

L'aluminium améliore la sécurité des transports

Textes et illustrations pour la presse européenne des transports

Décembre 2004

Résumé:

Dans le cadre de son Programme d'action pour la sécurité routière, la Commission européenne semble vouloir introduire des critères d'absorption de l'énergie pour les véhicules industriels. L'industrie de l'aluminium a élaboré plusieurs solutions pour les secteurs automobile et ferroviaire et sent prête à relever ce défi pour les poids lourds.

Sommaire:

- Introduction
- Le principe
- Trouver un compromis entre la décélération la plus douce et la légèreté
- Les atouts des pièces de sécurité en aluminium
- Quelques exemples
- Que pourrait-on faire pour les véhicules industriels?

Pour de plus amples informations, veuillez contacter

Bernard Gilmont

European Aluminium Association

Téléphone: + 32 2 775-63 40 Fax: -63 43

www.alutransport.org (camions)

www.aluminium.org (général)

Introduction

Lorsque l'on saute d'un mur, tout le monde admettra qu'il soit préférable de retomber sur ses pieds en pliant les genoux plutôt que de se jeter la tête la première en raidissant son corps. Le même principe s'applique à la sécurité dans les transports.

Pour augmenter les chances de survie en cas d'accident, les véhicules doivent être conçus de manière à maintenir la déformation hors des zones occupées et à amortir le choc subi par les occupants.

Dans ce contexte, les composants en aluminium sont de plus en plus utilisés dans les secteurs automobile et ferroviaire. Ils renforcent la sécurité à un coût avantageux et avec une pénalité pondérale minimale.

En ce qui concerne les véhicules industriels, après avoir imposé les dispositifs anti-encastrement frontaux, latéraux et arrière, l'Europe semble à présent vouloir aller plus loin afin de sauver des vies, en introduisant des critères d'absorption de l'énergie. En effet, certains constructeurs affirment que l'introduction d'une zone déformable à l'avant des poids lourds réduirait le nombre de morts de 900 unités par an sur les routes européennes.

Le présent document explique ce que l'industrie de l'aluminium a conçu pour les secteurs automobile et ferroviaire et esquisse ce qu'elle pourrait réaliser pour les camions.

Le principe

Lorsqu'un véhicule est en mouvement, il possède une certaine quantité d'énergie cinétique proportionnelle à sa masse et au carré de sa vitesse. Pour ralentir le véhicule en cas d'urgence, l'essentiel de cette énergie doit être dissipée sous la forme de chaleur au niveau des freins et des pneus. Si cela n'est pas suffisant, la collision est inévitable et le véhicule absorbe la majeure partie de l'énergie résiduelle par déformation plastique¹.

Afin de limiter les lésions occasionnées aux occupants en cas d'accident, il convient d'éviter la déformation de l'habitacle grâce à une déformation contrôlée des parties non habitées. Quelque soit le matériau utilisé, les zones destinées à être écrasées seront donc moins résistantes que l'habitacle.

En outre, plus la zone de déformation est longue, plus douce est la décélération moyenne pour les occupants. Malheureusement, cela signifie aussi un volume et un poids supplémentaires alors que la tendance actuelle privilégie plutôt compacité et légèreté. Il faudra donc trouver le meilleur compromis entre la décélération la plus douce et la légèreté.

Trouver un compromis entre la décélération la plus douce et la légèreté

Pour mieux comprendre ce que cela signifie, examinons deux tubes métalliques cylindriques dans le cas simple d'un choc axial dans des conditions de laboratoire.

¹ Cependant, si le véhicule et/ou l'obstacle sont toujours en mouvement après l'accident, le système aura conservé une partie de son énergie cinétique initiale, réduisant dans la même proportion la quantité d'énergie à absorber par déformation plastique. Cette situation peut se produire dans les accidents de référence étudiés dans le secteur ferroviaire.

Si, pour une quantité définie d'énergie à absorber, on recherche la solution la plus compacte et la plus légère possible, on choisira un tube très résistant, court et épais, dont tout le volume subira des déformations plastiques importantes², ainsi que l'illustre la figure 1.

Cette solution permet d'absorber près de 50 kilojoules (kJ) d'énergie par kg d'aluminium³, elle est très compacte, mais impose une forte décélération aux passagers en cas d'accident.

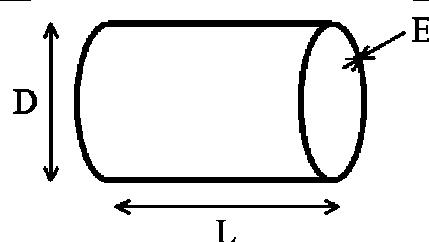
Si une solution douce est requise, on choisira un élément moins résistant et moins épais, qui s'écrasera comme une canette de boisson, ainsi que l'illustre la figure 2. Etant donné que de nombreuses zones resteront planes et pratiquement non déformées, l'absorption d'énergie sera limitée à environ 25 kJ par kg d'aluminium⁴ et un élément plus long sera requis. Au plan des avantages, la décélération en cas d'accident sera beaucoup plus douce.

Comparaison entre deux solutions en aluminium extrêmes, pour la même capacité d'absorption d'énergie (7,5 kJ)

Dimensions avant écrasement

Cylindre court et épais

D = 70 mm
E = 5 mm
L = 54 mm
Poids: 150 g



Cylindre long et mince

D = 92 mm
E = 1,5 mm
L = 261 mm
Poids: 300 g

Résultats après écrasement

100% déformation plastique

Forte décélération
7,5 kJ absorbés, soit 50 kJ/kg_{alu}

Mélange de déformation plastique & élastique

Décélération douce
7,5 kJ absorbés, soit 25 kJ/kg_{alu}



Fig. 1



Fig. 2

² Mode de déformation : 100% déformation plastique

³ +20%, en fonction de la composition exacte de l'alliage d'aluminium et du traitement thermique subi.

⁴ Mode de déformation : mélange de déformation plastique et élastique

En pratique, il n'est pas possible d'obtenir 100% de déformation plastique et il faut généralement trouver un compromis entre les deux philosophies.

Il existe une multitude de solutions intermédiaires, et les sections peuvent être beaucoup plus complexes (rectangulaire, multi chambre, à épaisseur variable, etc.).

Les solutions les plus fréquemment utilisées dans le secteur automobile permettent d'absorber de 20 à 35 kJ par kg d'aluminium⁵ et d'assurer un taux de décélération acceptable. Leur mode de déformation ressemble à celui qui est illustré par la fig.2

Des systèmes qui se déforment selon le mode illustré par la fig.1 sont utilisés dans le secteur ferroviaire.

En pratique, les scénarios de choc sont beaucoup plus complexes et les systèmes d'absorption d'énergie ne sont pas limités à un seul élément. Néanmoins, les principes illustrés ci-dessus restent d'application.

Avantages des pièces de sécurité en aluminium

Légèreté

Si l'on considère les modes de déformation que subissent les pièces de sécurité, les systèmes en aluminium permettent d'absorber sensiblement plus d'énergie par unité de poids que les systèmes traditionnels en acier. Un allègement dépassant 40% est tout à fait réaliste.

Demi-produits à haute valeur ajoutée

L'aluminium peut facilement être extrudé et la complexité des profils qu'il est possible d'obtenir est pratiquement illimitée, ce qui permet non seulement de mieux contrôler la déformation en cas d'accident, mais aussi d'intégrer un grand nombre de fonctions dans une pièce.

En cas de besoin, les profils peuvent toujours être transformés ultérieurement (cintrage, emboutissage, perçage, etc.).

En fonction du volume de production, on peut également recourir aux solutions contenant des tôles, des produits moulés ou forgés.

Diversité des alliages et des traitements

En fonction des contraintes techniques et économiques, une large gamme d'alliages et de traitements thermiques permet aux concepteurs d'optimiser leur produit.

Les alliages les plus fréquemment utilisés sont l'aluminium-magnésium-silicium (série 6000) et l'aluminium-zinc (série 7000).

⁵ En cas de chocs axiaux unidirectionnels.

Quelques exemples

Automobile

Elue en 2003 voiture de l'année, la Renault Mégane II est équipée d'un pare-chocs avant en aluminium et de deux "crash boxes" en aluminium.

Parmi d'autres critères, le système est conçu pour absorber l'énergie d'un choc à une vitesse d'impact de 16 km/h.

Cela permet d'éviter la déformation de la structure du véhicule lors d'accidents urbains typiques et facilite les réparations.

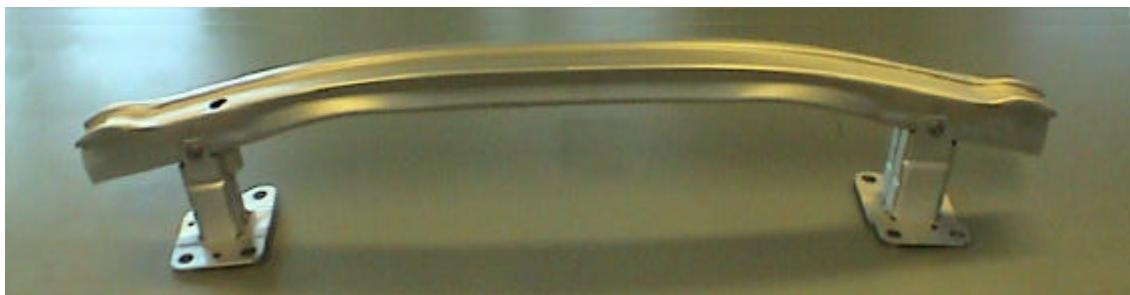


Fig. 3

Résultat: à performance égale avec des solutions traditionnelles, l'allègement offert par l'ensemble en aluminium dépasse 40%⁶.

Le gain de poids réalisé sur le pare-chocs avant améliore également la tenue de route du véhicule dans les virages.

Les pare-chocs avant et arrière en aluminium ont déjà conquis un tiers du marché automobile européen.

Chemins de fer

Un module déformable en aluminium a récemment été conçu et testé dans le cadre du programme européen Safetram, destiné à améliorer la sécurité passive des tramways.

Afin de faire face aux multiples scénarios d'accident, le système développé permet d'absorber des chocs avec divers obstacles provenant de directions différentes.

A titre d'exemple, il est conçu pour amortir un choc frontal à 20 km/h avec un tramway identique pesant 35t (voir fig.4, 5 & 6) ou une collision à 45° à 25 km/h avec un véhicule utilitaire léger (3t).

Le poids n'était pas un critère décisif pour ce projet mais grâce à l'aluminium, le module ne pèse pas plus de 68 kg.

⁶ Comparé aux solutions traditionnelles utilisées sur les véhicules de la même catégorie ayant également obtenu 5 étoiles au crash test EURO NCAP.

En ce qui concerne les trains et sans entrer dans les détails, mentionnons également que les wagons en aluminium du TGV à deux niveaux, sont conçus pour subir une collision à 110 km avec un obstacle de 80t, sans superposition des wagons ou déformation des compartiments voyageurs⁷.

Crashtest pratiqué dans le cadre du programme Safetram



Fig. 4



Fig. 5

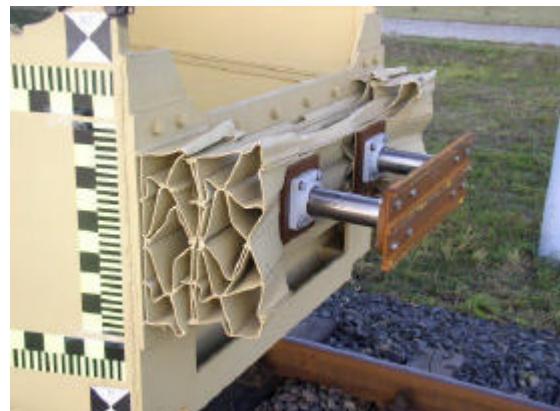


Fig. 6

Que pourrait-on faire pour les véhicules industriels ?

Les solutions adoptées dépendront des normes et règlements en matière d'absorption d'énergie relative aux camions, qui n'existent pas encore actuellement. Cependant, des projets de recherche fondamentale sur lesquels elles pourraient se baser ont été menés ou sont encore en cours⁸.

⁷ Vitesse après choc: 90 km/h. D'autres scénarios de référence sont prévus dans la future norme de résistance aux chocs pour les structures ferroviaires: 1) train roulant à 36km/h contre un train identique à 0km/h; 2) train roulant à 36km/h contre un wagon de fret de 80t ; 3) train roulant à 110km/h contre un camion de 15t;

⁸ Le Comité européen pour l'amélioration de la sécurité des véhicules (EEVC) a élaboré une procédure de test et des critères de performance pour des dispositifs anti-encastrement frontaux déformables (www.eevc.org)

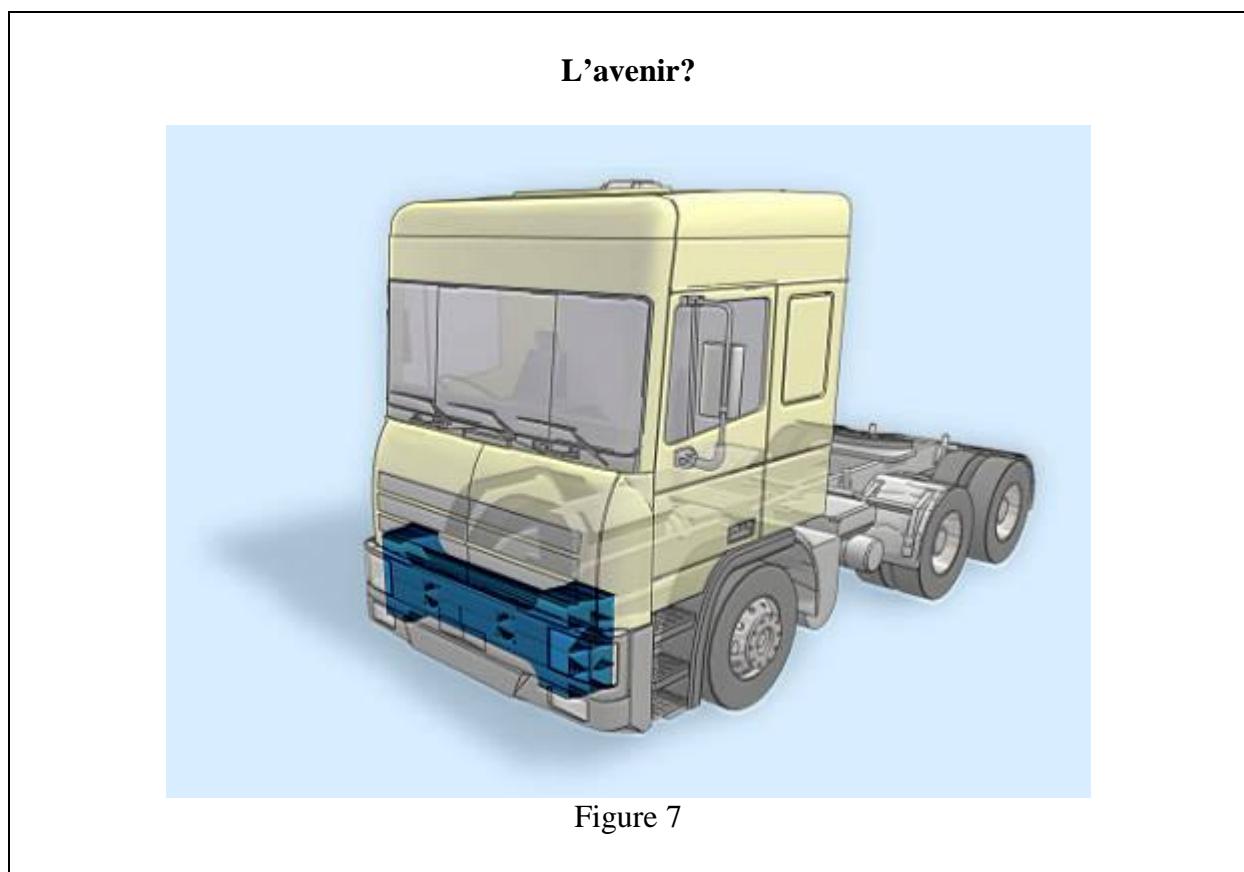
Le Vehicle Crash Compatibility consortium (VC-COMPAT) poursuit actuellement les travaux de l'EEVC (<http://vc-compat.rtdproject.net>)

Un groupe d'experts chargé des enquêtes sur les accidents de transport a été mis en place le 1er juillet 2004 et il conseillera la Commission européenne sur sa stratégie en matière de sécurité des transports.

Quel que soit le règlement final, le poids et les dimensions de la zone déformable dépendront directement des données suivantes:

- La résistance des obstacles et les angles d'impact, qui détermineront la résistance de la zone déformable. Pour un angle de choc donné, cette dernière devra donc être inférieure à la résistance de l'obstacle le plus faible pouvant provenir de cette direction.
- La masse du camion et des obstacles à prendre en compte – leur vitesse et leur nature (fixe ou mobile, déformable ou non déformable): Ils définiront les quantités d'énergie que le système devra pouvoir absorber dans chaque direction.

Plus la variété des scénarios à considérer sera importante, plus la géométrie et l'optimisation du poids seront complexes.



La Figure 7 montre à quoi un tracteur routier pourrait ressembler si les accidents de référence étaient comparables à ceux du programme Safetram.

Il convient enfin de souligner que d'autres pièces du véhicule, tels que les dispositifs anti-encastrement frontaux et arrière pourraient également jouer un rôle important dans l'absorption d'énergie.

Sur la base de ce qui pourrait être conçu pour répondre aux attentes des secteurs automobile et ferroviaire, il ne fait aucun doute que l'industrie de l'aluminium est capable de relever le défi de l'amélioration de la sécurité des véhicules industriels.

Références:

- Dr. Pius Schwellinger & Dr Ernst Lutz (Alcan): *Aluminiumprofilwerkstoffe für energieabsorbierende Bauteile im Fahrzeugbau*; numéro spécial d'ATZ/MTZ "Werkstoffe im Automobilbau 98/99"
- Dr. Wolfgang Guth & Dipl.-Ing. Christian E.Lodgaard (Hydro): *Leichtes Design für leistungsstarke passive Sicherheit*; numéro spécial d'ATZ/MTZ
- Dipl. Ing Jürg Zehnder (Alcan): *Ueber die Crash-Sicherheit von Aluminium-Wagenkästen*