



**HAL**  
open science

## Caractérisation mécanique des matériaux des mécanismes de siège automobile

Olivier Bartier, Xavier Hernot, Gérard Mauvoisin, Charbel Moussa,  
Guillaume Delattre

► **To cite this version:**

Olivier Bartier, Xavier Hernot, Gérard Mauvoisin, Charbel Moussa, Guillaume Delattre. Caractérisation mécanique des matériaux des mécanismes de siège automobile. CNRIUT 2023 Saint Pierre - La Réunion, Jun 2023, Saint Pierre (La Réunion), France. hal-04364110

**HAL Id: hal-04364110**

**<https://hal.science/hal-04364110>**

Submitted on 26 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Caractérisation mécanique des matériaux des mécanismes de siège automobile

---

Olivier Bartier<sup>1</sup>

[olivier.bartier@univ-rennes1.fr](mailto:olivier.bartier@univ-rennes1.fr)

Xavier Hernot<sup>1</sup>

[xavier.hernot@univ-rennes1.fr](mailto:xavier.hernot@univ-rennes1.fr)

Gérard Mauvoisin<sup>1</sup>

[gerard.mauvoisin@univ-rennes1.fr](mailto:gerard.mauvoisin@univ-rennes1.fr)

Charbel Moussa<sup>2</sup>

[charbel.moussa@minesparis.psl.eu](mailto:charbel.moussa@minesparis.psl.eu)

Guillaume Delattre<sup>3</sup>

[guillaume.delattre@faurecia.com](mailto:guillaume.delattre@faurecia.com)

<sup>1</sup> IUT, Université de Rennes, Lab. Génie Civil et Génie Mécanique, 3 Rue du Clos Courtel 35704 Rennes

<sup>2</sup> IUT, MINES ParisTech, PSL Research University, CEMEF - Centre de mise en forme des matériaux, CNRS UMR 7635, CS 10207 rue Claude Daunesse, 06904 Sophia Antipolis Cedex, France

<sup>3</sup>FAURECIA sièges automobiles, Le pont de Vère, 61100 Caligny, France

## Thèmes – Matériaux - Mécanique

**Résumé** – Cette étude porte sur la détermination du comportement mécanique des mécanismes de sièges développés et produits par la société FAURECIA pour le secteur automobile. Cette détermination est primordiale car tout dysfonctionnement de ces mécanismes peut engendrer un risque sérieux sur la vie du passager présent sur le siège lors d'un accident. Les mécanismes de sièges, soumis à des contraintes très élevées, en statique et en dynamique, nécessitent l'emploi d'acier durcis superficiellement. La détermination des propriétés mécaniques des matériaux constituant ces mécanismes ne pouvant être que locale, celle-ci s'effectue au moyen d'une technique de caractérisation locale instrumentée développée au sein du laboratoire LGCGM de l'Université de Rennes : l'essai d'indentation instrumentée. Une procédure expérimentale innovante associée à l'application de modèles théoriques et numériques développés au sein de notre laboratoire ont permis de caractériser mécaniquement les différentes couches du matériau utilisé pour les mécanismes de sièges automobiles. Deux tests de validation, dont le principe est assez proche de celui du mécanisme utilisé industriellement, ont permis de valider les propriétés mécaniques identifiées par notre technique.

**Mots-Clés** – caractérisation mécanique, matériaux métalliques, test d'indentation instrumenté, matériaux durcis superficiellement.

## 1 Introduction

La société FAURECIA de Caligny (61) s'est spécialisée depuis plusieurs dizaines d'années dans l'étude, le développement et la production des mécanismes de sièges pour le secteur automobile (Figure 1). L'optimisation des facteurs poids/résistance/coût de ces mécanismes conduit cette entreprise à utiliser des aciers traités thermiquement présentant une surface très dure, capable de résister aux pressions de contact importantes, et un cœur suffisamment ductile pour résister aux chocs (Figure 2). Cette optimisation conduit aussi cette entreprise à effectuer des simulations numériques sur les mécanismes des sièges, ce qui nécessite la connaissance des lois de comportement des aciers durcis superficiellement. Pour des matériaux homogènes et isotropes, les paramètres d'une loi de comportement peuvent généralement être obtenus grâce à l'essai normalisé de traction (norme NF EN ISO 6892-1). Dans le cas d'un matériau durci superficiellement, l'essai de traction ne permet pas d'obtenir ces paramètres en raison de l'évolution des propriétés du matériau en fonction de la distance à la surface. Le laboratoire LGCGM de Rennes a pu démontrer ces dernières années la capacité de l'indentation instrumentée à conduire à l'identification des paramètres mécaniques de matériaux homogènes et hétérogènes [1-4]. Ce test, dérivé d'un essai de dureté classique, consiste à imposer l'enfoncement d'un pénétrateur de forme sphérique dans le matériau testé et à mesurer l'évolution de l'effort appliqué,  $F$ , en fonction de l'enfoncement,  $h$ . Afin de répondre à la problématique de la société FAURECIA, un partenariat a donc été mis en place entre cette société et l'équipe « indentation » du laboratoire LGCGM composée d'enseignants chercheurs de l'IUT de Rennes1. Le but de ce partenariat a été de développer une démarche s'appuyant sur le test mécanique d'indentation des matériaux pour obtenir l'évolution des propriétés mécaniques en profondeur des aciers durcis superficiellement.

## 2 Caractérisation du cœur du matériau

La démarche proposée par notre laboratoire nécessite au préalable la caractérisation du cœur de l'acier traité superficiellement. Celui-ci pouvant être considéré comme homogène, la caractérisation du cœur revient à déterminer par indentation 2 paramètres : la limite d'élasticité,  $\sigma_y$ , et l'exposant d'écrouissage,  $n$ . La connaissance de ces deux paramètres est essentielle pour prédire le comportement du matériau lorsque celui-ci est sollicité par des efforts. La connaissance de la limite d'élasticité permet de connaître le seuil à partir duquel le matériau se déforme plastiquement de manière irréversible. L'exposant d'écrouissage indique, une fois le matériau déformé de manière irréversible, la faculté de

durcissement de celui-ci lors de la plastification. Les résultats obtenus montrent que le test d'indentation couplée à une procédure d'optimisation de paramètres conduit, pour chaque matériau testé, à une solution unique  $[\sigma_y, n]$ . La comparaison des résultats obtenus par notre technique et par traction montre la capacité de l'essai d'indentation à identifier ces paramètres dans le cas d'aciers homogènes.

## 3 Caractérisation de la surface des aciers durcis superficiellement.

Concernant les aciers traités superficiellement étudiés, nous avons pu distinguer, une couche en extrême surface dans laquelle les propriétés mécaniques sont constantes et une zone intermédiaire, entre la couche de surface et le substrat, dans laquelle les propriétés mécaniques évoluent (Figure 2). Nous montrons que l'évolution de la résistance dans la zone intermédiaire est quasi linéaire. En se basant sur cette hypothèse, la démarche proposée s'effectue en 3 étapes. Dans une première étape, les propriétés mécaniques du cœur sont identifiées à partir d'un essai d'indentation instrumenté réalisé dans le cœur de l'échantillon, après coupe et polissage. Dans une deuxième étape, les épaisseurs caractéristiques des couches durcies sont déterminées à partir d'essais de micro-dureté. Enfin, les propriétés mécaniques des couches durcies sont déterminées par analyse inverse à partir d'un essai d'indentation effectué sur la surface du matériau traité superficiellement, en s'appuyant sur la connaissance des épaisseurs de couches et des propriétés mécaniques du cœur déterminées précédemment. Cette méthode a été appliquée avec succès sur différents aciers durcis superficiellement.

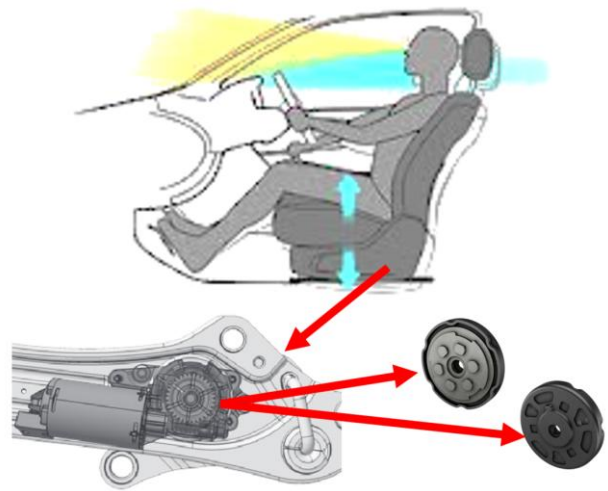


Figure 1 – Mécanisme des sièges automobiles.

## 4 Validation des résultats

Deux tests de validation, dont le principe est assez proche de celui d'un mécanisme de sièges développé par

FAURECIA, ont été conçus et instrumentés dans notre laboratoire. Le premier consiste à effectuer une indentation avec un cylindre afin de reproduire l'action du galet du mécanisme sur l'alésage du mécanisme de réglage des sièges automobiles (Figure 2). Le deuxième consiste à reproduire l'action d'un couple sur la poignée de pompage du mécanisme. Pour ce test, la validation expérimentale a consisté à mesurer l'angle de rotation de l'arbre de la poignée en fonction du couple appliqué. La Figure 2 montre que l'évolution de l'angle en fonction du couple appliqué est similaire à celle obtenue numériquement à partir des lois de comportement identifiées par indentation instrumentée. L'application des différents tests sur différents aciers durcis superficiellement permettent de valider les résultats obtenus par indentation sphérique et de montrer l'intérêt de la démarche de caractérisation par indentation des aciers traités en surface développée dans le cadre de cette étude.

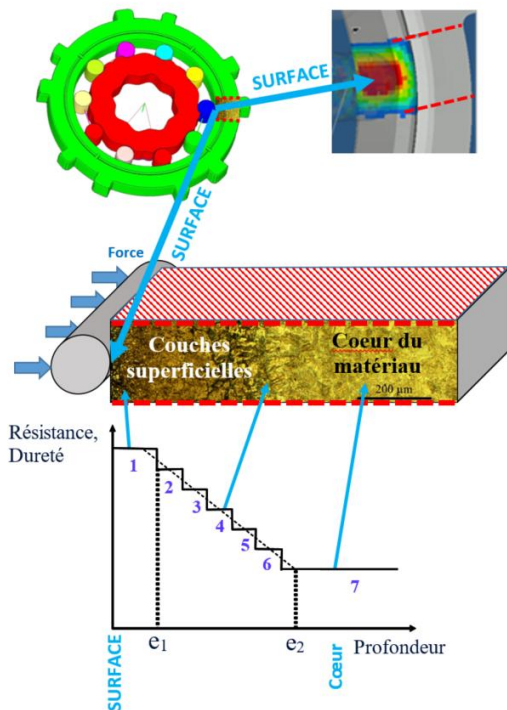


Figure 1 –Microstructure et résistance des couches superficielles des aciers traités thermiquement.

## 5 Conclusions

Dans ce travail, nous avons répondu à la problématique de FAURECIA en proposant une méthode de caractérisation par indentation instrumentée des aciers durcis superficiellement qui s'appuie sur l'outil d'analyse inverse. Les résultats obtenus montrent la validité du système expert développé par une équipe de recherche de l'IUT de Rennes pour la caractérisation mécanique de

matériaux métalliques durcis superficiellement.

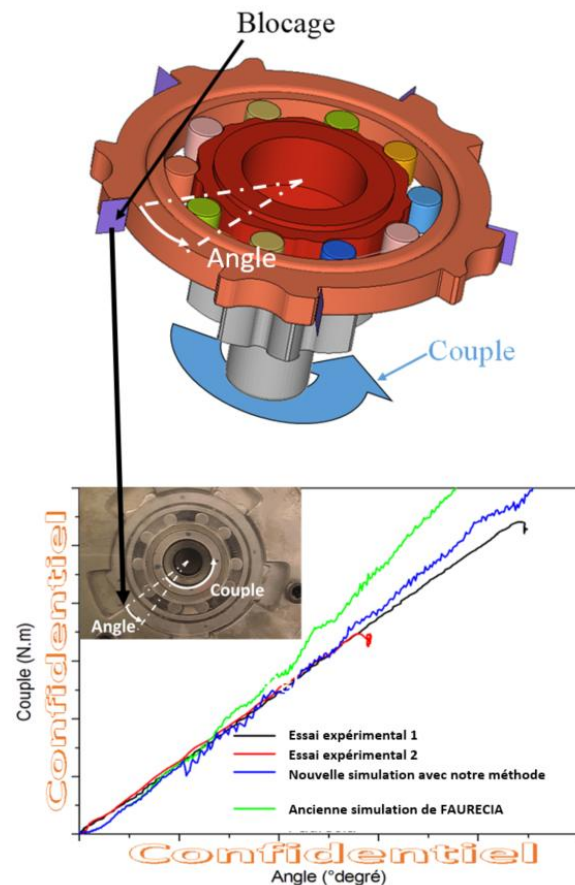


Figure 2 –Validation de la caractérisation mécanique par indentation à l'aide d'un test expérimental reproduisant l'action d'un couple sur la poignée de pompage du mécanisme de réglage des sièges automobiles.

## Références

- [1] Charbel Moussa, Xavier Hernot, Olivier Bartier, Guillaume Delattre, Gerard Mauvoisin, *Identification of the hardening law of materials with spherical indentation using the average representative strain for several penetration depths*. Material Science and Engineering A., 2014, 606, p. 409-416.
- [2] Charbel Moussa, Olivier Bartier, Xavier Hernot, Gerard Mauvoisin, Jean Marc Collin, Guillaume Delattre. *Experimental and numerical investigation on carbonitrided steel characterization with spherical indentation*. Surface and coating technology, 258, 2014, p. 782-789.
- [3] Charbel Moussa, Olivier Bartier, Xavier Hernot, Gerard Mauvoisin, Jean Marc Collin, Guillaume Delattre. *Mechanical characterization of carbonitrided steel with spherical indentation using the average representative strain*. Materials and Design, 89, 2016, p. 1191-1198.
- [4] Christine Schneider-Maunoury, A. Albayda, Olivier Bartier, Laurent Weiss, Gerard Mauvoisin, Xavier Hernot, Pascal Laheurte. *On the use of instrumented indentation to characterize the mechanical properties of functionally graded binary alloys manufactured by additive manufacturing*. Materials Today Communications, 25, 101451, 2020, p. 1-12.