

LA REVUE

forge et fonderie

JUIN | 2024

N°38

Au sommaire

6 GLOBAL INDUSTRIE 2024

7 CASTFORGE 2024

15 Automatisation de la détection des défauts de surface

24 Concours général des métiers de la fonderie 2024



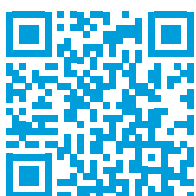
[linkedin.com/company/foseco](https://www.linkedin.com/company/foseco)



L'avenir de l'industrie passe par l'innovation.

Dans un monde en mutation, vous avez besoin d'un partenaire qui soit à l'aise lorsque les règles changent. Un partenaire qui est toujours à l'affût des défis de demain et qui s'assure que les solutions soient prêtes aujourd'hui. C'est nous. Nous sommes Foseco.

**Think beyond.
Shape the future.**



Découvrez notre
innovation „Busettes
VAPEX Fosflow”



VESUVIUS

A VESUVIUS GROUP COMPANY

EDITORIAL

03 Donner envie et former
Wilfrid Boyault

BREVES

04 Retour sur le symposium Metal AMS dédié
à la fabrication additive métallique

04 Rendez-vous annuel des fondeurs d'art

05 La Fédération Forge Fonderie, partenaire
de la 15^e édition du congrès Gazelec

ÉVÉNEMENT

06 GLOBAL INDUSTRIE 2024

07 CASTFORGE 2024

TECHNIQUE

15 Automatisation de la détection des défauts de surface
Patrick Bouteille, Yannick Mafille

FORMATION

24 Concours général des métiers de la fonderie 2024
Sergio Da Rocha

AGENDA

26 Les rendez-vous de la profession
et les formations du CETIM-Academy



La revue complète
gratuitement à télécharger
sur notre site
www.forgefonderie.org

Revue professionnelle trimestrielle éditée
par CIFORGE.

CIFORGE
45 rue Louis-Blanc
92400 Courbevoie
Tél. : 01 43 34 76 17 Fax : 01 43 34 76 31
E-mail : contact@forgefonderie.org

Directeur de la publication
Hervé Gestas

Rédacteur en chef
Wilfrid Boyault

Comité de rédaction
W. Boyault, C. Colliard, C. Macke-Bart,
C. Grosjean

Rédaction
Heidi Palzer
Tél. : 01 43 34 76 68, h.palzer@forgefonderie.org

**Abonnement
(revue sous forme papier)**
4 numéros : 95,34 € TTC
ISSN 2493-5824



Pour vous abonner :
<https://www.forgefonderie.org/fr/la-federation/revue-forge-fonderie-abonnement>

Publicité
Régie Publicitaire F.F.E. (Française de Financement et
d'Édition)
15 rue des Sablons - 75116 Paris

Responsable de publicité :
Isabelle de la Redonda
Tél. : 01 53 36 20 42, i.redonda@ffe.fr
Responsable technique :
Yael Sibony
Tél. : 01 53 36 37 97 yael.sibony@ffe.fr

Les publicités paraissent sous la seule responsabilité
de leurs annonceurs. Les articles sont rédigés sous
la responsabilité de l'auteur, leur contenu (textes et
visuels) n'engage pas la revue. Toute reproduction, même
partielle, d'articles ou d'illustrations nécessite l'autorisation
préalable de la rédaction.

Tirage : 500 exemplaires

Impression
Espace Graphix
Imprimé sur papier recyclé et encres
100 % végétales

Photo de couverture
Dominique Sarraute



Cet ouvrage a été imprimé sur papier FSC (Forest Stewardship Council). La marque FSC signifie qu'une proportion de fibres de bois, utilisées dans la fabrication du papier, provient d'une forêt correctement gérée, satisfaisant à des normes rigoureuses au niveau environnemental, social et économique. Cette forêt d'origine a été inspectée et évaluée de façon indépendante sur la base des principes et critères de gestion forestière acceptés et approuvés par le FSC. FSC est une association internationale à but non lucratif travaillant pour améliorer la gestion forestière à travers le monde. www.fsc.org

Cet ouvrage a été imprimé chez un imprimeur labellisé Imprim'Vert, marque créée en partenariat avec l'Agence de l'Eau, l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), et la FIGG (Fédération de l'imprimerie et de la Communication Graphique). La marque Imprim'Vert apporte trois garanties essentielles :

- la suppression totale de l'utilisation de produits toxiques ;
- la sécurisation des stockages de produits et de déchets dangereux ;
- la collecte et le traitement des produits dangereux.

- + Maintenance corrective et préventive
- + Fourniture et usinage de pièces de rechange
- + Usinage sur site
- + Reconstruction et mise en conformité
- + Vente de machines neuves et occasions
- + Conseil, Accompagnement, Projet



Solutions & Services pour l'Industrie



Actemium Maintenance Presses Clermont Ferrand

Société AREF

Route de Courpière- 63920 Peschadoires- France

Tel: + 33 (0) 4 73 80 17 68 – Fax: + 33 (0) 4 73 80 52 14

E-mail: ampcf@actemium.com

**Découvrez notre
nouveau site:**

<http://www.eref.fr>

Donner envie et former

Voilà, résumée en quatre mots, ce qu'est, depuis au moins un siècle, aujourd'hui et pour demain, l'ambition des professions de la fonderie et de la forge, de leur organisation professionnelle.

Parce que, oui, bien sûr, aujourd'hui, l'attractivité de l'industrie auprès des jeunes, de leurs familles et de potentiels collaborateurs est sur toutes les lèvres, au cœur des préoccupations de toutes les entreprises.

Mais pas seulement.

Aussi et surtout, parce que, pour la forge et la fonderie françaises, c'est un engagement ancien, constant et de longue haleine, engagement sur tous les fronts : outil de formation continue, réseau de formation initiale et vitrines d'excellence qui orientent les parcours et, oui, donnent envie.

Un outil de formation continue d'abord.

Porté depuis des décennies par le syndicat professionnel de la fonderie, l'outil de formation continue au service de ce métier a fait l'objet, dès le début des années 2000, d'un important travail de rationalisation afin de toujours mieux correspondre aux attentes des entreprises et de leurs collaborateurs, tant en termes de contenu que de coûts. Ainsi de FOPERFIC à A3F, il est aujourd'hui proposé par la CETIM Academy : des formations catalogues ou sur-mesure rénovées et bénéficiant de la richesse de l'offre et de la dynamique des actions du 1^{er} centre technique industriel français.

Le réseau de formation initiale ensuite.

11 établissements publics d'enseignement, sur une grande part du territoire métropolitain, proposent 18 sections de formation aux métiers de la fonderie et de la forge, du CAP à la licence, et ont formé cette année plus de 400 élèves.

Un état des lieux qu'il convient d'apprécier en se rappelant, d'une part, que ces métiers sont, par leur poids numérique dans l'industrie française, dits « à petit flux », mais que, d'autre part, ils sont la condition *sine qua non* d'existence des produits de toutes les chaînes de valeur industrielles.

Un état des lieux qui dit beaucoup d'un travail ancien, constant et en profondeur de la Fédération avec tous les acteurs clés : les établissements, leurs directions, les chefs des travaux, tous les enseignants mais aussi les services, les commissions paritaires du Ministère et la ténacité, l'engagement et le soutien sans faille et éclairé de l'Inspection Générale.

Parce que, oui, c'est au prix de ce partenariat riche et confiant, de la mobilisation de tous et d'un engagement quotidien de toutes ces parties prenantes que les deux professions peuvent proposer une offre de formation initiale permettant d'attirer plusieurs centaines de jeunes vers leurs métiers (même si le nombre de candidats reste insuffisant...).

C'est essentiel. Mais pour attirer ces jeunes, il faut également des phares au loin qui donnent souffle et perspective aux efforts de chaque jour des élèves et de leurs enseignants.

Il y a, en effet, fort à parier que si ce qui vient d'être décrit demeure possible et dynamique c'est aussi parce que la Fédération Forge Fonderie a placé au cœur de ses préoccupations, le maintien et le rayonnement de trois vitrines d'excellence vers lesquelles élèves ou collaborateurs peuvent tourner leurs regards et espoirs dans leurs efforts de chaque jour.

Pour citer d'abord peut-être la moins connue et la plus spécifique, bien qu'elle soit dans d'autres métiers le graal ultime de la reconnaissance, rappelons l'organisation, reprise par la Fédération depuis sa dernière édition, avec le COET MOF, du concours « Un des Meilleurs Ouvriers de France » mention fonderie d'art.

Permettant de consacrer l'excellence, dans cette prestigieuse spécialité de la fonderie, ce concours d'une rare exigence vient, en effet, récompenser et mettre en lumière la toute particulière maîtrise par ceux qui font la renommée des fonderies d'art françaises de savoir-faire uniques. A ce titre, elle est non seulement une vitrine précieuse de la fonderie en général mais aussi un des caps pour ceux qui choisissent d'apprendre et de se perfectionner dans celui-ci.

C'est également cette fonction que remplit un autre concours, peut-être plus connu des lecteurs de cette revue : le concours général des métiers de la fonderie. Institution prestigieuse créée au milieu du 18^e siècle, elle accueille depuis près de 30 ans, à l'initiative de la Fédération, les métiers de la fonderie.

Permettant à des élèves de bac professionnel de s'affronter sur des épreuves théorique puis pratique, organisées à tour de rôle dans les différents lycées concernés, elles sont le premier horizon d'excellence proposé à ces jeunes qui se sont engagés dans ces apprentissages techniques, horizon particulièrement prestigieux puisé et récompensé pour les lauréats par une remise des prix en Sorbonne, après avoir offert en ouverture de séance, devant l'ensemble des autres lauréats, en lettres, philosophie, physique, histoire, mathématiques etc... et leurs familles, au Ministre de l'Education Nationale qui préside la cérémonie, l'œuvre qu'ils ont réalisée.

Et puis naturellement, peut-être la mieux connue et la plus inscrite au cœur du paysage des fonderies et forges françaises, il y a, comme consécration d'un parcours de formation technique et le plus souvent consacré à ces métiers, l'Ecole Supérieure de Fonderie et de Forge, ESFF, qu'il est à peine nécessaire de présenter ici.

École d'ingénieurs par alternance, créée et pilotée par l'organisation professionnelle, reconnue d'intérêt général, elle délivre chaque année, en association avec l'ENSAM, un diplôme d'ingénieur, extrêmement prisé par les fonderies et les forges mais aussi tous leurs secteurs clients et fournisseurs, à une petite trentaine de jeunes qui ont plébiscité sa formation combinant justement savoirs académiques et apprentissages opérationnels.

A ce titre, elle est effectivement, elle aussi, un des buts, facteurs déclenchants, espoirs, une des étapes déterminantes, dans le parcours de tous ceux qui font le choix de devenir fondeurs ou forgerons.

C'est pourquoi, en cette année si particulière pour elle, ces lignes vont s'achever en lui étant consacrées.

Si particulière puisque cette année, la Commission du Titre d'Ingénieur (CTI) et le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Hcéres) doivent lui renouveler leur accréditation ... puisqu'après une longue réflexion, elle a finalement décidé de penser son avenir dans un nouveau lieu, le campus de l'ENSAM de Châlons en Champagne où elle maintiendra son lien fort avec le pôle Fonderie Forge et Métallurgie à Chaud (FMC) du CETIM ... et puisqu'enfin, cette année est celle de ses 100 ans.

Alors pour les célébrer et continuer à participer activement à l'aventure, vous êtes tous les bienvenus à son anniversaire qui aura lieu le 27 septembre prochain, à l'Hôtel des Arts et Métiers à Paris.

Venez nombreux souffler les bougies, féliciter la promotion sortante et participer à de passionnants débats, avec des personnalités d'exception, autour de l'avenir des métiers de la fonderie et de la forge ainsi que de celui d'ingénieur et de son évolution.

Pour continuer à donner envie et à former, nous vous y attendons.

Et d'ici là, bonnes vacances bien méritées à toutes et tous.

Wilfrid BOYAULT
Directeur général de la Fédération Forge Fonderie

Retour sur le symposium Metal AMS dédié à la fabrication additive métallique

Après le succès de la première édition du Symposium International sur la Fabrication Additive Métallique en 2022, une seconde édition s'est tenue les 20 et 21 mars 2024 au Cetim de Senlis avec plus de 70 présentations répartis sur 3 sessions en parallèle et plus de 200 participants.

Metal AMS est le premier symposium scientifique 100% français dédié aux technologies de Fabrication Additive Métallique. Organisé par la communauté française de la FA Métal en collaboration avec des acteurs majeurs de la R&D du monde entier, il aborde toutes les étapes de la chaîne de valeur

de la FA. Un message national fort, à destination de l'international, pour valoriser l'ensemble des compétences académiques et industrielles et au-delà affirmer la volonté de poursuivre la démocratisation de la technologie.

Pour permettre de faire profiter au plus grand nombre des avancées en la matière, les deux jours de conférences ont été intégralement filmés permettant une visionnage différé dans le temps. Organisé en collaboration avec les principaux acteurs mondiaux de R&D, Metal AMS aborde chaque étape de la chaîne de valeur de la Fabrication Additive.

Cette seconde édition a abordé des domaines d'expertise comme la conception, les matériaux, la simulation, les procédés de production, le contrôle et la post-production mais également l'environnement et le développement durable.

Parmi les présentations, on retiendra des avancées constantes au niveau des matériaux et de la maîtrise des procédés mais aussi sur le développement de solutions plus productives et donc plus abordables. La forte poussée des technologies WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) et DED Poudre (Direct Energy Deposition) est particulièrement intéressante dans le cas des outillages de moyennes et grandes dimensions avec plusieurs nuances d'acier ou de superalliages disponibles, parfois spécifiquement développées pour la fabrication additive, avec des caractéristiques mécaniques élevées tant en statique qu'en fatigue. Couplé à l'amélioration constante des contrôles in situ ou post-fabrication et à la compréhension des modes de dégradation, les travaux présentés permettent d'envisager une intégration industrielle maîtrisée.

Un deuxième symposium qui a tenu ses promesses et qui devrait indiscutablement confirmer dans deux ans l'adage : « jamais deux sans trois ».



Rendez-vous annuel des fondeurs d'art

Le groupement Fonderie d'Art de la Fédération Forge Fonderie s'est réuni le vendredi 24 mai dernier à Bordeaux.

Structurés autour de trois séquences – formation / emploi ; juridique ; technique – les échanges entre les

16 participants se sont agréablement prolongés lors de plusieurs moments de convivialité, notamment la visite de la FONDERIE DES CYCLOPES à Mérignac : merci à Frédéric MICHEL et son équipe pour leur accueil chaleureux !





La Fédération Forge Fonderie, partenaire de la 15^e édition du congrès Gazelec

7, 8 et 9 octobre 2024 - CNIT Paris La Défense

Source d'information de référence sur les évolutions du marché des achats d'énergie et lieu d'échanges privilégié entre fournisseurs, acheteurs, prestataires et institutionnels, le congrès Gazelec célèbre cette année ses 15 ans d'existence. Depuis 2 ans en particulier, il connaît un record d'affluence, notamment dû à la crise énergétique sans précédent ainsi qu'au contexte géopolitique. 1000 participants sont attendus cette année, dont 300 acheteurs, 100 intervenants et 75 partenaires.

En 2023, les prix de l'électricité et du gaz étaient encore très hauts. Une année notamment marquée par la crise énergétique et la guerre en Ukraine, qui a eu pour conséquence une course aux PPA & un déluge de textes. Cette année, les prix de l'électricité et du gaz ont beaucoup chuté ce qui a rendu les investissements long terme moins attractifs... Alors où en sommes-nous ?

Évolutions réglementaires et fiscales, stratégies d'achats CT ou LT, prix et taxes afférentes, flexibilité, achats responsables, obligation de décarboner, leviers de verdissement,

marché volatil et imprévisible... Pour répondre à ces questions et proposer un programme riche et varié, le congrès innove en proposant de nouveaux formats et des interventions exclusives. De plus, les deux premières journées (lundi 7/10 – mardi 8/10) ne seront plus dissociées « Electricité » puis « Gaz » mais conçues de manière mixte et ouverte à tous, la dernière journée (mercredi 9/10) conservant sa fonction de journée dédiée formation.

En tant que partenaire institutionnel de l'événement depuis plusieurs années, la Fédération Forge Fonderie et ses entreprises adhérentes bénéficient de tarifs préférentiels :

- 50 % de remise pour toute inscription jusqu'au 28/06/2024
- 30 % de remise au-delà et jusqu'au 10/09/2024

Pour tout renseignement, contactez Guillaume Kozubski (g.kozubski@forgefonderie.org / 01 43 34 76 51). Cette année encore, les organisateurs recommandent de réserver au plus tôt vos places. Pour plus d'informations : www.congresgazelec.com.



PARTENAIRE DES FORGES



CADDY 80
Cisaille mécanique à froid pour billettes



S 50
Scie à disque "grande vitesse" pour billettes



HF
Presse hydraulique



DD
Presse à vis à moteur linéaire rotatif avec robot manipulateur

Ficép France SAS

Z.I Les Platanes, FR 33360 Camblanes
Tel. +33 (0) 556 201555
Fax +33 (0) 556 201556

www.ficép-france.fr

GLOBAL INDUSTRIE 2024 :

près de 50 000 industriels offrent un nouvel élan à l'industrie

crédit photo : Global industrie



Du 25 au 28 mars 2024, à Paris, Global Industrie a tenu ses promesses. En réunissant près de 50 000 industriels, l'événement a contribué à redonner de la voix à cet écosystème en fédérant l'ensemble des acteurs : 2300 exposants, près de 34 000 visiteurs, 4 ministres, dirigeantes et dirigeants d'entreprises, représentants des organisations professionnelles et 6 000 jeunes. Global Industrie s'est fait le porte-voix d'une industrie innovante, combattante et résiliente qui agit au quotidien pour valoriser le savoir-faire français, participer à l'économie de la France et de ses territoires et contribuer au rayonnement de l'industrie française à l'international. Un rendez-vous pour rendre sa fierté à l'industrie Marqueur de l'industrie française, Global Industrie a plus que jamais apporté sa pierre à l'édifice de la réindustrialisation en accueillant les représentants de l'industrie française et internationale.

Présidé par Nicolas DUFOURCQ, Directeur Général de Bpifrance, le salon a été inauguré par Roland LESCURE, Ministre délégué chargé de l'Industrie et de l'Énergie, et a accueilli Amélie OUDEA-CASTERA, Ministre des Sports et des Jeux olympiques et paralympiques, Franck RIESTER, Ministre délégué chargé du Commerce extérieur, de l'Attractivité, de la Fran-

cophonie et des Français à l'étranger, et Marina FERRARI, Secrétaire d'Etat chargée du numérique.

(Extrait du communiqué de presse GI)

Comme chaque année la fédération était présente avec son stand à l'entrée du village Forge Fonderie Le thème principal de notre stand portait sur la décarbonation avec des dossiers dédiés directement téléchargeables via les QRcodes ci-dessous: Guide des bonnes pratiques énergétiques, et évolutions diverses dans les procédés, dossiers issus de la revue Forge & Fonderie.

Prochain Global Industrie, le 11 au 14 mars 2025 à Lyon.

Nos adhérents exposants :

- AB FONDERIE - IN'PACTE FONDERIE
- BUSINESS ALU MASUE
- FONDERIE HADOUX
- DECAYEUX STI
- FAVI
- FORGES DE MONPLAISIR
- FONDERIE NOWAK / NOWAK INVESTMENT CASTING,
- FONDERIE VINCENT,
- L'UNION DES FORGERONS
- LES BRONZES D'INDUSTRIE
- OMP SN
- SAINT REMY INDUSTRIE LES BRONZES D'INDUSTRIE
- SAINT-GOBAIN SEVA
- SOCOMETA FONDERIE

Les forges et les fonderies françaises s'engagent pour un avenir décarboné

Le Guide de bonnes pratiques énergétiques et de décarbonation en forge et fonderie

Les experts de la profession présentent les innovations dans les procédés

#1



#2



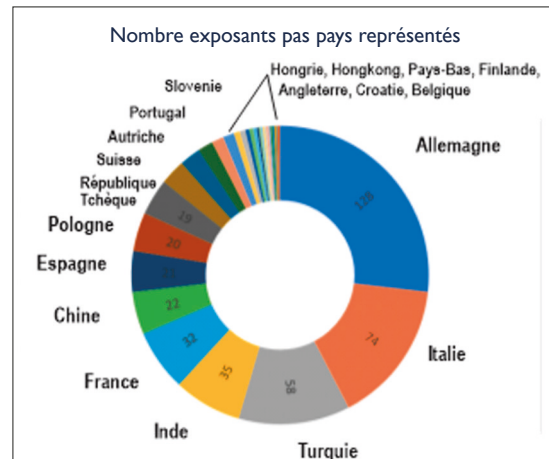
#3



Transformation des procédés, efficacité énergétique, écoconception : tous les leviers sont mobilisés !

CastForge à Stuttgart 2024 : « The place to be » pour de nouvelles opportunités de business en Forge & Fonderie !

Forte croissance ; forte portée internationale. Réel succès pour cette troisième édition du Salon CastForge des pièces transformées par fonderie et forge. Le salon qui s'est tenu du 4 au 6 juin 2024 au Centre de Congrès de Stuttgart, a accueilli 491 exposants sur deux halles entières. Avec une augmentation de 39 % par rapport à l'édition précédente, et près de 4 300 visiteurs professionnels (+20 % vs 2022), on notera une forte participation internationale (72 % des exposants et 37 % des visiteurs venant de l'étranger, avec 45 pays représentés). Les pays ayant accueilli le plus grand nombre de visiteurs sont l'Italie, la France, l'Autriche, la Turquie et la Suisse.



Côté Français, une trentaine d'entreprises étaient présentes, contre 16 en 2022, dont une vingtaine adhérentes à la Fédération Forge Fonderie. Nous avons initié, suite à l'édition de 2022, l'organisation d'un pavillon France pour lequel 20 Forges et Fonderies ont répondu présentes afin d'accroître la visibilité de nos entreprises nationales.

Un apéro organisé par la fédération sur notre stand, à l'issue du deuxième jour du salon, a été bien fréquenté, avec plus de 90 participants enchantés par un chaleureux moment d'échanges, de rencontres et de convivialité.



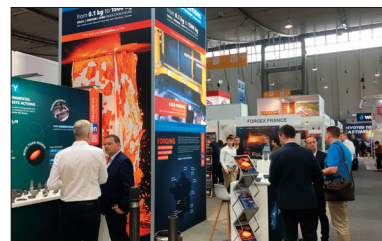
Lors de l'inauguration du premier jour il y avait une discussion d'ouverture en allemand avec entre autres Max Schumacher, directeur général de la BDG, qui a déclaré que « l'industrie européenne est confrontée à de grands défis et l'ensemble de l'économie est à la croisée des chemins. » Selon lui, il faut d'urgence « une stratégie industrielle qui poursuive des objectifs réalistes. « Sans fonte, pas de transformation ». Pour atteindre les objectifs climatiques, la fonte est indispensable. La seule question est de savoir si nous voulons que nos entreprises de production restent en Europe à l'avenir ».



Tobias Hain, directeur général de l'Industrieverband Massivumformung e. V., souligne que « les priorités politiques actuelles en Allemagne et en Europe conduisent à des conditions-cadres de plus en plus difficiles. Nous avons besoin de faibles coûts énergétiques, d'une réduction de la bureaucratie, d'une infrastructure moderne et de réglementations environnementales réalistes et ouvertes à la technologie ! C'est ainsi que nous pourrions exploiter nos forces d'innovation, concentrer nos efforts sur la transformation et rester compétitifs au niveau international ».

Nous remercions tous nos adhérents exposants ou visiteurs d'être venus à Stuttgart, et également l'équipe de l'organisation de Castforge en particulier Ulrike Mayer.

La quasi-totalité des entreprises présentes est favorable à renouveler la participation au prochain salon qui se tiendra du 9 au 11 juin 2026 à Stuttgart.



Nos adhérents exposants :

- BAM - Business Alu Masué
- Bourguignon Barré
- Brousseval et Montreuil
- Contifonte
- Ferry Capitain
- Fonderie de Bretagne
- Fonderie Hadoux (groupe BAM)
- Fonderie Rapide Belfortaine
- Fontrey
- La Fonte Ardennaise LFA
- LBI - Les Bronzes d'Industrie
- Manquillet Parizel
- OMP Fonderie
- Préciforge
- PTP Industry
- Saint Gobain Seva
- Schlumberger
- Setforge
- Sifcor Groupe
- Société Industrielle des Fontes (S.I.F)
- VHM Heinrich Fonderie
- Zwiebel
- Walor

Info et contact : h.palzer@forgefonderie.org

Expertise élevée des visiteurs et satisfaction des visiteurs professionnels. Les visiteurs professionnels se caractérisaient par un très haut niveau de pouvoir décisionnel, 84 % ayant déclaré qu'ils étaient impliqués dans les décisions d'achat et d'approvisionnement au sein de leur entreprise.

CastForge revendique non seulement de devenir une plateforme d'achat efficace mais également de donner l'occasion aux acheteurs, concepteurs et développeurs de solutions issues de forge et de fonderie, de **parfaire leurs connaissances et se laisser inspirer** par une grande variété de thèmes nouveaux développés sur le salon (voir p.9) :

- interventions de l'IMU (association allemande pour le forgeage Industrieverband Massivumformung) sur les développements et projets d'innovation en forge,
- présentations du Fraunhofer sur des solutions de durabilité et de numérisation dans le forgeage à froid, et sur les dernières approches de digitalisation dans le domaine
- interventions du BME (Association fédérale autrichienne pour la gestion des matériaux, l'achat et la

logistique) sur le thème « Durabilité et CBAM » (mécanisme d'ajustement carbone aux frontières) ou encore de l'usage de l'IA et de l'engagement RSE dans les achats, présentations techniques de l'ÖGI (Institut autrichien de la fonderie), de l'IWM (Institut pour l'application des matériaux dans la construction mécanique), du RWTH (Université d'Aix La Chapelle) et des Instituts Fraunhofer et de l'IFAM sur les développements et innovations en fonderie et forge,

- Visites guidées du salon sous l'angle du «Green Forging » en collaboration avec l'IMU et le BDG (Association fédérale de l'industrie allemande de fonderie)



@Photo CloMacke : Les conférences



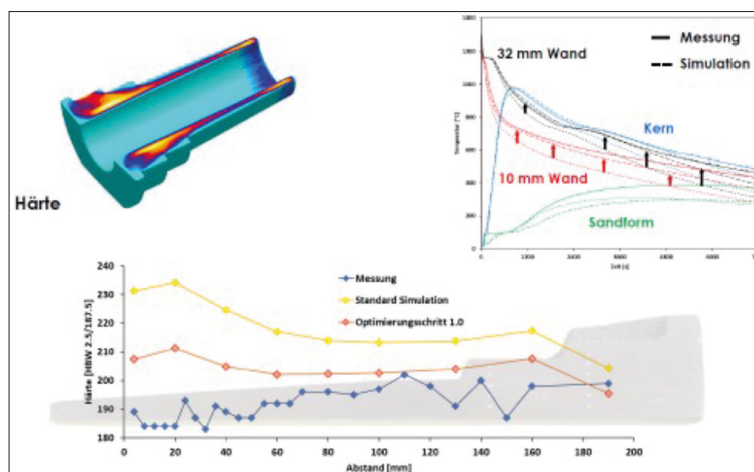
Crédit photo : Messe Stuttgart

Les travaux de R&D présentés dans le cadre des conférences

En phase avec les axes prioritaires de recherche également identifiés en France dans les programmes collectifs développés en Forge et en Fonderie notamment dans les actions collectives du CETIM pour les industriels, on notera dans les conférences techniques présentées sur les 3 jours du salon, une forte représentation des approches mettant en avant le déploiement du numérique et de l'IA dans le développement des procédés, et la fiabilisation des données matériaux et de leurs caractérisations.

L'ÖGI (Institut Autrichien de Fonderie) en particulier, après une première synthèse sur les **avantages et caractéristiques des pièces de fonderie** (liberté de conception et composant fini, recyclage et réduction des consommations d'énergie et de ressources, optimisation topologique et intégration de fonctions, grande variété de processus, de la pièce individuelle à la production grande série), a présenté différents travaux sur :

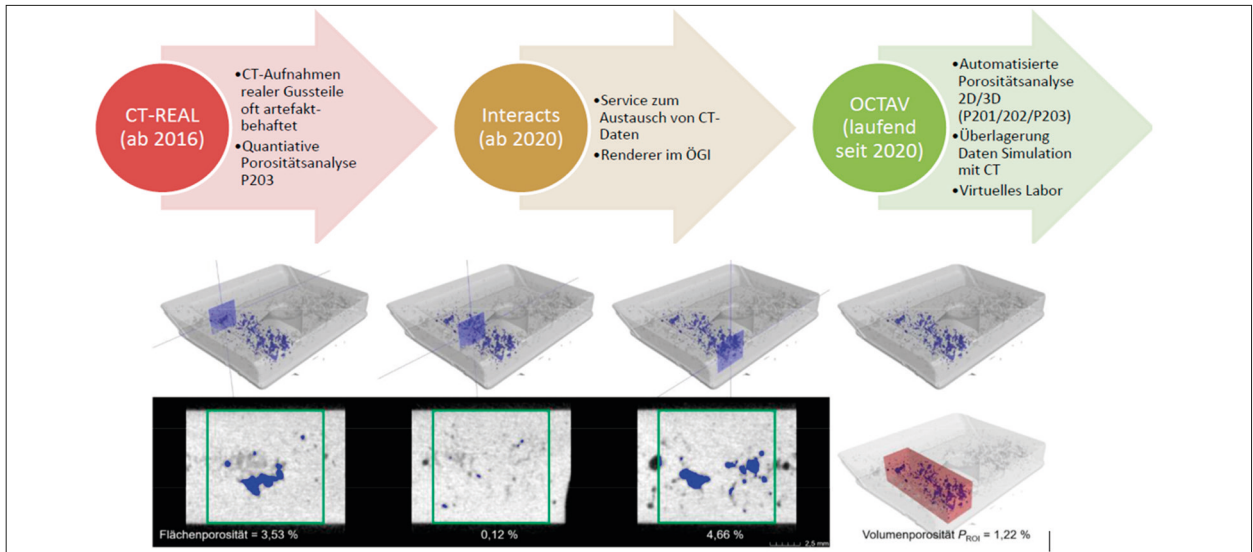
1. **L'apport de la simulation** à la conception de composants de fonderie allégés et durables. Calcul, optimisation topologique, et approches en simulation ont été décrits, en insistant sur **l'importance de disposer des bonnes données matériaux et conditions aux limites** pour les simulations, sur toutes les plages de température (conductivité thermique, capacité thermique, densité, dilatation thermique à hautes températures, chaleur latente des alliages...). Le propos était complété d'une illustration par l'exemple sur l'estimation corrigée de la dureté en adaptant les conditions aux limites (coefficients de transfert thermique) et paramètres du matériau de moulage (densité, conductivité thermique, capacité thermique) et spécificités du cas d'application (coefficients de transfert de chaleur, prise en compte de la formation d'une lame d'air entre le moule et la pièce coulée, prise en compte du retrait à cœur). (fig. 1)



(Fig. 1) Source ÖGI : Étude de cas – dureté locale sur pièce de fonderie en fonte GJS 500-7

2. les développements et innovations dans le domaine de la **tomographie industrielle** en contrôle dimensionnel, contrôle de santé interne, rétroconception et optimisation produit/process. Les développements R&D conduits ces dernières années dans 3 projets successifs depuis 2016 ont été présentés (fig. 2) : **le projet CT-REAL à partir de 2016, le projet INTERACTS à partir de 2020 et le projet OCTAV en cours depuis 2020**. Le contenu du projet OCTAV est détaillé, avec plusieurs Work Packages successifs : amélioration de l'analyse de porosité en 2D (référence P201/P202) puis en 3D (référence P203), visualisation superposée de simulation avec des données de tomographie et **développement d'une plateforme en ligne**.

Ces travaux font écho aux axes de R&D actés dans le Programme R&D 2024 du CETIM sur la métallurgie numérique et la caractérisation thermo-physique des alliages et matériaux de moulage, qui alimenteront dans le même sens le Groupe de Travail Simulation Numfond qui sera relancé par le CETIM avec les industriels au 2d semestre 2024.

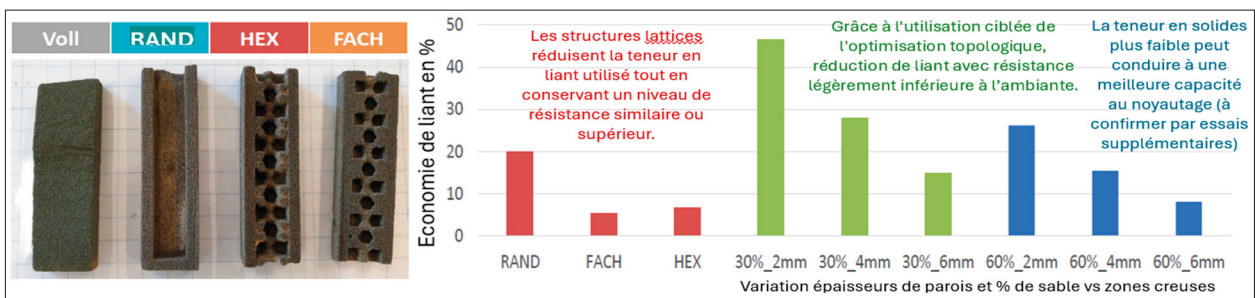


(Fig. 2) Source OGI : chronologie des 3 projets sur la tomographie, et travaux dans le cadre du projet OCTAV sur l'exploitation des taux de porosité dans des plans de référence extraits de zones de porosité présumées uniformément réparties (pièce de fonderie)

Ces travaux font écho aux travaux de thèses initiés par le CTIF avec l'INSA dans le projet CRITER-TOMO sur l'utilisation de l'IA pour l'automatisation du contrôle tomographique en production, et aujourd'hui poursuivis par le CETIM en collaboration avec NOVITOM dans le cadre du projet (en cours) LOGITOM, dédié au développement et à l'implémentation industrielle d'un logiciel dédié, qui sera déployé à partir des algorithmes développés en amont dans le cadre de la thèse.

3. les **avantages de l'optimisation topologique associée à l'impression 3D sable** en application aux pièces de fonderie (fig.3) : a été démontrée ici la capacité à des complexités accrues sur les pièces et sur les moules et noyaux imprimés en 3D sable. A partir de l'optimisation topologique et d'une cellule intégrée d'impression 3D, OGI a évalué différentes configurations de noyautage (structure lattice avec coque, taux de porosité de 40 à 70%, et conceptions issues de l'optimisation topologique). Les structures lattices réduisent la teneur en liant (et sable)

utilisé pour le moulage et le noyautage, tout en conservant un niveau de résistance similaire ou supérieur à un barreau plein. Grâce à l'utilisation ciblée de l'optimisation de la topologie, des **réductions de liant** élevées ont pu être obtenues, avec une résistance légèrement inférieure à température ambiante. Enfin, la **teneur en sable plus faible** (en augmentant le taux de porosité de la structure lattice) a démontré de bonnes capacités au noyautage. La combinaison de l'impression 3D sur sable et du moulage crée ainsi de **nouvelles alternatives**.



(Fig. 3) Source OGI : Comparaison structures lattices / conceptions issues de l'optimisation topologique

Dans la problématique des sables, des liants, et des enjeux sur les émissions et volumes de sables à régénérer ou recycler au sein des fonderies, cette approche sur une meilleure exploitation des potentiels de la fabrication additive, de l'optimisation topologique, et de structures nouvelles telles que les structures lattices, pour les conceptions de noyautage et de moulage, peut venir enrichir le panel des solutions potentielles pour réduire/optimiser les consommations et émissions, sans nuire à (voire en optimisant) la performance du process. Ce point sera abordé dans le nouveau Groupe de Travail sur les Sables piloté depuis juin par le CETIM et la Fédération en coordination avec les industriels, dans la continuité de la première journée technique Sable co-organisée à Saint Dizier en avril 2024 par l'ATF, le CETIM et la Fédération Forge Fonderie.

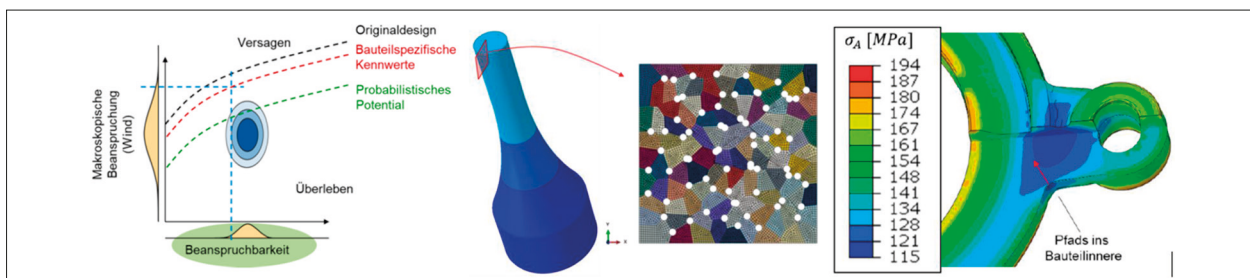
Pour sa part, le Fraunhofer a focalisé ses présentations techniques pour cette nouvelle édition de CastForge sur les enjeux de **stabilité opérationnelle des composants** (visant de mieux évaluer la conception, le dimensionnement et la durabilité des composants et des systèmes face aux contraintes mécaniques), avec un focus sur deux axes :

1. Évaluer et concevoir la fiabilité des composants moulés en anticipant davantage l'impact des propriétés locales des matériaux sur la résistance aux vibrations desdits composants. Il est souligné ici l'influence sur les propriétés cycliques du matériau et leur variation locale dans le composant, à la fois des **paramètres de mise en oeuvre** (processus de coulée, conditions de solidification, effets d'échelle, impact des épaisseurs) et des **caractéristiques structurelles locales** outre l'importance de l'**évaluation correcte des défauts ou caractéristiques localisées** du matériau, **en lien avec les contraintes locales**. L'approche peut (et doit de plus en plus) être étendue par une évaluation numérique en anticipation de la résistance des composants basée sur des modèles de limites virtuelle.
2. Améliorer la stabilité opérationnelle des structures métalliques issues de fabrication additive en utilisant des méthodes parallèles inspirées notamment des retours d'expérience sur les solutions mises en œuvre pour les matériaux coulés et forgés. Lorsqu'elle adresse des composants structurellement chargés, la fabrication additive métallique doit en particulier améliorer la **maîtrise process vis-à-vis des imperfections locales des matériaux** ainsi que **des conditions de traitement de la surface du composant** dont les reliefs propres au process jouent un rôle important dans la conception des composants. Il est démontré ici que les retours d'expérience dans l'évaluation de la résistance opérationnelle des composants

moulés et forgés fournissent des points de départ fiables pour résoudre les **défis propres aux structures issues de fabrication additive (FA)** avec des synergies entre les différents processus de fabrication. On aboutit ici à des méthodes modifiées et des approches de solutions nouvelles pour l'évaluation du comportement fonctionnel des composants issus de FA.

L'Institut pour les applications des matériaux en génie mécanique (IWM) de l'Université RWTH d'Aix-la-Chapelle présentaient également différents travaux, dont :

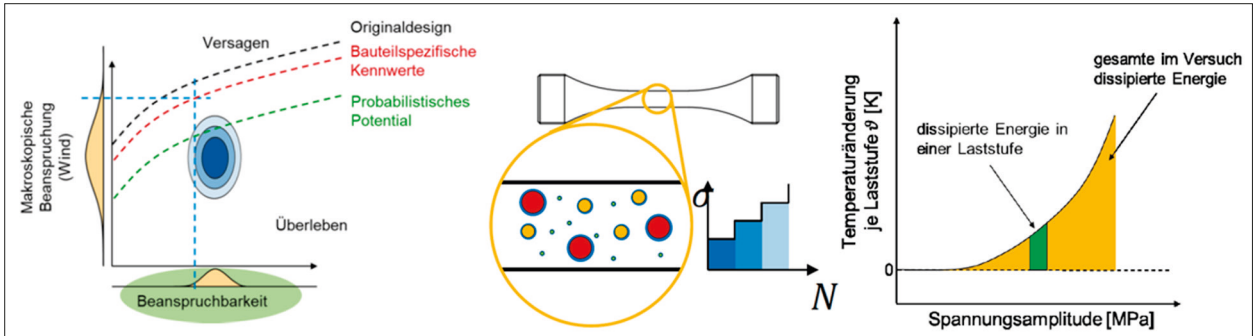
1. Un exposé sur les concepts de construction allégées pour les grands composants moulés d'Éoliennes (fig. 4) : présentation concentrée sur l'**impact des propriétés locales des matériaux sur le comportement des produits**, et le lien à renforcer entre la caractérisation de la microstructure et la conception des composants. Il est ici démontré que la simulation permet une description des variations des propriétés dans les différentes zones du produit à l'issue du remplissage et de la solidification, et l'importance de leur intégration dans la conception, les incertitudes et variations sur ces propriétés devant être quantifiées et réduites. Seul le **lien entre la caractérisation de la microstructure et la conception des composants** permet une nouvelle approche en conception. La corrélation des paramètres structurels avec le mode d'alimentation, et **l'utilisation de réseaux de neurones pour prédire la structure** permet une approche plus prédictive sur la durée de vie, avec estimation des contraintes dans la structure et **couplage avec le modèle structurel** pour évaluer les dommages dans la structure. Le modèle de calcul incrémental mis au point permet la **prévision de durée de vie du composant**, avec comparaison des points de fatigue simulés sur la courbe de Wöhler:



(fig. 4) Source RWTH : démarche d'amélioration de la prédiction de la tenue en fatigue des composants par la prise en compte de l'état structurel local

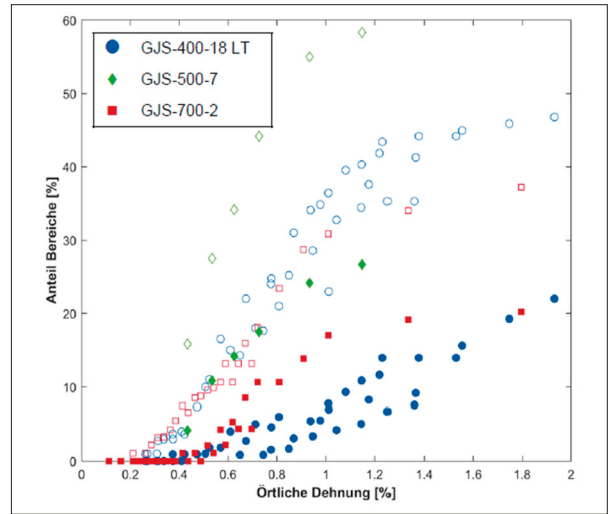
2. Un exposé complémentaire au précédent, concentré sur de nouvelles approches en caractérisation permettant d'améliorer la prédiction de la tenue en fatigue, et potentiellement modifier les facteurs de sécurité sur les différentes zones du produit, en augmentant la capacité réelle de tenue locale du matériau dans les différentes zones fonctionnelles du composant (fig. 5). L'approche consiste à corréler l'état structurel local avec les conditions spécifiques de solidification et de refroidissement propre aux différentes zones du produit (corrélation de microstructure via des échantillons ciblés et prédictions locales à l'aide de l'IA) et à développer des méthodes in-

novantes pour la caractérisation à partir d'échantillons limités en taille. Les tests thermographiques permettent une estimation rapide de la résistance à la fatigue du matériau sur un nombre limité d'échantillons (corrélation entre température et dégradation du matériau au cours d'un essai de mise sous charge de l'échantillon). La connaissance de la tenue en fatigue éprouvée pour différentes conditions de solidification et de refroidissement permet ainsi de prendre en compte ces caractéristiques locales pour l'amélioration de la conception du composant, aboutissant ainsi à un potentiel important d'amélioration en termes d'allègement.



(fig. 5) Source RWTH : intégration de la corrélation entre température et dégradation du matériau dans la prédiction de la tenue en fatigue

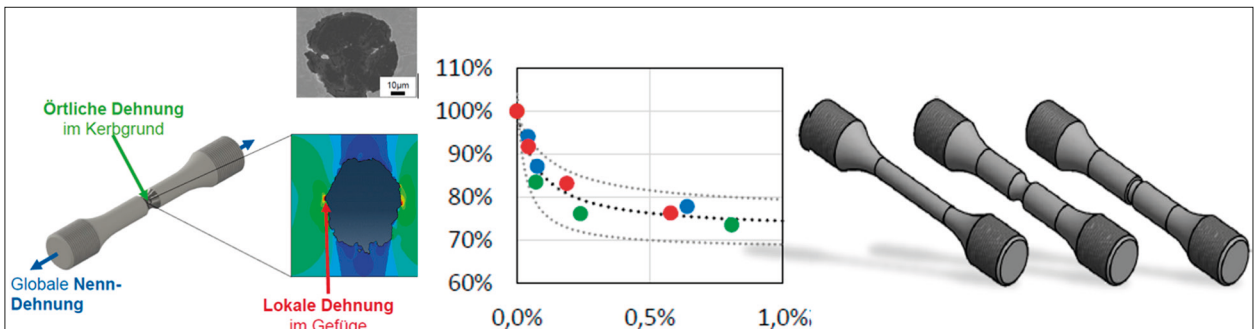
3. Un 3^e exposé sur l'étude de la tenue des matériaux sous l'influence de charges extrêmes, qui génèrent des diminutions de la résistance à long terme entre 8 et 20% pour toutes les nuances évaluées (fontes GJS 400-18 LT, GJS 500-7 et GJS 700-2) (fig. 6 et 7). L'étude souligne que les microfissurations apparaissent particulièrement dans les zones présentant une disposition « défavorable » des précipités de graphiques, avec trois mécanismes de dommages observés pour les fontes GJS évaluées : déformation plastique locale au voisinage des précipités de graphite (lignes de glissement), déclenchement de précipités de graphite, et initiation de microfissures aux interfaces de la matrice graphite. Par interpolation, l'initiation des premières microfissures peut être supposée à une déformation locale $\epsilon \approx 0,3\%$. Une relation mathématique a pu être établie entre la résistance à long terme et la déformation plastique appliquée localement.



(fig. 7) Variation du % de zone présentant des microfissures en fonction de la nuance de fonte

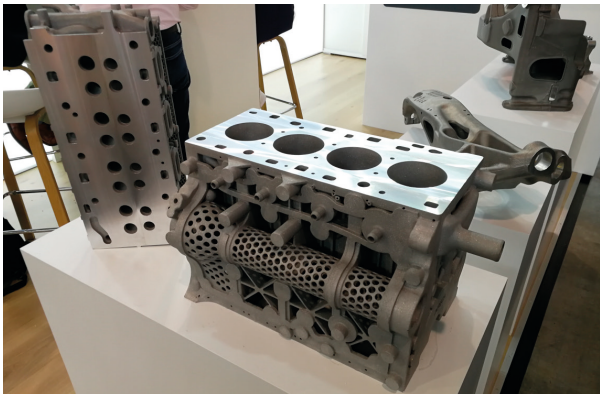


@Photo CloMacke – les partenaires sponsors du Salon et l'accueil aux entrées



(Fig. 6) Source RWTH : étude des modes de dégradation impactant la résistance à long terme des matériaux sous charges extrêmes

Les autres étonnements dans les allées du salon



@Photo CloMacke - BÖLLINGER Group – démonstrateur FA

Au niveau des produits présentés sur le salon, forte représentation très globalement de **tous les métiers et toutes les métallurgies en forge et en fonderie**, quel que soit le pays porteur et la taille d'entreprises, et au final uniquement quelques innovations discrètes présentées, au regard de l'ensemble des produits mettant plutôt en avant les capacités de production des industriels présents. On citera ici (ci-dessus) à titre d'exemple un démonstrateur original présenté par Böllinger Groupe, faisant la démonstration sur un bloc moteur automobile du potentiel de nouvelles conceptions (ici à vocation d'optimisation thermique et de décarbonation) intégrant la fabrication additive en aluminium. Le concept a été développé en collaboration notamment avec VW et le RWTH dans le cadre d'un projet collaboratif doté de financements publics.

Dans les allées du salon, on notera sinon la présence de Fritzwinter Eisengiesserei qui revendique d'avoir lancé le plus grand programme d'investissement de l'histoire de l'entreprise focalisé sur **l'accélération de la décarbonisation** des sites de l'entreprise afin d'atteindre la neutralité CO2 prévue d'ici 2045 et pérenniser la production. La base de ce projet repose sur des investissements supplémentaires dans des solutions écologiques, qui ont déjà établi de nouvelles normes en matière de durabilité environnementale dans le secteur de la fonderie au cours des dix dernières années avec trois approches innovantes (déjà présentées à la GIFA 2023) : ecoCasting, ecoMelting et ecoCoating. **EcoCasting** valorise l'absence d'utilisation de sable vert, l'économie de plusieurs millions de litres d'eau potable par an et un impact fort sur la préservation des ressources (sable et énergie notamment) grâce à une approche monosable. **EcoCoating** porte les actions planifiées sur l'évolution vers des revêtements de surface respectueux de l'environnement pour minimiser l'usure des disques de frein (augmentation de leur durée de vie et réduction des émissions de poussières fines jusqu'à 90 %). **EcoMelting** cadre les actions et mesures visant à terme une fonderie neutre en CO₂ et indépendante des combustibles fossiles.

Egalement à titre d'illustration des évolutions industrielles sur la **taille des composants**, sur **l'automatisation des opérations** et sur **l'anticipation de l'impact environnemental des productions**, on peut citer pour illustration le fabricant autrichien avec fonderie intégrée MFL (Maschinenfabrik Liezen und Gießerei) qui sur le site de Ennstal, intègre un des **plus grands robots de soudage d'Europe**. Les opérations de soudage automatisées permettent désormais de traiter des composants mesurant **jusqu'à 28 mètres de long** et pesant **jusqu'à 20 tonnes**. MFL revendique également d'avoir mis en place depuis plus de 10 ans un système de gestion de l'énergie certifié avec des systèmes de récupération de chaleur installés dans les fours de traitement thermique de la fonderie, des rénovations thermiques réalisées et des commandes de chauffage optimisées, outre une approche sur l'économie circulaire au niveau de la fonderie (coulées à partir de pièces moulées en acier usées refondues).

Römheld & Moelle présentait pour sa part, une évolution de son procédé de moulage sous l'appellation **ClearCast**, combinant la qualité du moulage à modèle permanent avec les délais de livraison, la liberté de conception et les avantages en termes de coûts du lost foam, ClearCast permet, grâce au développement d'une nouvelle nature de mousse à motif et de nouvelles combinaisons de matériau de moulage, de système de coulée et de lavage, de produire des pièces moulées exemptes de résidus, sous la bannière « *Modèle perdu, qualité gagnée* ». Le procédé ClearCast est basé sur un modèle perdu, sans compromis sur la qualité ou la précision. De fait, les avantages revendiqués sont le coût (vs modèles permanents), le gain de temps (une pièce en quelques semaines), la liberté de conception (exit le souci des contre-dépouilles) et sa capacité de modifier ou optimiser après chaque coulée à partir du modèle CAO. L'innovation vise des pièces en fonte pour lesquelles des exigences élevées en matière de qualité de surface sont imposées et qui doivent être usinées sur mesure sur plusieurs côtés. Elle adresse notamment les constructeurs de machines spéciales et installations en petites séries ou avec personnalisation, et la production de pièces de rechange, de composants de rénovation et de prototypes sur lesquels flexibilité, rapidité et précision sont requises.



Démonstrateur Römheld & Moelle de la qualité issue du procédé ClearCast



Le BDG enfin de son côté donne le signal de départ de l'outil de calcul du CO₂ FRED ; membre fondateur de FRED GmbH, l'Association fédérale de l'industrie allemande de la fonderie a contribué au co-développement de cet outil de calcul du CO₂ adapté aux processus des fonderies. L'outil vise de permettre aux entreprises de calculer l'empreinte CO₂ des produits et des entreprises et développer leur stratégie de décarbonation individuelle et revendique désormais une certaine maturité opérationnelle avec des données issues d'opérations industrielles réelles, et un outil certifié selon les normes ISO 14067, ISO 14064-1 et le Greenhouse Gas Protocol : des analyses claires identifient un potentiel de réduction direct sur les émissions de CO₂.

Carbon Footprint Calculator

www.fred-footprint.de

FRED

SMARTER FASTER EXPERT

WAS IST FRED?

Erfolgreiche Transformation gelingt nur mit CO₂ reduzierten Prozessen.

FRED ermittelt den exakten CO₂-Abdruck Ihrer Produkte und Ihres Unternehmens. Und das mit wenigen Klicks.

FRED identifiziert die effizientesten Wege zur CO₂-Minderung durch Kalkulation und Vergleich fiktiver Szenarien.

FRED ist ihr Weg zur Dekarbonisierung Ihres Unternehmens – Überzeugen Sie sich.

Buchen Sie einen Demotermi
Ihr Weg in eine klimaneutrale Zukunft!



Photo CloMacke - Entrée sur le Salon

Info et contact sur les exposés techniques : clotilde.macke-bart@cetim.fr



L'OPTIMUM QUALITÉ EST NOTRE PRIORITÉ

Notre vaste gamme de machines-outils pour les techniques de formage comprend entre autres **des presses hydrauliques, des marteaux-pilons, des marteaux à contre-frappes, des presses à vis, des machines de préformage et des laminoirs transversaux et longitudinaux.** Un autre de nos atouts : **l'automatisation** clef en main des installations, lignes complètes ou simples machines. **Your needs. Our solutions.**

Domaine d'application actuel :

- ▶ Industrie automobile
- ▶ Technique ferroviaire
- ▶ Industrie aéronautique
- ▶ Construction navale
- ▶ Techniques médicales
- ▶ Appareils électroménagers
- ▶ Fabrication d'outillages à main
- ▶ Construction de machines
- ▶ Construction de machines agricoles
- ▶ Energies renouvelables
- ▶ Construction de centrales énergétiques
- ▶ Industrie de la robinetterie
- ▶ Industrie Offshore
- ▶ Industrie minière



LASCO Umformtechnik GmbH

Hahnweg 139 • 96450 Coburg • Allemagne • Tél +49 9561 642-0

LASCO.COM



Patrick BOUTEILLE
Ingénieur CND, CETIM

Automatisation de la détection des défauts de surface

La magnétoscopie et le ressuage sont les méthodes de contrôle non destructif traditionnellement utilisées dans les forges et les fonderies pour détecter les défauts de surface.

Les contrôles manuels actuels restent assujettis aux facteurs humains que sont la subjectivité de l'interprétation selon les opérateurs ainsi que la baisse de vigilance et la fatigue constatées lors de contrôles répétitifs. L'automatisation de la sanction du contrôle qui permet un contrôle automatique à 100% de la production est une solution pour améliorer la fiabilité des contrôles. Elle permet aussi, notamment pour les pièces de grande série, de réduire les coûts de contrôle et donc de production des pièces, d'augmenter la cadence de contrôle et finalement d'augmenter la productivité. Le contrôle automatique permet aussi de limiter les troubles des opérateurs liés aux gestes répétitifs, ainsi que leur éventuelle exposition aux produits chimiques ou au rayonnement ultraviolet.



Yannick MAFILLE
Ingénieur CND, CETIM

Le Cetim travaille sur deux pistes pour fiabiliser la détection des défauts de surface et améliorer les conditions de travail des opérateurs : l'automatisation de la sanction du contrôle par magnétoscopie ou par ressuage et le remplacement de la magnétoscopie ou du ressuage par la thermographie infrarouge active avec excitation par induction.

Sur le premier sujet, l'intelligence artificielle (IA) semble être une solution pour répondre à ce besoin. En effet, les systèmes automatiques classiques de détection de défauts basés sur la vision et le traitement de l'image ne permettent pas de s'affranchir des fausses indications engendrées notamment par les artefacts ou par le bruit de fond lié à l'état de surface des pièces. Le Cetim a ainsi réalisé un démonstrateur nomade de détection automatique de défauts décelés par magnétoscopie par intelligence artificielle. Ce démonstrateur appelé MAIA pour Magnétoscopie Assistée par Intelligence Artificielle est déployable en parallèle des postes de contrôle, afin de permettre aux industriels de découvrir et d'évaluer les performances de l'analyse automatisée par IA de défauts. Il a ensuite été étendu à la sanction du contrôle par ressuage.

La thermographie infrarouge avec excitation par induction appelée aussi thermographie inductive est une méthode de contrôle alternative au ressuage et à la magnétoscopie, offrant des résultats de détection comparables mais sans produits chimiques ni contact avec la pièce. Développée depuis plusieurs années par le Cetim, elle a de nombreux avantages notamment celui de faciliter l'automatisation de la sanction pour le contrôle en forges dans lesquelles elle commence à faire son apparition.

Dans cet article, ces deux évolutions dans la détection des défauts de surface sont présentées. Nous verrons tout d'abord, au travers de la réalisation du démonstrateur MAIA, comment l'intelligence artificielle peut être utilisée pour améliorer la détection automatique de défauts décelés par magnétoscopie et ressuage fluorescents. Puis les performances de la thermographie inductive seront présentées par le biais d'exemples d'automatisation de la méthode notamment sur pièces forgées en remplacement de la magnétoscopie ou du ressuage.

I. L'IA au service du contrôle par magnétoscopie et par ressuage

1.1. Magnétoscopie et ressuage fluorescents

La magnétoscopie, qui permet la détection de défauts de surface, débouchants et sous-jacents, sur les matériaux ferromagnétiques uniquement, est une des plus anciennes méthodes de contrôle. Sa fiabilité, sa rapidité et ses dernières évolutions techniques font qu'elle est toujours très employée dans l'industrie pour le contrôle de matériaux métalliques. La magnétoscopie consiste à aimanter la pièce à contrôler à l'aide d'un champ magnétique suffisamment élevé. En présence d'une discontinuité, les lignes du champ magnétique subissent une distorsion qui génère un «champ de fuite magnétique». Un produit indicateur, coloré ou fluorescent, est alors appliqué sur la surface à examiner. Ce produit indicateur est attiré au droit du défaut par les forces magnétiques pour former des indications. Ces indications, d'autant mieux détectées qu'elles se situent perpendiculairement aux lignes de force du champ magnétique, sont observées, dans des conditions appropriées, soit sous lumière blanche sur un fond blanc (magnétoscopie colorée), soit sous rayonnement ultraviolet sur un fond noir (magnétoscopie fluorescente). Dans cet article, les travaux réalisés concernent le contrôle par magnétoscopie fluorescente de pièces examinées après la magnétisation.

Le ressuage permet la détection de défauts débouchant en surface uniquement, sur des matériaux non poreux. Le ressuage est une des plus anciennes méthodes de contrôle. Sa simplicité, son faible coût de mise en œuvre et sa capacité à détecter les indications quelle que soit leur orientation font qu'il est toujours très employé dans tous les secteurs d'activité industriels. Le ressuage est, par définition, la résurgence d'un liquide d'une discontinuité dans laquelle il s'était préalablement introduit au cours d'une opération de pénétration. Après un nettoyage minutieux, un pénétrant coloré ou fluorescent est appliqué sur la surface à examiner pour pénétrer par capillarité à l'intérieur des discontinuités. Après un temps de pénétration suffisant, l'excès de pénétrant en surface est éliminé. La surface est alors recouverte d'un révélateur qui absorbe le pénétrant contenu dans les discontinuités, faisant ainsi «ressuer» le pénétrant. Les indications sont alors observées en surface, selon le type de pénétrant utilisé, soit sous lumière blanche sur un fond blanc (ressuage coloré), soit sous rayonnement ultraviolet sur un fond noir (ressuage fluorescent). Dans cet article, les travaux réalisés concernent le contrôle par ressuage fluorescent de pièces.

1.2. Intelligence artificielle

L'Intelligence Artificielle est un ensemble de théories et de technologies mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine. L'IA est un outil en plein essor du fait de l'augmentation des données disponibles et de la maturité des technologies numériques. Elle est aujourd'hui accessible et permet de traiter en temps réel des données CND dont la complexité et la quantité ne cessent de croître. Les industriels commencent à percevoir l'IA comme une source potentielle d'innovation et de création de valeur permettant d'optimiser et de fiabiliser leurs process.

L'apprentissage automatique (Machine Learning) est une branche de l'IA basée sur une approche mathématique et statistique pour donner aux ordinateurs la capacité d'apprendre de manière autonome à partir de données. Le système «apprend» à partir d'une grande quantité de données pour prédire et classer les nouvelles informations. Il existe de nombreux algorithmes d'apprentissage automatique, qui peuvent être classés en 3 familles : apprentissage supervisé, apprentissage non supervisé et apprentissage par renforcement. Le choix de l'algorithme se fait en fonction des données disponibles, des contraintes techniques et de l'objectif.

Cet article traite des travaux réalisés en utilisant l'apprentissage supervisé qui est la technique la plus répandue en CND lorsque l'on dispose d'une base d'images de pièces avec défauts représentatifs annotées par un contrôleur. L'objectif est d'entraîner un algorithme avec des images de défauts annotées (étape de labellisation) et des résultats connus, afin qu'il puisse prédire les résultats futurs. L'apprentissage supervisé s'appuie sur l'intervention humaine. C'est le contrôleur CND expérimenté qui apporte les bases de sa connaissance lors des phases de labellisation et de validation.

Avec un apprentissage supervisé, l'algorithme apprend les caractéristiques des pièces conformes et les caractéristiques des pièces non conformes. Il apprend donc ce qu'est une pièce conforme et ce qu'est un défaut. Ce type d'apprentissage semble être le plus robuste quand la quantité de données d'apprentissage est suffisante. L'étape d'annotation des images d'apprentissage est cependant longue et fastidieuse. Afin que l'apprentissage soit efficace, il faut présenter à l'algorithme des images de pièces conformes et des images de pièces non conformes. Il est également nécessaire d'être le plus exhaustif et le plus représentatif possible sur les types de défauts et la situation de la pièce (état de surface, géométrie, éclairage...).

1.3. Démonstrateur MAIA

Dans le cadre de ses travaux collectifs, le Cetim a développé un démonstrateur de Magnétoscopie Assistée par Intelligence Artificielle (MAIA), déplaçable facilement chez les industriels pour leur permettre d'évaluer rapidement les performances de la sanction automatique du contrôle par magnétoscopie fluorescente (étendu ensuite au ressuage fluorescent) par intelligence artificielle. Ce démonstrateur (Figure 1) est modulable pour s'adapter à la géométrie des pièces (plateau tournant et vireur) et aux conditions d'observation et accessible pour l'utilisateur avec une interface hommes-machine conviviale.

Il est constitué d'un caisson éclairé par des lampes ultraviolettes dans lequel les pièces préalablement magnétisées et enduites de liqueur magnétique (ou enduites du pénétrant et du révélateur en ressuage) sont placées sous une caméra. Les données CND utilisées par l'intelligence artificielle pour la sanction automatique sont donc les photographies numériques réalisées dans le caisson par la caméra, lors de l'observation de la surface des pièces après examen par magnétoscopie ou ressuage fluorescents. Le démonstrateur est dépourvu de moyens de magnétisation, il n'est pas utilisé pour réaliser le contrôle mais uniquement pour réaliser la sanction automatique du contrôle. La magnétisation des pièces est effectuée par des contrôleurs sur un banc de magnétoscopie fluorescente à proximité du démonstrateur.



Figure 1 : Démonstrateur MAIA.

Le logiciel du démonstrateur, développé en interne au Cetim, permet de contrôler l'automate via l'interface homme-machine selon 4 modes disponibles :

- Mode configuration : il permet d'enregistrer une séquence de paramètres d'acquisition et/ou de contrôle par type de pièce (nombre d'images, module de rotation, niveau d'éclairage UV, position de la caméra)
- Mode acquisition : utilisable suivant une séquence configurée, il permet l'acquisition d'images sur les pièces préalablement magnétisées, afin de générer une banque de données.
- Mode IA : réservé aux experts IA, il permet de réaliser les annotations des images (segmentation et détection d'objet), d'entraîner des algorithmes d'intelligence artificielle (classification, détection d'objet, segmentation), de modifier les paramètres d'apprentissage et d'observer les graphiques de performance.
- Mode contrôle : après avoir choisi la configuration prédéfinie et sélectionné le modèle IA pré-entraîné, ce mode permet de détecter automatiquement, en temps réel, la présence de défauts sur la pièce préalablement magnétisée.

La constitution d'une base de données représentatives est une étape impérative à l'élaboration d'un algorithme robuste de détection automatique entraîné par apprentissage supervisé. Pour ce faire, des industriels ont fourni près de 500 pièces forgées (bielles, moyeux de roue, tulipes de transmission et vilebrequins), avec défauts représentatifs. Elles ont été magnétisées et enduites de liqueur magnétique avant d'être utilisées dans le démonstrateur.

L'élaboration des algorithmes entraînés par apprentissage supervisé est ensuite réalisée selon les 5 étapes suivantes :

- Constitution de la base d'images représentatives :
Le démonstrateur MAIA est utilisé en mode acquisition pour la réalisation de 5000 clichés numériques selon des configurations mécaniques et des séquences d'acquisition propres à chaque pièce.
- Labellisation des données :
Des contrôleurs CND certifiés Cofrend MT2 apportent leurs connaissances en labellisant les images selon 3 méthodes :
 - Classification : les images sont classées dans 2 dossiers : Conforme / Non conforme
 - Détection d'objet : la zone de défaut est encadrée sur l'image
 - Segmentation : les pixels correspondant au défaut sont sélectionnés sur l'image.

- Choix du réseau/algorithme :
Le réseau neuronal convolutif (CNN), sa configuration et son architecture sont choisis et optimisés par le data-scientist en fonction des images d'entrée disponibles et de l'objectif visé.
- Préparation des données :
Les données d'entrée sont prétraitées (redimensionnement, augmentation des données...) pour augmenter la robustesse et la fiabilité de l'algorithme et réparties en 3 catégories (apprentissage 80%, validation 10% et test 10%),
- Apprentissage
L'apprentissage permet de transférer le savoir et l'expérience des opérateurs à la machine qui sera alors capable de réaliser une bonne détection des défauts.

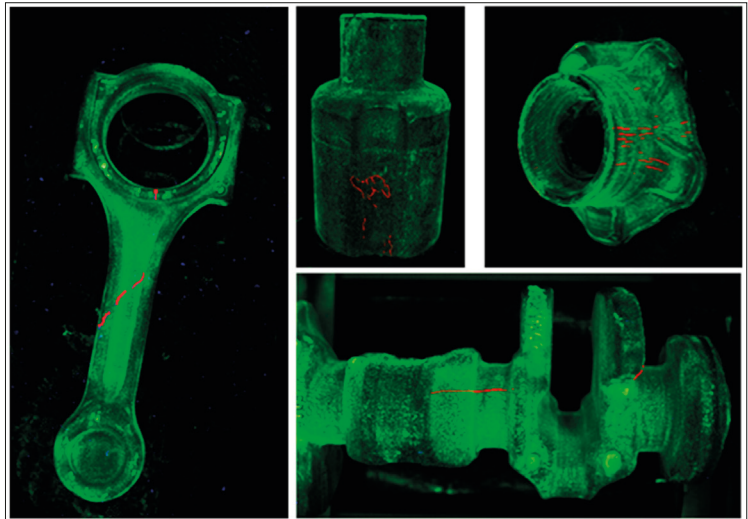


Figure 2 : Détection automatique par segmentation après magnétoscopie fluorescente

Le démonstrateur MAIA est aussi utilisable pour réaliser l'analyse automatisée par IA de défauts détectés par ressuage fluorescent. Une démarche identique à celle réalisée en magnétoscopie fluorescente a été appliquée sur des bielles forgées, seul type de pièces forgées disponible en grand nombre et contrôlable en ressuage fluorescent. L'algorithme de segmentation pré-entraîné avec les images de magnétoscopie fluorescente a été renforcé avec les 1500 nouvelles images de ressuage fluorescent réalisées sur 68 bielles selon les 5 étapes détaillées ci-dessus.

1.4. Résultats de MAIA

En magnétoscopie fluorescente, le démonstrateur MAIA est capable de détecter les défauts présents sur de nouvelles pièces (bielles, vilebrequins, moyeux de roue, tulipes de transmission) non utilisées pour réaliser l'apprentissage (Figure 2). Cela signifie que l'algorithme est capable de détecter une indication sur une pièce qu'il n'a jamais vue. Il est également efficace sur de nouveaux types de pièces forgées ou non (par exemple des triangles de suspension forgés ou des pièces usinées), moyennant quelques acquisitions sur ces nouvelles pièces pour renforcer l'algorithme. Grâce à l'apprentissage sur plusieurs types de pièces, l'algorithme a « compris » ce qu'était un défaut de magnétoscopie et est capable de généraliser son analyse sur des pièces de géométries différentes ou d'état de surface différent. Cependant, si la forme du défaut est totalement différente de celle que l'algorithme a vue pendant son apprentissage, il ne sera pas aussi performant.

En ressuage fluorescent, 100% des défauts sont au moins partiellement détectés sur toutes les images des 8 bielles tests avec défauts (Figure 3). Notons que ces résultats sont obtenus malgré le peu d'images disponibles en ressuage et grâce au renforcement de l'algorithme préalablement entraîné avec les images de magnétoscopie. Les 2 bielles sans défaut sont bien classifiées sans défaut. Néanmoins, 6 faux positifs ont été détectés sur les 48 images des bielles sans défaut mais ils sont principalement dus aux marquages présents en surface des bielles. Ces résultats pourront être améliorés en entraînant l'algorithme avec plus d'images. La généralisation de l'algorithme est possible en entraînant l'algorithme sur des types et des géométries de pièces différentes. Il pourrait, par exemple, être utilisé aussi pour les pièces de fonderie.



Figure 3 : Détection automatique par segmentation après ressuage fluorescent

Les algorithmes développés dans MAIA sont jugés robustes et très peu sensibles aux fausses indications engendrées notamment par les artefacts ou par le bruit de fond lié à l'état de surface des pièces.

1.5. Conclusions sur MAIA

Le démonstrateur MAIA permet d'illustrer, de façon pédagogique, la preuve du concept d'analyse automatisée par IA de défauts sur 4 types de pièces. En effet, les algorithmes entraînés détectent automatiquement les défauts décelés par magnétoscopie et ressuage fluorescents. Contrairement aux systèmes automatiques classiques de détection de défauts basés sur la vision et le traitement de l'image, ils sont peu sensibles aux fausses indications liées à la géométrie ou à l'état de surface des pièces. Même si l'absence de norme sur l'IA peut être un frein à l'industrialisation, ces travaux montrent que l'IA est une technologie aujourd'hui accessible pouvant répondre aux besoins des industriels pour fiabiliser et automatiser les contrôles actuels.

Ce démonstrateur est aujourd'hui présenté comme un assistant aux contrôleurs CND et testé depuis 2023 à proximité de postes de contrôles par magnétoscopie ou ressuage fluorescents, pour permettre aux industriels d'évaluer, en temps réel, les performances de la détection automatisée de défauts par IA. Il a démontré ses performances sur des pièces avec des états de surface et des natures de défauts différents de ceux des pièces initialement utilisées pour le développement de MAIA. La sensibilité des algorithmes pourra encore être renforcée avec l'apprentissage sur de nouvelles pièces mais aussi être adaptée en fonction de l'interprétation des contrôleurs et des critères industriels.

Le Cetim accompagne les industriels à l'intégration de l'intelligence artificielle pour assister les opérateurs de magnétoscopie et de ressuage, de l'étude de faisabilité jusqu'au déploiement et la qualification de la solution.

2. La thermographie inductive en alternative à la magnétoscopie et au ressuage

2.1. Thermographie inductive

La thermographie infrarouge est une technique de mesure des températures de surface qui met essentiellement en œuvre les transferts de chaleur par conduction et rayonnement thermique. Elle est déjà utilisée dans l'industrie pour le diagnostic thermique des bâtiments, l'inspection d'armoires électriques ou pour la surveillance de machines

tournantes. Une caméra infrarouge permet alors de visualiser le flux thermique émis par les objets. Un tel contrôle est non destructif, rapide, simple à mettre en œuvre et sans contact avec l'objet visé.

En contrôle non destructif, une source d'excitation est généralement nécessaire pour détecter certains défauts dans les pièces. Un flux de chaleur peut être créé par une lampe flash, par exemple, dans un matériau composite et une caméra infrarouge permet alors de mettre en évidence un délaminage par le blocage du flux de chaleur créé par ce défaut.

Pour les défauts de surface sur matériaux métalliques, une excitation courte par induction est bien adaptée. Le chauffage par induction est basé sur le passage d'un courant alternatif dans une bobine excitatrice créant des courants induits dans l'objet conducteur d'électricité placé à proximité. Ces courants appelés courants de Foucault génèrent à leur tour un échauffement de l'objet par effet Joule. La présence d'un défaut perturbe la distribution de ces courants induits, créant une concentration de la densité de puissance autour du défaut. Cette concentration se traduit par des surchauffes locales au niveau des défauts. L'inhomogénéité de la distribution de la température se propage à la surface de l'objet et est détectée par la caméra infrarouge (Figure 4).

L'excitation par induction présente donc l'avantage de créer une perturbation supplémentaire due à la concentration des courants de Foucault autour du défaut qui va créer un effet loupe pour sa détection.

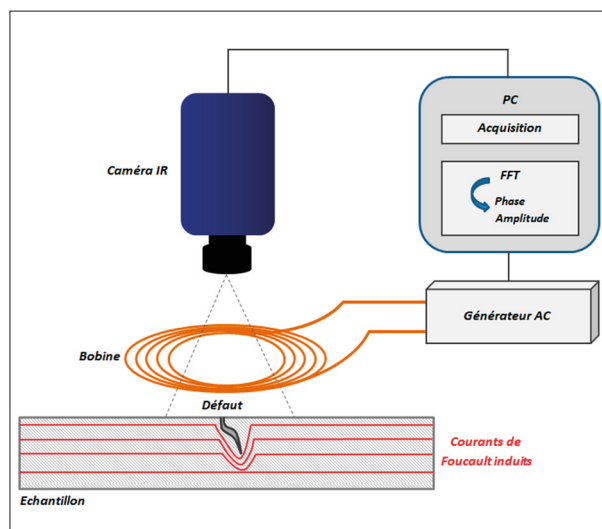


Figure 4 : Principe de la thermographie inductive

2.2. Performances de la thermographie inductive

La thermographie infrarouge avec excitation par induction est développée depuis de nombreuses années par le CETIM pour la détection de défauts de surface sur matériaux métalliques.

Une qualité de détection similaire voire meilleure que celle atteinte par magnétoscopie peut être obtenue par thermographie infrarouge sur les matériaux magnétiques notamment sur des pièces forgées, des soudures ou des engrenages. Des défauts même très fermés sont facilement détectés. La thermographie inductive permet de détecter les défauts linéaires mais est moins bien adaptée à la détection des défauts arrondis. Les pièces brutes de forge sont en général bien adaptées pour le contrôle par thermographie en raison de leur bonne émissivité dans l'infrarouge, qui améliore la qualité de détection des défauts sur les pièces. Les pièces usinées ont l'inconvénient d'avoir une faible émissivité et de faiblement réémettre le flux radiatif.

La thermographie inductive fonctionne également sur des matériaux non magnétiques avec une conductivité électrique modérée tels que le titane, l'acier inoxydable ou l'inconel et est alors aussi efficace que le ressuage pour détecter les défauts linéaires débouchants. Elle a en plus, par rapport au ressuage, l'avantage de mettre en évidence les défauts sous-jacents. Les matériaux bons conducteurs électriquement tels que l'aluminium sont plus difficiles à chauffer par induction et donc difficiles à contrôler par thermographie inductive.

Pour des géométries simples, la cadence de contrôle est élevée en thermographie inductive, grâce à des acquisitions dont la durée avoisine seulement quelques centaines de millisecondes. Pour cela, la conception de l'inducteur est une étape importante. Il doit être défini afin que les courants induits « coupent » les défauts recherchés. Dans certains cas, un contrôle dans différentes directions peut être nécessaire, comme en magnétoscopie. L'inducteur ne doit pas masquer la zone à contrôler et doit donc être conçu en fonction de la géométrie de la pièce à contrôler, des défauts recherchés et des propriétés du matériau.

La thermographie est considérée comme une technologie propre et présente de forts intérêts environnementaux et sanitaires en n'utilisant pas de produits chimiques.

Les travaux sur la détection automatique des défauts sur les images numériques obtenues par thermographie ont confirmé la possibilité de réaliser un contrôle 100% automatique incluant la sanction du contrôle. Contrairement

à la magnétoscopie et au ressuage, il n'est pas nécessaire de rajouter une caméra pour obtenir les images à analyser, les images numériques étant fournies directement par la caméra infrarouge. La thermographie inductive possède alors de nombreux atouts pour remplacer avantageusement la magnétoscopie et le ressuage.

2.3. Apport de l'IA

Les travaux réalisés par le CETIM sur l'intelligence artificielle et notamment le machine learning pour la détection automatique des défauts sur des images de thermographie confirment l'apport de ces nouvelles technologies pour fiabiliser la sanction des contrôles.

En effet, les traitements d'images classiques sont généralement basés sur le contraste des indications par rapport aux pixels voisins. Ils peuvent montrer des limites pour la distinction entre des indications correspondant à des défauts réels et des variations de contraste liées à des changements géométriques de la pièce à contrôler. Ils peuvent ainsi provoquer soit des fausses alarmes, soit la non-détection de certains défauts.

L'apprentissage d'un réseau de neurones avec des images de thermographie comportant différents types de défauts rencontrés sur la pièce à contrôler permet de dépasser ces limitations et d'obtenir une parfaite détection des défauts (Figure 5).

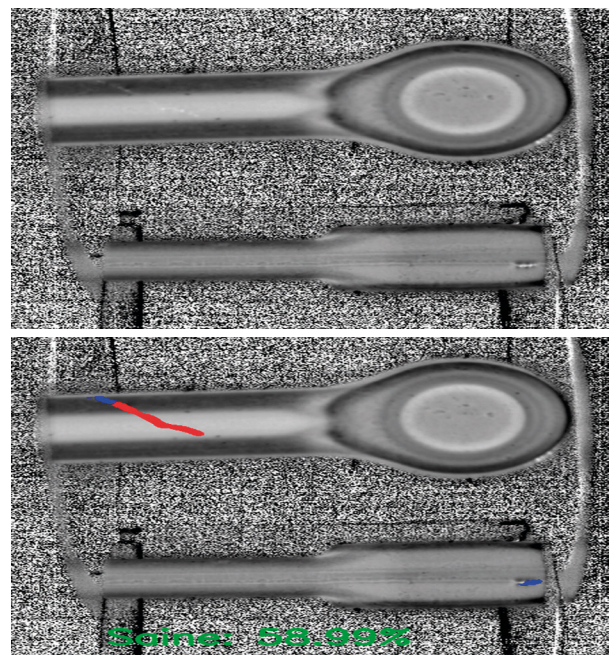


Figure 5 : Détection automatique d'une indication par machine learning sur une bielle contrôlée par thermographie inductive

Cela nécessite cependant une importante quantité d'images obtenues sur des pièces avec défauts afin que le réseau « apprenne » par lui-même ce qu'est un défaut et ce qui n'est pas un défaut, comme un opérateur aurait besoin d'une formation et de voir des images avec et sans défauts pour être capable de réaliser la sanction du contrôle. La quantité d'images nécessaire pour l'apprentissage dépend de la complexité de la détection des défauts. En général, plusieurs milliers d'images sont nécessaires pour obtenir des résultats satisfaisants sur des images de thermographie utilisée pour détecter des défauts de surface. La qualité de la sanction automatique dépendra en grande partie de la base de données et de la qualité de l'annotation réalisée pour l'apprentissage du réseau.

Le machine learning permet alors de détecter des indications peu contrastées et aussi de faire la distinction entre des indications relevant de défauts critiques (repérées par l'algorithme et encadrées en rouge sur la Figure 6) et des indications non préjudiciables pour la santé de la pièce (repérées par des flèches jaunes sur la Figure 6).

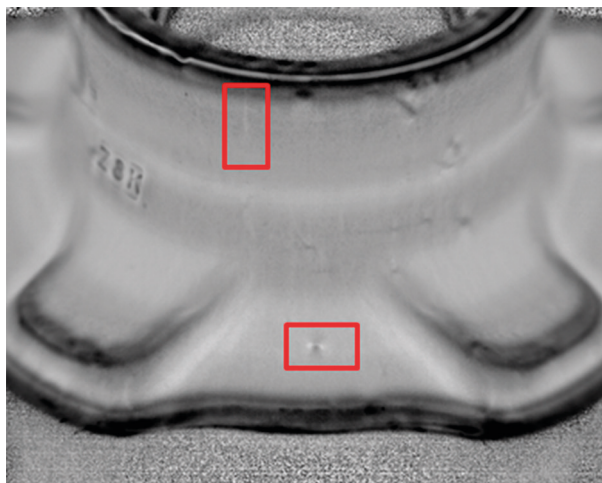


Figure 6 : Distinction entre indications critiques et indications non critiques par machine learning sur un moyeu de roue contrôlé par thermographie inductive

2.4. Automatisation de la thermographie inductive

Certaines précautions sont nécessaires lors de l'automatisation de la thermographie inductive pour aboutir à un contrôle fiable.

Tout d'abord, il est nécessaire d'éviter les réflexions parasites, notamment sur les pièces avec une faible émissivité, qui vont créer des artefacts sur les images. Ces réflexions peuvent provenir de l'inducteur, de la pièce elle-même, de

la caméra infrarouge (effet narcisse) ou de sources transitoires tels que le passage d'un pont roulant ou d'un opérateur. Pour cela, il est indispensable, par exemple, d'éviter les vibrations des différents éléments cités ci-dessus et d'installer des protections qui font barrière aux rayonnements parasites.

La thermographie inductive est plutôt adaptée à la production de grandes séries comme en forge, du fait du besoin d'adaptation de l'inducteur et de la configuration de contrôle à la géométrie des pièces. Elle se prête donc bien à l'automatisation avec l'absence de contact avec la pièce, l'absence de produits chimiques et une sanction automatique facilitée par les images numériques de la caméra infrarouge.

Le CETIM a notamment accompagné NTN Transmissions Europe à Crézancy (02) pour installer dans leurs locaux un ilot robotisé de détection automatique de défauts de surface sur leurs tulipes de transmission forgées par thermographie inductive.

L'histoire a commencé dans le cadre d'une étude collective pour les cotisants forgerons où le CETIM a démontré les performances de détection de la thermographie inductive par rapport à la magnétoscopie et au ressuage sur plusieurs types de pièces forgées, mais aussi la possibilité de réaliser une détection automatique des indications, généralement des replis de forge, sur les images de thermographie. NTN-TE a été volontaire pour mettre à disposition des pièces forgées et tester la méthode dans ses locaux. Un démonstrateur avec un robot collaboratif a été développé par le CETIM pour valider le concept d'un contrôle d'une référence de tulipes de transmission fabriquées par NTN-TE avec sanction automatique par traitement d'images (Figure 7).

Les performances de détection de ce démonstrateur équipé d'un robot collaboratif ont convaincu NTN-TE d'aller plus loin : un ilot complet robotisé a été développé pour le contrôle de la production des tulipes, quelle que soit la référence de la tulipe (Figure 8).

Le banc est équipé d'une table d'accumulation qui peut accueillir plus de 50 tulipes et d'un convoyeur qui aligne les tulipes avant leur préhension par la pince du robot. Un robot classique remplace alors le robot collaboratif pour permettre d'augmenter la cadence du contrôle. Une caméra de vision est utilisée pour indiquer au robot la position exacte de la tulipe et son orientation, ceci permet une saisie parfaite de la pièce par le robot et un bon placement angulaire

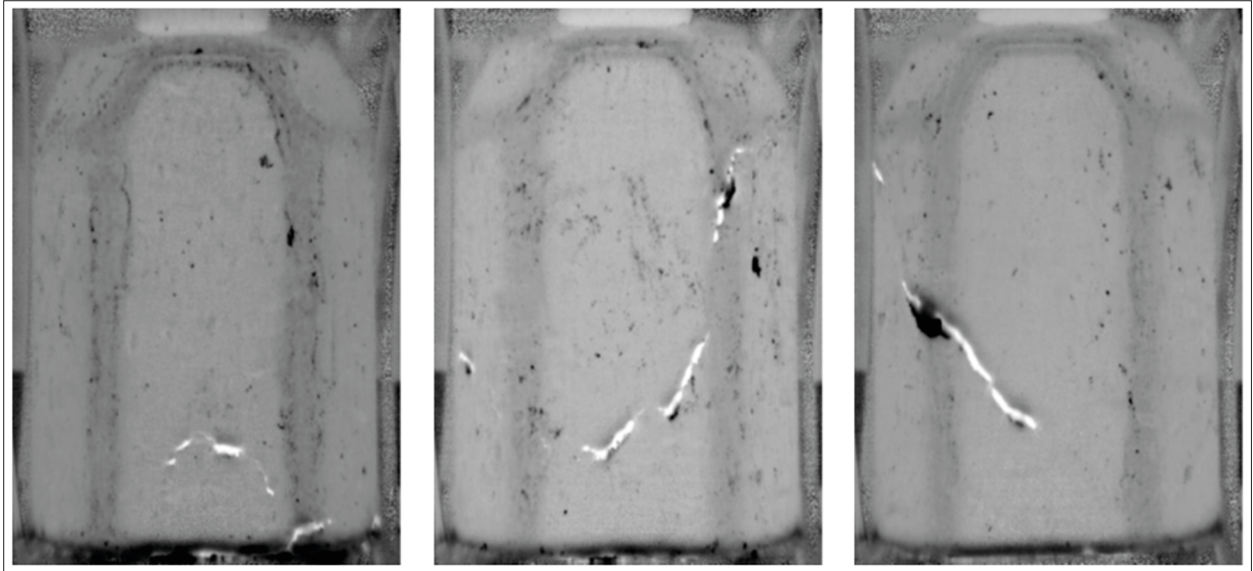


Figure 7 : Détection des replis de forge sur les tulipes par thermographie inductive

de la tulipe au milieu de l'inducteur en face de la caméra infrarouge. L'inducteur, de type bobines de Helmholtz, permet de s'adapter facilement à la diversité des géométries des tulipes. La tulipe est une pièce trilobée qui est contrôlée en 3 fois avec une rotation de 120°C de la pièce entre chaque acquisition. L'image obtenue pour chaque acquisition est analysée par un traitement d'images basé sur le contraste et la longueur de l'indication pour réaliser une détection automatique des replis de forge. La tulipe considérée comme saine est déposée par le robot sur un convoyeur qui aboutit à une caisse d'expédition tandis que les tulipes défectueuses sont lâchées dans une trappe menant à une benne de rebuts.

Le contrôle des trois faces d'une tulipe est réalisé en moins de 7 secondes. Cette cadence pourrait être réduite de moitié en optimisant les déplacements du robot et est compatible avec les cadences de contrôle recherchées en forge. Plus de 800 000 tulipes ont été contrôlées en 9 mois environ chez NTN-TE, sans aucun retour pour non-conformité liée à la présence d'un repli de forge. L'utilisation de l'intelligence artificielle permettrait d'optimiser la sanction automatique et de l'adapter aux besoins de NTN Transmissions Europe.

Le CETIM a développé d'autres systèmes industriels de contrôle par thermographie inductive qui peuvent être adaptés pour le contrôle de pièces forgées. Le banc semi-automatique (Figure 9) conçu pour Naval Group permet, par exemple, la détection des défauts de surface sur des goujons (fût et partie lisse) en acier ferritique (magnétique) et austénitique (amagnétique) de différentes longueurs (jusqu'à 800 mm) et de différents diamètres (de 18 à 52 mm).

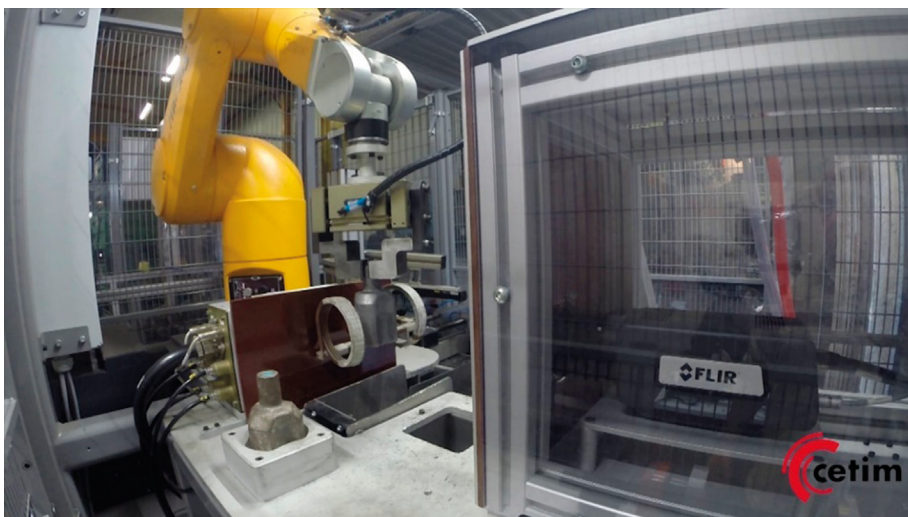


Figure 8 : Ilot robotisé de contrôle des tulipes de transmission par thermographie inductive

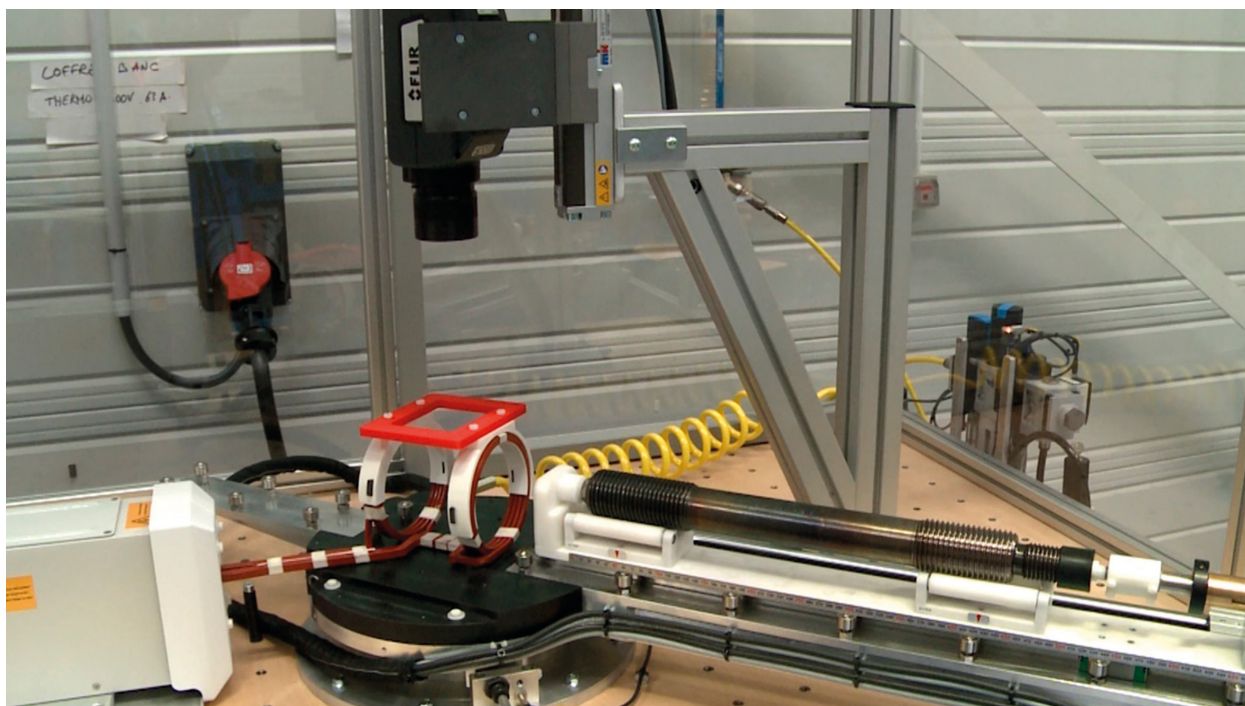


Figure 9 : Banc semi-automatique de contrôle de goujons par thermographie inductive

2.5. Conclusions sur la thermographie inductive

Après plusieurs années de développements et de validation, la thermographie inductive est enfin prête à intégrer les lignes de production de forge pour un contrôle à 100%. Les travaux réalisés par le CETIM et les systèmes industriels de contrôle de production le prouvent.

La thermographie inductive est une méthode de contrôle des défauts de surface qui s'automatise parfaitement avec l'absence de contact avec la pièce et l'absence de produits utilisés pour le contrôle. De plus, la méthode est rapide avec des acquisitions qui durent quelques centaines de millisecondes et qui permettent le contrôle de pièces de

géométrie simple en quelques secondes. Les images numériques obtenues en thermographie inductive garantissent un archivage des contrôles et offrent également la possibilité de réaliser une détection automatique des défauts.

Le développement de l'intelligence artificielle ouvre aussi de nouvelles voies pour une sanction automatique plus efficace ou plus personnalisée en fonction des critères définis par les industriels.

Les travaux de normalisation de la thermographie inductive en cours vont dans les prochaines années contribuer à accélérer le déploiement de cette méthode prometteuse.



15 MAI

CONCOURS
GÉNÉRAL
des MÉTIERS
de la FONDERIE
2024



Sergio DA ROCHA
Responsable Formation
Fédération Forge Fonderie

Concours général des métiers de la fonderie 2024

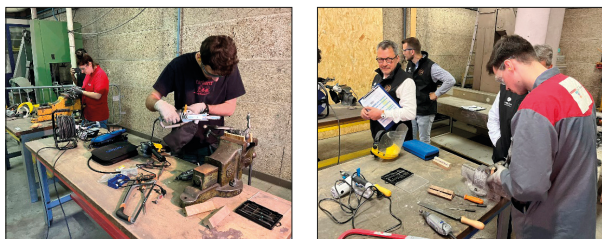
Démonstration des savoir-faire au lycée Hector Guimard de Lyon

Le concours général des métiers de la fonderie s'est tenu les 15 et 16 mai au lycée polyvalent Hector Guimard de Lyon. Cet événement a mis en lumière les compétences et le savoir-faire des futurs professionnels de la fonderie à travers une épreuve finale de haut niveau.

Tout un programme !

Accueil de bonne heure à 7h30, le mercredi 15 mai, pour les 6 candidats finalistes. La journée a été dédiée à la réalisation du moule, selon le modèle imposé. Les candidats ont dû étudier le dossier, préparer et réaliser leur moule, pour ensuite procéder à la coulée de la fonte prévue en fin d'après-midi.





La journée s'est terminée par les discours et un cocktail au Lycée, avant un dîner convivial à la célèbre «Brasserie Georges» à Perrache.

La matinée du jeudi 16 mai a été consacrée au décochage et aux finitions des pièces. Les candidats ont eu l'occasion de montrer leur habileté en parachevant leur œuvre, qui a ensuite été fixée sur un socle pour l'évaluation finale par le jury.

Une œuvre inspirée par Lyon et les Jeux Olympiques



Cette année, le concours s'inscrit dans une dynamique exceptionnelle, alors que la France accueille les Jeux Olympiques. Le modèle à réaliser fait écho à cette double symbolique : un discobole robotisé, fruit de l'imagination de l'artiste lyonnais Romain Lardanchet. Ce personnage futuriste, tenant un disque représenté par une bobine de film, célèbre à la fois le sport et les origines du cinéma, une invention des frères Lumière, emblèmes de Lyon.

Romain Lardanchet, artiste de la «Mécamorphose»



Originaire de Lyon, Romain Lardanchet est reconnu pour son travail mêlant fantastique et cyberpunk. Son processus créatif unique, la «Mécamorphose», consiste à transformer des véhicules en créatures mécaniques. Ses œuvres, comme le stégosaure «Gustave» ou le robot «AJAX», témoignent de son talent et de sa maîtrise technique.

Romain Lardanchet présente, plus particulièrement ses "créatures" de toutes tailles, en galerie et pour diverses expositions, mais aussi à des événements tels qu'à "Marseille Capitale européenne de la Culture 2013", ou à la "Japan Expo" et à "L'étrange Festival" à Paris. Ces œuvres sont également présentes dans des lieux de culture prestigieux, comme la Demeure du Chaos à Lyon et le Musée d'art contemporain de Montréal. (Instagram : @mecamorphose)

Une évaluation méticuleuse

Les compétences des candidats ont été évaluées de manière exhaustive, de la préparation du moule au respect des règles d'hygiène et de sécurité, en passant par la qualité du moulage et du parachèvement. Chaque étape est supervisée par un jury attentif, garantissant une évaluation juste et rigoureuse.



Le Concours Général des Métiers de la Fonderie 2024 a été un rendez-vous exceptionnel, célébrant l'excellence et le savoir-faire des futurs fondeurs. En alliant tradition et innovation, cet événement contribue à la promotion et à la valorisation d'un métier aux multiples facettes.



En parallèle du CGM : une réunion sur l'attractivité des Bac Pro et BTS Fonderie

Le mercredi 15 mai, en parallèle de la finale du Concours Général des Métiers de la Fonderie, s'est tenue une réunion au Lycée Hector Guimard de Lyon, réunissant les directeurs et directrices délégués aux formations professionnelles et technologiques. L'objectif de cette rencontre était de discuter des stratégies pour renforcer l'attractivité des formations Bac Pro et BTS Fonderie.



Un état des lieux des effectifs

La réunion a débuté par une présentation détaillée de l'état actuel des effectifs dans les filières Bac Pro et BTS Fonderie. La Fédération a partagé les résultats de son enquête annuelle sur les effectifs montrant une légère baisse des inscriptions ces dernières années et soulignant la nécessité d'une intervention concertée pour inverser cette tendance.

Défis et obstacles à surmonter

Cette réunion a permis d'évoquer les défis et des obstacles rencontrés dans la promotion des filières fonderie. Les participants ont identifié plusieurs facteurs, notamment le manque de visibilité des métiers de la fonderie auprès des jeunes et de leurs familles, ainsi que des préjugés persistants sur les conditions de travail dans ce secteur. La discussion a également porté sur les difficultés à attirer des élèves dans un contexte où les métiers industriels sont souvent moins valorisés que d'autres secteurs professionnels.

Partage de bonnes pratiques

Un échange sur les expériences réussies et les bonnes pratiques a permis de mettre en lumière plusieurs initiatives inspirantes. Parmi celles-ci, la collaboration avec des entreprises sur un bassin élargie pour offrir des stages attractifs, la présentation des formations aux collégiens et l'organisation de journées portes ouvertes. Un projet campagne de communication participative ciblées sur les réseaux sociaux a également été évoqué.





Des résultats et une remise des prix à la Sorbonne

Les lauréats de la session 2024 connaîtront les résultats et seront récompensés par la ministre de l'Éducation Nationale à l'occasion de la cérémonie de remise des prix dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, le 11 juillet 2024.

Remerciements

La Fédération Forge Fonderie souhaite souligner l'importance du Concours Général des Métiers de la Fonderie qui représente une vitrine de l'excellence des savoirs faire de la fonderie et de ses enseignements et souhaite féliciter nos jeunes finalistes pour leur travail et leur sérieux :

- Nicolas CAVENAILE - Lycée Gustave Eiffel, Armentières (59)
- Alicia DELATTRE - Lycée Henri Brisson, Vierzon (18)
- Abdessamad HAMDIAOUI - Lycée Marie Curie, Nogent sur Oise (60)

- Isaac LEFFRAY - Lycée Henri Brisson, Vierzon (18)
- Charly MANGIN - Lycée Hector Guimard, Lyon (69)
- Edgar RUMORI - Lycée Gustave Eiffel, Armentières (59)

Nous souhaitons remercier l'engagement des professeurs qui œuvrent pour la formation des fondeurs de demain.

Nous souhaitons remercier également monsieur Jean-Marc Desprez, Inspecteur Général de l'Éducation Nationale, Président du Jury et monsieur Frédéric Dedeken, Inspecteur de l'Éducation Nationale, ainsi que l'ensemble du jury pour leur implication et leur soutien.

Et pour finir nos sincères remerciements au Lycée Polyvalent Hector Guimard et plus particulièrement à Madame Cécile ROUSSOT, Proviseure du Lycée et Monsieur Lionel Barriquant, Directeur Délégué aux formations professionnelles, ainsi qu'aux professeurs du lycée pour ce travail d'organisation et pour leur accueil.

SEPTEMBRE 24

- 10^{au} | **AMB**
Stuttgart, Allemagne
www.messe-stuttgart.de/amb
Salon de la métallurgie
- 14
- 24^{au} | **SEPEM Sud Ouest**
Toulouse | LE MEET
toulouse.sepem-industries.com
SEPEM Toulouse 2024
- 26
- 25 | **Réunion thématique nucléaire** FFF ORGANISATEUR
Organisé par FFF
Framatome Le Creusot
- 30^{au} | **Simulation Transvalor TISD**
Hôtel Pullman de Cannes-Mandelieu
www.tisd.transvalor.com
- 02

OCTOBRE 24

- 02^{au} | **INTERCUT 2024**
Saint-Etienne Cetim
www.intercut-expo.com
Rencontres international de l'usinage
- 03
- 07^{au} | **Congrès Gazelec** FFF PARTENAIRE
CNIT Paris La Défense
www.congresgazelec.com
Source d'information de référence sur les évolutions du marché des achats d'énergie et lieu d'échanges privilégié entre fournisseurs, acheteurs, prestataires et institutionnels
- 09
- 08^{au} | **Aluminium Düsseldorf**
Exhibition Centre Düsseldorf
www.aluminium-exhibition.com
Salon mondial et congrès de l'industrie de l'aluminium
- 10
- 15^{au} | **SIANE Industries**
Toulouse
www.salonsiane.com
Un parc des expositions transformé en véritable usine
- 17

OCTOBRE 24

- 16 | **Les rendez-vous Carnot**
Palais des congrès de Massy
www.rdv-carnot.com
Le rendez-vous de la R&D pour les entreprises
- 22^{au} | **3rd EUROFORGE | conFAIR**
Allianz MiCo
Milano Convention Center, Milan, Italie
www.euroforge-confair.com
This event bring together the best suppliers, the most innovative scientists and the leaders of the forging industry in order to discuss the threats and opportunities of the current industrial megatrends and their effects on the forging world.
- 23

NOVEMBRE 24

- 12^{au} | **ELMIA SUBCONTRACTOR**
Jönköping Suede
www.elmia.se/en/subcontractor
Salon international de la sous-traitance
- 14
- 13^{au} | **Horizon Hydrogène** FFF PARTENAIRE
Centre de Congrès Cœur Défense
www.horizon-hydrogene.fr
HORIZON HYDROGÈNE est un évènement professionnel dédié au marché de l'hydrogène en France.
- 14
- 19^{au} | **Conférence NAFEMS**
CETIM à Senlis
<https://www.nafems.org/events/nafems/2024/nafems-france-conference-2024/>
Dédiée à la simulation numérique
- 20
- 26^{au} | **Pollutec Paris**
Paris Expo Porte de Versailles
www.pollutecparis.com
Le nouveau rendez-vous des acteurs et accélérateurs du changement
- 27

FORMATIONS

Cetim Academy Catalogue 2024 Fondeurs et Forgerons



Pour aider les entreprises à trouver le parcours pédagogique adapté au profil de leurs salariés, le Cetim sera à votre écoute et vous orientera dans les solutions de formations possibles.

Retrouvez nos chaînes de valeur Métallurgie :



Fonderie Ferreux



Fonderie Non-Ferreux



Fonderie Forge

N'hésitez pas à contacter
Laurent Parin,
Réfèrent Formations Forge Fonderie
Laurent.parin@cetim.fr
Veuillez télécharger le catalogue sur le site de la fédération ou sur le site du CETIM
<https://www.cetim.fr/formation/Cetim-Academy>



NE MANQUEZ PAS LES

TRANSVALOR INTERNATIONAL SIMULATION DAYS DU 30 SEPTEMBRE AU 2 OCTOBRE

50

Présentations
scientifiques

3

Jours de
conférence

250

Professionnels
de l'industrie

Plongez au cœur des défis et des innovations de la simulation numérique. Découvrez les dernières recherches et développements dans les domaines de la mise en forme du métal à chaud et à froid, du traitement thermique, de la coulée continue et coulée lingot, du soudage, de l'évolution de la microstructure, de la fatigue, de la propagation des fissures, de l'injection de mousse, de l'intelligence artificielle, du jumeau numérique et de nombreux autres sujets techniques qui vous permettront de révolutionner votre métier !

- CES CONFÉRENCES SONT AU PROGRAMME -

Retrouvez le programme complet sur tisd.transvalor.com



Modélisation du procédé
d'extrusion à chaud
d'alliages de zirconium et des
évolutions de microstructure
associées à l'aide de
FORGE®, Dynamix et DIGIMU®

Alexis GAILLAC

Ingénieur R&D - Framatome



Transformation de l'industrie
de la forge en Europe

Tobias HAIN

Secrétaire général - Euroforge



Modélisation du processus de
trempage par induction d'une
barre de crémaillère de
direction

Imanol MARTINEZ PEREZ

Ingénieur en calcul - JTEKT

-15%

POUR LES 30 PREMIERS
INSCRITS AVEC LE CODE
F&F_TISD2024

Inscrivez-vous dès maintenant
en scannant le QR code ou
sur tisd.transvalor.com



PRO-SME_n soutient les entreprises dans la mise en place d'un système de management de l'énergie.



POUR QUI ?

Les entreprises industrielles : PME, ETI, grande entreprise, filiale de groupe. Retrouvez toutes les conditions à remplir sur www.pro-smen.org



COMMENT ?

La demande de prime s'effectue en **2 étapes** : inscription dans le dispositif avant le 31 décembre 2025 ; puis, demande de prime une fois le certificat ISO 50001 obtenu.



COMBIEN ?

La prime est égale à 20 % des dépenses énergétiques annuelles des sites certifiés, plafonnée à 40 000 €.



www.pro-smen.org

ATEE - PRO-SME_n - PACTE INDUSTRIE
Tour Eve, CS 20067 - 92800 Puteaux tél. : 01 46 56 41 49 - mail : pro-smen@atee.fr

