

## Lettre d'information du GIME n° 17 – Juillet 2024

---

### *Editorial*

---

Nous sommes heureux de vous présenter la nouvelle édition de notre newsletter, avec comme nouveauté un focus scientifique et technique proposé par un membre de la communauté, soit sur l'un de ses développements ou plus généralement sur un sujet d'intérêt. N'hésitez pas à proposer vos contributions pour une prochaine édition !

Pour cette première édition de notre focus science et technique, nous avons le plaisir de vous proposer un article rédigé par Gérard Mauvoisin où il nous présente le Dispositif d'Indentation Portatif (DIPo) qu'il développe avec Olivier Bartier et Xavier Hernot au LGCGM (Université de Rennes).

**Save the date !** Ne manquez pas les deux événements majeurs organisés par notre groupe :

- Webinaire : 7 novembre 2024.
- Colloque : 1-3 octobre 2025 à Besançon.

📅 Réservez d'ores et déjà ces dates dans votre agenda !

Comme d'habitude, vous trouverez dans cette édition de la Gazette Empreinte une sélection des dernières publications des membres de notre groupe, ainsi que des offres de recrutement pour des postes à pourvoir au sein de nos laboratoires.

Julie Marteau, Francine Roudet, Alex Montagne

## Table des matières

|   |   |
|---|---|
| La vie au GIME .....                                    | 2 |
| Focus .....   | 2 |
| Renouvellement du Comité Scientifique et missions ..... | 3 |
| L'actu des labos .....                                  | 4 |
| Publications récentes du groupe .....                   | 4 |
| Recrutement .....                                       | 5 |
| Evènements .....  | 6 |
| Contacts .....  | 6 |

## La vie au GIME

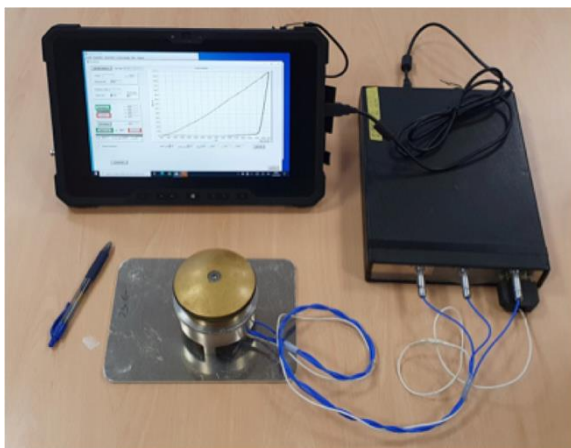
## Focus

**Dispositif d'Indentation Portatif**  
et logiciel de **Caractérisation Mécanique des Matériaux par Indentation**

*(par Gérard Mauvoisin)*

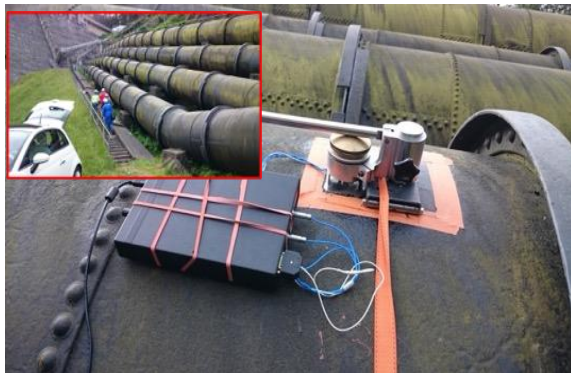
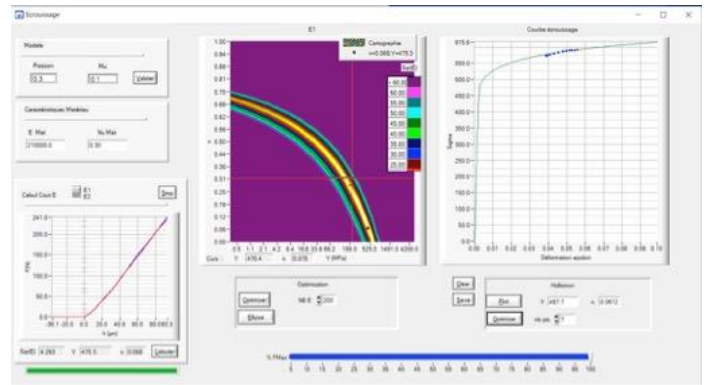
La conception et la réalisation de notre banc de macro-indentation « maison » a permis de constater qu'en plaçant 3 capteurs de déplacement disposés à 120° autour d'un indenteur monobloc, les déformations du banc d'essai au-dessus de l'indenteur et au-dessous de l'échantillon n'intervenaient pas dans la mesure de l'enfoncement de l'indenteur au cours d'un test d'indentation. En conséquence, la fabrication de bâtis massifs en granit ou mécanosoudés, traditionnellement utilisés pour minimiser l'impact de leur déformation sur la mesure de l'enfoncement de l'indenteur, n'était plus justifiée.

Ainsi, nous avons conçu, réalisé et breveté un dispositif d'indentation portatif (DIPO) qui tient dans la main [1]. Nous avons également développé un boîtier électronique regroupant les cartes électroniques des capteurs, la carte d'acquisition et l'alimentation par batterie. Cet ensemble relié à une tablette durcie permet de sortir du labo et de réaliser des indentations in-situ dans n'importe quel coin d'un atelier ou même sur un chantier extérieur. Le système peut être utilisé seul ou dans une base d'accueil avec système d'amplification de la charge.



Nous avons par ailleurs, dans le cadre d'un programme de maturation, bénéficié d'un financement de la SATT Ouest Valorisation pour réaliser le logiciel CaMMatI (Caractérisation Mécanique des Matériaux par Indentation) regroupant nos algorithmes d'acquisition des données et d'exploitation par post-traitement. Celui-ci consiste à exploiter la cartographie de l'écart entre une courbe d'indentation sphérique expérimentale (obtenue par DIPO ou tout autre banc d'indentation, moyennant la connaissance du profil de l'indenteur) et chacune des courbes d'une base de données afin de déterminer un point représentatif de la loi d'érouissage [2], [3]. En renouvelant la procédure pour différentes portions de la même courbe d'indentation, on accède à un ensemble de points représentatifs dont l'interpolation par une loi de Hollomon conduit à la loi d'érouissage la plus probable pour le matériau testé.

Pour réaliser l'essai d'indentation avec le DIPo, l'utilisateur lance l'acquisition de données et appuie progressivement sur la partie supérieure du dispositif en suivant la courbe d'indentation qui s'affiche en temps réel à l'écran. L'essai dure environ 30 secondes pour enfoncer de 80µm un indenteur de rayon 0,25mm. En quelques minutes, CaMMatI fournit ensuite la dureté du matériau, le module d'élasticité et les paramètres de la loi de Hollomon la plus probable (limite d'élasticité et exposant d'écroutissage) ainsi que le  $RP_{0,2}$  et la limite de rupture  $R_m$  du matériau.



L'ensemble DIPo+CaMMatI permet, en quelques minutes, de caractériser les matériaux sur place sans nécessiter la découpe d'éprouvette de traction.

Nous avons par exemple utilisé le dispositif avec succès pour la caractérisation sur site de conduites forcées dans un centre de production d'électricité EDF. Par ailleurs, dans le cadre d'une thèse sur la mise en place d'une filière de ré-emploi de structures issues de la démolition,

l'utilisation du système est prévue pour la caractérisation mécanique par indentation des matériaux sur site.

Notre service de valorisation se charge de trouver un partenaire pour l'industrialisation et la diffusion de ce produit.

- Réf : [1]: G. Mauvoisin. "Dispositif d'indentation instrumentée portable". Brevet FR 2953291 (A1) /WO 2011/064517 (A1)
- [2]: C. Moussa, X. Hernot, O. Bartier, G. Delattre, G. Mauvoisin. J. of Mat. Sci., 49 (2), 592-603. (2013)
- [3]: C. Moussa, X. Hernot, O. Bartier, G. Delattre, G. Mauvoisin. Mat. Sci. and Eng. A. Vol. 606, 409-416 (2014).
- Contact : X. Hernot, O. Bartier ou G. Mauvoisin. LGCGM-IUT de Rennes-Université de Rennes

## Renouvellement du Comité Scientifique et missions

Le comité scientifique a été renouvelé et est désormais composé de :

- Etienne Barthel (SIMM - Paris)
- Stéphane Benayoun (LTDS - Ecully)
- Ludovic Charleux (SYMME - Chambéry)
- Solène Dassonneville (IM2NP - Marseille)

Jean-Pierre Guin (IPR - Rennes)  
Guillaume Kermouche (LGF - Saint-Etienne)  
Vincent Keryvin (IRDL - Lorient)  
Florian Lacroix (LaME - Tours)  
Jean-Luc Loubet (LTDS - Ecully)  
Julie Marteau (Roberval – Compiègne)  
Gérard Mauvoisin (LGCGM – Rennes)  
Alex Montagne (LAMIH – Valenciennes)  
Charbel Moussa (CEMEF – Sophia-Antipolis)  
Marie-José Pac (LPMT - Mulhouse)  
Hervé Pelletier (ICS - Strasbourg)  
Fabrice Richard (Femto-ST - Besançon)  
Francine Roudet (LGCgE - Lille)  
Olga Smerdova (P' - Poitiers)  
Fabien Volpi (SIMAP - Grenoble)

Merci à eux d'avoir accepté de contribuer à l'animation et aux événements du GIME.

Les missions du comité scientifique sont de :

- Participer au prix de thèse.
- Rechercher des intervenants pour le webinaire.
- Contribuer à la gazette Empreinte.
- Être membre du comité scientifique du colloque bisannuel.
- Proposer des formations lors du colloque.
- Participer au livre indentation.
- Développer les outils de l'IndenToolbox.

## L'actu des labos

### Publications récentes du groupe

J.-P. Guin, K. Han, L. Charleux, J.-C. Sangleboeuf, M. Ferry, et V. Keryvin, « **A new nanometre resolution method for probing densification ratio at nanoindentation sites in glass: Unravelling discrepancies in the literature** », *Acta Mater.*, vol. 274, p. 120005, août 2024, doi: 10.1016/j.actamat.2024.120005.

T. S. Guruprasad, V. Keryvin, G. Kermouche, Y. Marthouret, et S. Sao-Joao, « **Compressive behaviour of carbon fibres micropillars by in situ SEM nanocompression** », *Compos. Part Appl. Sci. Manuf.*, vol. 173, p. 107699, oct. 2023, doi: 10.1016/j.compositesa.2023.107699.

D. Texier *et al.*, « **Effect of oxygen dissolution on the mechanical behavior of thin Ti-6Al-4V specimens oxidized at high temperature: Experimental and modeling approach** », *Corros. Sci.*, vol. 235, p. 112177, juill. 2024, doi: 10.1016/j.corsci.2024.112177.

D. Chicot, A. Montagne, A. Mejias, F. Roudet, et T. Coorevits, « **Improvement in Calibration Procedure in Nanoindentation: An Indenter Bluntness Indicator** », *Exp. Mech.*, vol. 64, n° 4, p. 467-485, avr. 2024, doi: 10.1007/s11340-024-01048-y.

J. Grondin, O. Smerdova, S. Castagnet, et C. Tromas, « **Intraspherulitic mechanical heterogeneities and microstructure of i-PP highlighted by nanoindentation and atomic force microscopy** », *Polymer*, vol. 285, p. 126391, oct. 2023, doi: 10.1016/j.polymer.2023.126391.

D. Ugi *et al.*, « **Irreversible evolution of dislocation pile-ups during cyclic microcantilever bending** », *Mater. Des.*, vol. 238, p. 112682, févr. 2024, doi: 10.1016/j.matdes.2024.112682.

U. D. Filippis, E. Prud'homme, et S. Meille, « **Micromechanical study of raw earth stabilization using instrumented indentation** », *Materialia*, vol. 34, p. 102060, mai 2024, doi: 10.1016/j.mtla.2024.102060.

I. Malkorra *et al.*, « **Multi-scale in-situ micro-mechanical characterization of Polymer Core Solder Ball (PCSB) coatings for BGA interconnections** », *Microelectron. Reliab.*, vol. 148, p. 115135, sept. 2023, doi: 10.1016/j.microrel.2023.115135.

V. Fauvel, Y. Gaillard, R. Guillemet, P. Garabédian, et F. Richard, « **Numerical and experimental crossed analysis of coated nanostructures through nanoindentation** », *Int. J. Mech. Sci.*, vol. 245, p. 108091, mai 2023, doi: 10.1016/j.ijmecsci.2022.108091.

G. Tiphéne *et al.*, « **Quantification of softening kinetics in cold-rolled pure aluminum and copper using High-Temperature Scanning Indentation** », *Mater. Des.*, vol. 233, p. 112171, sept. 2023, doi: 10.1016/j.matdes.2023.112171.

N. M. Della Ventura *et al.*, « **Response of magnesium microcrystals to c-axis compression and contraction loadings at low and high strain rates** », *Acta Mater.*, vol. 248, p. 118762, avr. 2023, doi: 10.1016/j.actamat.2023.118762.

J.-M. Scherer *et al.*, « **Tensile and micro-compression behaviour of AISI 316L austenitic stainless steel single crystals at 20 °C and 300 °C: Experiments, modelling and simulations** », *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 900, p. 146471, mai 2024, doi: 10.1016/j.msea.2024.146471.

Y. Marthouret, T. Zaouter, F. Ledrappier, et G. Kermouche, « **Wedge indentation of elastoplastic solids — from single indentation to interaction between indenters** », *J. Theor. Comput. Appl. Mech.*, p. 8945, mai 2024, doi: 10.46298/jtcam.8945.

## Recrutement

Le LAMIH de l'Université Polytechnique Hauts-de-France est à la recherche d'un candidat pour un séjour post-doctoral de 11 mois dans le cadre de la chaire CPJ MesuRufo (comportement MEcanique par indentation instrumentée multi-échelles des SURfaces RUGueuses Fonctionnelles). Le sujet de recherche proposé dans le cadre de cette offre de post-doctorat s'inscrit dans le domaine des surfaces : la compréhension et la maîtrise du comportement mécanique des surfaces rugueuses fonctionnelles. Ces surfaces, présentes dans de nombreux

domaines d'application (transport, énergie, micro-électronique, etc.), présentent des aspérités qui jouent un rôle crucial dans leur performance.

L'objectif de ce projet est de développer de nouvelles méthodes pour caractériser les propriétés mécaniques de ces surfaces rugueuses, en tenant compte de leur morphologie complexe. Les travaux s'appuieront sur des techniques d'indentation instrumentée, de profilométrie optique et tactile, de microscopie à force atomique et de simulation numérique.

Le profil recherché est un doctorat en matériaux, mécanique et/ou analyse morphologie des surfaces. Des compétences en *big data* et en simulation numérique seraient un plus.

Pour plus de renseignements contacter Alex Montagne ([alex.montagne@uphf.fr](mailto:alex.montagne@uphf.fr)) ou Maxence Bigerelle ([maxence.bigerelle@uphf.fr](mailto:maxence.bigerelle@uphf.fr)).

## Evènements

- Le prochain webinaire du groupe GIME se tiendra le 7 novembre 2024. Comme les années précédentes les intervenants seront de jeunes chercheurs (doctorants en fin de thèse ou post-doctorants), nous attendons vos propositions avant le 5 septembre ([gerard.mauvoisin@univ-rennes.fr](mailto:gerard.mauvoisin@univ-rennes.fr)).
- Le prochain colloque Indentation se tiendra du 1<sup>er</sup> au 3 octobre à l'école SUPMICROTECH-ENSMM de Besançon. Deux demi-journées de formation seront également proposées (30 septembre et 1<sup>er</sup> octobre).

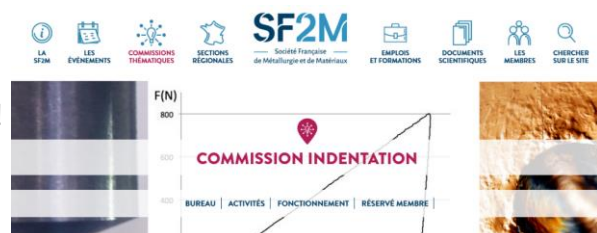
Plus d'informations seront diffusées via la liste du GIME. Si on vous a transmis cette newsletter, n'hésitez pas à demander votre inscription sur la liste de diffusion ([gerard.mauvoisin@univ-rennes.fr](mailto:gerard.mauvoisin@univ-rennes.fr)).

## Contacts

### Bureau du GIME

Président : Guillaume Kermouche  
Président adjoint : Alex Montagne  
Secrétaires : Julie Marteau  
Francine Roudet  
Président sortant : Gérard Mauvoisin  
Organisateur du prochain colloque : Fabrice Richard

Allez voir le site du GIME hébergé par la SF2M !  
Pour le consulter c'est par [ici](https://ici).



**Une info ? Une nouvelle à partager avec tout le groupe ? Une seule adresse : [gime@listes.asso.univ-rennes1.fr](mailto:gime@listes.asso.univ-rennes1.fr).**