

28
SEPT
2021

Les *END* dans le Béton

Journée Technique Régionale,
organisée par le Comité
Sud-Est

PROGRAMME

*Le thème de la journée couvrira **les Essais Non Destructifs conventionnels, innovants et en R&D appliqués au contrôle des structures en Béton**. Des applications dans plusieurs domaines industriels seront présentées : Construction et surveillance des Sites Nucléaires, Barrages Hydrauliques, Ouvrages d'Art, Tunnels, Pylônes, Monuments Historiques et autres...*

Pour toute information complémentaire, n'hésitez pas à nous contacter à pole.communication@cofrend.com ou au 01 44 19 05 30



PROGRAMME

MATINÉE

09H00 - 09H30 **ACCUEIL CAFÉ AU LMA & EXPOSITION**

9h30 - 9h45

Christian Venture - Président du Comité Régional Sud-Est de la COFREND
Mot de Bienvenue et présentation du Comité Régional Sud-Est

9h45 - 10h00

Vincent Garnier - Université Aix Marseille, Pilote du GT
Le Groupe de Travail Génie Civil à la COFREND

10h00 - 10h15

Bernard Quenée - Président du Comité sectoriel GC de la COFREND
Une certification COFREND Génie Civil, présentation du comité sectoriel

10h15 - 10h30

Damien Barakel - IUT AMU et **Xavier Roguiez** - Polytech Marseille
Présentation de la Formation Génie Civil Université Aix Marseille

TECHNIQUES USUELLES

10h30 - 10h50

Odile Abraham - Université Gustave Eiffel
Auscultation des structures en béton par techniques ultrasonores

10h50 - 11h10

Xavier Derobert - Université Gustave Eiffel
Auscultation des structures en béton par techniques électromagnétiques et électriques

11h10 - 11h30

Alix Eymar - LC2R
Développement d'un logiciel de visualisation et de manipulation virtuelle d'un amas métallique archéologique suite à une acquisition 3D (CT Scanner)

11H30 - 12H00 **PAUSE EXPOSANTS**

CAS D'APPLICATION

12h00 - 12h20

Jean-Marie Henault - EDF R&D
Exemple d'inspection d'un ouvrage hydraulique

12h20 - 12h40

Sébastien Frachon - SETEC Diades
Inspection détaillée en tunnel nouvelles technologies IDNT

12h40 - 13h00

Florent Plassard - Cerema Centre Est
Les CND appliqués aux ouvrages d'Art - Actualité et innovation

13H00 - 14H30 **PAUSE DEJEUNER & Visite du Laboratoire**
13H30 : Accueil et Intervention du directeur du Labo
14H00 - 14H30 : Départs en petits groupes pour la visite

APRÈS-MIDI

CAS D'APPLICATION

14h30 - 14h50

Abdoulaye Ba - Mistras Group
Mise en œuvre d'une solution de monitoring permanent et temps réel sur le Pont de Normandie

14h50 - 15h10

Pierre Carreaud - Sites
L'utilisation de drone pour l'inspection de structure GC : vers une solution totalement automatisée ?

15h10 - 15h30

Jaime Castillo - Tecnatom
Inspection de structures en béton de Centrales Nucléaires en END

15H30 - 16H00 **PAUSE EXPOSANTS**

RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT

16h00 - 16h20

Vincent Garnier - Université Aix Marseille
Evaluation non destructive des enceintes de confinement application à la maquette VeRCoRs

16h00 - 16h20

Jean-François Chaix - Université Aix Marseille
De nouvelles voies pour les ENDs sur le béton

CONCLUSION

EXPOSANTS





Journée Technique Régionale Sud-Est

PROGRAMME

MATINÉE

Christian Venture - *Président du Comité Régional Sud-Est de la COFREND*

Mot de Bienvenue et présentation du Comité Régional Sud-Est

Notre bureau est constitué d'une dizaine de personnes appartenant à l'ensemble des entités qui œuvrent dans les domaines de l'Inspection et des Contrôles non-destructifs, prestataires de service en CND, organismes de formation, fournisseurs de matériel, et Universitaires.

Notre bureau se réunit 3 à 4 fois dans l'année, pour échanger sur la vie de notre Confédération, et plus dans le cadre de la préparation des Journées Techniques Régionales, dont le rythme est à minima une JTR par an.

L'objectif de notre groupe, au travers de nos activités est multiple, à savoir :

- Promouvoir, les nouveautés en matière de CND, tant sur le plan méthodes que sur le plan matériel,
- Communiquer sur les évolutions de notre système de certification,
- Communiquer sur les activités des autres régions,
- Se tenir à la disposition de nos adhérents afin de les aider à trouver des réponses aux questions relatives aux différentes méthodes de CND,
- Reprendre notre contribution pour la préparation de notre Congrès National qui se déroulera à Marseille en 2023, après qu'il ait été annulé en 2020 en raison de la COVID 19

Notre projet pour 2021 : Travailler à l'organisation d'une JTR qui se déroulera le 28 Septembre 2021 dont le thème sera, les END appliqués au béton.

Contact christian.venture@sgs.com



Vincent Garnier - *Université Aix Marseille, Pilote du GT*

Le Groupe de Travail Génie Civil à la COFREND

Le champ couvert du secteur du Génie Civil et Ouvrages d'Arts est large. Des groupes de travail existent dans les différents groupes industriels ou associations professionnelles. Mais il n'y a pas, à ce jour, de structure, fédérant l'ensemble des acteurs des END du secteur du génie civil. Lancé en 2018, le GT de la COFREND a pour mission de regrouper ces acteurs pour proposer une démarche générale structurant les mesures et leurs exploitations, en analysant les besoins et les compétences existantes dans ce secteur et en projetant ce bilan pour le futur. Rassemblant près d'une cinquantaine d'experts en la matière de tous horizons (académiques, industriels, prestataires, fabricants de matériels et équipements, certifiés COFREND, le GT s'est organisé en 4 sous-groupes, de Production.

En 2020, le Groupe de Production « Qualifier les personnels » a pris fin pour former le Comité sectoriel Génie Civil de la COFREND.

Un état d'avancement des 3 Groupes de Production vous sera présenté, et les prochaines étapes.

Contact Vincent.garnier@univ-amu.fr



Bernard Quenée – *Président du Comité sectoriel GC de la COFREND*

Une certification COFREND Génie Civil, présentation du comité sectoriel

Dans le secteur du Génie Civil et Ouvrages d'Arts, le recours à des méthodes d'essais non destructifs (END) dans le cadre d'opérations de maintenance, qu'elles soient de contrôle, de diagnostic ou d'expertise tend à se généraliser, en complément des essais et analyses en laboratoire menées traditionnellement sur des prélèvements.

Le cadre d'utilisation de ces END concerne en général des missions de contrôle, de diagnostic et d'expertise.

Le nouveau comité sectoriel Génie civil créé en 2020 par la COFREND couvre le secteur de la construction (bâtiment et infrastructures d'ouvrages d'art) en béton armé (BA) et/ou précontraint (BP). Les membres s'attachent dans un premier temps à certifier des opérateurs intervenant dans le cadre de contrôles, pour le positionnement et la reconstitution du plan de ferrailage de pièces ou d'éléments structuraux en BA ou BP, au moyen des méthodes d'essais non destructifs les plus couramment mises en œuvre, de la plus simple à la plus complexe : pachomètre et assimilés à courants de Foucault ; radar géophysique à impulsions.

Contact bernard.quenee@setec.com



EXPOSANTS



MDS - MATÉRIEL DE SONDAGE

Contact Jérôme XAVIER (Bureau Aix en Provence)
Email jerome@mds-paris.com
Tel +33 (0) 7 62 69 54 15 / +33 (0) 1 46 27 36 35

Résumé

Spécialiste du géoradar (GPR) depuis plus de 30 ans, le Matériel de Sondage (MDS) est un leader reconnu pour la distribution de matériels d'auscultation non destructive des sols et des structures. Nos principaux territoires d'activité sont la France métropolitaine, les DOM-TOM, l'Océan Indien et l'Afrique francophone.

Basée à Courbevoie (siège) et Aix en Provence, la société accompagne un grand nombre d'acteurs publics et privés, de toutes tailles, de l'expert indépendant à la multinationale. Nos ingénieurs recherchent en permanence, partout dans le monde, de nouvelles technologies et innovations pour développer le savoir-faire de nos clients, notamment dans le domaine des essais non destructifs pour le génie civil.

MDS propose à la location un parc matériel complet, avec support technique, et en tant qu'organisme de formation certifié QUALIOP1, anime des modules de formation « CND Béton » en inter et intra-entreprise.

<https://www.mds-paris.com/>



MISTRAS GROUP

Contact David Marlot – Directeur MISTRAS Eurosonic
Email david.marlot@mistrasgroup.com
Tel + 33 (0)6 22 09 47 01

Résumé

Fort de son expérience depuis plus de 40 ans, le groupe MISTRAS propose des solutions complètes pour le Contrôle des installations en béton, allant de besoins ponctuels au monitoring permanent d'ouvrages.

Récemment, MISTRAS a été chargé de mettre en place un monitoring permanent et en temps réel sur l'ouvrage innovant du Pont de Normandie, constitué d'une partie métal et d'une partie béton, en utilisant le matériel Emission Acoustique (EA) conçu et développé par le groupe.

MISTRAS développe et commercialise également des systèmes de Contrôle Non Destructif (CND) Ultrasons basses fréquences de 20 KHz à 1 MHz adaptés à l'étude des matériaux du Génie Civil et notamment du béton. Que cela soit pour le suivi d'endommagements ou pour la mesure de modules élastiques, notre gamme de systèmes comprend des solutions monovoies ou multivoies simples et performantes utilisables en laboratoire comme sur site industriel.

<https://www.mistrasgroup.fr/>



PROCEQ

Contact Isabelle Vickery - Responsable Marketing
Email isabelle.vickery@screeningeagle.com
Tel +41 79 853 87 84

Résumé

Comment les instruments CND peuvent-ils vous aider à :

- Identifier où se trouvent les câbles de précontraintes et surtout
- Déterminer dans quel état ils se trouvent

Nous partagerons les résultats obtenus par nos experts applications dans des situations réelles en utilisant à la fois Proceq GPR Live et Pundit UPE (Echo d'impulsion ultrasonique).

<https://www.screeningeagle.com/>

Odile Abraham - Université Gustave Eiffel

Auscultation des structures en béton par techniques ultrasonores

Résumé

Présentation du principe des techniques ultrasonores mises en œuvre sur le béton, leurs sensibilité et leurs limites. Présentation d'un développement récent de matériel : le système onduls (sonde et électronique) pour les ondes de surface.

Contact odile.abraham@univ-eiffel.fr



Xavier Derobert - Université Gustave Eiffel

Auscultation des structures en béton par techniques électromagnétiques et électriques

Résumé

Les techniques électromagnétiques (EM) et électriques font partie des techniques d'auscultation non destructives, régulièrement utilisées sur structures en béton. Elles permettent d'obtenir soit des informations géométriques (technique radar et EM basses fréquences), soit des informations en lien avec l'état du béton (notamment des informations sur la teneur en eau et en chlorure).

Contact xavier.derobert@univ-eiffel.fr



Alix Eymar - LC2R

Développement d'un logiciel de visualisation et de manipulation virtuelle d'un amas métallique archéologique suite à une acquisition 3D (CT Scanner)

Résumé

Dans le cadre d'un stage de fin d'étude de Master 2 en Géométrie et Informatique Graphique, Alix EYMAR travaille sur un projet mis en place entre le laboratoire du LC2R de Draguignan, piloté par Françoise MIELCAREK, Conservatrice-Restauratrice métal/matériaux composites au LC2R et l'équipe GMOD affiliée au Laboratoire d'Informatique et Systèmes de Aix-Marseille Université, qui consiste à réaliser une fouille virtuelle d'un amas métallique. Une tomographie de cet amas a été effectuée afin de visualiser les différents objets contenus à l'intérieur. Le calcul de nuages de point à partir des images radiographiques a permis d'afficher l'amas en 3D et permettra par la suite de le segmenter. L'amas de terre, prélevé par les archéologues, nous met face à plusieurs problématiques. Sa corrosion avancée a fait fusionner en partie certains objets qu'il serait intéressant de désolidariser de manière virtuelle. De plus, l'état des objets s'est dégradé et certains se sont brisés. L'objectif consisterait à effectuer une reconstruction 3D précise de l'amas, de séparer virtuellement les objets pour pouvoir mieux les analyser, et éventuellement pouvoir les imprimer en 3D. Cet outil offrira aux professionnels du patrimoine la possibilité de faire un premier tri et de mieux planifier les opérations de stabilisation et de restauration en fonction des budgets alloués.

Contact lc2r.conservation@orange.fr

Jean-Marie Henault - EDF R&D

Exemple d'inspection d'un ouvrage hydraulique

Résumé

Les aménagements hydrauliques font l'objet d'inspections périodiques basées dans un premier temps sur l'inspection visuelle. Dans le cas de l'observation d'anomalies, une inspection complémentaire est mise en œuvre. Des prélèvements sont réalisés dans des zones saines de référence et dans des zones singulières. Ils sont envoyés en laboratoire pour des mesures physico-chimiques destructives. Ces analyses permettent de mettre en évidence d'éventuelles pathologies.

Une campagne de mesures non destructives est envisagée pour avoir une vision plus exhaustive de l'ouvrage. Ces mesures, qui sont relatives, peuvent être calées sur les résultats des mesures destructives précédentes. Les résultats acquis permettent de proposer une stratégie de maintenance adaptée : inspection à périodicité rapprochée ou travaux.

Lors de la présentation, cette méthodologie générale sera appliquée au cas du parement en béton d'un canal hydraulique.

Contact jean-marie.henault@edf.fr



Sébastien Frachon - Setec Diades

Inspection détaillée en tunnel nouvelles technologies IDNT

Résumé

Le retour d'expérience de Setec Diadès et sa proximité avec les exploitants d'ouvrage, ont conduit au développement d'une nouvelle technologie d'inspection alliant matériel d'acquisition de dernière génération et méthode d'inspection traditionnelle. Cela doit permettre de garantir une inspection détaillée conforme à l'ITSEOA tout en intégrant les contraintes d'exploitation des maîtres d'ouvrage.

Il s'agit d'utiliser l'acquisition photographique et thermographique comme un outil support et de le coupler aux compétences des inspecteurs d'ouvrages. Il est ainsi possible, de limiter au maximum l'impact sur exploitation tout en conservant une intervention cohérente avec les attentes des maîtres d'ouvrages et des recommandations en vigueur.

Contact sebastien.frachon@diades.fr

Florent Plassard - Cerema Centre Est

Les CND appliqués aux ouvrages d'Art - Actualité et innovation

Résumé

Le principe d'une politique de gestion d'infrastructures consiste à optimiser ses moyens via une gestion préventive plutôt que curative. Pour cela, il convient de recenser, surveiller ses ouvrages, puis si besoin de diagnostiquer les structures malades afin de les réparer de manière adéquate. Lorsque le système de surveillance met en avant un ouvrage pathologique, le diagnostic est l'étape cruciale suivante pour mieux comprendre l'état interne d'une structure, l'origine des désordres observés et dimensionner les bonnes réparations. Les Contrôles Non Destructifs ou CND sont utilisés lors des investigations complémentaires nécessaires à l'établissement du diagnostic, limitant la réalisation d'essais destructifs plus impactant pour une structure déjà fragile. Le patrimoine d'ouvrages d'art en béton armé ou précontraint est d'autant plus important en nombre que les réseaux d'infrastructures sont récents et stratégiques. Dans le cas de la précontrainte, ces structures sont alors souvent de plus grandes dimensions et leur suivi pour éviter toute rupture fragile est alors primordial. Le Cerema, héritier des Laboratoires des Ponts et Chaussées, met en œuvre sur les ouvrages d'art la quasi-totalité des CND qui se pratiquent sur le Génie Civil, pour caractériser le matériau béton, la bonne position des aciers, voire leur éventuelle corrosion. Concernant le diagnostic des structures en béton précontraint, pour connaître par exemple l'état de protection par le coulis des câbles de précontrainte internes au béton, il met en œuvre la gammagraphie depuis plus de 50 ans. Ce dernier cas d'utilisation étant contraignant, le Cerema se doit d'être en mesure de justifier ces investigations ionisantes. Les récentes études montrent la nécessité de proposer un CND ionisant avec des performances améliorées. Pour cette innovation, le Cerema porte le projet Plateforme CND, qui permettra de comparer des méthodes, dans un but d'amélioration des prestations CND sur béton dans leur globalité.

Contact florent.plassard@cerema.fr





Journée Technique Régionale Sud-Est

PROGRAMME

APRÈS-MIDI

Abdoulaye Sidiki Ba - *MISTRAS Group*

Mise en œuvre d'une solution de monitoring permanent et temps réel sur le Pont de Normandie

Résumé

Exemple d'application SHM Génie Civil par Emission Acoustique, effectuée par MISTRAS sur le Pont de Normandie. Présentation des deux grandes phases du projet. L'étude de faisabilité : menée par l'équipe R&D sur une partie représentative du pont, pour valider la capacité de la technologie à détecter les ruptures de fil dans un environnement à bruit élevé, optimiser le choix du matériel et sa répartition sur la structure pour pouvoir généraliser le monitoring à l'intégralité du pont. La seconde étape du projet : l'Instrumentation, à savoir l'installation des systèmes Emission Acoustique et des capteurs MISTRAS positionnés et raccordés pour détecter en temps réel d'éventuelles ruptures de fil sur toute les parties de la structure (béton, métal).

Contact Abdoulaye.BA@mistrasgroup.com



Pierre Carreaud - *Sites*

L'utilisation de drone pour l'inspection de structure GC : vers une solution totalement automatisée ?

Résumé

Le recours aux drones est devenu courant dans la surveillance des structures de Génie Civil. Le matériel et les logiciels de traitement n'ont cessé de s'améliorer pour rendre ces opérations de plus en plus sûre, rapide tout en accroissant le niveau de qualité des données captées et en réduisant l'effort nécessaire pour produire des données utiles à la surveillance des ouvrages. On parle désormais d'acquisition par drone automatisée, d'intelligence artificielle pour détecter des défauts...

Néanmoins cette tendance ne doit pas faire oublier l'importance des compétences requises en photogrammétrie, topométrie et génie civil pour fournir un avis éclairé et pertinent sur la santé des ouvrages

Contact pierre.carreaud@sites.fr



Jaime Castillo Montes - *Tecnatom France*

Inspection de structures en béton de Centrales Nucléaires en END

Résumé

Nous dépassons la durée de fonctionnement initialement envisagée des réacteurs électronucléaires. Ce dépassement est, bien évidemment, accompagné de l'exigence de démontrer que le vieillissement de certains matériels est maîtrisé. Parmi ces matériels se trouvent certaines structures en béton critiques comme les parois de l'enceinte de confinement ou les structures supportant la cuve du réacteur. Tecnatom a développé des techniques d'inspection END pour réaliser le contrôle de ces structures en béton. Plusieurs techniques ont été testées. Les limites et les synergies ont ainsi été évaluées. Tecnatom a notamment développé les techniques suivantes :

- Inspection Visuelle par Drone. Un drone équipé d'une caméra à haute résolution permet d'inspecter des zones difficilement accessibles à la recherche, par exemple, des fissures.
- Mesure de la dureté de surface.
- Inspection par Ultrasons :
 - o Par transmission. Cette technique a été utilisée sur site afin de déterminer l'état des structures soumises à des fortes contraintes de compression (par exemple causées par les mouvements du terrain).
 - o Pulse-écho. Afin de détecter des délaminations ou des vides à des profondeurs allant de 20 mm à 900 mm.
- Inspection Géoradar. Utilisée pour localiser les renforts métalliques ou les vides à des profondeurs entre 30 mm et 600 mm.
- Thermographie. Pour la détection des anomalies en surface et jusqu'à 100 mm sous la surface.

Avec cette étude, Tecnatom s'est doté du savoir-faire nécessaire pour inspecter les structures en béton des centrales nucléaires, incluant celles situées sur des zones d'accessibilité limitée.

Contact : jaime.castillo@tecnatom.com



Vincent Garnier - *Université Aix Marseille*

Evaluation non destructive des enceintes de confinement application à la maquette VeRCoRs

Résumé

Ce Projet d'Investissement d'Avenir «ENDE» a pour but de développer des solutions scientifiques et technologiques pour accéder à la caractérisation du béton des enceintes de confinement et au suivi de l'état de fissuration. Un travail de laboratoire a permis l'établissement de modèles de conversion expérimentaux de l'évolution des paramètres non destructifs en fonction des indicateurs tels que la saturation et l'endommagement thermique ainsi que le suivi de l'ouverture et de la propagation de fissures. Les mesures ont été transférées vers l'auscultation sur site. Il a été réalisé sur la maquette VeRCoRs d'une enceinte à l'échelle 1/3. Un suivi temporel et des cartographies spatiales de l'enceinte résultant de fusion de données sont proposées.

Contact Vincent.garnier@univ-amu.fr



Jean-François Chaix - *Université Aix Marseille*

De nouvelles voies pour les ENDS sur le béton

Résumé

La mesure de vitesse ultrasonore dans les bétons, très utilisé pour le diagnostic des structures permet la caractérisation des matériaux et la détection et l'imagerie de défauts. La complexité des bétons donne lieu à la diffusion spatiale et temporelle de l'onde ultrasonore et présente un comportement mécanique non linéaire. Ces effets sont présentés et confrontés à l'expérience, dans des travaux de recherche et développement. Ils donneront naissance aux solutions émergentes de Caractérisation Non Destructive des structures du génie civil.

Contact jean-francois.chaix@univ-amu.fr

MODALITÉS D'INSCRIPTION

EN PRÉSENTIEL



INSCRIPTION OBLIGATOIRES

L'accès sera soumis aux règles sanitaires en vigueur, avec contrôle du Pass Sanitaire.

Pour participer à cet événement il vous faudra être muni de :

- Vaccination complète
- Test négatif de moins de 72 h (RT-PCR, antigénique ou un autotest réalisé sous la supervision d'un professionnel de santé)
- Test PCR ou antigénique positif attestant du rétablissement de la covid 19 datant d'au moins 11 jours et moins de 6 mois

**ADHÉRENT
COFREND**

**NON ADHÉRENT
COFREND**



ACCES

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique
LMA - UMR 7031 AMU - CNRS - Centrale
Marseille
4 impasse Nikola Tesla - CS 40006
13453 Marseille Cedex 13

EN VOITURE :

43.34373849451314,
5.441306332002696

EN TRANSPORTS EN COMMUN :

- Depuis l'aéroport :
Prendre le car-navette qui vous conduira à la gare Saint-Charles.
- Depuis la gare Saint-Charles :
Prendre le métro 1 direction "La Rose" jusqu'à son terminus.
Emprunter ensuite le bus n°B3B jusqu'à son terminus "Technopole Château Gombert".



 **COFREND**
Confédération Française pour les Essais Non Destructifs

pole.communication@cofrend.com / + 33 (0)1 44 19 05 30

* Conditions d'annulation, 48h00 avant l'évènement

MODALITÉS D'INSCRIPTION

EN DISTANCIEL



La plateforme utilisée, est GoToWebinar.

Vérifiez la configuration requise avant de rejoindre le Webinar, afin d'éviter tout problème de connexion le Jour J.

A vérifier pour les systèmes sous Linux et sous réserve des conditions de sécurité IT de votre entreprise.



INSCRIPTION OBLIGATOIRE

Cliquez sur le bouton correspondant et complétez le formulaire en ligne

**ADHÉRENT
COFREND**

**NON ADHÉRENT
COFREND**



CONFIRMATION

Une fois votre inscription validée par l'organisateur, vous recevrez un email d'invitation contenant le lien vers la plateforme WebConference.



ACCES

Connectez-vous 5 min avant la WebConference, vous entrerez en salle d'accueil.



RAPPELS

Des emails de rappel vous seront adressés, 1 jour avant et 1h00 avant l'évènement



Vérifiez vos courriers indésirables, spams, ...

 **COFREND**
Confédération Française pour les Essais Non Destructifs

pole.communication@cofrend.com / + 33 (0)1 44 19 05 30

* Conditions d'annulation, 48h00 avant l'évènement

28
SEPT
2021

Les *END* dans le Béton

Journée Technique Régionale,
organisée par le Comité
Sud-Est

PROGRAMME

Les membres du Comité Régional Sud-Est de la COFREND :

Président : Christian VENTURE - *SGS France Industrial*

Vice Président : Claude LEBAUPE - *Expert CND*

Patrick BERGALONNE - *Intact Integrity*

Quentin CELLIER - *Bergeret Jeannet*

Gérard CHIARAZZO - *INPP*

Gilles CORNELOUP - *Université Aix Marseille - LMA CNRS*

Luc DIAS - *PLS Contrôle*

Cécile GUEUDRÉ - *Université Aix Marseille - LMA CNRS*

Vincent GARNIER - *Université Aix Marseille - LMA CNRS*

David GUILLET - *Institut de Soudure Industries*

Joseph MOYSAN - *Université Aix Marseille - LMA CNRS*

Marie-Aude PLOIX - *Université Aix Marseille - LMA CNRS*