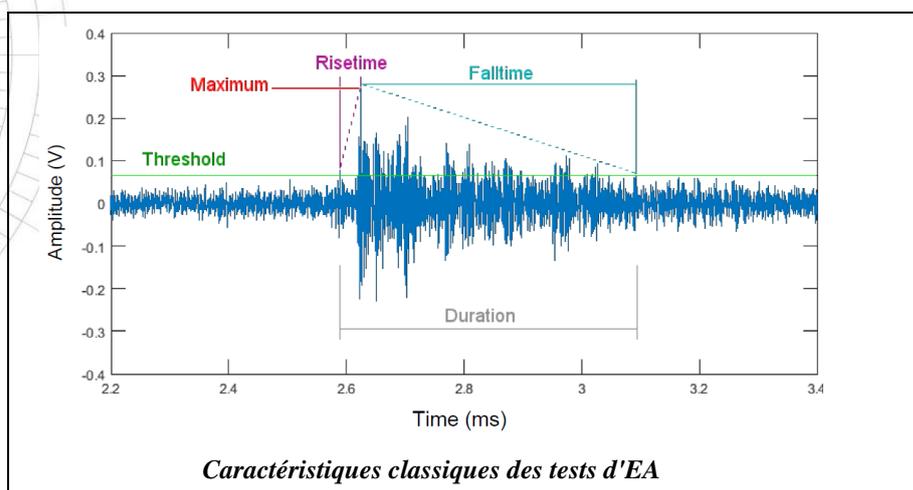


### EWGAE 2018 : 33<sup>EME</sup> CONFERENCE SUR LES ESSAIS PAR EMISSION ACOUSTIQUE

Près d'une centaine de présentations ont été faites à l'occasion de la conférence EWGAE qui s'est tenue à Senlis du 12 au 14 septembre 2018, dans les locaux du CETIM, organisateur de l'évènement.

Les avancées sur le traitement des données constituent le point marquant du congrès. Dans ce domaine, on relève que chaque laboratoire développe ses propres outils de traitement en fonction des applications.

Cette note de veille présente quelques conférences traitant de l'émission acoustique utilisée seule. Elle est complétée par une note relative aux procédés combinant l'émission acoustique avec une autre méthode de contrôle non destructif.



## Sommaire

MONITORING DES PROCEDES .....	2
MONITORING DES STRUCTURES METALLIQUES.....	2
TRAITEMENT DES DONNEES .....	3
RESERVOIRS SOUS PRESSION .....	4
LOCALISATION DES SOURCES .....	5
REFERENCES .....	5

## MONITORING DES PROCÉDES

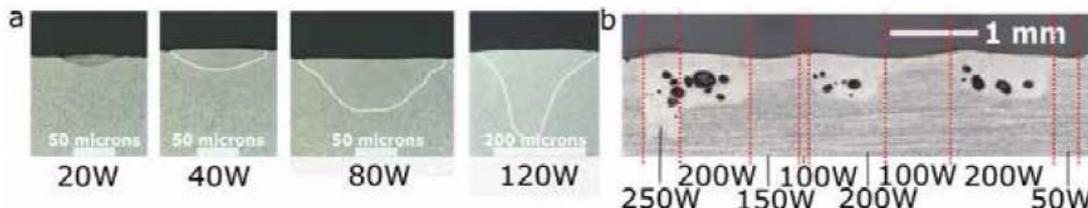
### Acoustic emission for *in situ* monitoring of laser processing

**Sergey SHEVCHIK, Quang Tri LE, Bastian MEYLAN, Kilian WASMER, Laboratory for Advanced Materials Processing, Empa - Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology,**

Une méthode de contrôle qualité des pièces pendant le procédé de soudage laser est mise au point.

Les mesures sont effectuées à l'aide d'un capteur piézoélectrique à haute sensibilité dans la gamme de fréquence 50-1850 kHz, fixé sur le porte-pièce en aluminium. Les signaux acoustiques sont analysés par ondelettes et décompositions de Fourier, suivi d'un apprentissage machine (machine-learning) développé sur Matlab. La méthodologie développée fonctionne en pseudo-temps réel.

Le système a été testé sur des soudures par points, et soudure SHADOW (Stepless High-speed Accurate and Discrete One-pulse Weld). Les essais ont été effectués pour différentes puissances du laser, lors du soudage de plaques de titane. L'unité de contrôle de la qualité *in situ* a démontré la capacité de classer la qualité des soudures avec un niveau de confiance de 82 % à 95 %. Il permet de détecter les régimes de soudage conduisant à l'apparition de pores.



*Coupe transversale de la pièce après a) soudage par points et b) soudage SHADOW. Les marqueurs indiquent la puissance de l'irradiation laser*

En raison des phénomènes similaires d'interaction lumière-matière, l'approche et l'appareil présentés peuvent également être mis en œuvre pour la surveillance d'autres technologies de traitement au laser, telles que la découpe, le perçage ou la fabrication additive.

Les travaux futurs porteront sur l'amélioration du niveau de confiance grâce à l'optimisation des algorithmes de traitement. Il pourrait s'agir par exemple d'un prétraitement de données d'apprentissage au travers de l'analyse des spectres. L'extension de la classification de manière récursive peut apporter une plus grande efficacité puisqu'elle fournit une meilleure analyse des transitoires.

## MONITORING DES STRUCTURES METALLIQUES

### Study of a steel railway bridge with defects under various load conditions

**Maren Nowak, Ireneusz Baran, Office of Technical Inspection, Cracow, Poland**

**Igor Lyasota, Cracow University of Technology, Poland**

#### Acoustic Emission Testing on a rail bridge

**Heribert Marihart, Gerald Lackner, Michael Posch, TÜV Austria, Vienna, Austria**

Ces deux présentations traitent de la surveillance de la structure de pont ferroviaires métalliques au moyen de mesures d'émission acoustique, en remplacement des habituelles méthodes comme le contrôle visuel. En Pologne comme en Autriche, les systèmes ont été mis en œuvre sur des ouvrages pendant le passage des trains. La procédure d'essai comprend des mesures continues ou intermittentes, l'extraction des données caractéristiques incluant les paramètres spécifiques du système et leur analyse statistique pour déterminer l'état de l'infrastructure.

L'émission acoustique permet de détecter et de localiser la zone de propagation de fissures actives ou de frictions pendant le passage des trains à différentes vitesses. En revanche les défauts ne peuvent pas être caractérisés avec cette méthode en termes de taille et de géométrie.

Des données complémentaires telles que des mesures de contraintes ou des informations sur la longueur et le poids du train peuvent être exploitées pour estimer les dommages temporels potentiels. Les résultats peuvent servir à évaluer la nécessité d'une réparation ou d'une modification de la structure, ainsi que la durée de vie résiduelle des composants.

## Damage monitoring on a steel truck trailer using parameter-based analysis of Acoustic Emissions

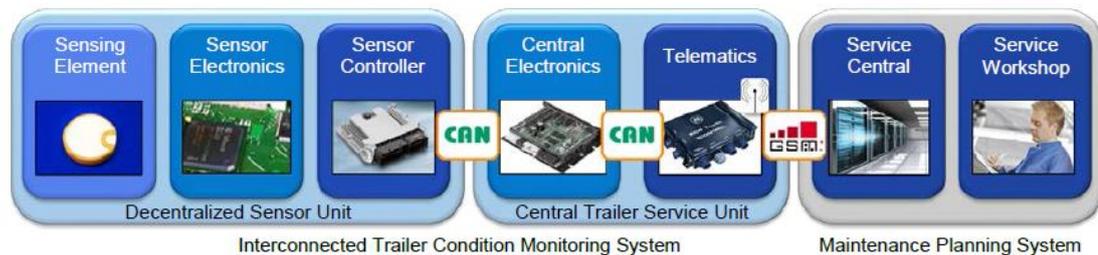
**João Vitor Pimentel, Rolf Klemm, Karl-Ludwig Krieger, Institute of Electrodynamics and Microelectronics (ITEM), University of Bremen, Germany**

**Munip Dalgic, Andree Irretier, Leibniz Institute for Materials Engineering (IWT), University of Bremen, Germany**

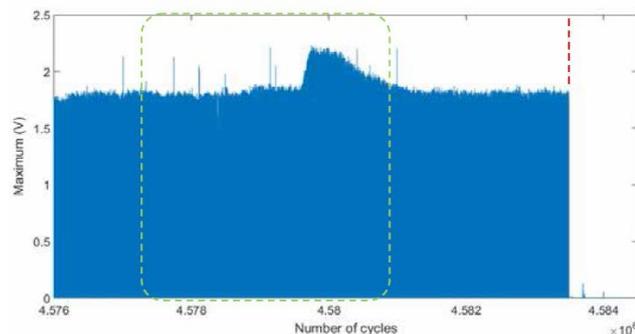
La santé matière d'un solide peut être contrôlée par la détection des émissions acoustiques indiquant l'apparition et la propagation de fissures. Un contrôle continu est possible au moyen de capteurs vibro-acoustiques. Cependant, la détection de dommages et l'identification en temps réel nécessite des capteurs performants, capables d'acquérir et traiter les données d'intérêt.

L'étude porte sur des capteurs piezo-électriques implantés sur un châssis de camion soumis à des test de fatigue. Des tests préalablement effectués sur des structures simples ont montré que des signaux dans des fréquences de plusieurs centaines de kHz pouvaient être associés à l'émergence de fissures.

Aux fréquences d'échantillonnage requises, il n'était pas possible d'enregistrer, d'afficher ou de transmettre les données de mesure pour traitement externe ou post-traitement. Une analyse paramétrique a donc été effectuée et les signaux ont été traités en rafales de 5 ms. Dans une telle implémentation, les données brutes mesurées ne sont jamais mises à disposition. Elles peuvent néanmoins être traitées en temps réel afin de calculer les paramètres permettant la surveillance. Une analyse paramétrique a été réalisée pour pouvoir effectuer le contrôle en ligne de la structure en test. Utilisant l'analyse de données et le machine-learning, la station d'acquisition envoie les données prétraitées en wi-fi vers un PC central qui finalise le traitement.



*Vue d'ensemble du système de maintenance prédictive*



*Tension maximale dans une salve pendant les dernières heures de l'essai. La zone surlignée en vert correspond à une augmentation de la vitesse de propagation des fissures. La ligne rouge en pointillés indique la fin du test*

## TRAITEMENT DES DONNEES

### Phased array modal acoustic emission (PA-MAE™)

**Brian Burks, Digital Wave Corporation, Centennial, USA**

Ce papier décrit une sonde EA multi-éléments (PA-MAE™) ainsi que ses avantages. Dans la méthodologie de mesure, de multiples éléments sont positionnés dans un arrangement serré et détectent la même forme d'onde avec un minimum d'effets de dispersion grâce à la nature compacte de la sonde.

Chaque forme d'onde reçue est décalée dans le temps sur une base temporelle cohérente (établie par une référence propre à la sonde), et les signaux sont additionnés en une forme d'onde composite ; le signal résultant ainsi obtenu présente un rapport signal/bruit (SNR) accru, car le bruit électronique associé à l'amplification électronique est un bruit blanc non corrélé. Des algorithmes de traitement du signal (DSP) ont été implémentés dans le matériel de sorte que la cohérence temporelle entre les éléments peut être établie en temps réel, ce qui permet de créer un système avec une plage dynamique et une sensibilité améliorées par rapport aux systèmes traditionnels.

Des exemples d'augmentation de la sensibilité du signal et du rapport signal/bruit réalisées par le PA-MAE sont détaillés. L'augmentation de la sensibilité du signal et du rapport signal/bruit peuvent être mis à profit pour augmenter l'espacement des capteurs dans les mesures de propagation d'ondes très atténuées. En outre, il est démontré qu'une localisation précise de la source à partir d'un seul réseau est possible.

Enfin, une discussion sur les coûts de calcul et l'amélioration du rapport signal sur bruit et de la plage dynamique avec un nombre croissant d'éléments est également fournie, ainsi que les aspects physiques liés à la conception optimisée des réseaux.

## RESERVOIRS SOUS PRESSION

### Use of acoustic emission for inspection of various composite pressure vessels

*F. Dahmene, S. Yaacoubi<sup>1</sup>, S. Bittendiebel, Institut de Soudure, Yutz, France*

*O. Bardoux, P. Blanc-Vannet, Air Liquide, Paris-Saclay-Research-Center, Jouy-en-Josas, France*

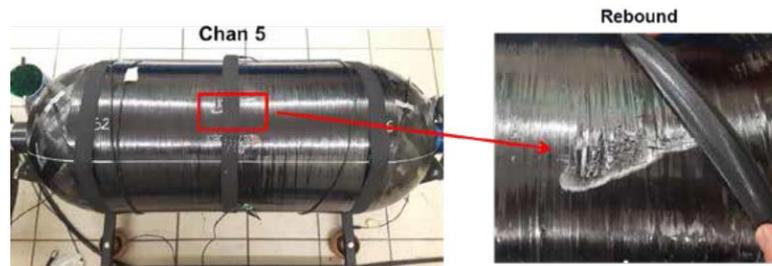
*A. Maldachowska, M. Barcikowski, M. Panek, Wroclaw University of Technology, Poland*

*N. Alexandre, F. Nony, CEA, DAM, Le Ripault, Monts, France*

*K. Lasn, A. Echtermeyer, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway*

*P. Sigurd Heggem, Hexagon Composites, Raufoss, Norway*

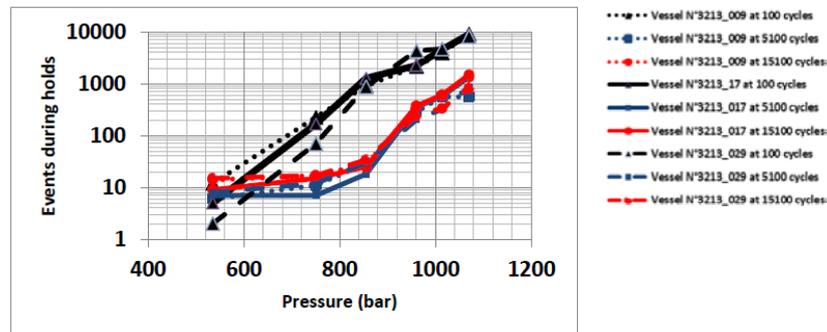
Les réservoirs sous pression composites de type IV sont devenus une technologie de pointe pour l'hydrogène haute pression. Ils sont constitués d'une doublure non portante, généralement en matière plastique et assemblée avec des bossages métalliques, autour de laquelle est enroulé un composite fibre de carbone et époxy. Bien que ces réservoirs puissent déjà être exploités en toute sécurité, il existe un manque de connaissances concernant leur performance résiduelle après un impact mécanique. Il est nécessaire de recourir à des méthodes de contrôle non destructif, capables d'évaluer si un réservoir est encore apte au service après impact.



*Réservoir impacté à 3 kJ / 700 bars*



*Configuration de crash. Gauche : tour de chute. Droite : canon pneumatique*



*Dispersion de l'émission acoustique évaluée pour trois réservoirs à trois périodes de cycle*

Le projet européen de recherche prénormative HYPACTOR vise à étudier les dommages causés dans les appareils sous pression de type IV par des impacts mécaniques, puis l'utilisation de l'émission acoustique pour établir des critères de rejet lors des inspections. La méthodologie consistait à combiner plusieurs tests d'émission acoustique sur des réservoirs sains et affectés et à corréliser les résultats avec les performances résiduelles. Les critères élaborés ont été appliqués à une vaste base de données de cuves composites de type IV ayant des dimensions, des spécifications de conception et des pressions de service différentes. La validation a été effectuée sur 114 essais hydrauliques sur des réservoirs sains et impactés. Les résultats ont démontré une capacité à différencier les réservoirs endommagés des réservoirs sains, avec une faible influence du nombre de cycles de pression entre l'impact et l'inspection.

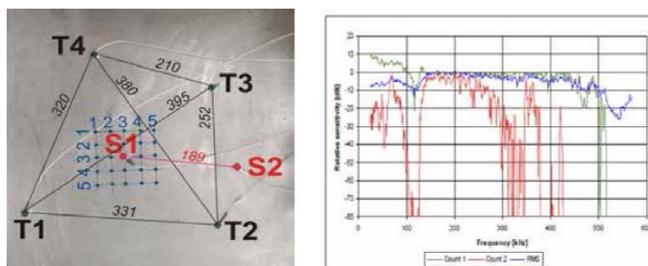
## LOCALISATION DES SOURCES

### Time reversal localization of continuous and burst AE sources under noise

Z. Prevorovsky, J. Krofta, J. Kober, M. Chlada, M. Mracko, *Institute of Thermomechanics CAS, Prague, Czech Republic*

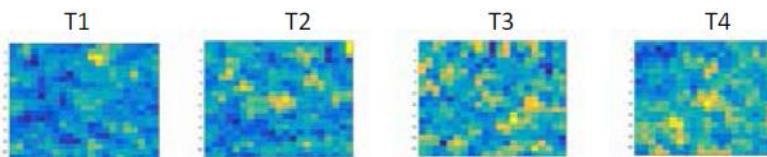
Le traitement par retournement temporel des signaux acoustiques et ultrasoniques est un outil efficace pour la résolution de problèmes complexes dans les CND et la surveillance de la santé structurale. Le retournement temporel permet la mise au point spatio-temporelle de l'onde élastique, d'où une localisation assez facile et la reconstruction partielle de sources d'émission acoustique intermittentes et continues. Les problèmes de localisation de la source d'émission acoustique surviennent lorsque le bruit externe est élevé, lors de l'intermittence des ondes dans les structures à parois minces et avec les variations de vitesse des ondes dans les structures complexes contenant des soudures, des brides, des branches, etc. Dans de tels cas, les problèmes de localisation nécessitent la plupart du temps de grands capteurs multi-éléments ainsi qu'un traitement et une filtration sophistiqués des signaux.

L'institut tchèque propose une nouvelle solution utilisant le retournement temporel. Cette approche permet la localisation dans le plan de sources d'émission acoustique intermittentes avec un seul transducteur, et des sources continues avec deux transducteurs, toutes les deux en présence d'un bruit de fond élevé. La procédure de retournement temporel est appliquée dans cet article au bruit aléatoire long (fuite) pour la première fois. La méthode a été vérifiée expérimentalement à l'aide de sources continues et intermittentes simulées sur une plaque d'acier épaisse et une plaque d'aluminium mince comportant divers perçages. Les résultats de localisation de la source attestent de la grande robustesse de l'approche suggérée. La méthode présente l'inconvénient de nécessiter un balayage détaillé d'une région autour d'une source pré-localisée. Des simulations numériques ont montré que le balayage peut être omis en insérant des signaux expérimentaux de retournement temporel dans le modèle informatique de la structure surveillée (jumeau numérique) et en effectuant la localisation de la source dans le modèle. La précision de localisation de la procédure prouvée par vibromètre laser est d'environ un millimètre, ce qui est meilleur que la longueur d'onde et l'ouverture du transducteur.



*Tôle d'acier d'essai avec emplacement de quatre transducteurs d'émission acoustique (T1 à T4) et de sources d'émission acoustique artificielles (S1, S2) et réponse en fréquence des transducteurs*

Après retournement temporel, tout segment temporel arbitraire du signal retourne à la position source, et ces méthodes n'ont donc pas besoin de fonctions de synchronisation. Le retournement temporel élimine également les problèmes de dispersion des ondes, d'atténuation, de réflexion, etc. d'une manière relativement simple, sans qu'il soit nécessaire de faire de gros calculs et de connaître la géométrie de la structure et la célérité des ondes. Les sources intermittentes cachées par un bruit hors source de type fuite peuvent être détectés et localisés avec précision par un seul capteur jusqu'à un rapport signal/bruit de -40 dB. Deux capteurs sont nécessaires pour localiser des sources continues avec la même précision (environ 1 mm) en utilisant la corrélation croisée de deux signaux inversés dans le temps. La même procédure peut être utilisée pour séparer et localiser deux sources d'émission acoustique continues émettant simultanément à des endroits différents.



*Distribution des maxima de reconstruction de la source de bruit par retournement temporel à partir de transducteurs individuels*

## REFERENCES

[Actes EWGAE 2018](#)

Malgré le soin apporté à la réalisation de cette note, certains liens hypertextes peuvent ne pas fonctionner correctement, notamment en raison de modifications des sites internet ciblés (ex : « page not found ») ou d'options de sécurité de certains viewer de PDF.

Contact : Karine Laurent - [sqr@cetim.fr](mailto:sqr@cetim.fr) - 03 44 67 36 82