

# Essuie-glace & pare-brise

## La visibilité ne tient qu'à un fil



Les balais d'essuie-glace ont pour fonction d'assurer une visibilité de la scène routière en toute circonstance et de minimiser les risques d'accident de la circulation. Dans le dessein de réduire les niveaux de frottement à l'interface élastomère-verre, de contrôler la fonction essuyage, de supprimer la génération de crissements et d'anticiper sur les nouvelles technologies, une étude a été initiée entre Valéo et l'institut Carnot I@L (Laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes à l'École centrale de Lyon), au travers d'une thèse dans le cadre d'une Convention industrielle de formation pour la recherche (Cifre).

TEXTE : DENIS MAZUYER, DIRECTEUR DU LTDS, UMR 5513 CNRS DE L'INSTITUT CARNOT I@L.

PHOTO : 2007 VALEO S.A. ALL RIGHTS RESERVED

Les balais d'essuie-glace sont fabriqués à partir d'élastomères (caoutchouc) qui peuvent être d'origine naturelle et/ou synthétique pour épouser au mieux les formes du pare-brise. Ils constituent un joint étanche, mobile et flexible avec ce dernier. Cependant, comparés aux matériaux comme le verre ou les plastiques, les élastomères produisent des coefficients de frottement très élevés, ce qui les rend inutilisables en l'état. Afin de remédier à cela, les balais sont soumis à un traite-

### • REPÈRES LE RÉSEAU CARNOT

Fort de 13 000 chercheurs, le réseau des instituts Carnot fédère 33 structures de recherche qui se sont engagées à développer les partenariats de recherche avec les entreprises en garantissant écoute et professionnalisme. Afin de tirer partie de leur pluridisciplinarité, renforcer la dynamique de réseau et mieux exploiter leurs synergies et complémentarités, les instituts Carnot se sont structurés pour apporter une offre de R&D intégrée et adaptée aux besoins d'innovation des entreprises, de la PME aux grands groupes. Ainsi ont été créés des groupes thématiques TIC-MNT et Mécanique, Matériaux & Procédés, et des alliances sectorielles comme « Transport terrestre ».

ment de surface spécifique composé de deux couches successives dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques microns. L'ensemble de la fonction d'essuyage est généré par un contact verre-caoutchouc de très petite dimension, quelques dizaines de micromètres. Son optimisation, comprise au sens d'évacuer de façon homogène l'eau sans génération de bruit et d'usure, nécessite une compréhension fondamentale de la réponse tribologique et vibro-acoustique selon les conditions de mouillage. Dans cette optique, une étude détaillée de l'interface entre un matériau élastique rugueux (l'élastomère) et un plan lisse et rigide (le verre) pour l'application à l'essuyage a été initiée entre Valéo et le Laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes de l'institut Carnot I@L à l'École centrale de Lyon, dans le cadre d'une thèse Cifre.

### ■ CINQ RÉGIMES DE FROTTEMENT IDENTIFIÉS

Un protocole expérimental, fondé sur le principe de l'interférométrie optique, a été élaboré pour mesurer les épaisseurs de film d'eau avec une résolution nanométrique et l'évolution de l'aire réelle de contact en fonction des conditions tribologiques. L'observation continue du contact grâce à des techniques d'imagerie rapide (jusqu'à 160 000 images/s) pour accéder aux phénomènes dynamiques révèle le fort caractère multi-aspérités de l'interface élastomère-verre. Cela impose une description statistique, tant sur le plan de la modélisation que sur celui de la simulation expérimentale. En effet, l'aire de contact se subdivise en un ensemble de micro-spots visibles à une échelle d'observation plus élevée, et la lame de caoutchouc touche réellement le verre sur moins de 10 % de sa surface. Cinq régimes de frottement ont été identifiés selon la vitesse de glissement et la quantité d'eau présente au sein du contact. Le régime sec, plus sévère, se caractérise par des forces de frottement élevées en raison de l'adhésivité spontanée du caoutchouc sur la surface de verre. En régime mouillé, l'eau est partout présente en amont, et dans le contact les efforts de frot-

tement diminuent fortement, notamment aux vitesses de glissement supérieures à  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ , où un film d'eau épais sépare l'essuie-glace du pare-brise. Aux vitesses de glissement inférieures à  $0,1 \text{ m.s}^{-1}$ , la réponse tribologique de l'interface est très similaire à celle du contact sec, avec un glissement facilité par les quelques nanomètres d'eau piégés dans les cavités créées par le contact entre l'élastomère rugueux et le verre. Aux vitesses intermédiaires, le contact devient instable, ce qui provoque une vibration de lame donnant naissance à un bruit de crissement gênant pour le confort de conduite.

Le phénomène d'essuyage est finalement très complexe, puisque la lame ne constitue pas un joint étanche empêchant l'écoulement d'eau. Le mécanisme d'essuyage semble plutôt régi par le comportement d'un réservoir hétérogène en sortie de contact, constitué de multiples micropoches d'eau retenues par des forces capillaires. L'application du traitement de surface des élastomères et sa tenue dans le temps sont les points clés de cette problématique industrielle. Les propriétés de surfaces (énergies et topographie des surfaces) contrôlent complètement le comportement tribologique de l'interface, qui définit non seulement la zone d'apparition du crissement en fonction de la vitesse, mais aussi la performance en essuyage en fonction de la morphologie du contact.

### ■ DES MÉTHODES D'INVESTIGATION INNOVANTES

Ce partenariat a abouti au développement d'un système de caractérisation parfaitement adapté à la compréhension fondamentale des phénomènes tribologiques et vibro-acoustiques associés à la réponse du contact élastomère-verre. Du point de vue de l'industriel, ces travaux ont aussi apporté des méthodes d'investigations innovantes pour analyser les problèmes actuels constatés sur véhicules, quantifier des micro-défauts engendrés par les procédés de production, et mener des expertises sur de nouveaux profils ou matériaux ([www.ingenierie-at-lyon.org](http://www.ingenierie-at-lyon.org)). ▲