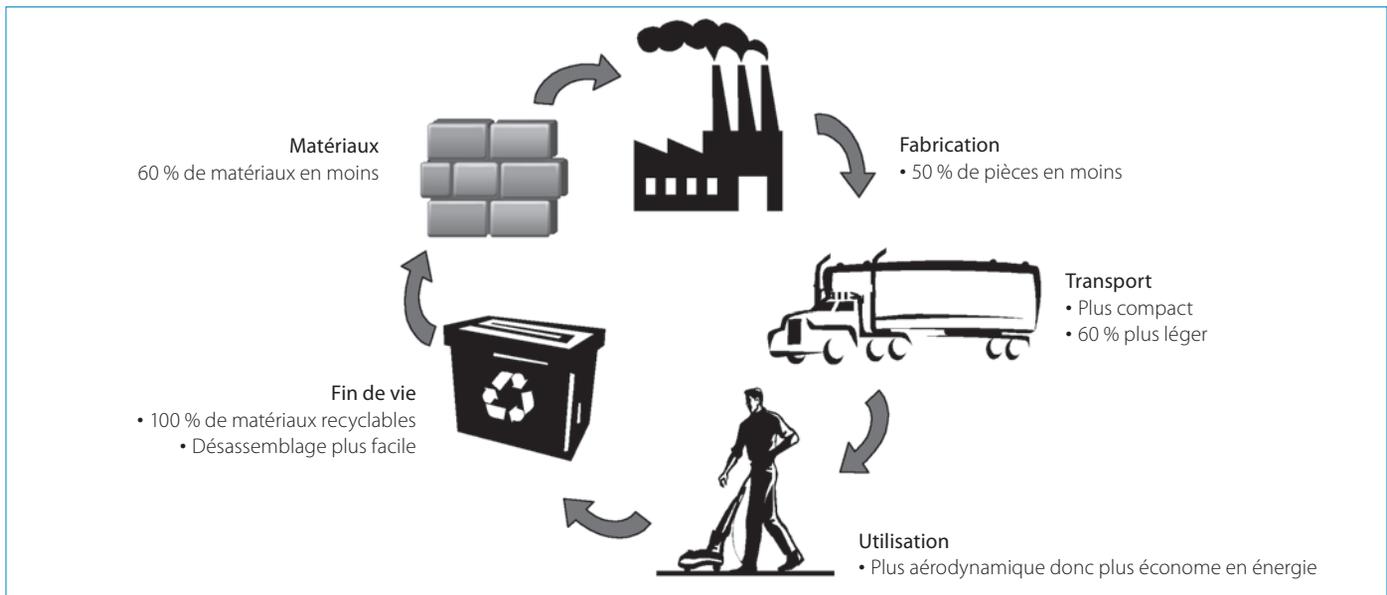
Le démontage

Le démontage de la lame en caoutchouc du Flat Blade est expliqué sur la vidéo suivante :

www.youtube.com/watch?v=eE1TsXohnM



5 L'estimation de la surface d'exposition de chaque modèle



6 La synthèse des améliorations apportées par le Flat Blade

	Modèle classique	Flat Blade	Évolution
Masse	240 g	100 g	Gain en matériau Gain en énergie pendant la phase de transport Gain à l'utilisation car inertie plus faible
Nb pièces	24	12	Gain en matériau Gain en énergie pendant la fabrication
Surface de résistance aérodynamique	S	≈ 2 S	Remarque : modèle d'évaluation peu précis Gain en énergie pendant l'utilisation
Temps de montage	30 s	60 s	Maintenance et assemblage facilités

7 La synthèse des améliorations apportées par le Flat Blade

Pour le modèle à bielles, sur celle-ci : www.youtube.com/watch?v=6ZXacqZ4hNU
 Les élèves notent que le Flat Blade est plus facile à désassembler, notamment grâce aux clips.

La recherche d'informations sur le recyclage

À ce stade, les élèves sont informés qu'un nouveau modèle, le Flat Blade 2, existe depuis 2007. Ils se connectent sur le site Web de Valeo le présentant :

<http://www.valeo.com/innovation/fr/#/FlatBlade2>
 et consultent les données complémentaires sur « Le Flat Blade 2 » (en encadré).

Je leur explique qu'à cause du nouveau modèle nous ne disposons plus d'informations sur celui de première génération. Le Flat Blade 2 est plus léger, plus aérodynamique. Il « n'utilise que des éléments recyclables », mais, en pratique, le recyclage est difficile, car il faudrait séparer les différentes couches de matériaux.

Les élèves s'interrogent sur la nécessité de remplacer chaque fois le porte-balai complet. Ils me font remarquer que la possibilité de ne changer que la lame en caoutchouc diminuerait fortement l'impact environnemental du produit complet.

La découverte des contraintes liées aux directives européennes

Les élèves disposent d'un extrait de la directive européenne applicable aux véhicules hors d'usage (« La directive VHU », en encadré). Ils lisent l'article 2, définition 7, et expliquent la différence entre *recyclable* et *valorisable*. Ils lisent ensuite l'article 7, paragraphe 2, et déterminent que le produit répond *a priori* aux exigences de la directive pour 2015 – un produit à 95 % recyclable ou valorisable –, Valeo annonçant un produit recyclable à 100 %.

Afin d'appréhender les contraintes de toxicité, ils lisent l'article 2 et notent les éléments toxiques qui sont interdits : plomb, mercure, cadmium, chrome hexavalent.

La synthèse

Les élèves notent, pour chaque étape du cycle de vie, les améliorations apportées par le modèle Flat Blade 6 7.

L'essentiel en 2 heures

Les notions de base de l'écoconception semblent acquises par les élèves ; il est donc possible de les faire passer à travers un TP de 2 heures. L'arrivée de la spécialité ITEC dans le programme de STI2D va permettre d'institutionnaliser des séquences en écoconception. Je ne manquerai d'ailleurs pas de modifier cette séquence afin qu'elle s'inscrive dans une étude de cas qui permette l'identification de l'innovation technologique, débouchant sur une étude comparative de coûts. ■