

La démarche Eco conception pour les bogies d'ALSTOM Transport

Julie LANDI (Ingénieur Eco conception)

Société SECTOR
Villebon-sur-Yvette, FRANCE
Julie.landi@sector-group.eu

Michelle MARTIN (CCN Eco conception)

Société ALSTOM Transport
Le Creusot, France
Michelle.martin@transport.alstom.com

Résumé — Cet article présente la démarche Eco conception mise en place par ALSTOM Transport. Cette démarche permet de gérer les risques environnementaux des produits dès leur conception et pendant tout leur cycle de vie. Cette démarche a pour but de réduire les impacts environnementaux dans l'air, l'eau, le sol et pour les êtres humains. Il présente les grandes lignes de la démarche d'ALSTOM Transport en s'appuyant sur les résultats obtenus pour un bogie d'un matériel ferroviaire de très grande vitesse grâce à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) effectuée par SECTOR.

Mot clés : Eco conception, impacts environnementaux, bogie, ACV, cycle de vie.

Summary— This article presents the ALSTOM Transport's commitment on the environment and the sustainable development through its Eco design approach. This allows managing the environmental risks of product from design and throughout their life cycle and aims to reduce environmental impacts to air, water, soil and for humans. This article provides an outline the approach of ALSTOM Transport on the basis of the results of a high speed rolling stock bogie through the Life Cycle Analysis (LCA) performed by SECTOR.

I. INTRODUCTION

La préservation de l'environnement est aujourd'hui reconnue comme étant un des enjeux majeurs pour la société. Chaque entreprise doit mettre en place des actions environnementales afin de contribuer à la maîtrise des impacts environnementaux de ses activités. Dans ce cadre ALSTOM Transport a initié une intégration progressive de l'environnement dans ses processus de conception en 1997 et à mis en place la démarche Eco conception depuis 2002. Sur certains sites de conception et de fabrication, cette démarche a été reconnue par la certification ISO 14001 sites et produits [1].

Chaque site d'ALSTOM Transport gère cette activité par une ou plusieurs personnes (experts, ingénieurs, consultants, ...). Une réunion trimestrielle regroupe toutes ces personnes afin de mettre en place les méthodologies, actions et objectifs pour des études Eco conception.

II. LA DEMARCHE ECO CONCEPTION

L'Eco conception (ou Eco design) est une démarche qui consiste à prendre en compte la dimension environnementale pendant tout le cycle de vie du produit. Cette démarche se fait dès la conception et a pour but de réduire tous les impacts environnementaux (dans l'air, le sol, l'eau et pour les êtres humains). Le cycle de vie d'un produit comprend l'extraction des matières premières, la fabrication, le transport, l'utilisation et le traitement en fin de vie.

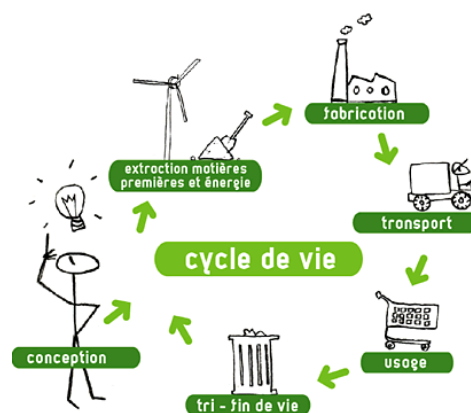


Fig. 1. Schéma du cycle de vie d'un bogie

L'objectif d'une telle démarche est d'envisager l'ensemble du cycle de vie du produit en gardant ses fonctionnalités et en évitant les transferts de pollutions.

Cette méthode permet de répondre à la démarche de certification ISO 14001 (chapitre 4.3) sur le management environnemental afin d'arriver à une déclaration environnementale des produits (ISO 14025) [2].

La déclaration environnementale présente des informations environnementales quantifiées sur le cycle de vie d'un produit afin de permettre la comparaison de produits remplissant la même fonction mais aussi afin de communiquer sur les avantages environnementaux de ces produits.

III. LA METHODE DE CALCUL

Pour quantifier ces informations environnementales ou réaliser une analyse du cycle de vie (ACV), tout d'abord est effectué un inventaire du cycle de vie reprenant :

- Tous les flux entrants du produit : les matières premières qui entrent dans la fabrication des bogies ainsi que dans la phase d'utilisation c'est-à-dire les pièces de rechange sur 30 ou 40 ans (consommables); l'énergie utilisée pendant l'extraction des matières premières, par les machines pendant la phase de fabrication; les distances parcourues entre l'usine de fabrication des bogies et l'usine de fabrication des caisses (voitures), ...

- Ainsi que tous les flux sortants : les rejets atmosphériques liés à l'extraction des matières premières, la fabrication, le transport, l'utilisation et le traitement en fin de vie et les rejets solides (déchets) qui seront calculés par un logiciel prévu à cet effet.

- De nombreux logiciels d'analyse du cycle de vie sont disponibles sur le marché: Simapro, Gabi, EIME™, ...

ALSTOM Transport utilise le logiciel EIME™ (Environmental Information and Management Explorer).

Le logiciel EIME™ intègre les exigences de la plate-forme ILCD (International Reference Life Cycle Database system) qui vise à harmoniser les pratiques en matières d'ACV des produits et inclus la mise à disposition d'une base de données européenne nommée ELCD.

Les modules utilisés sous EIME™ sont figés c'est-à-dire qu'il est impossible de modifier les flux entrants pour une matière quelconque, ce qui n'est pas le cas pour les autres logiciels (par exemple dans le logiciel Simapro aucune base de données n'est présente il est donc nécessaire de modéliser tous les flux de matières, d'énergie entrants dans la composition d'une matière ou d'un processus, un simple oubli fausserait les résultats de l'étude).

La base de données sous EIME™ étant figée toutes les études effectuées par ce logiciel pourront être comparées et un réalisateur indépendant pourra reproduire les résultats de cette étude (chapitre « Qualité des données, reproductivité » de l'ISO 14040).

IV. LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Ce logiciel permet de calculer 4 impacts environnementaux grâce à 11 indicateurs [3] :

➤ La consommation des ressources :

- RMD (Raw Material Depletion) : Appauvrissement des ressources naturelles,
- ED (Energy Depletion) : Consommation énergétique,
- WD (Water Depletion) : Consommation d'eau.

➤ Les impacts dans l'air :

- GWP (Global Warming Potential) : Réchauffement potentielle de la planète,
- POCP (Photochemical Ozone Creation Potential) : Création potentielle de la couche d'ozone photochimique,
- OD (Ozone Depletion) : Amincissement potentiel de la couche d'ozone stratosphérique,
- AT (Air Toxicity) : Toxicité de l'air,
- AA (Air Acidification) : Acidification de l'air.

➤ Les impacts dans l'eau :

- WE (Water Eutrophication) : Eutrophication de l'eau,
- WT (Water Toxicity) : Toxicité de l'eau.

➤ La production de déchets

- HWP (Hazardous Waste Production) : La production de déchets dits « dangereux ».

V. LES RESULTATS OBTENUS POUR UN BOGIE MOTEUR DE L'AGV [4]

A. Impacts des différentes phases du cycle de vie :

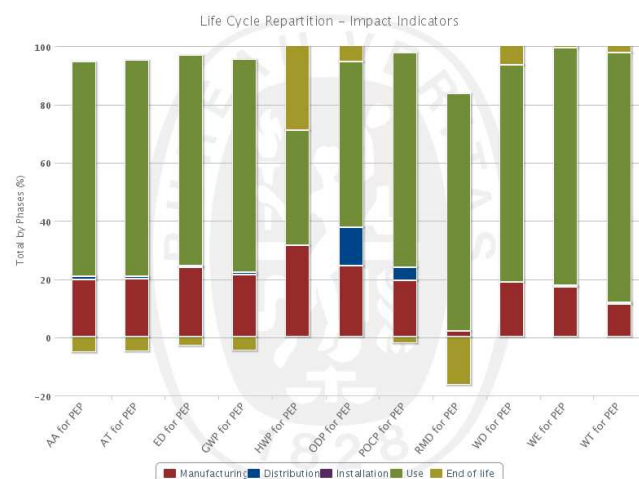


Fig. 2. Répartition des phases du cycle de vie pour chaque indicateur d'impact

Grâce à ce graphique, on constate plusieurs points :

La phase la plus impactante est la phase d'utilisation car elle prend en compte les consommables sur 40 ans et en particulier les garnitures et semelles de frein qui sont remplacées régulièrement,

La deuxième phase la plus impactante est la phase de fabrication,

La phase de distribution est négligeable,

La phase de fin de vie est importante pour l'indicateur HWP (environ 30%) dus aux matériaux mis en déchet (non recyclable et non valorisable). Pour d'autres indicateurs cette phase peut être négative grâce à la valorisation de matériaux surtout pour l'indicateur RMD : appauvrissement des ressources naturelles.

Cette étude permet de cibler les phases du cycle de vie à améliorer.

Nous ciblons 2 phases du cycle de vie du bogie AGV : la phase de fabrication et la phase d'utilisation ainsi que les 4 indicateurs les plus représentatifs :

- L'appauvrissement des ressources naturelles : RMD
- Le réchauffement de la planète : GWP
- L'amincissement de la couche d'ozone : OD
- La consommation d'énergie : ED

B. Recyclabilité et Valorisabilité

ALSTOM transport utilise des matériaux recyclables à 98% en moyenne pour les bogies et 95% pour les trains complets d'après les calculs effectués avec la méthode de la norme ISO 22628 [5].

Cette méthode calcule les taux de recyclabilité à l'instant T, alors que le logiciel EIME™ calcule ces taux pour tout le cycle de vie du produit (c'est-à-dire en prenant en compte les consommables, les chutes de matériaux, ...)

Le taux de recyclage calculé par EIME™ est donc réduit à 92 % au lieu des 98%.

Le taux de déchets de 8% correspond à différentes phases du cycle de vie et représente :

- Extraction des matières premières (exemple l'extraction de l'aluminium entraîne la production de « boue rouge » ce qui crée des déchets)

- Fin de vie : production de scories lors du recyclage (résidus de métaux en fusion), mise en décharge de matériaux non recyclables à ce jour (garnitures de frein).

Depuis février 2012, l'UNIFE [6] en groupe de travail avec différents représentants d'entreprises ferroviaires a créé une méthode de calcul de recyclabilité et de récupération commune à tous le matériel ferroviaire (UNI-LCA-001).

Cette méthode se base sur la méthode de calcul de l'ISO 22628 en apportant des modifications notamment en prenant en compte les taux réels de recyclage par exemple : l'acier sera recyclé à 98% et non plus à 100%.

Cette nouvelle méthode de calcul sera appliquée par ALSTOM Transport pour ses futurs projets.

C. Matériaux utilisés en fabrication

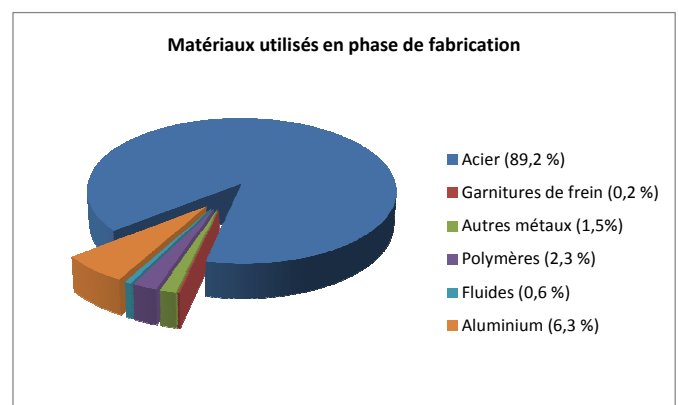


Fig. 3. Matériaux utilisés en phase de fabrication

Le bogie est composé de 97% de métaux dont 89% d'acier.

Les polymères ainsi que les fluides représentent 2,3% pour les polymères (comprenant les thermdurcissables, thermoplastiques et les caoutchoucs) et 0,6 % pour les fluides (huiles et graisses) de la masse totale d'un bogie AGV.

Les garnitures et semelles de frein représente seulement 0,2% de la masse totale du bogie.

D. Matériaux utilisés en utilisation

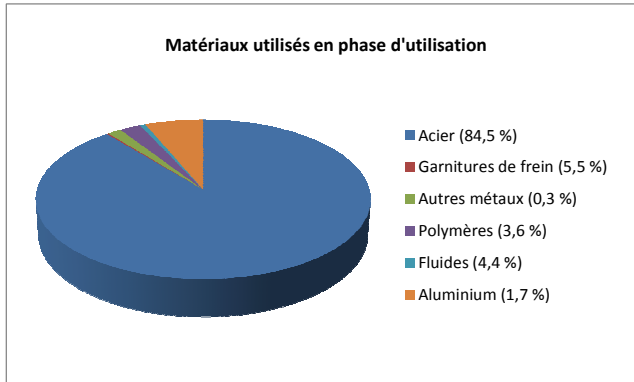


Fig. 4. Matériaux utilisés en phase d'utilisation

En phase d'utilisation, les matériaux les plus utilisés sont ceux qui seront remplacés régulièrement car dans cette phase la masse des consommables sur 40 ans est prise en compte.

Les composants métalliques représentent 86% de la masse totale des consommables.

Les freins, qui ne représentent seulement que 0,2 % de la masse totale du bogie en fabrication, représentent 5,5% de la masse totale des pièces de rechange (fréquences de remplacement de ces pièces sont rapprochées).

Les polymères et les fluides ont aussi un pourcentage plus élevé car leur espérance de vie est plus courte que celle des pièces métalliques.

E. Matériaux les plus impactant sur l'indicateur : Réchauffement de la planète (GWP)

La terre reçoit les radiations du soleil à sa surface. Une partie de cette radiation thermique est absorbée par les gaz à effet de serre (CO₂, CO, Méthane, vapeur d'eau, CFC, O₃, ...) mais la majeure partie reste sur la terre. Le résultat est que la terre perd moins de chaleur vers l'espace et est plus chaude qu'elle ne le devrait. Ce phénomène est naturel mais son amplification résulte de l'activité humaine.

1) Phase de fabrication :

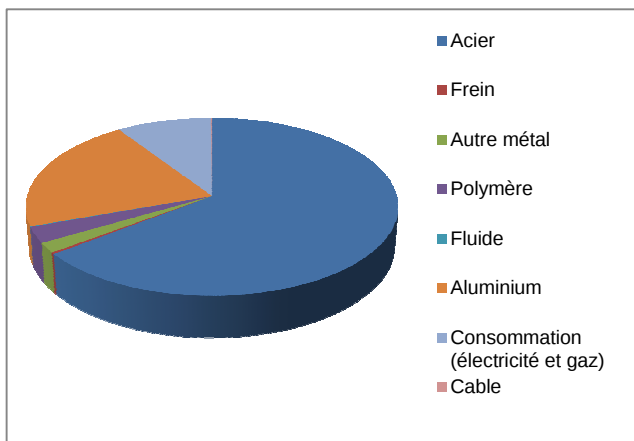


Fig. 5. Matériaux impactants l'indicateur GWP en phase de fabrication

L'acier contribue à 64,4 % au réchauffement de la planète, l'aluminium à 21,2 % ceci est dû aux processus de fabrication de ces matériaux ainsi qu'aux processus d'extraction de matières rejetant des gaz à effet de serre, notamment du CO₂, dus aux machines.

La consommation d'électricité et de gaz rejette aussi des gaz à effet de serre à hauteur de 9,2 %.

2) Phase d'utilisation :

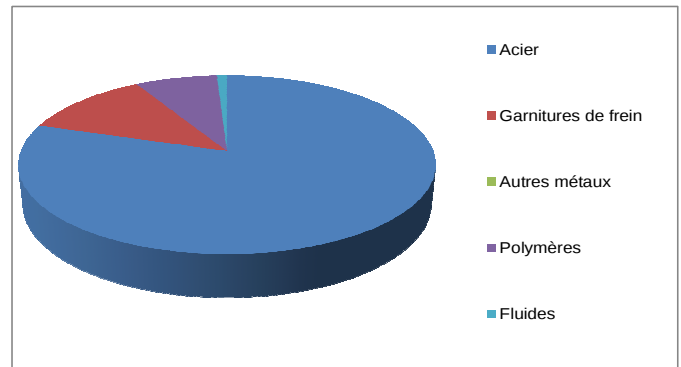


Fig. 6. Matériaux impactants l'indicateur GWP en phase d'utilisation

En phase d'utilisation, l'acier contribue à 79,5 % au réchauffement de la planète, les freins contribuent à 11,7 % et les polymères à 7,3 %.

Grâce au logiciel EIME™ nous pouvons extraire :

- Tous les flux permettant les impacts de chaque indicateur
Par exemple pour l'indicateur GWP : 277 émissions dans l'air entraînent le réchauffement de la planète notamment par les gaz suivants : CFC-114, CFC-12, CFC-13, FC-318, HFC-116, HFC-23, HFE-125, Trifluorure d'azote et Hexafluorure de soufre.

- Tous les flux entrants dans la composition d'un matériau
Par exemple pour l'acier : les flux d'émission dans l'air (dioxyde de carbone), dans l'eau (ammoniac), les ressources (fer, huile brute, l'eau), les énergies utilisées (énergies primaires) et les déchets générés.

Grâce à ces informations nous pouvons justifier les impacts provoqués par chaque matériau sur chaque indicateur d'impact.

F. Interprétation des résultats et amélioration possible

Interprétation

1) Les différentes phases de vie

Les phases qui impactent le plus l'environnement dans le cycle de vie d'un bogie AGV sont la phase de fabrication et la phase d'utilisation. Ces deux phases sont donc étudiées afin d'améliorer les impacts.

2) Recyclage d'un bogie AGV

Le bogie AGV étudié a un taux de recyclabilité en fin de vie de 99,60 % et 99,80 % de valorisabilité (recyclabilité + valorisation énergétique) d'après la méthode de calcul de l'ISO 22628.

En prenant en compte l'intégralité du cycle de vie du bogie AGV, son taux de recyclage obtenu avec le logiciel EIME™ est de 91,82 % et 0,12% de valorisation énergétique.

3) Les matériaux impactants

a) En phase de fabrication :

Les matériaux les plus impactants dans cette phase sont l'acier et l'aluminium.

L'impact de l'acier s'explique principalement par sa masse élevée dans le bogie.

L'aluminium, à hauteur de 5 % dans la masse totale du bogie, présente de nombreux impacts dus à son processus d'extraction et de fabrication particulier.

Les métaux ont un processus de fabrication très énergivores (intégrant l'extraction des matériaux) et qui rejette des gaz à effet de serre ce qui impactent beaucoup l'indicateur GWP (réchauffement de la planète).

b) En phase d'utilisation :

L'acier impacte le plus cette phase car il représente 84,5 % de la masse totale des pièces de rechange du bogie celui est dû aux différentes pièces hybrides (caoutchouc/métal) qui sont remplacées entièrement.

Les freins impactent beaucoup cette phase car leur remplacement est très fréquent et leur composition est particulière.

Les polymères impactent aussi un peu plus cette phase que celle de fabrication du fait de leur durée de vie limitée par rapport à celle des métaux.

4) L'énergie

La consommation d'électricité et de gaz impacte à hauteur de 10 % l'indicateur GWP (réchauffement de la planète) du au CO2 rejeté par l'électricité et le gaz naturel utilisé.

Amélioration

Nous avons ciblé les phases du cycle de vie du bogie AGV les plus impactantes ainsi que les matériaux qui contribuent le plus à ces impacts.

Il faut chercher des axes d'amélioration pour diminuer au maximum ces impacts :

1) Ce que nous maîtrisons :

La recyclabilité des matériaux utilisés ainsi que les filières de recyclage associées,

Ceci permet de réduire:

- l'indicateur d'appauvrissement des ressources naturelles (RMD) : utilisation de matériaux contenant des matériaux recyclés,
- l'indicateur de consommation d'énergie : utilisation de matériaux valorisables énergétiquement en fin de vie.

Les substances soumises à législation (règlements REACH et RoHS) : éradication et recherche de produits de substitution non dangereux : réduction des pollutions dans le sol, dans l'air et dans l'eau.

2) Ce que nous ne maîtrisons pas :

Les émissions dans l'air : rejet des gaz à effet de serre en fabrication et en utilisation : émissions lors du freinage du train.

Aucune étude à ce jour, ne nous permet de savoir exactement quelle(s) action(s) mettre en place pour les réduire.

ALSTOM Transport dispose de nombreux documents/standards permettant de répondre aux exigences environnementales et de satisfaire ses clients.

En dix ans, ALSTOM a contribué à la diminution du réchauffement de la planète (GWP) [7] :

En 2000 : émission d'un bogie pour 1 km/passager : 6,98 grammes équivalent de CO2,

EN 2010 : 2,2 g équivalent de CO2/km/passager.

En cinq :

- Eradication du chrome VI présent dans les traitements de surface.
- Augmentation du pourcentage de recyclabilité : de 97,4 % à 99,2 %.

ALSTOM Transport souhaite aller plus loin en maîtrisant tous les impacts de ses produits et notamment les émissions air, sol, eau et toxicité humaine.

Un des axes d'améliorations prioritaire pour ALSTOM Transport serait d'être certifié ISO 14006 pour les bogies [8], [9].

[9] Nouvelle norme ISO relative à la réduction des impacts environnementaux des produits et services - www.iso.org/iso/fr

VI. CONCLUSION

ALSTOM Transport réalise des études Eco conception pour tous leurs produits. Ces études comprennent plusieurs dossiers notamment l'ACV qui permet de calculer et analyser tous les impacts environnementaux des produits pendant tout son cycle de vie.

Le logiciel utilisé est le logiciel EIME qui intègre une base de données européenne et une méthode de calcul reconnue internationalement.

A ce jour, une équipe d'experts et de professionnels (dont des salariés Eco conception d'ALSTOM Transport) mettent en place les PCR (Product Category Rules).

Le développement des PCR a été initié en Juin 2008 par l'UNIFE.

Les PCR décrivent comment effectuer l'évaluation du cycle de vie (ACV) selon la norme ISO 14040 et d'autres évaluations environnementales pour le développement d'une EPD ® (Déclaration Environnementale Produit) selon la norme ISO 14025 pour tous les produits ferroviaires.

ALSTOM Transport a pour but d'aller jusqu'à ses EPD afin de pouvoir comparer ses produits à ceux des concurrents.

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier les personnes du congrès Qualita pour avoir accepté ma communication.

Je remercie également toutes les personnes que j'ai pu rencontrer à ALSTOM Transport sur le site du Creusot ainsi que tous mes collègues de SECTOR pour leurs précieux conseils.

REFERENCES

[1] AFNOR, 2004, NF ISO 14001, Chapitre n°3

[2] [AFNOR, 2006, NF ISO 14025

[3] CODDE, 2008, Indicators Manual, version 1. 9.

[4] Julie LANDI, 2009, Analyse du Cycle de vie des bogies AGV.

[5] AFNOR, 2002, NF ISO 22628 – Recyclabilité et valorisabilité – Méthode de calcul.

[6] UNIFE, 2012, Rolling stock – Recyclability and Recoverability – Calculation method.

[7] [5] [8] AFNOR, 2011, NF EN ISO 14006 – Lignes directrices pour intégrer l'éco-conception.