



LAEMPE.com

FOURNISSEUR D'ÉQUIPEMENTS ET DE SERVICES COMPLETS POUR LA FABRICATION DE NOYAUX

Machines à noyauter | Unités de gazage | Malaxeurs | Préparation du sable |
Automatisation / Robotique | Inspection visuelle automatisée | Pièces de
rechanges | Services | Ingénierie

Laempe + Fischer



Fournisseur
d'équipement
pour fonderie
depuis 1982

Laempe + Fischer
Équipements de Fonderie:
www.laempenfischer.fr

Toutes les démarches commerciales de Laempe
Mössner Sinto GmbH en France, Belgique/Suisse
francophones, ainsi qu'au Maghreb, sont réalisées en
collaboration avec notre partenaire Laempe + Fischer.



LAEMPE.com

46 N°
MAI - JUIN
2024

TECH NEWS

FONDERIE

TECHNIQUE
**LA FABRICATION ADDITIVE COMME VOIE
DE RÉALISATION DES STRUCTURES
BIMÉTALLIQUES ACIER-ALUMINIUM**

PAGE 25

SAVE THE DATE - JOURNÉE TECHNIQUE ATF
**TECHNOLOGIES ET PRATIQUES MODERNES
EN GRENAILLAGE POUR LES FONDERIES**

PAGE 44

UNE PUBLICATION DE

DÉCOUVREZ NOS CELLULES ROBOTISÉES DE FINITION !

Siif MOV

Déplacez facilement votre cellule

Cette gamme est compacte et facilement transportable par chariot élévateur. Avec système de vision 3D et convoyeur d'entrée. Mise en production possible en moins de 4h.



Siif ECO

Modernisez vos outils de travail

Cette gamme vous offre de la flexibilité, de l'efficacité et de la puissance dans une approche standardisée.



Siif EVO

Créez votre cellule évolutive

Cette gamme bénéficie des dernières innovations, grâce à plusieurs options : système de vision, ponceuse à bande, outils de finition, IHM évolutif, ...



Siif FLEX

Gagnez avant tout en flexibilité

Cette gamme densifie votre production, en traitant de nombreuses pièces diverses. Via un système de vision industrielle, des convoyeurs d'entrée et de sortie sans support pièce, ...



Siif HEAVY

Traitez vos pièces lourdes et complexes

Cette gamme peut traiter vos pièces lourdes et complexes, grâce à des cellules robotisées adaptées : doubles portes battantes, accès pont roulant, ...



édito.

Un tournant difficile à négocier

Le secteur de la mobilité automobile est en train de vivre un tournant décisif alors que les préoccupations en matière de développement durable s'accroissent et bien que le moteur à combustion interne (ICE) soit encore dominant sur le marché, des frémissements se font entendre chez les constructeurs automobiles et viennent concurrencer cette position longtemps dominante.

Tout au long de la chaîne de valeur du moteur à combustion interne, les fournisseurs pourraient bientôt atteindre un moment charnière, lorsque la croissance atteindra un plateau, puis diminuera. Bien que la transition vers les véhicules électriques (EV) soit déjà en cours, les fournisseurs de moteurs à combustion interne peuvent encore trouver de nombreuses options de création de valeur à court et à moyen terme. La bataille des carburants alimente des sursauts pour les moteurs à combustion interne, les hybrides sont choisis pour la transition par des pays qui veulent protéger leurs industries, l'hydrogène est considéré pour les véhicules qui doivent conserver autonomie et évoluer vers de nouvelles Énergies.

Les fournisseurs de groupes motopropulseurs à moteur à combustion interne ont bénéficié de la forte croissance du secteur automobile et ont considérablement amélioré leurs performances opérationnelles tant pour concurrencer les nouveaux entrants que pour préparer la réponse aux innovations technologiques qui se profilaient avec le défi de la voiture autonome, bardée d'électronique. Les utilisateurs se sont vus proposer des options souvent inutiles mais qui portaient déjà les prémices de l'évolution vers l'électronique, l'ère des capteurs et de leur intégration dans le transport était un des signes de cette mutation à venir. Leurs lignes de produits ont généré de fabuleux chiffres d'affaires, un engouement sans borne des opérations boursières depuis de nombreuses années et ont été créateur d'emploi pour des millions de personnes. Un succès qui dépasse maintenant le caractère purement industriel du marché de l'automobile, avec l'arrivée de nombreux acteurs hors système, du développement de l'IA, du durcissement programmé des sources d'énergies, de l'électronique embarquée, du développement fulgurant de la communication internet. Entre dépression et envolées les signaux sont fluctuants et entretiennent la spéculation. **Les signes de la transition imminente vers les EV sont clairs, tout comme les défis à venir.**

Accepter la rupture

Se préparer n'est pas toujours le signe d'une volonté de changement. Nous avons trop souvent vu les technologies freinées par la décision de poursuivre la rentabilité des modèles existants. La détermination de préparer la mutation, mais surtout de ne pas prendre de risque, de ne

pas être le premier dans la démarche. Anticiper sans prendre de risque, ni technologique, ni économique. Cette approche est toujours présente, même si les règles ont changé, les délais de conversion sont raccourcis non par le désir des industriels mais par la volonté des règles environnementales et la poussée des politiques. Chacun tente de provoquer le destin, de remettre en cause les modèles économiques pour répondre à des potentielles prises de bénéfice : freiner quand les enjeux remettent en cause de long développement dont on peut encore tirer des profits, accélérer pour pénétrer un marché vieillissant en créant la demande de changement. Aujourd'hui de nouveaux concurrents sont à nos portes, sans le complexe dilemme de remplacer des ICE mais de lancer des gammes EV, utilisant les avantages économiques de l'électrique pour entrer dans le marché européen. La lutte entre traditionnel et nouvelle énergie est engagée. Il n'y a pas encore de gagnant mais il y aura sans aucun doute des perdants.

Changer l'approche industrielle et l'orientation de l'entreprise

Au cours des 12 derniers mois, plus de 15 constructeurs automobiles de véhicules légers ont annoncé leur intention de ne vendre que des véhicules à zéro émission (ZEV), dans un avenir proche. La production totale combinée de ces équipementiers représente plus de 75 % de la production mondiale de véhicules. En outre, plus de la moitié d'entre eux prévoient une transition complète vers les véhicules à zéro émission avant 2040. Si ces plans se concrétisent, la croissance de nombreuses gammes de produits à moteur à combustion interne pourrait connaître un déclin significatif.

De nouveaux défis appellent une nouvelle approche

Les constructeurs sont lancés dans une course folle avec un objectif de rester compétitif sur le marché intérieur et poursuivre la création de valeur pour leurs entreprises. La partie de l'entreprise qui peut maintenir un potentiel de croissance face au changement tente de se s'éloigner des domaines hier moteurs de leur croissance mais aujourd'hui devenus à risque. La motorisation est l'un des domaines dont les perspectives à moyen terme sont limitées. L'accent est mis sur le respect des engagements existants et sur l'adoption d'une approche de gestion des coûts à moindre investissement : engager les consolidations, transférer les dernières améliorations provenant des centres de recherches, externaliser la production, contraindre les politiques à assumer un rôle dans le maintien de l'emploi.

Le marché des ICE n'est pas en disparition il est en mutation, il n'est pas à considérer comme moteur de croissance mais comme outil de différenciation et de valorisation. Moins d'acteurs pour plus d'intégration. Un marché des pièces détachées et de solutions technologiques. Des notions trop souvent entendues : optimisation, restructuration des unités de production, réduction des coûts opérationnels, simplification de la gamme, réponse à la demande court terme, rentabilité, productivité, consolidation de la chaîne logistique. Mais également mise en avant des opportunités de nos filières grâce à l'orientation des ressources en utilisant les domaines de compétences acquises ou développées, la création de partenariats capables de définir de nouvelles lignes de croissance pouvant aider à transformer des capacités court terme en opportunités long terme (batteries, motorisation, logistique, sous-traitances, maintenance, ...)



Gilbert RANCOULE
ATF

Gérer la croissance zéro

Les entreprises doivent poursuivre de manière sélective la croissance des parties de l'activité qui ont encore un potentiel, en examinant toujours en détail les possibilités d'expansion. Dans le cadre de cet effort, elles devraient procéder à une évaluation claire de tout impact potentiel de l'échelle sur la structure des coûts et entamer des négociations fondées sur des faits, le cas échéant. L'évaluation des opportunités de croissance doit se faire à un niveau détaillé, par exemple en examinant des zones géographiques spécifiques et des groupes de clients émergents qui semblent avoir une valeur actuelle nette positive. Les entreprises peuvent également explorer les marchés adjacents, tels que ceux des véhicules hors route et des applications marines, afin de ralentir le rythme de la baisse des volumes de vente. Là encore, les fournisseurs de composants ICE doivent être très sélectifs.

Le marché de l'après-vente peut également présenter une bonne opportunité de croissance, étant donné ses marges bénéficiaires traditionnellement plus élevées et sa plus grande longévité par rapport à la production des équipementiers. En fait, les fournisseurs de composants ICE pourrait trouver des débouchés sur le marché de l'après-vente dans l'entretien des voitures ICE jusque dans les années 2040 et au-delà, puisqu'il est probable qu'il y aura un volume important sur les routes pendant cette période.

Renforcer les capacités de fusions et d'acquisitions, accompagner le changement

Les acteurs industriels historiques n'ont pas vraiment le choix soit se concentrer sur la croissance vers les nouvelles technologies soit jouer un second rôle dans le domaine de la sous-traitance et de la distribution, ou poursuivre la croissance sous toutes les formes nécessaires directement ou indirectement en sélectionnant fusions et acquisitions qui leurs seront indispensables pour concentrer ressources et efforts dans les marchés de demain. L'activité motorisation et structures a son rôle à jouer dans l'accompagnement de la croissance, l'organisation des réseaux logistiques en assurant le suivi du parc automobile largement contributeur de valeur avec des réseaux fortement implantés en Europe capables d'accompagner des clients jusqu'à ce que la transition devienne la nouvelle norme. Ne baissons pas les bras, il n'y a pas de défaite industrielle programmée, mais des opportunités à saisir, sachons prendre le tournant et engager nos entreprises dans la poursuite du succès au travers de notre savoir-faire et de nos innovations.

Les acteurs industriels historiques n'ont pas vraiment le choix, ils se doivent de renforcer leurs actions dans les nouvelles technologies et présenter au marché des produits concurrentiels, tout en restant des acteurs de la seconde main. Ils se doivent de continuer à assurer le suivi du parc automobile largement contributeur de valeur avec des réseaux fortement implantés en Europe, capables d'accompagner des clients jusqu'à ce que la transition devienne la nouvelle norme.

MACHINE À COULER FVN

Caractéristiques:

Point de basculement virtuel:

- Précision maximale grâce à un système de régulation de coulée moderne
- Turbulences réduites lors du remplissage du moule



Conçu pour différentes lignes de moulage :

- Cyclique et continue
- Avec ou sans caisse
- Séparation verticale et horizontale des moules

Différents métaux:

- Fer
- Aluminium
- Bronze

Différents procédés de coulée:

- Automatique
- Semi-automatique
- Manuel



New Harmony » New Solutions™



sinto FOUNDRY INTEGRATION

www.sinto.com

HEINRICH WAGNER SINTO
Maschinenfabrik GmbH
SINTOKOGIO GROUP

Bahnhofstr. 101 · 57334 Bad Laasphe, Germany
Phone +49 2752 / 907 0 · Fax +49 2752 / 907 280
www.wagner-sinto.de

Représentation en France :
Laempe + Fischer Sàrl
1 Rue Bartholdi · 68190 Ensisheim
Phone +33 38981 1838 · Email : info@laempefischer.fr
www.laempefischer.fr

sommaire.

03 / EDITO

Un tournant difficile à négocier Article de Gilbert RANCOULE - ATF

06 / AGENDA

ASSOCIATION

08 /

J'ACT SILICE cristalline 2024 - Région Centre
LE DEFI SILICE 2024 (2^e partie)

Article de Patrice MOREAU - ATF

10 /

4 classes de BTS fonderie du lycée Loritz de Nancy
en visite dans des entreprises françaises et italiennes

Article de Bernard TARANTOLA - ATF



FORMATION

Cyclatef[®]
FORMATION FONDERIE

18 /

L'agenda des formations

20 /

Sables à prise chimique à Senlis
du 12 au 15 mars 2024

Article de Bernard TARANTOLA - ATF

21 /

Usage de réfractaires en fonderie à Liessies
du 14 au 16 mai 2024

Article de Gilbert RANCOULE - ATF

22 /

Défauts et Imperfections en Fonderie Fonte
à Port-Louis 4 au 6 juin 2024

Article de Denis ROUSIERE - ATF

NEWS

12 /

NUMÉRO SPÉCIAL NON-FERREUX TNF N° 47* !

de septembre 2024

*Articles à nous faire parvenir avant le 26 juillet 2024



PROFESSION

13 /

European Foundry Industry Sentiment, April 2024:
After a remarkable development in Spring, FISI takes a breath
and now stands at 95.1 index points.

Article de la CAEF

DÉCOUVERTE

14 /

GEMCO, une expertise mondiale en matière de fonderie

Articles de Bas Van Gemert - Directeur Général Gemco



TECHNIQUE

16 / PUBLI-REPORTAGE

Façonner l'avenir du moulage
des métaux avec l'innovation céramique

Article de CAT International Ltd

25 /

La fabrication additive comme voie de réalisation
des structures bimétalliques acier-aluminium

Article de Rangasayee Kannan, Yousub Lee, Dean

Pierce, Kinga Unocic, Blane Fillingim, Thomas

Feldhausen, Andres Marquez Rossy, Hsin Wang,

Peeyush Nandwana



33 / HISTOIRE & PATRIMOINE

Aix-en-Provence, ville d'eau, ville d'arts...

et métiers - Partie 2 - Article de Yves LICCIA - ATF

42 / EMPLOIS

43 / ANNONCEURS

44 / ADHÉRER EN 2024

44 / SAVE THE DATE

Journée technique ATF - Technologie et pratiques
modernes en grenailage pour les fonderies :

Inscrivez-vous !

agenda.

JUIN 2024

- >>> **19 à Düsseldorf (Allemagne) : 3^{ÈME} JOURNÉE DU FUTUR DE L'INDUSTRIE DE LA FONDERIE 2024**
<https://www.guss.de/organisation/zukunftstag-2024>
- >>> **19 au 22 à Bangkok (Thaïlande) : INTERMOLD THAÏLAND 2024**
– Salon international des moules et de la fabrication des moules
<https://www.intermoldthailand.com/>
- >>> **25 au 27 à Saint-Quentin (France) :**  **RÉALISER UN AUDIT EN FONDERIE**
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=bDBgmo8PobioCfpNlnCe>
- >>> **26 au 28 à Nagoya (Japon) : INTERMOLD DIE & MOLD ASIA 2024**
Salon japonais international des technologies d'emboutissage des métaux
<https://www.intermold.jp/nagoya/english/>

JUILLET 2024

- >>> **3 au 5 à Shanghai (Chine) : ALUMINIUM CHINA 2024**
Salon asiatique de l'industrie de l'aluminium. Matières premières, produits finis et semi-finis. Approvisionnement, échanges, mise en réseau
<https://www.aluminiumchina.com/en-gb.html>
- >>> **10 au 12 à Shanghai (Chine) : CHINA DIECASTING 2024 & CHINA NONFERROUS 2024**
Congrès international & exposition dédiés au moulage sous pression
<https://www.diecastexpo.cn/en/>

AOÛT 2024

- >>> **21 au 24 à Tapei (Taiwan) : TAIMOLD - TAIPEI INTERNATIONAL SMART MOLD & DIE INDUSTRY FAIR**
Salon international de l'industrie du moule et de la fonderie
<https://www.chanchao.com.tw/en/expoDetail.asp?id=DODM2024>
- >>> **21 au 24 à Tapei Nangang (Taiwan): 3D PRINTING AND ADDITIVE MANUFACTURING SHOW 2024**
<https://www.chanchao.com.tw/3DPRINTING/>

SEPTEMBRE 2024

- >>> **10 au 12 à Saint-Dizier (France) : DÉFECTOLOGIE ET IMPERFECTIONS EN FONDERIE D'ACIERS** 
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=PGbENBaUm1ElwYEvSt7N>
- >>> **19 au 21 à Istanbul (Turquie) : ANKIROS**
Salon international du fer et de l'acier, des technologies de fonderie, des produits
<https://ifm.com.tr/en/fairs/ankiros-iron-steel-foundry-non-ferrous-metallurgy-technologies-machinery-and-products-trade-fair-2024>
- >>> **24 au 25 à Kielce (Pologne) : METAL**
Salon international des technologies de fonderie
<https://www.targikielce.pl/metal>

24 au 26 à Toulouse (France) : SEPEM SUD-OUEST

Salon des services, équipements, process et maintenance pour l'industrie : <https://toulouse.sepem-industries.com/fr>

- >>> **24 au 27 à Besançon (France) : SABLES À VERT** 
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=yKFvmu9wUjhpQeG9nPQM>

OCTOBRE 2024

- >>> **6 au 9 à Austin (USA) : TITANIUM USA 2024** – Conférence et exposition consacrées à l'industrie mondiale du titane
https://titanium.org/events/event_list.asp
- >>> **8 au 10 à Le Mans (France) :**  **FONTES À GRAPHITE SPHÉROÏDAL**
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=LVsQNTWJEZlgJM0YKhqe>
- >>> **8 au 10 à Magny-Cours (France) :**  **ELABORATION MÉTALLURGIQUE ET TRAITEMENTS THERMIQUES DES ALLIAGES D'ALUMINIUM MOULÉS**
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=Bt0Grd880SzGjUj7Zq6y>
- >>> **8 au 10 à Düsseldorf (Allemagne): ALUMINIUM 2024** – Salon professionnel mondial de l'industrie de l'aluminium + conférence
<https://www.aluminium-exhibition.com/>

JOURNÉE FUN FORGE FONDERIE DES 100 ANS DE L'ESFF

Le 29 juin au Grand Bleu Wake park à Pont à Mousson

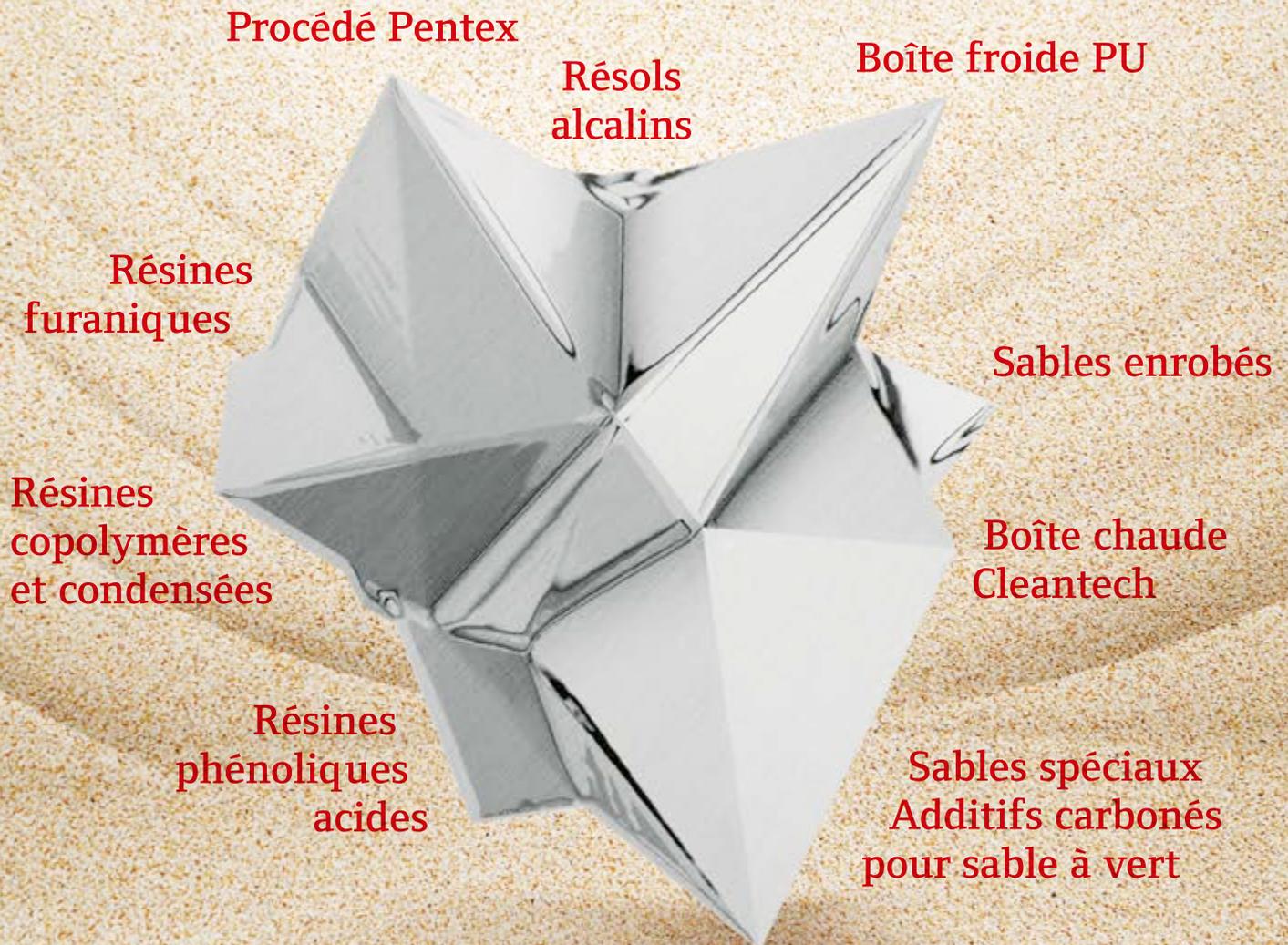
Rendez-vous sur notre stand pour découvrir notre association, nos formations, notre magazine **TECH News FONDERIE**, ... Et partager un moment convivial

JOURNÉE D' ACTIONS RÉGIONALES NORD - ILE DE FRANCE

le vendredi 5 juillet 2024 à Ypres (Belgique) avec, au programme, la visite de la fonderie PROPFERRO.
Plus d'informations : [CLIQUEZ ICI](#)

11^e FESTIVAL DE LA FORGE ET DE LA MÉTALLURGIE

du 20 au 21 juillet à Etouars
Plus d'informations : [CLIQUEZ ICI](#)



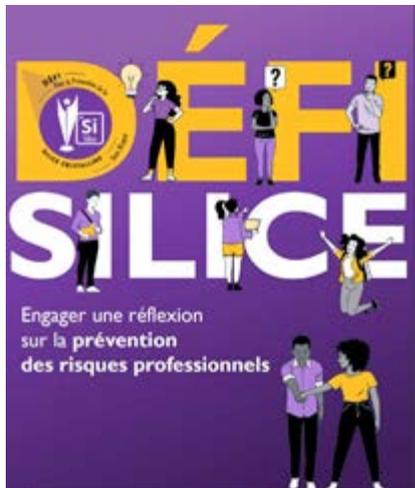
HÜTTENES ALBERTUS France
Des produits 100 % made in France
au service de toutes les fonderies

ha-group.com/fr

J'ACT SILICE cristalline 2024 - Région Centre

LE DEFI SILICE 2024 (2^e partie)

PALAIS DES CONGRÈS DE VIERZON LE 04 AVRIL 2024



Dans la première partie nous avons présenté la partie certainement essentielle de cette JACT, la partie ouverte aux jeunes en apprentissage des métiers techniques.

Pour revenir à l'ensemble des présentations de cette journée il nous faut repartir de l'introduction de Mme ROLSHAUSEN. En effet devant une importante assemblée, Mme Nadia ROLSHAUSEN Directrice de la DREEDS Région Centre Val de Loire, a présenté, de façon remarquable, les axes principaux que les organisateurs ont souhaité donner à cette JACT SILICE.



TÉLÉCHARGEZ LE DISCOURS

Notre revue avec son accord vous permet par le lien ci-dessus d'accéder à son discours très complet, dont le rédacteur de cet article avec son propre parti pris retiendra :

- La référence à l'un des cinq principes et droits du travail de l'OMT Organisation Mondiale du Travail : "Un milieu de travail sûr et salubre"
- L'avenir de nos métiers passe par la

Nous reprenons ici notre compte-rendu de cette journée du 04 avril organisée à l'initiative de l'Association de Prévention & Santé au Travail, de ses délégations du Centre et notamment de celle du Cher l'APST 18, cette journée était tout particulièrement consacrée aux enjeux de santé que représente la silice cristalline pour les entreprises et les salariés.

Cet acronyme J'ACT signifie Journée d'Amélioration des Conditions de Travail. Cette journée de présentations et d'ateliers de découvertes et de travail était parrainée de façon logique par les interventions des instances de la région Centre, en particulier La DREEDS, la médecine du travail, la CARSAT, la MSA, l'association Présanse, l'OPBTP.

formation des jeunes, leurs implications dans tout ce qui concerne la sécurité.

(C'est pour cette raison que notre partie 1 leur a été consacrée dans notre numéro 45). Les intervenants de cette journée insistent tous pour dire que cette formation aux risques, doit être prise en compte pour faciliter les embauches. Ce en partant du constat que les recrutements sont en tension sur l'ensemble des branches concernées

- Les différents ateliers annoncés et proposés avec des angles de vue très divers, au cours de la journée étaient très intéressants. Parmi les entreprises présentes celles du bâtiment étaient les plus représentées.
- Tout cela en tenant compte comme écrit dans l'introduction d'une augmentation des cas recensés de maladie liée à la silice cristalline.

Les organisateurs nous ont remis l'ensemble des supports utilisés au cours de la journée que nous vous proposerons en Lien dans cet article.

Avant le lancement des ateliers un quizz auquel nous les participants présents ont pu jouer en ligne a été suivi d'une table ronde ouverte où la médecine du travail, les représentants syndicaux et professionnels ont pu partager leurs opinions.

TÉLÉCHARGEZ LES TABLES RONDES



Je ferais ressortir de ce débat plusieurs idées ou constats formulés par les intervenants :

- Sur le quizz, si nombre des personnes présentes ont répondu "Oui" sur le classement cancérigène de la poussière de Silice, néanmoins beaucoup pensait ce classement établi il y a presque 20 ans, alors que ce classement est plus récent car il date de 2021.

- La silice étant présente dans de très nombreux produits, tous soulignent que souvent l'on prend des risques par ignorance ou déni du danger que représente la silice cristalline.
- Les syndicats présents reconnaissent que la prévention n'est pas qu'une affaire d'employeur, en effet dans les métiers à risques nous sortons d'une attitude de "warrior" qui aime affronter les risques sans s'en protéger. Certains regrettent la suppression du CHSCT, qui fondu dans les réunions plus larges des comités d'établissements ont pu retarder certaines décisions pour renforcer les mesures de préventions et protections.
- Les représentants des entreprises convergent sur cette nécessité de formation, d'informations permanentes entre salariés et responsables pour faire évoluer la prise en compte de ce risque spécifique dans tous les corps de métier, et à tous les niveaux de l'entreprise.

La médecine du travail a bien entendu présenté, l'incidence sur notre santé pulmonaire des fines fractions de silice cristalline, qui sur une longue période vont potentiellement provoquer silicose ou cancers.

TÉLÉCHARGEZ LE GUIDE DES BONNES PRATIQUES



TÉLÉCHARGEZ LA PRÉSENTATION



TÉLÉCHARGEZ LE PROGRAMME J'ACT SILICE



TÉLÉCHARGEZ LE QUIZZ SILICE



> **ATELIERS EMPLOYEURS**

Cet atelier a permis de formuler les obligations anciennes et celles plus récentes que les employeurs se doivent de suivre pour le danger silice. Le classement date de 2021, et bien entendu les conséquences en cascades mettent un peu de temps à se mettre en place. En effet comme confirmé en début de la journée c'est un sujet ô combien complexe à traiter aux différents étages de l'entreprise.

TÉLÉCHARGEZ LES ATELIERS EMPLOYEURS



> **ATELIERS PRÉVENTION**

Un atelier distinct qui souligne le besoin de remettre en cause de façon continue les démarches déjà entreprises.

TÉLÉCHARGEZ LES ATELIERS PRÉVENTION



Exemple de fiche prévention INRS et autres organismes

Sur ce point et avec le support de fiches déjà existantes (ci-jointes en lien) nous avons pu constater que côté fonderie des fiches INRS existent déjà pour aider les entreprises à appréhender les enjeux de prévention. Chaque cas chaque poste doit être traité de façon indépendante, et les fiches en lien ne représentent qu'une faible partie de toute la documentation disponible auprès de cet organisme.

Côté BTP un métier qui compte de très nombreuses TPE, les organismes représentatifs ont créé plus récemment des fiches d'aide pour des petites structures qui par nature ne disposent pas du temps et des moyens nécessaires pour appréhender textes et connaissances techniques sur ce sujet complexe.

RISQUES DANS LE BTP ET LES PAYSAGISTES EXEMPLE DE FICHE PRATIQUE EMPLOYEUR



> **EN CONCLUSION**

Que dire si ce n'est que cette journée a été intense que les présentations ont été denses et intéressantes.

Il nous faut répéter que le sujet est ô combien complexe, qu'il nécessite et va nécessiter des efforts qui sont pour certaines entreprises de notre profession déjà engagée.

Que la mise en place de toutes les mesures nécessaires nécessite de se référer à de nombreux textes et recommandations, sans oublier celle plus récente pour notre métier le BREF FONDERIE qui propose les Meilleures pratiques environnementales recensées au niveau européen, et qui de façon évidente viennent s'ajouter aux réglementations et obligations que nos responsables RSE se doivent de connaître

Cet article se veut simplement un compte rendu de la journée de VIERZON et en aucun cas un guide d'application ou de recomman-

datations. Nous laissons bien entendu les autorités et les entreprises leurs salariés mettre en place leurs formations leurs informations, leurs règles et mesures de sécurité applicables à leurs propres conditions de travail.

En revenant de cette journée, le rédacteur s'est fait la réflexion suivante, pour certains postes la mécanisation, la robotisation, les "blindages" qui éloignent les hommes des risques, est en marche avancée, son intensification aidera aussi à garantir comme l'exige l'OMT « un milieu de travail sûr et salubre ».

Le frein principal pour ce type de moyens modernes, en est le coût, les fondeurs sont avant tout des hommes de respect et n'ont toutefois pas des moyens financiers illimités, car ils sont confrontés à des prix et concurrents internationaux très agressifs. Des pays où l'application des règles peut être si l'on peut s'exprimer ainsi "plus souples".

Patrice MOREAU - ATF // // // //

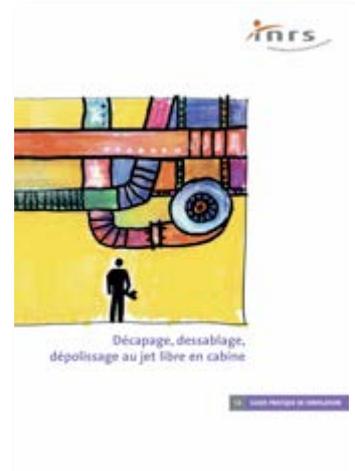
DÉCOCHAGE EN FONDERIE



FICHE D'AIDE AU REPERAGE EN FONDERIE ALUMINIUM

Activité	Consignes de sécurité	Pratiques de bonnes pratiques	Commentaires
Préparation des moules
Préparation des alliages
Préparation des lingots
Préparation des pièces
Préparation des produits finis

DECAPAGE DESSABLAGE DEPOLISSAGE AU JET LIBRE EN CABINE



FICHE D'AIDE AU REPERAGE EN FONDERIE DE CUIVREUX

Activité	Consignes de sécurité	Pratiques de bonnes pratiques	Commentaires
Préparation des moules
Préparation des alliages
Préparation des lingots
Préparation des pièces
Préparation des produits finis

4 CLASSES DE BTS FONDERIE DU LYCEE LORITZ DE NANCY en visite dans des entreprises françaises et italiennes

L'anglais professionnel est un véritable atout pour les étudiants de fonderie, c'est pourquoi 53 d'entre eux et leurs enseignants ont effectué leur traditionnel voyage alliant le culturel et le professionnel dans le Jura et en Italie.

Les premières visites se sont déroulées chez CAST METAL à Colombier-Fontaine et à Sainte-Suzanne où ils ont pu visiter tous les chantiers : de l'usinage automatique des plaques modèles en résine aux chantiers de noyautage, de coulée, de trempe, de décochage et du site ultra moderne de parachèvement automatisé. A Sainte-Suzanne ils ont vu les secteurs de modèlerie, moulage, noyautage et ont assisté à une coulée des selettes d'attelage.

Puis direction l'Italie dans l'usine ZANARDI. Là les visites se font en anglais avec de nombreux échanges entre les étudiants et les personnes assurant les visites. Le point d'orgue fut l'intervention de Franco Zanardi (fils du fondateur et père de l'actuel patron) dans un français remarquable qui a impressionné tous les étudiants par son discours sur la

recherche, l'innovation et le besoin de se dépasser en permanence.

Son propos était très clair concernant leur futur, il faut savoir écouter et remonter les informations afin de les utiliser pour assurer la fabrication dans les meilleurs conditions environnementales et techniques. Une fois les décisions prises, il faut les ramener auprès des employés pour la mise en application.

Après les visites de Padoue et de Venise une visite s'imposait chez EUROMAC qui fabrique toutes sortes de machines de moulage et de noyautage pour les fonderies. Etudiants et enseignants remercient CAST METAL, ZANARDI et EUROMAC pour la disponibilité de leur personnel et de leur accueil ainsi que les entreprises JML, ALUMINIUM MARTINY, L'UNION REGIONALE DES FONDEURS DE L'EST ainsi que l'Amicale de l'ESFF, pour leur généreuse contribution financière.

Bernard TARANTOLA - ATF //



Durant la visite de Zanardi.



Spectromètres à étincelle

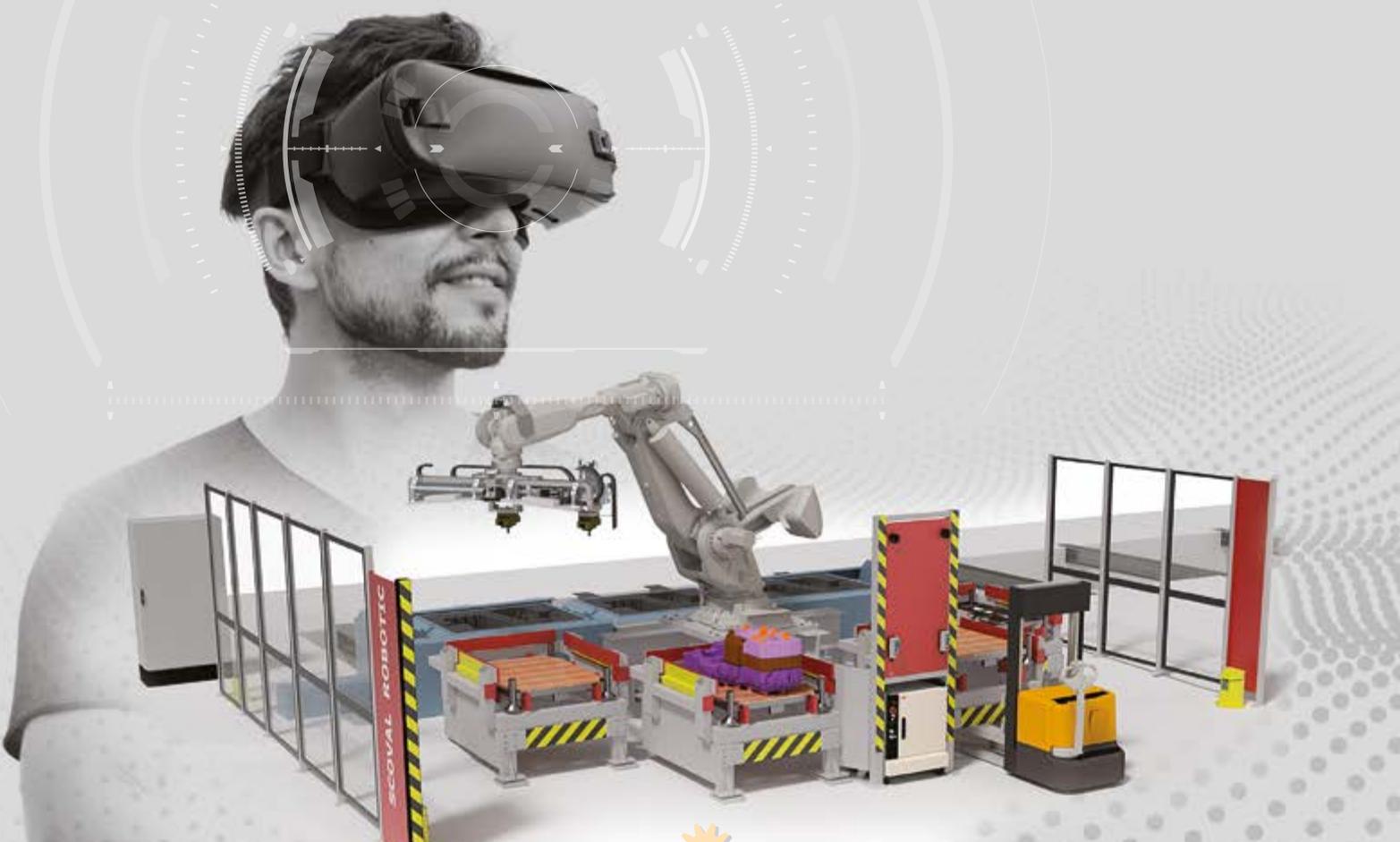


Essais mécaniques



Machines de préparation

INSTALLATION • FORMATION • ÉTALONNAGE
contact@gnrfrance.com +33 (0)3 81 59 09 09 www.gnrfrance.com



SCOVAL

**Imaginons ensemble,
Scoval fera le reste !**



Malaxer



Mouler



Contrôler



Robotiser



Intégrer



Refroidir



Représentant officiel :
des matériels vibrants :



Grenailleuses



Traitement des copeaux
métalliques et huile de coupe



NEW

33 (0)2 38 22 08 12

www.scoval.fr



Au moment où les yeux sont tournés vers la transition énergétique, la maîtrise de l'environnement, les mutations industrielles dans le domaine de la mobilité, le développement des matériaux du futur et les innovations technologiques, les non-ferreux sont très souvent montrés comme des solutions pertinentes au maintien d'une croissance industrielle en Europe. Les technologies liées aux non-ferreux et à l'aluminium en particulier, focalisent toutes les attentions depuis que de nouveaux entrants sur le marché viennent bousculer les pratiques traditionnelles.

Les technologies de rupture ont pris une place considérable dans le domaine des matériaux performants et lancent aujourd'hui les bases d'une nouvelle économie en concurrence des ferreux dans les applications les plus technologiques : transport, aérospatiale, énergie, consommation.

Numéro Spécial Non-ferreux

TNF N° 47* !
de septembre 2024

**Présentez
vos produits, technologies
et entreprises dans
ce numéro spécial**

* Articles à nous faire parvenir avant le 26 juillet 2024

**ATF avec vous sur la croissance
des non-ferreux dans la fonderie !**

Si vous souhaitez participer à cette approche sectorielle et vous présenter auprès des acteurs du secteur, joignez-vous à nous en contactant notre Régie publicitaire.

Publicité ATF :
Gérard LEBON : +33 6 19 98 17 72
Emeline JOLIBERT : +33 6 63 93 67 41

La taille du marché mondial de l'aluminium devrait atteindre un taux de croissance annuel moyen de 3,63 % entre 2024 et 2032,

soutenu par la demande croissante des secteurs d'utilisation finale tels que le transport, la machinerie et l'équipement, et la construction.

Entre consensus et questionnement, les débats éclatent sur les moyens à mettre en œuvre pour protéger nos industries, encourager la mutation en assurant un avenir attractif à la filière fonderie.

Pour tenter de répondre à quelques-unes de ces questions, l'ATF se propose d'éditer un hors-série sur les non-ferreux (TNF47), couvrant les informations économiques et technologiques les plus relevées dans le domaine.

Parmi les thématiques abordées nous souhaitons mettre en avant :

- **Les évolutions technologiques** (équipements, matériaux, analyses, structures composites...)
- **Les contraintes économiques** (défis économiques et environnementaux, tendances sectorielles, vision géopolitique, infrastructures...)
- **L'aluminium dans l'automobile** (coulée sous pression, rheocasting, mega-factories, 3DP...)
- **Influence croissante de l'IA en fonderie** (logistique, simulation, qualité, métallurgie...)
- **Les matériaux** (métaux, environnement de la coulée, recyclage...)

English
version



The European Foundry Association

PRESS RELEASE • 24 MAY 2024

European Foundry Industry Sentiment, April 2024:

After a remarkable development in Spring, FISI takes a breath and now stands at 95.1 index points.

In April 2024, the European Foundry Industry Sentiment Indicator (FISI) experienced a decrease to 95.1 index points. After three consecutive increases for the FIS, the index experiences a decrease of 0.7 index points, settling at 95.1 points compared to 95.8 points in the previous month.

While the European Foundry Industry Sentiment Index had shown improvement over the last three months, it now seems to be stabilizing, reflecting a period of catching breath. Raw material and scrap prices have seen little change during the past month, which supports the general sideways movement of the FIS. April has been a month of holding steady for the industry, and this trend is likely to continue through the summer months. Political initiatives that could impact trade activities are not expected until late autumn at the earliest. In the meantime, companies are focusing on internal optimizations and strategic planning to navigate the current uncertainties. Stakeholders are also closely monitoring global market developments to anticipate potential shifts in demand and supply chains.

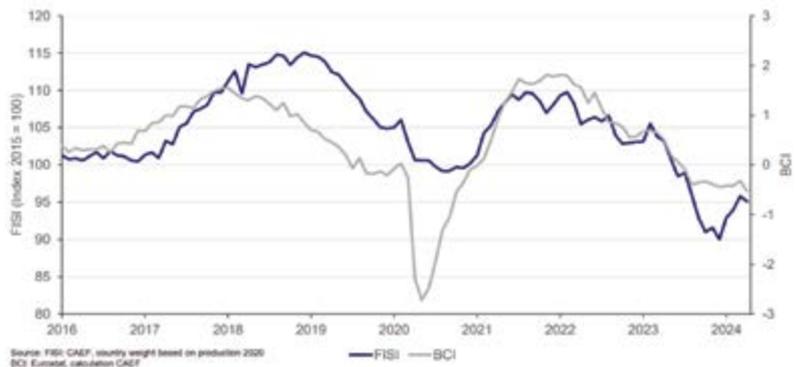
Meanwhile the Business Climate Indicator (BCI) decreased noticeable and now stands at - 0.53 index points. This marks the tenth consecutive month that the BCI has lingered below the critical threshold of 0 index points. The main reason for the significant reduction is the production trend observed in recent months. This downturn suggests that businesses are facing increased uncertainty and pressure, which may hinder their growth prospects. Consequently, companies need to adopt more cautious strategies to navigate the current economic landscape.

The FIS - European Foundry Industry Sentiment Indicator - is the earliest available composite indicator providing information on the European foundry industry performance. It is published by CAEF the European Foundry Association every month and is based on survey responses of the European foundry industry. The CAEF members are asked to give their assessment of the current business situation in the foundry sector and their expectations for the next six months.

The BCI - Business Climate Indicator - is an indicator published by the European Commission.

The BCI evaluates development conditions of the manufacturing sector in the euro area every month and uses five balances of opinion from industry survey: production trends, order books, export order books, stocks and production expectations.

European Foundry Industry sentiment Indicator (FISI) and Business Climate Indicator Euro Area(BCI) • April 2024



Please find the chart enclosed or combined with additional information at www.caef.eu.

>>> BACKGROUND INFORMATION ON CAEF:

CAEF is the umbrella organisation of the national European foundry associations. The organisation, founded in 1953, has 22 European member states and works to promote the economical, technical, legal and social interests of the European foundry industry. At the same time, CAEF implements activities which aim at developing national foundry industries and coordinating their shared international interests. The General Secretariat is situated in Düsseldorf since 1997.

CAEF represents 4 400 European foundries. Nearly 260 000 employees are generating a turnover of 39 billion Euro. European foundries are recruiting 20 000 workers and engineers per year. The main customer industries are e.g. the automotive, the general engineering and the building industries as well as the electrical engineering industry. No industrial sector exists without using casted components.

Further information at www.caef.eu and [CAEF LinkedIn](#)



CAEF The European Foundry Association contact:

Johannes KAPPES

Secretary Commission for Economics & Statistics

phone: +49 211 68 71 - 291

e-mail: johannes.kappes@caef.eu

GEMCO, une expertise mondiale en matière de fonderie



Siège social de Gemco à Eindhoven, Pays-Bas

GEMCO CAST METAL TECHNOLOGY B.V. est une société internationale de conseil, d'ingénierie et de sous-traitance active dans l'industrie de la fonte des métaux. Son siège social est situé à Eindhoven, aux Pays-Bas. Forte de plus de 45 années d'expérience, la société offre des solutions complètes de fonderie pour l'acier, l'aluminium et tous les autres métaux coulables.

GEMCO s'efforce en permanence de proposer à ses clients des services et des produits innovants en se basant sur le plus haut niveau de technologie et de savoir-faire en matière de processus, afin de répondre aux exigences actuelles et futures du marché. L'entreprise vise à développer des projets qui permettent à ses clients de réussir et de réaliser des installations de fonte de métal durables avec une empreinte carbone la plus faible possible et un impact minimal sur l'environnement.

En tant qu'entreprise indépendante, Gemco conseille ses clients en leur proposant des solutions adaptées à leurs besoins. Les services comprennent, sans s'y limiter, le conseil opérationnel et stratégique, la conception et l'ingénierie de projets de fonderie, la gestion de projet et la supervision de site. Mais aussi des projets complets clé en main, de A à Z. Grâce à sa grande expertise, l'entreprise peut offrir une gamme complète de services aux clients de tous les secteurs d'activité de l'industrie des métaux moulés, tels que l'automobile, les poids lourds, le terrassement, les machines lourdes, le ferroviaire, les pompes, l'exploitation minière et l'énergie éolienne.

Gemco a travaillé avec des fonderies dans plus de 54 pays à travers le monde. Nous dis-

posons d'une équipe internationale d'experts et d'ingénieurs de projet de plus de 17 nationalités différentes. Cette expérience et cette diversité nous permettent de comprendre les enjeux complexes dans le domaine de la coulée de métaux pour des industries mondiales exigeantes, tout en répondant aux différents défis locaux et régionaux.

>>> Développement de projets – Ensemble, trouvons la meilleure solution

Gemco travaille aux côtés d'entrepreneurs et les fonderies afin de les aider à transformer leur vision et leurs idées en projets à succès. Une partie cruciale de ce processus consiste à développer des stratégies dans un concept et à mener une étude de faisabilité, ce qui est essentiel pour la réussite de ces projets de fonderie. Les dirigeants et chefs d'entreprise font confiance à Gemco pour travailler ensemble à la création d'un plan détaillé, à l'établissement d'un budget d'investissement et à la détermination des coûts d'exploitation. Cette planification complète donne lieu à des stratégies commerciales efficaces et à une croissance future.

>>> Partenaire en ingénierie dans l'industrie de la fonderie

Les ingénieurs, techniciens spécialisés dans l'industrie du métal coulé se faisant de plus en plus rares, Gemco travaille de plus en plus en étroite collaboration avec les fonderies pour

des réalisations complexes. Non pas en tant que fournisseur externe mais plutôt en tant que partenaire intégré dans l'organisation des fonderies. Ensemble, nous recherchons et mettons en œuvre les meilleures solutions économiques et techniques, tout en engageant les équipes techniques, opérationnelles, de qualité, de processus et de maintenance à s'approprier l'avenir.

Dans le cas où la fonderie ne dispose pas, ou ne peut pas mettre à disposition les ressources nécessaires pour gérer les projets, nous pouvons prendre en charge le projet complet pour la fonderie. Ainsi, nous prenons en charge tous les aspects du projet afin que la fonderie puisse se concentrer sur ses activités principales : les opérations, le service à la clientèle et le développement des pièces de fonderie. Ce faisant, Gemco s'assure que le projet sera exécuté dans le respect des standards de qualité, capacité, du budget et du calendrier (délai).

>>> Nouveaux développements et responsabilité

Les équipes créatives de Gemco travaillent avec les fonderies afin de développer des solutions en vue de répondre à des problèmes qui peuvent être uniques à un produit, un processus ou une machine spécifique. Ensemble, nous recherchons les fournisseurs appropriés pour fournir ou mettre en œuvre ces solutions. Lorsque cela n'est pas possible, Gemco n'hésite pas à prendre ses responsabilités et à fournir une solution sur mesure, conçue selon les concepts développés.

>>> Durabilité

Gemco est bien consciente des énormes défis auxquels les fonderies sont confrontées aujourd'hui, y compris les demandes des clients concernant les émissions des scopes 1, 2 et 3 visant à réduire l'impact environnemental des entreprises. Actuellement, un grand nombre de nos projets sont concernés par cette caractéristique, de la fusion en cubilot à la fusion électrique, de la fusion de ferrailles contaminées, de nouveaux projets de réduction du sable ou de la capture du carbone. En fonction des besoins spécifiques de la fonderie, nous établissons des stratégies et des feuilles de route vers le zéro émission. En ce qui concerne le sujet, une expertise précieuse et approche durable de



Gemco conception de fonderie, logistique, intégration de systèmes et de processus, conception d'interfaces.



Réalisation d'une fonderie.

l'entreprise est la régénération du sable. En effet, dans les années 1990, Gemco a mis au point le « Sand Cleaner ». Ce « nettoyeur de sable » fonctionne selon le principe d'un procédé mécanique à sec basé sur le broyage des grains de sable individuels, combiné à un dépoussiérage. Le Sand Cleaner est modulaire et peut être placé dans différentes configurations d'installations de sable. Plusieurs grandes fonderies allemandes possèdent des installations de nettoyage de sable qui datent du milieu des années 1990 et qui ont depuis été agrandies et mises à jour pour passer à la version 2.0 afin d'augmenter leur capacité.

>>> Projets de fonderie en France

Au cours de ses 45 années d'existence, Gemco a eu le plaisir de travailler en France à de nombreuses reprises. Nous avons pris part à de grands projets et collaborations avec des entreprises telles que PSA, Pont-à-Mousson (Saint



Intégration de nettoyeurs de sable Sand Cleaner dans une sablerie.

Gobain), Farinia et bien d'autres. Nous voyons et croyons que l'industrie française, y compris l'industrie de la fonderie, est en bonne position pour un avenir durable.

Notre équipe, qui compte plus de 50 ingénieurs, chefs de projet, experts en processus, mais aussi notre équipe d'assistance et tous les partenaires indépendants qui donnent de la profondeur à des tâches spécifiques, sont prêts à vous accompagner vers le succès de votre fonderie. La deuxième

génération de l'entreprise familiale est prête à soutenir l'industrie de la fonte des métaux.

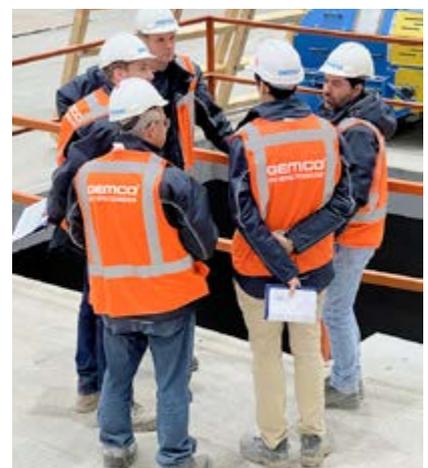
GEMCO dispose d'une équipe internationale de 50 professionnels, dont des ingénieurs en mécanique, des ingénieurs-concepteurs, des techniciens des procédés, des spécialistes des métaux et des consultants en fonderie. L'entreprise possède des bureaux en Allemagne, en Pologne, au Mexique et en Chine. L'entreprise offre à ses employés un environnement stimulant qui leur permet de déployer leurs talents et leurs compétences.

Contactez Gemco à l'adresse

 eng@gemco.nl ou rendez vous sur www.gemco.nl

Bas VAN GEMERT - Directeur Général //////////////

TÉLÉCHARGER LA VERSION ANGLAISE



Ingénieurs Gemco sur site

CAT

International Ltd

Façonner l'avenir du moulage des métaux avec L'INNOVATION CÉRAMIQUE

miques pour fabriquer des matériaux composites aux propriétés uniques. Le résultat a été le développement et la production de la gamme CERACAT, des filtres innovants pour la fonte et l'acier.

- Haute affinité de filtration. Par exemple la surface attirera et fixera chimiquement les particules d'oxyde.
- L'absence de retrait pendant le processus de fabrication par rapport au zircon permet une fabrication rentable de grands filtres ; généralement jusqu'à 300mm.
- La densité globale est supérieure à celle d'un filtre purement lié au carbone mais inférieure à celle du zircon, ce qui signifie que dans les applications de coulée directe, le filtre flotte facilement après la coulée, permettant un chemin d'alimentation libre.

CAT International Ltd., entreprise créée il y a plus de vingt ans pour repousser les limites de la filtration des métaux, va désormais encore plus loin dans sa technologie brevetée avec la production de pièces en céramique fabriquées de manière additive afin d'offrir d'excellentes capacités de filtration tout en réalisant des économies de coûts.

Depuis le premier jour il y a maintenant plus de 20 ans, les fondateurs de l'entreprise, le Dr Kassim Juma et Mike Leaney, ont eu pour passion de trouver des solutions aux problèmes séculaires de filtration des métaux. Forts d'une carrière longue et accomplie dans le secteur, le désir de créer une entreprise plaçant la R&D au centre de sa philosophie, associé aux avantages d'être une PME privée, a séduit les deux hommes. La prise de décision est moins complexe, et ils sont en mesure de commercialiser les produits plus rapidement.

CAT International Ltd (CAT pour Carbon Application Technology) a une longue expérience en matière de combinaison de diverses céra-

En effet, CAT a développé une méthode de superposition de différents matériaux céramiques au sein de la structure en mousse. La couche de base est en céramique et offre une excellente résistance mécanique avec un faible coût de matériau. Les couches suivantes sont des mélanges à haute teneur d'alumine et de matériaux, exclusifs, développés par CAT pour garantir le « mariage » de particules différentes lors de la cuisson. CERACAT est un filtre stable avec une très haute résistance comparée à la liaison carbone seule avec un coût de production bien inférieur à celui du zircon. Cette différence s'explique notamment par l'augmentation du coût du zircon et, plus particulièrement, le coût de l'énergie utilisée dans sa production.

La réputation de CERACAT s'est ainsi développée en tant qu'alternative viable offrant également toute une gamme d'autres avantages.

>>> LA TECHNOLOGIE CERACAT PRÉSENTE AINSI DE NOMBREUX AVANTAGES

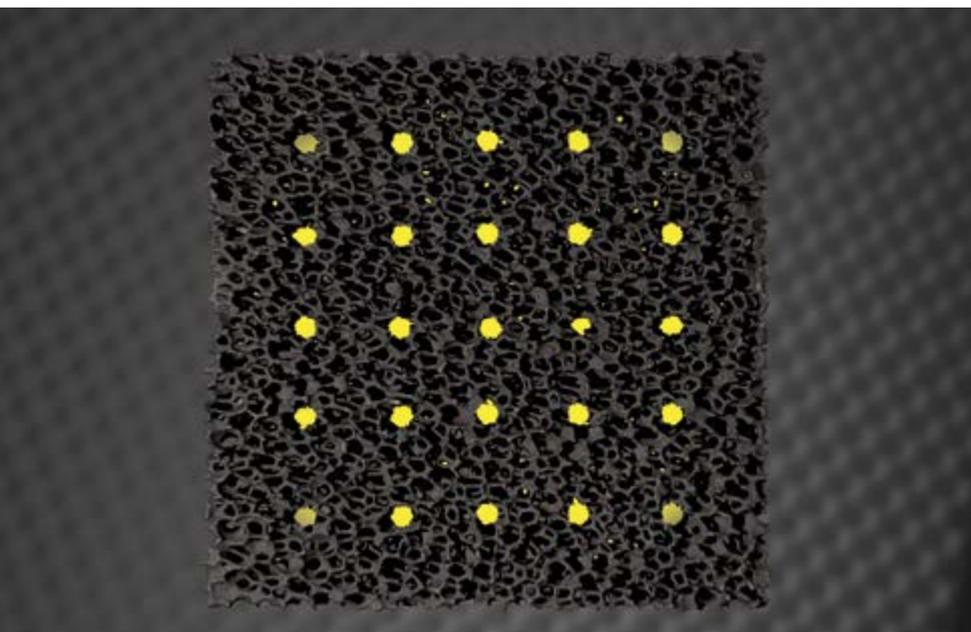
- Haute résistance.
- Thermiquement stable pour l'acier et résiste à de longues durées de coulée.

>>> QUELLES SONT LES MOTIVATIONS DE CE CHANGEMENT DANS LA FILTRATION DES MÉTAUX FERREUX ?

Pour ceux qui se concentrent sur le moulage en sable, en particulier pour les pièces moulées en fonte GS et à haute teneur en chrome, généralement d'une tonne et plus, le principal facteur déterminant est le besoin d'une capacité accrue.

Les fonderies reconnaissent les avantages de la filtration, mais sa mise en œuvre devient de plus en plus difficile à mesure que la taille des pièces moulées augmente. Les filtres en mousse, par exemple, sont actuellement disponibles jusqu'à 300 mm avec une mousse standard de 10 ppi, et offre environ 2,5 tonnes de capacité de filtration pour une fonte GS à travers un seul filtre.

Cependant, la plupart des fonderies ont recours à plusieurs filtres plus petits pour répondre à leurs besoins en capacité. Malheureusement, cela entraîne non seulement un coût en filtres supplémentaires,



mais également la nécessité potentielle d'agrandir les moules pour s'adapter à cette zone de filtre élargie.

Cela entraîne ainsi une augmentation du sable et des liants, un poids supplémentaire à soulever et éventuellement des dépenses plus élevées pour les unités de porte-filtre et un temps de configuration prolongé pendant le moulage.

Au fil des années, une question récurrente s'est posée : « Pourquoi ne peut-il pas y avoir un filtre capable de supporter le double du poids de métal pour une taille donnée ? ». La réponse simple réside dans les limites de la mousse utilisée pour fabriquer les filtres, 10 ppi étant l'option la plus grossière disponible.

Bien que vous puissiez manipuler le matériau filtrant pour qu'il soit plus ou moins adhésif aux particules d'oxyde dans le métal, les différences de composition céramique ne représentent généralement qu'une variation de 20 % de la capacité de filtration du métal, loin de la doubler.

Vient alors la fabrication additive, où vous pouvez créer des mousses techniques avec une liberté remarquable. Vous pouvez concevoir une structure en treillis équivalente, à 5 ppi par exemple, et affiner la filtration et la modification du débit pour augmenter la capacité. L'avantage supplémentaire est que, jusqu'à un modèle numérique est produit, son

intégration dans les simulations de moulage devient potentiellement simple.

Cette option est tout à fait réalisable et devrait devenir de plus en plus accessible sur le marché. En effet, cette technologie reste relativement coûteuse à l'heure actuelle, au fil du temps les coûts lui étant associés devraient pouvoir diminuer considérablement. Pourtant, dans le monde de la fonderie, la simplicité prime souvent ; alors que CAT International Ltd. est profondément immergé dans les filtres d'impression 3D et dans le développement de l'impression 3D céramique en général, la technologie utilisée dans leurs filtres en mousse les place dans une position unique pour présenter une solution alternative et simple.

CERACAT est un filtre à liant céramique et de carbone qui présente une résistance impressionnante par rapport aux filtres purement à liant au carbone, et est beaucoup plus rentable en raison de sa température de cuisson plus basse pendant la production.

Cette résistance accrue leur permet d'incorporer des trous droits de 6 à 8 mm de diamètre dans leurs filtres en mousse. C'est une idée très simple, mais ce faisant, ils doublent efficacement la capacité de filtration, et lorsqu'elle est exécutée avec soin par rapport à la surface totale ouverte des trous jusqu'à la zone des canaux du côté entrée du filtre, il n'y

a aucun défaut perceptible dans la qualité de filtration.

L'incorporation de trous droits dans leurs filtres en mousse génère suffisamment de contre-pression pour assurer un bon écoulement à travers le corps de la mousse, tandis que ces mêmes trous droits ajoutés facilitent la libre circulation à mesure que la structure de la mousse s'obstrue progressivement pendant le processus de coulée.

Essentiellement, ils peuvent offrir un filtre d'une capacité double par rapport aux filtres en mousse conventionnels, le tout pour un coût inférieur de moitié vis à vis de celui d'un filtre imprimé en 3D. Ils appellent cette version **CERACAT MAX HC** (Haute Capacité).

>>> AVANTAGES DU FILTRE CERACAT MAX HC

- Il n'y a pas de flux ou de vitesse de métal trop élevées se produisant à travers les trous droits qui pourraient entraîner une érosion du filtre ou une augmentation des turbulences du métal à la sortie.
- La surface combinée à des trous assure un équilibre de pression dans le système et une tolérance accrue aux variables métalliques pouvant conduire habituellement à un blocage.
- Il maintient un degré élevé d'efficacité de filtration et de réduction des turbulences.

En conclusion, le paysage de la filtration des métaux ferreux subit une transformation remarquable, avec l'avènement de la fabrication additive et des solutions innovantes telles que les filtres en mousse **CERACAT MAX HC**, qui font encore progresser ce qui est possible dans la production de pièces moulées de grande taille.

Bien que d'autres alternatives restent toujours disponibles, l'attrait pour ces nouvelles technologies est indéniable pour les fonderies devant s'adapter en permanence à l'évolution des demandes sans avoir à engager de dépenses supplémentaires ou excessives.



www.cat-intl.com

CAT
International Ltd

Votre contact CAT International en France



Nouveau !
www.astea-consulting.fr

contact@astea-consulting.fr

L'AGENDA 2024 DES FORMATIONS

Cyclatef®

FORMATION FONDERIE

INSCRIVEZ-VOUS
DIRECTEMENT À
UNE FORMATION

Réaliser un audit en fonderie

du 25 au 27 juin (Saint-Quentin)

Défectologie et imperfections en fonderie d'aciers

du 10 au 12 septembre (Saint-Dizier)

Sables à vert

du 24 au 27 septembre (Besançon)

Fontes à graphite sphéroïdal

du 8 au 10 octobre (Le Mans)

Élaboration métallurgique et traitements
thermiques des alliages d'aluminium moulés en atelier

du 8 au 10 octobre (Magny-Cours)

Outillages coquille métallique gravité, basse pression,
contre pression pour alliages d'aluminium :
conception, remplissage, thermique, poteyage

du 15 au 17 octobre (Châteauroux)

Métallurgie et métallographie des alliages
d'aluminium

du 5 au 7 novembre

Fonderie sous pression

NOUVEAU

du 19 au 21 novembre (Amiens)

Moulage de précision à la cire perdue

du 26 au 28 novembre (Toulouse)

Management des ateliers

du 3 au 5 décembre

Fonderie d'art et d'ornement

NOUVEAU

du 10 au 12 décembre

Défauts en fonderie d'alliages d'aluminium coulés
par gravité, basse pression, contre pression :
diagnostics et solutions

du 17 au 19 décembre (Brive-la-Gaillarde)

REFERENCE

Cyclatef® : Réaliser un audit en fonderie**Public concerné & prérequis**

Prérequis : Niveau Bac ou équivalent et des notions de base de fonderie (ou avoir fait le stage CYCLATEF Inibation aux bases de la fonderie).
Public concerné : Acheteurs, qualiciens, managers.

Objectifs

- Rappeler les bases de la fonderie.
- Évaluer de la façon la plus pertinente et objective son fournisseur fondeur.
- Analyser les risques de chaque étape du processus de fabrication sur la qualité du produit final.

Méthodes & moyens pédagogiques

Méthodes : magistrales, interrogatives, démonstratives, interactives.
Moyens : tableau blanc, paperboard, vidéoprojecteur, support de cours.

Synthèse du programme

- Analyse poste par poste des éléments essentiels à auditer.
- Parc matière.
- Fusion, traitement et coulée.
- Noyautage, moulage et sablerie.
- Parachèvement.

- Les Contrôles Non Destructifs (CND).
- La maintenance.
- Les outillages.
- Les méthodes et l'approche qualité.
- Illustration concrète en entreprise.

Suivi des formations & appréciations des résultats

Moyens de suivi : Feuille d'embarquement signée par demi-journée et attestation de fin de formation plus certificat de réalisation.

Moyens d'évaluation mis en œuvre : la validation des acquis peut se faire via des études de cas, des quiz, tout au long de la formation et à la fin.

DURÉE : 3 jours

LIEU : nous consulter

PRIX HT (TVA 20%) : 1500 €

ANIMATEURS : G. ALLART, A. LE NEZET

TÉLÉCHARGEZ
LE CATALOGUE DES
FORMATIONS 2024

Cliquer
sur les fiches
pour les afficher.

Les dates peuvent
évoluer, merci de nous
consulter. Les formations
sont assurées tant en
présentiel qu'à distance,
en inter comme en intra
entreprise.

REFERENCE

Cyclatef® : Défectologie et imperfections en fonderie d'aciers (typologie, origine, actions correctives)**Public concerné & prérequis**

Prérequis : Niveau Bac ou équivalent. Notions de base en pièces de fonderie.
Public concerné : Techniciens et ingénieurs fonderie et clients de la fonderie, de bureaux d'études, des services méthodes, qualité, production et laboratoire.

Objectifs

- Diagnostiquer un défaut de fonderie acier et étudier toutes les non-conformités de fabrication.
- Analyser les différentes causes de défauts, l'influence des conditions d'élaboration et de maîtrise des processus.
- Définir les actions correctives destinées à éliminer les causes de non qualité.

Méthodes & moyens pédagogiques

Méthodes : magistrales, interrogatives, démonstratives, interactives.
Moyens : tableau blanc, paperboard, vidéoprojecteur, support de cours.

Synthèse du programme

- Rappels sur la métallurgie des aciers (élaboration des aciers, les principales structures des aciers, influence des paramètres métallurgique).
- Classification des défauts de fonderie suivant leurs formes.

- Origine des défauts (dus à la solidification et au moulage, au traitement thermique, au soudage).
- Causes et remèdes, analyse des rebuts (méthode d'investigation, identification des causes générant les rebuts, moyens pour combattre ces défauts selon leur origine, élimination des causes de non-qualité).
- Etudes de cas concrets (Des participants sont invités à apporter des échantillons de défauts ainsi que les données techniques s'y rattachant).

Suivi des formations & appréciations des résultats

Moyens de suivi : Feuille d'embarquement signée par demi-journée et attestation de fin de formation plus certificat de réalisation.

Moyens d'évaluation mis en œuvre : la validation des acquis peut se faire via des études de cas, des quiz, tout au long de la formation et à la fin.

DURÉE : 3 jours

LIEU : Nous consulter

PRIX HT (TVA 20%) : 1500 €

ANIMATEUR : J.M. MASSON

REFERENCE

Cyclatef® : Sables à vert**Public concerné & prérequis**

Prérequis : Niveau Bac ou équivalent.
 Connaître le monde de la production industrielle des pièces moulées en sables à vert.
Public concerné : Techniciens, ingénieurs, agents de maîtrise, de production, des services qualité et de laboratoire des sables, acheteurs.

Objectifs

- Connaître l'histoire et les plus récents développements du procédé.
- Comprendre en détail les caractéristiques et les comportements des différents composants pour mieux comprendre les sables silico argileux en fonderie.
- Prendre connaissance de tous les contrôles de laboratoire et des process de pilotage du sable à vert et les adapter aux besoins de son entreprise.

Méthodes & moyens pédagogiques

Méthodes : magistrales, interrogatives, démonstratives, interactives.
Moyens : tableau blanc, paperboard, vidéoprojecteur, support de cours.

Synthèse du programme

- Les composants des sables à vert et leurs contrôles.
- Le circuit de sable, ses transformations, ses contrôles.

- Gestion du sable en circuit.
- Connaissance des étapes du process de la sablerie, de ses équipements, ses outils de pilotage.
- Les défauts liés aux sables à vert.
- Travail de groupe sur des cas concrets.
- Illustration concrète en entreprise.

Suivi des formations & appréciations des résultats

Moyens de suivi : Feuille d'embarquement signée par demi-journée et attestation de fin de formation plus certificat de réalisation.

Moyens d'évaluation mis en œuvre : la validation des acquis peut se faire via des études de cas, des quiz, tout au long de la formation et à la fin.

DURÉE : 4 jours

LIEU : Nous consulter

PRIX HT (TVA 20%) : 1650 €

ANIMATEURS : P. VERDOT, O. KUBLER, S. SAUVAGE, P. MOREAU

Qualiopi 

processus certifié

■ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'action suivante :

ACTIONS DE FORMATION

Vous y étiez

Cyclatef[®]
FORMATION FONDERIE

Sables à prise chimique à Senlis **du 12 au 15 mars 2024**

VISITE DE L'USINE LINAMAR sur le site de Laigneville



Cette formation avait pour but de faire comprendre la définition d'un sable à prise chimique pour la fabrication de moules et de noyaux en fonderie.

Nous avons centré nos développements en fonction de la demande de nos stagiaires, et aussi nous avons au mieux adapté la formation aussi sur l'ensemble des différentes méthodes et essayé de montrer les avantages et inconvénients des systèmes en fonction des différents alliages coulés, des séries, et maintenant aussi en fonction de l'environnement, et de la sécurité à l'utilisation.

Notre visite s'est effectuée dans l'usine LINAMAR située à Laigneville.



Nous avons été accueillis par Madame RYNGUAERT de la direction des ressources humaines, qui nous a présenté le groupe

LINAMAR. La visite a été organisée et commentée par Messieurs Yves VELU et Romain LEJEUNE. Nous avons pu voir les performances des sables à prise chimique pour la fabrication de pièces en Aluminium coulées en gravité ou basse pression au sein d'une usine robotisée pour la fabrication de culasses de moteur pour l'industrie automobile.

Le point très positif de cette visite : les progrès effectués font aussi la démonstration pour le recyclage du sable ici à Laigneville où 95% du sable utilisé est recyclé. C'est une belle démonstration pour notre industrie où souvent une grande partie des sables « non brûlés » conservent une grande partie de leurs composants chimiques, que recycler est possible : une très belle performance affichée par ce site LINAMAR que nous remercions pour cette visite.

Nous avons pu ensuite continuer notre stage avec un développement sur le recyclage des

sables à prise chimique. Certains nouveaux procédés comme les liants inorganiques développés dans le domaine des fonderies de pièces en Aluminium, n'étant pas encore adaptés pour les alliages plus lourds et surtout à des températures beaucoup plus élevées. Nous avons pu aussi développer le thème des équipements et les matériels utilisés en fonction des types de fabrication.

Nous avons aussi présenté les machines 3 D qui réalisent des moules et des noyaux permettant une mise au point plus rapide de nouvelles pièces (prototypes, modification d'outillages existants et production de petites séries sans outillage (juste avec un fichier STL).

Le stage a été animé par Pierre SADON, Benoît AUGENDRE et Bernard TARANTOLA.

Bernard TARANTOLA - ATF //////////////

Vous y étiez
Cyclatef[®]
 FORMATION FONDERIE

Usage de réfractaires en fonderie à Liessies

du 14 au 16 mai 2024

VISITE DE L'USINE LA FONDERIE D'ANOR



Cette année encore le profil très varié des participants et des approches technologiques sur les environnements réfractaires (ferreux et non ferreux) nous a poussé à élargir le programme de notre formation et à l'orienter vers une question fondamentale : comprendre les bases des diverses solutions réfractaires et découvrir comment les applications métallurgiques peuvent influencer sur le choix des matériaux et des technologies céramiques. Une réflexion nécessaire à la compréhension des propriétés réfractaires dans le compromis vers la performance en service. Un éclairage particulier était apporté sur les matériaux, leurs mises en œuvre et leurs contributions de la recherche de la qualité métal en fonderie.

Un focus tout particulier autour des conceptions réfractaires dans les fours et du transfert des métaux liquides qui restent au cœur du métier. Les échanges entre les participants se sont développés autour des choix réfractaires tant pour les moyens de fusion que pour la coulée métal. Un vaste panorama de discussions montrant les bases de l'approche céramique dans tous les scénarios que peuvent rencontrer les fon-

succès de leurs entreprises respectives par la connaissance et le savoir-faire.

● Partage de connaissances dans la joie et la bonne humeur

Merci à nos participants pour la bonne humeur et la participation active tout au long de nos journées de travail qui se sont poursuivies au-delà des présentations, pour profiter au mieux de nos moindres moments d'échanges.

Qui nous dira que les fondeurs ne souhaitent pas se remettre en cause ? Il nous reste des talents dans notre industrie si nous savons répondre à leurs questions, leur montrer que les métiers bougent avec les attentes de l'industrie. De l'opérateur à l'ingénieur, du fournisseur au responsable de production, sans oublier la super motivation de nos formateurs bénévoles, tout le groupe partage la connaissance du terrain.

Chaque expérience est le sujet d'échange entre les participants et les formateurs, révélant les spécificités des modes de production mais aussi la valeur de la connaissance transmise. Les idées sont évaluées dans le groupe pour en tirer des notions de performance

L'approche métallurgique est fortement mise en avant dans le raisonnement du choix réfractaire, nous en avons encore la preuve dans ce groupe de travail qui sait allier une forte expérience de terrain avec la préparation des assemblages réfractaires dans la recherche constante des questions de qualité de pièces de fonderie. Que de valeurs dans ces échanges, une grande convivialité dans les tours de table, dans les exemples donnés et leurs incidences économiques et technologiques. Nous avons revu certaines des solutions réfractaires proposées, échangés sur les incidences des matières premières et les approvisionnements en métaux, revu les choix technologiques, examiné les attentes des clients dans leurs applications.

L'importance de la mise en œuvre et le suivi de l'utilisation restent des facteurs déterminants de la performance, la criticité des préparations et des réparations, des plus simples aux plus délicates dans l'esprit du maintien des outils de production alors que les coûts prennent une si grande importance dans le quotidien de nos usines.

● Merci à la Fonderie d'Anor

Un grand merci à Pascal-Paul CONSTANT le dynamique Directeur de la Fonderie et à l'équipe de fondeurs pour l'accueil qui nous a été donné au sein de l'entreprise [Fonderie d'ANOR](#), une fonderie Française qui relève des défis quotidiens dans le secteur des fontes et aciers réfractaires (Papeterie, Incinération, Energie, Pompes, Traitement thermique industriel, Cimenterie, Sidérurgie, Broyage, Levage ...)

Gilbert RANCOULE - ATF //////////////



deurs, incluant également la préparation des moules et les conceptions des inserts, les modes de recyclages, les systèmes céramiques de contrôle du flux métal de la fusion au moule, la filtration active, les masselottages... des centres d'intérêt très divers qui viennent une fois de plus démontrer de la part des participants un profond désir de compréhension des solutions mises en œuvre pour contribuer au



pour chaque fonderie, et sont autant de notions pour approfondir la connaissance des moyens réfractaires d'aujourd'hui. Les demandes concernant l'usage des matériaux non-oxides, les carbonés, les spéciaux, les fibreux et isolants, les monolithiques trouvent leurs rôles et fonctions dans l'approche de la maîtrise des métaux et alliages fondus à chaque étape de la réalisation de la pièce de fonderie.



Vous y étiez

Cyclatef[®]
FORMATION FONDERIE

Défauts et Imperfections en Fonderie Fonte à Port-Louis

4 au 6 juin 2024

VISITE DE LA FONDERIE FDB



10 Juin 1590 : quelques galions espagnols s'approchent de la côte bretonne de « Blavet » (Port-Louis) pour aider le Duc de Mercœur à chasser les protestants de la ville. Ces mêmes espagnols seront à l'origine de la construction de la célèbre citadelle, améliorée plus tard sous Louis XIII. Du 4 au 6 Juin 2024, c'est dans cette même ville historico-touristique que se tient un autre événement, plus technique celui-là, sous la forme d'un stage ATF Cyclatef : « Défauts et Imperfection en Fonderie Fonte ».



Au cours de la formation, les animateurs, tous deux forts d'une expérience industrielle en fonderie fonte, ont pu passer en revue toutes les sources de non-qualité relatives aux différents processus d'élaboration des pièces. Ainsi pendant trois jours ont été abordés les défauts de fonderie en rapport à la métallurgie de base qu'elle soit de type fonte lamellaire ou sphéroïdale de différentes nuances, en rapport au traitement métallurgique des fontes, la coulée, le moulage, l'élaboration des sables de moulage et noyutage, etc. Sans oublier les défauts potentiels provenant du retrait du métal et des dégagements gazeux. Les stagiaires étaient issus de fonderies aussi différentes dans leur production que par exemple des pièces automobiles ou des cocottes de cuisine. Cette diversité a permis d'aborder toutes les spécificités des défauts de fonderie en fonction des domaines d'application des pièces produites, comme l'automobile, le machinisme agricole, le TP, le chauffage, contre-poids et autres encore. Ainsi, il a été démontré que les types de défauts rencontrés et leur gravité sont bien différents d'un cas à l'autre.

● Exposés fondamentaux et anecdotes de terrain

Les animateurs ont visé un juste équilibre entre les exposés fondamentaux, utiles à la compréhension et les nombreuses expériences du terrain pour ne pas dire les anecdotes liées au vécu sur le terrain et appréciées par les participants. Les stagiaires ont pu également échanger sur leurs expériences personnelles. Beaucoup de conseils ont ainsi pu être prodigués au cours de la formation. La fin de stage a laissé la place à l'observation de défauts en fonderie de fonte GL et GS. Des morceaux de pièces en fonte présentant différents défauts ont pu être examinés.

Nouveauté comme l'an passé, les stagiaires ont pu s'entraîner sur un outil de qualité totale permettant d'améliorer la fiabilité et la capacité d'un processus de fabrication. Cette année, il s'agissait de travailler sur l'exemple de paramètre du processus d'élaboration des sables à vert, l'aptitude au serrage.

Après des journées de travail bien remplies, le groupe a pu profiter de moments forts agréables et conviviaux dans des endroits particulièrement appréciés au cœur de la ville historique ou en bord de mer, avec comme ont dit « des vues à couper le souffle » sur l'île de Groix et l'océan.



Nos formateurs : Denis Rousière et Christian Gaillard

● La visite de la fonderie de Bretagne

Autre moment fort du stage, la visite d'une fonderie que les stagiaires attendent toujours avec intérêt. Cette année ils ont été gâtés car il s'agit d'une fonderie emblématique française, la Fonderie de Bretagne (FDB, anciennement SBFM). Créée en 1965, aux portes de Lorient, dans une période où la fonte GS était en plein développement, cette fonderie a connu par la suite une histoire mouvementée.



Aujourd'hui, l'entreprise compte 300 salariés et appartient au groupe allemand Callista GmbH. Elle a une capacité de 40000 tonnes par an de pièces de haute qualité type automobile comme les porte-fusées de roues, les bras de suspension, les boîtiers différentiels, etc. Elle cherche à diversifier sa production vers l'automotive (TP, agricole, poids lourds) ainsi que dans l'infrastructure (ferroviaire, énergie, défense) et autres opportunités (chauffage, hydraulique, etc). Spécialisée dans les nuances de fontes GS, elle s'ouvre à la production de fonte lamellaire et vers des pièces plus lourdes entre 20 et 100 kg.

L'entreprise s'est lancée dans un plan de redressement ambitieux dans les domaines de la vente, de la modernisation des moyens de production et l'optimisation des processus industriels en particulier sur l'efficacité énergétique. Pour cela, FDB bénéficie d'un nouveau programme d'investissement au niveau du noyautage, de la fusion et du chantier de moulage. Nous avons pu déjà constater au cours de la visite l'évolution vers le modernisme. Déjà certifiée ISO 9001 et 14001, l'entreprise vise une certification IATF 16949 et ISO 50001 pour formaliser son effort dans le domaine de l'énergie. Au terme de ces orientations, FDB devra être l'une des fonderies les plus modernes de sa catégorie.



Moyens mis en place :

- Fusion à base de 4 fours BF de 25 tonnes de capacité en « top and charge ».
- Chantier de moulage KW à plat, moules de dimension 1150 x 865 x 350/270 mm.
- Grenailage à tonneau Wheelabrator.
- Noyautage boîte froide 17 BFM et nouvelle machine Minghzi 60 litres.
- Finition par 4 unités de presses et contrôles, installations de meulage et finition manuelle.

FDB est équipée également de moyens d'usinage :

- 10 centres Heller, MCP-H300 pour l'usinage,
- Chaîne automatisée et 4 tours Emag pour le pré-usinage.

Après une visite guidée complète à travers la

fonderie, le groupe est invité à retourner en salle pour une série de questions – réponses, foisonnante.

Nous remercions ici la direction de la Fonderie de Bretagne, Jérôme DUPONT, pour avoir autorisé cette visite. Nos remerciements à Erwan JACQUIN, responsable développements, pour ses explications détaillées et passionnantes tout au long de la visite. Merci également à Anne LE TEUFF, responsable communication et à Ludovic PIETE de FDB, ancien participant au stage, qui a eu la gentillesse de nous procurer des échantillons de fonte avec l'aide Amélie HOUSTIN, stagiaire et responsable qualité clients.

Denis ROUSIÈRE - ATF //////////////

W Abrasives

OPTIMISEZ VOTRE PROCESSUS DE COULÉE AVEC LES SOLUTIONS DE GRENAILLAGE DE WINOA

Faites comme Volvo - visitez notre centre technique pour améliorer nettoyage et préparation de surface.

De la grenaille fine d'acier au fil de zinc coupé, en passant par des abrasifs en acier inoxydable, Winoa propose une gamme complète de solutions de sablage.

Découvrez vous-même notre savoir-faire et notre expertise technique.

INOX

FIL COUPÉ

UFS

preparing tomorrow's surfaces

Planifiez votre essai aujourd'hui !

Visitez nos centres techniques pour essayer votre prochain abrasif

Casting Knowledge. In a Software.

MAGMA

Committed to Casting Excellence



Curieux?



MAGMASOFT[®]
autonomous engineering

La fabrication additive comme voie de réalisation des structures bimétalliques acier-aluminium

Rangasayee Kannan^a, Yousub Lee^b, Dean Pierce^c, Kinga Uncic^d, Blane Fillingim^a, Thomas Feldhausen^a, Andres Marquez Rossy^c, Hsin Wang^c, Peeyush Nandwana^c

^a Manufacturing Science Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA

^b Computational Sciences and Engineering Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA

^c Materials Science & Technology Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA

^d Center for Nanophase Materials Sciences, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA

>>> RÉSUMÉ

Nous présentons ici les résultats de la fabrication de structures bimétalliques acier-aluminium en utilisant la fabrication additive par dépôt d'énergie dirigée. Les défis associés à la fabrication d'une transition nette entre l'acier et l'aluminium sont découverts en utilisant des techniques de caractérisation ex-situ et une modélisation thermo-mécanique du processus de dépôt. Il a été constaté que la fabrication d'une transition nette entre l'acier et l'aluminium est un défi, des fissures importantes ayant été observées à l'interface. La fissuration a été attribuée à l'effet combiné du développement de la contrainte résiduelle due à l'inadéquation du coefficient de dilatation thermique et à la présence d'intermétalliques ordonnés avec une faible ductilité à l'interface. En utilisant une approche de modélisation thermodynamique et thermo-mécanique couplée, des voies potentielles pour permettre la fabrication de structures bimétalliques acier-aluminium en utilisant la fabrication additive sont proposées. Les résultats présentés ici peuvent jeter les bases de futurs travaux sur la fabrication de structures bimétalliques acier-aluminium par dépôt d'énergie concentrée.

>>> INTRODUCTION

Le secteur des transports est le deuxième contributeur le plus important aux émissions mondiales de gaz à effet de serre [1]. Parmi les émissions totales de CO₂ du secteur des transports, 75 % proviennent des véhicules routiers. Compte tenu de la nécessité de réduire les émissions de CO₂ des véhicules routiers à moins de 1 Gt/an d'ici 2070, des recherches approfondies sont en cours dans le monde entier, principalement sur l'électrification des groupes motopropulseurs, puisque 65 à 80 % des émissions des automobiles sont des émissions d'échappement. On estime que la part des émissions de CO₂ provenant des matériaux utilisés dans les véhicules automobiles atteindra 60 % d'ici 2040 [2]. Il est donc nécessaire de mener des

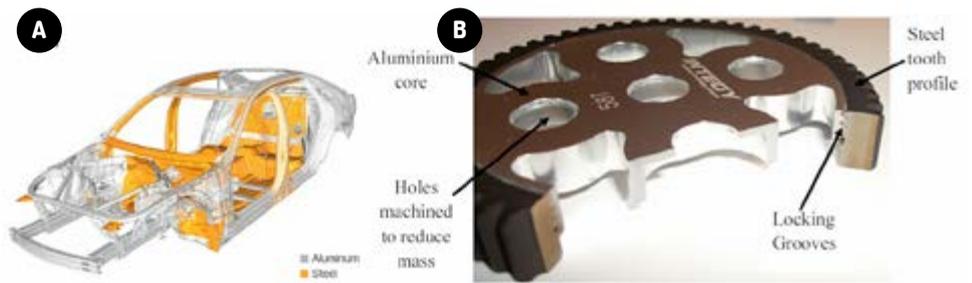


Fig 1. (a) Structures acier-aluminium dans la carrosserie de la Cadillac CT-6. (b) Application potentielle des engrenages bimétalliques acier-aluminium pour l'automobile.

recherches sur les matériaux, en se concentrant notamment sur la réduction du poids afin de réduire les émissions globales de CO₂ du secteur des transports. Les aciers avancés à haute résistance et d'autres nuances d'acier ont été largement utilisés dans les pièces structurelles automobiles. Des alliages d'aluminium (Al) et de magnésium (Mg) plus coûteux ont été substitués à l'acier dans certaines applications, souvent là où la résistance est moins critique, pour permettre des structures plus légères. Le remplacement de l'acier dans certaines structures par des alliages d'aluminium et de magnésium peut directement réduire le poids du véhicule et permettre une décompensation de masse, où la taille et le poids des composants du groupe motopropulseur (batteries, moteurs) peuvent également être réduits, ce qui se

traduit par des économies de masse supplémentaires. Toutefois, le remplacement des composants structurels automobiles par des alliages d'aluminium ou de magnésium pour alléger le véhicule n'est pas toujours une option économique ou techniquement satisfaisante dans toutes les applications [3-5]. Les structures bimétalliques sont une option intéressante pour les structures automobiles car elles permettent de tirer parti à la fois du poids réduit de l'aluminium/magnésium et de la résistance/du faible coût de production des aciers. À l'heure actuelle, les structures bimétalliques entre l'acier et l'aluminium sont utilisées dans les structures automobiles. Par exemple, la figure 1a montre la structure de la Cadillac CT6 avec les zones où l'acier et l'aluminium sont utilisés. La figure 1b montre un exemple hypothétique potentiel d'engrenage

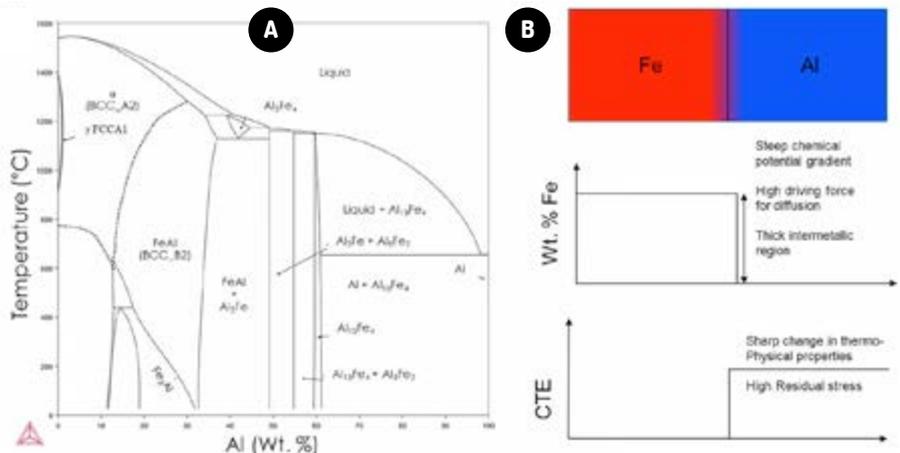


Fig 2. Défis posés par la fabrication de structures bimétalliques acier-aluminium. (a) Diagramme de phase binaire Fe-Al indiquant la formation d'une large gamme d'intermétalliques vers le centre du diagramme de phase, (b) Schéma de la composition et de la différence de coefficient de dilatation thermique (CDT) entre l'acier et l'aluminium.

bimétallique acier-aluminium avec un profil de dent en acier dur/résistant à l'usure et un noyau en aluminium souple et léger.

La **figure 2** présente les défis associés à la fabrication de structures bimétalliques acier-aluminium. Le diagramme de phase binaire Fe-Al de la **figure 2a** montre que si l'Al a une solubilité comparativement plus élevée dans le Fe, le Fe a une solubilité extrêmement faible dans l'Al. Les compositions comprises entre 10 et 90 % en poids d'Al entraînent la formation d'une large gamme d'intermétalliques allant de Fe₃Al du côté riche en fer à Al₁₃Fe₄/Al₃Fe₄ du côté riche en aluminium. Il convient de noter que, bien que la structure cristalline après solidification reste BCC jusqu'à 30 % en poids d'Al, une transition du désordre à l'ordre de BCC_A2 à BCC_B2 (FeAl) est observée pour des teneurs en Al comprises entre 10 et 30 % en poids. Ces intermétalliques fer-aluminium ont une faible ductilité et sont susceptibles d'être fragilisés par l'environnement [6,7], ce qui rend le joint fer-aluminium susceptible de se rompre prématurément. À moins que la dilution à travers l'interface fer-aluminium ne soit soigneusement conçue, la formation d'intermétalliques fragiles ne peut être évitée, ce qui, avec les propriétés thermophysiques radicalement différentes entre le fer et l'aluminium entraînant la génération de contraintes résiduelles à l'interface (**Fig. 2b**), rend l'interface acier-aluminium moins ductile.

Malgré ces difficultés, l'assemblage de l'acier et de l'aluminium par des techniques de soudage, notamment le soudage à l'arc au tungstène (GTAW), le soudage au gaz inerte métallique (MIG), le soudage au laser [8-10], le soudage par friction [11,12], le soudage par friction [13] et le soudage par points [14-18], le soudage par résistance par points étant couramment utilisé dans l'industrie automobile [17]. Dans la littérature, les niveaux de dilution n'ont pas été conçus pour obtenir des compositions dépourvues d'intermétalliques. Au contraire, comme la nucléation et la croissance intermétallique est un processus contrôlé par la diffusion, et que la morphologie des intermétalliques à l'interface change progressivement, passant de particules globulaires discrètes à un film continu [19], les conditions de traitement telles que l'apport de chaleur et les taux de refroidissement ont été modifiés en utilisant des blocs d'appui pour minimiser l'épaisseur intermétallique, améliorant ainsi la résistance du joint [10]. Malgré cela, la résistance maximale à la traction du joint obtenue est d'environ 70 MPa [10], avec un allongement jusqu'à la rupture de <3% [20-24]. L'autre défi posé par les technologies d'assemblage existantes pour l'acier et l'aluminium est que ces techniques de fabrication sont limitées par la géomé-

trie des pièces. Par exemple, le soudage par friction fonctionne pour les composants à symétrie axiale, tandis que les techniques de soudage par fusion fonctionnent dans des configurations de soudage par recouvrement ou bout à bout. Les techniques d'assemblage actuelles ne permettent pas d'exploiter tout le potentiel des structures bimétalliques, en particulier la possibilité de fabriquer des structures bimétalliques spécifiques, en localisant de manière sélective le matériau ou la composition optimale à des endroits spécifiques en fonction des propriétés requises pour cette zone, en adaptant les propriétés aux conditions de charge. La possibilité de fabriquer des structures bimétalliques à des endroits spécifiques peut ouvrir le champ des applications, par exemple la fabrication d'engrenages légers, comme le montre la **figure 1b**.

La fabrication additive (AM) est une technique de fabrication prometteuse pour la fabrication de structures bimétalliques. Le dépôt d'énergie dirigée (DED) par poudre soufflée a été utilisé pour fabriquer des structures bimétalliques entre des matériaux qui ont un coefficient de dilatation plus proche et/ou une bonne solubilité mutuelle, par exemple entre l'acier inoxydable 304L et l'Inconel [25], l'acier 316L et l'acier 22 par DED en utilisant l'acier inoxydable 410 comme matériau intermédiaire [26], l'acier ferritique 22 et l'alliage austénitique 800H [27], l'acier et le cuivre [28,29], et l'Al-W [30]. Cependant, à la connaissance des auteurs, il n'existe aucun rapport dans la littérature sur la fabrication de structures bimétalliques entre l'acier et l'aluminium, des systèmes qui ont une grande variation dans les propriétés thermophysiques et une solubilité mutuelle limitée en utilisant la fabrication additive. Nous pensons que la fabrication additive est une technique prometteuse pour la fabrication de structures bimétalliques acier-aluminium. Les taux de refroidissement élevés inhérents au processus de fabrication additive peuvent permettre d'affiner la taille des matériaux intermétalliques et de supprimer le changement de morphologie des matériaux intermétalliques, qui passent de particules globulaires discrètes à un film continu à l'interface des deux matériaux. Dans cette étude, nous déposons et caractérisons la structure bimétallique entre l'acier inoxydable 316L et l'alliage Al-Cu-Ce-Zr fabriqué à l'aide de la technique DED AM à poudre soufflée. Les défis associés à la fabrication de structures bimétalliques acier-aluminium et les voies potentielles pour permettre la fabrication de structures bimétalliques acier-aluminium sont abordés.

>>> MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Des transitions nettes entre l'acier et les alliages d'aluminium ont été réalisées sur un

système de dépôt d'énergie dirigée Okuma MU-8000 V Laser EX avec une capacité d'usinage à cinq axes. Un alliage Al-Cu-Ce-Zr hautement imprimable et très résistant, présentant une faible susceptibilité à la fissuration par solidification, mis au point par l'Oak Ridge National Laboratory [31], a été sélectionné comme alliage d'aluminium. L'alliage d'aluminium fabriqué sous forme de barre cylindrique par fusion laser sur lit de poudre avec les paramètres de processus décrits dans Ref. [31] a été utilisé comme substrat pour déposer de l'acier inoxydable 316L. L'acier inoxydable 316L a été choisi principalement en raison de l'abondance littéraire sur le traitement de l'acier inoxydable 316L, de la structure cristalline similaire à celle de l'alliage d'aluminium (FCC) et de l'absence de toute transformation de phase à l'état solide permettant une compréhension directe de la microstructure de solidification. L'acier inoxydable 316L d'Orlikon Metco avec une taille de poudre (-106 + 45 μ m) a été utilisé pour déposer une couche de 1 inch de haut sur le substrat d'alliage d'aluminium. Les paramètres de traitement utilisés : puissance laser de 2000 W, vitesse de balayage de 900 mm/min, épaisseur de couche de 0,7 mm, pas de 1,68 mm, débit de gaz de la buse de 10 L/min et débit de gaz porteur de 4 L/min. La stratégie de balayage utilisée pour le dépôt était un contour suivi d'un remplissage. La passe de remplissage a été décalée par rapport à la passe de contour en utilisant la même valeur de pas afin d'éviter la surépaisseur des bords.

Pour comprendre l'évolution microstructurale de la sous couche, un Zeiss Crossbeam 550 à double faisceau FIB/SEM avec détecteur EBSD Oxford a été utilisé pour caractériser la distribution élémentaire, les phases et l'orientation cristallographique à travers l'interface du métal. Des essais de dureté Vickers ont été effectués sur l'interface avec une charge de 1 Kgf et un temps d'arrêt de 10 secondes à l'aide du testeur de dureté automatique LECO AMH55. Une grille de 5x40 avec un espacement de 250 μ m a été utilisée pour les mesures d'indentation et les résultats présentés sont la dureté moyenne à travers l'interface. Pour comprendre les caractéristiques à fine échelle, l'imagerie par microscopie électronique à transmission à balayage (STEM) et la spectroscopie à rayons X à dispersion énergétique ont été effectuées sur un FEI Talos F200X S/TEM fonctionnant à 200 kV et équipé d'un canon à émission de champ extrême (X-FEG), d'un détecteur à champ sombre annulaire à angle élevé (HAADF) et d'un système de spectroscopie à rayons X à dispersion énergétique (EDS) Super-X avec 4 détecteurs à dérive de silicium (SDD). Les échantillons pour S/TEM ont été préparés sélectivement en utilisant l'abrasion par faisceau d'ions focalisés.

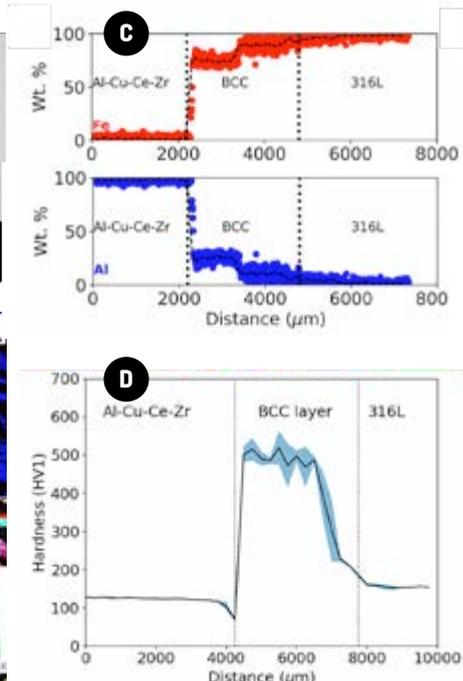
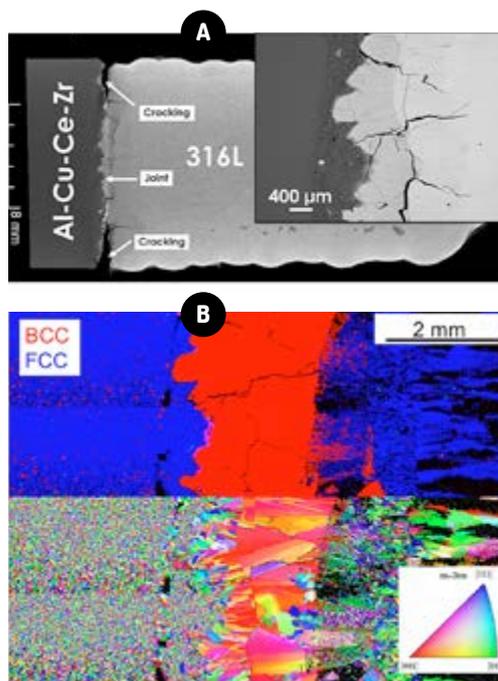


Fig 3. Acier inoxydable 316L déposé sur un alliage d'aluminium Al-Cu-Ce-Zr fabriqué par fusion sur lit de poudre laser à l'aide d'une poudre soufflée DED. **(a)** Image de l'interface par tomographie à rayons X, l'encadré montre une image de l'interface en électrons rétrodiffusés montrant des fissures à l'interface et dans la région de dilution. **(b)** Carte de phase EBSD et carte de la figure des pôles inversés (IPF) à travers l'interface, la carte EBSD a été prise correspondant à la région montrée dans l'encadré en (a). **(c)** Profil de composition élémentaire pour le Fe et l'Al à travers l'interface. **(d)** Traversée de la dureté à travers l'interface acier-aluminium. L'ombre bleue dans **(d)** représente l'erreur dans les valeurs de dureté.

>>> RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Fabrication de transitions nettes entre l'acier et l'aluminium à l'aide de la DED

Une simulation thermomécanique tridimensionnelle a été mise en œuvre à l'aide du logiciel Abaqus2020 pour simuler l'évolution des contraintes pendant le processus d'impression [32]. L'ajout de matière à partir de la poudre soufflée est réalisé par activation progressive des éléments. Un élément de type hexaédrique DC3D8 et C3D8 a été utilisé pour la simulation thermique et mécanique, respectivement. Un maillage de 350 µm (largeur) 350 µm (longueur) 350 µm (hauteur) a été utilisé pour la partie cylindrique. L'épaisseur des couches variant de 50 µm (couche 1), 400 µm (couche 2) à 700 µm (autres) près de l'interface entre les deux matériaux, des mailles de 25 µm (couche 1), 200 µm (couche 2) à 350 µm (autres) ont été utilisées pour refléter le changement d'épaisseur des couches lors du dépôt. La section inférieure, le substrat en aluminium, est maintenue par trois pinces à 6,4 mm sous l'interface et est donc supposée, dans la simulation, être entièrement contrainte sous les 6,4 mm par rapport à la table de position. Les paramètres du processus (c'est-à-dire la puissance et la vitesse) et la trajectoire de l'outil ont été convertis du code G (c'est-à-dire le mouvement et la commande de dépôt) en paramètres d'entrée du modèle. La trajectoire de l'outil produit un remplissage de contour puis un remplissage de trame à l'intérieur du cylindre avec une taille de spot de 3,5 mm, un espacement de hachures de 1,51 mm et une vitesse de 900 mm/min. La source de chaleur est modélisée comme un modèle ellipsoïdal double transitoire de Goldak. La convection et le rayonnement thermiques sont définis comme un coefficient de transfert de chaleur combiné pour tenir compte de la perte de chaleur à travers le milieu environnant. La hauteur du substrat en aluminium et du dépôt en acier inoxydable 316L est respectivement de 64,0

mm et de 26,4 mm (soit 39 couches). Le diamètre du dépôt cylindrique est de 16,3 mm. Le modèle a utilisé des propriétés de matériaux dépendant de la température pour les simulations thermiques et mécaniques. Les propriétés de l'Al-Cu-Ce-Zr ont été mesurées et sont indiquées en annexe. Les propriétés de l'acier inoxydable 316L ont été obtenues à partir de la littérature [33]. Les caractéristiques détaillées de la simulation peuvent être trouvées dans la littérature antérieure [34]. La modélisation thermodynamique visant à identifier les compositions du joint de transition a été réalisée à l'aide des bases de données SSOL4 et MOB2 de ThermoCalc et DICTRA [35].

Pour vérifier la coulabilité et la capacité d'impression, les rapports de composition sélectionnés ont été fondus à l'arc en utilisant des rapports de poids appropriés d'alliage 316L et Al. Le matériau a ensuite été ajouté à un creuset en cuivre refroidi à l'eau et inséré dans le four de fusion à l'arc mis sous vide (< 5,0x10⁻⁵), puis la chambre a été remplie d'Ar jusqu'à -10 in Hg, et l'alliage fondu 5 fois avant refroidissement. Le lingot ainsi réalisé est pesé pour déterminer la perte en poids puis rechargé dans le four, mis sous vide selon la même procédure et fondu dans le moule en cuivre de 1 pouce x 1 pouce x 5 pouces avant de le laisser refroidir. Le lingot a été retiré du four et du moule et pesé une dernière fois pour vérifier qu'il n'y avait pas de perte suite à la fusion. Après la fusion à l'arc, des expériences de traçage au laser ont été réalisées à l'aide du système de dépôt d'énergie dirigée Okuma MU-8000 V Laser EX en utilisant une large gamme de paramètres de processus pour évaluer la capacité d'impression des compositions sélectionnées.

La **figure 3** montre les résultats de la caractérisation macroscopique de l'acier inoxydable 316L déposé sur un substrat d'alliage d'aluminium Al-Cu-Ce-Zr fabriqué par fusion sur lit de poudre laser à l'aide de la technique DED à poudre soufflée. La **figure 3a** montre la coupe transversale XZ de la tomographie à rayons X à travers l'interface acier-aluminium. Des fissures circonférentielles sont observées dans le dépôt fabriqué. Au centre, c'est-à-dire à 2 mm des bords, on peut observer des fissures entre le joint acier-aluminium. L'EBSD à faible grossissement à travers l'interface révèle une couche de dilution d'environ 2 mm avec une structure cristalline BCC (**Fig. 3b**). De chaque côté de la couche de dilution BCC, la structure cristalline est FCC correspondant à l'acier inoxydable 316L et à l'aluminium. Des fissures sont visibles dans la couche de dilution BCC. La **figure 3b** montre que l'acier inoxydable 316L déposé a une microstructure colonnaire. L'alliage d'aluminium Al-Cu-Ce-Zr a une structure à grain fin provenant de la fusion laser sur lit de poudre. L'évolution de la microstructure de l'alliage Al-Cu-Ce-Zr pendant la fusion laser sur lit de poudre a été examinée dans l'article de Ref. [31]. Pour la couche de dilution BCC, on peut voir qu'il y a une compétition pour la sélection de l'orientation des grains près du côté de l'alliage d'Al, finalement, les grains <001> se développent et la plupart de la couche de dilution BCC a une orientation <001> parallèle à la direction de consolidation. En comparant les fissures on peut conclure que les fissures sont de nature inter-granulaire. Le profil élémentaire à travers l'interface révèle une dilution significative de l'Al et du Fe dans la couche BCC. On constate que la couche de dilution BCC contient environ 70-90 % en poids de Fe et environ 30 % en poids d'Al. Pour comprendre la variation des propriétés à travers l'interface, des mesures de dureté ont été effectuées (**Fig. 3d**). On peut voir que dans la

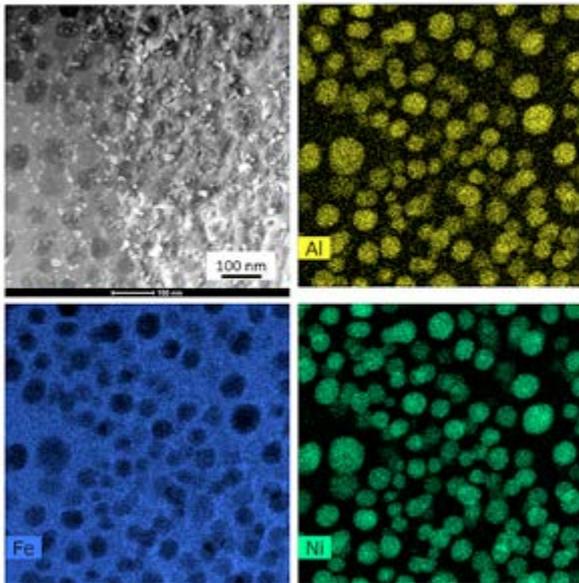


Fig 4. Analyse S/TEM de la couche intermédiaire BCC présentée dans la figure 3, indiquant la formation d'un intermétallique de type BCC_B2 de composition (Fe,Ni) Al dans une matrice BCC_A2 enrichie en Fe et en Cr.

masse de l'acier inoxydable 316L et de l'alliage Al-Cu-Ce-Zr, les valeurs de dureté sont d'environ 160 HVI et 120 HVI respectivement. Près de la couche de dilution BCC, un pic de dureté est observé, la couche de dilution BCC ayant une valeur de dureté moyenne d'environ 500 HVI. En comparant les profils de dilution avec le diagramme de phase de la figure 2a, et la dureté de la couche de dilution BCC avec la dureté des intermétalliques Fe-Al rapportée dans la littérature, il est probable que la couche BCC contienne des intermétalliques FeAl de type BCC_B2 [36].

Pour caractériser la couche de dilution BCC, une imagerie S/TEM à fort grossissement avec EDX a été réalisée. La figure 4 montre l'analyse S/TEM à faible grossissement de la couche de dilution BCC. On peut voir que la couche de dilution BCC contient de fines particules uniformément dispersées dans la matrice. La cartographie élémentaire de la région indique que les particules sont riches en Ni et Al, tandis que la matrice est riche en Fe. La quantification EDX révèle que les particules ont une concentration presque égale de (Fe, Ni) combiné et d'Al, ce qui confirme que les particules sont de type (Fe, Ni) Al. La quantification EDX de la matrice révèle que celle-ci est riche en Fe et en Cr et pauvre en Ni. En combinant la caractérisation à macro-échelle de la figure 3 et la caractérisation S/TEM de la figure 4 avec le diagramme de phase de la figure 2a, on peut conclure que la couche de dilution BCC est constituée d'une matrice BCC_A2 riche en Fe et en Cr avec des particules (Fe,Ni) Al qui ont une structure cristalline BCC_B2.

Pour comprendre le mécanisme de rupture, une analyse des contraintes a été réalisée, simulant le dépôt d'acier inoxydable 316L

sur l'alliage Al-Cu-Ce-Zr et le refroidissement après le dépôt. La figure 5 montre les contours de la contrainte principale maximale immédiatement après le processus de dépôt et après le processus de refroidissement. On peut voir que toute la région de l'aluminium est soumise à des contraintes de compression immédiatement après le dépôt (Fig. 5b) et après 10 minutes de refroidissement (Fig. 5b), tandis que des contraintes de tension sont observées dans l'acier inoxydable 316L et à l'interface. Immédiatement après le dépôt dans la Fig. 5a, près de la périphérie du cylindre, des niveaux de contrainte > 600 MPa sont observés dans la Fig. 5a. Après 10 minutes de refroidissement, les contraintes principales maximales se propagent des bords du cylindre vers la région centrale avec des valeurs maximales de 1000 MPa dans la Fig. 5b. Le niveau élevé de contrainte de traction à l'interface provoque des fissures à l'interface Al-Cu-Ce-Zr et 316L comme le montre la micrographie MEB dans l'encadré de la Fig. 3a. Il convient de noter que près du centre et loin de l'interface, une contrainte de compression est observée après refroidissement.

Pour comprendre la délamination complète de l'assemblage à la périphérie et la fissuration partielle au centre, la résistance à la traction et à la compression de (Fe,Ni) Al (BCC_B2) et de Fe-Cr (BCC_A2) a été obtenue à partir de la littérature. Il a été constaté que le BCC_A2 (Fe20Cr) avait une résistance à la traction de 430 MPa tandis que les aluminures (Fe,Ni) Al avaient une résistance à la traction de 500-700 MPa [37], tandis qu'en compression, le BCC_A2 avait une résistance à la compression de 2000 MPa et le BCC_B2 une résistance à la compression de 700-900 MPa [38-40].

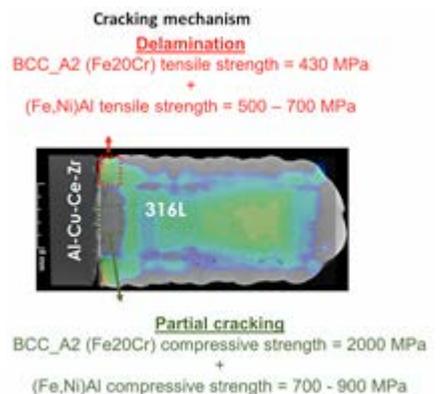
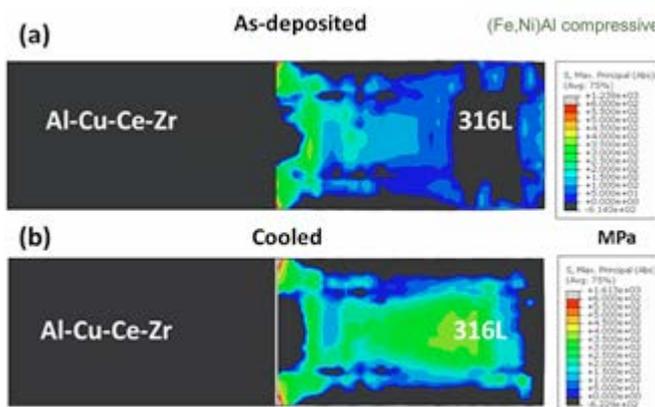


Fig 5. Simulation thermomécanique du dépôt de 316L sur un alliage Al-Cu-Ce-Zr indiquant les contours de la contrainte principale maximale et l'évolution de la contrainte principale maximale dans l'interface pendant l'impression et le refroidissement.

En comparant les niveaux de résistance avec les contours de contrainte de la **Fig. 5b**, et en superposant les contours de contrainte avec l'image du joint obtenue par tomographie à rayons X, on peut conclure que les niveaux de contrainte de traction dus à la disparité des propriétés thermophysiques dépassent la résistance à la traction du BCC_A2 et du BCC_B2, entraînant une délamination complète à la périphérie, tandis qu'au centre de la pièce, loin de l'interface, les contraintes de compression générées par la disparité des propriétés thermophysiques sont inférieures à la résistance à la compression du BCC_A2 et proches de celle du BCC_B2, ce qui entraîne une fissuration partielle de la zone. La **figure 5c** montre également que le modèle thermomécanique prédit avec précision les régions à forte contrainte, et donc les régions potentielles de délamination. La validation des niveaux de contrainte à partir du modèle thermomécanique nécessite une mesure expérimentale de la contrainte résiduelle après le dépôt, ce qui dépasse le cadre de cet article. En combinant la microstructure observée à l'interface et les niveaux de contrainte subis à l'interface, comme le montre la **figure 5c**, il est probable que la contrainte générée par l'inadéquation des propriétés thermophysiques et la microstructure sensible avec des intermétalliques ordonnés soient la raison probable de la rupture de la transition nette entre l'acier inoxydable 316L et l'alliage Al-Cu-Ce-Zr.

Comment réaliser des structures bimétalliques entre l'acier et l'aluminium à l'aide de la fabrication additive

D'après les résultats présentés ci-dessus, pour que la fabrication additive soit une technique de fabrication viable pour la fabrication de structures acier-aluminium, nous proposons les voies suivantes :

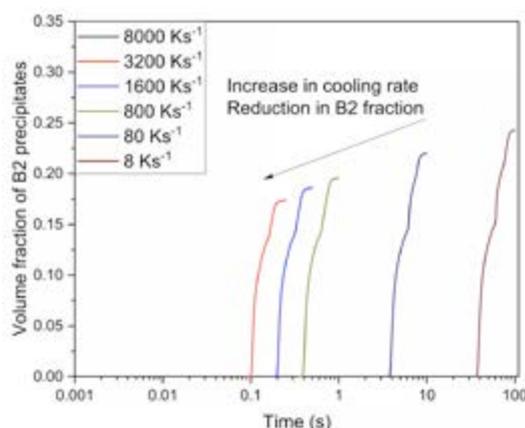
>>> Contrôler les paramètres du processus pour supprimer la cinétique de la transition BCC_A2 vers BCC_B2

Il a été démontré que la formation de la transition B2 est à l'origine de la fragilité des alliages Fe-Co utilisés pour les applications magnétiques douces [41-43], et que l'étendue de la transformation diminue avec l'augmentation de la vitesse de refroidissement [41]. Il a été démontré que les techniques de fabrication additive telles que la fusion laser sur lit de poudre et le dépôt d'énergie dirigée, qui ont par nature des vitesses de refroidissement élevées, suppriment la transformation de BCC_A2 en BCC_B2 [44-48]. Nous proposons une voie similaire en affinant les paramètres du processus guidés par des simulations

thermiques afin d'augmenter la vitesse de refroidissement, c'est-à-dire en augmentant le gradient thermique ou la vitesse de solidification pour supprimer la transition BCC_A2 vers BCC_B2, permettant ainsi des joints de transition entre l'acier et l'aluminium. Dans un premier temps, pour tester notre hypothèse, nous avons effectué des calculs de cinétique de précipitation à l'aide du module TC-PRISMA de ThermoCalc. L'énergie interfaciale pour B2/BCC_A2 a été obtenue à partir de Gao et al [49], tandis que la composition de la matrice BCC_A2 a été fixée à 80 % de 316L et 20 % d'aluminium. On a laissé le BCC_B2 précipiter dans la matrice BCC_A2 avec des vitesses de refroidissement variables entre 1600 K et 800 K. La **figure 6** montre la cinétique de précipitation du B2 dans la matrice BCC_A2, où l'on peut voir que la fraction de B2 précipitée diminue avec l'augmentation des vitesses de refroidissement. A la vitesse de refroidissement de 8000 Ks⁻¹, la fraction des précipités de B2 est de 0, ce qui indique qu'en contrôlant les conditions du processus, la formation de B2 peut être supprimée. L'effet des déformations thermiques sur la cinétique de la précipitation de B2 et la vérification expérimentale de la suppression de la transition B2 pendant la fabrication additive nécessitent des travaux supplémentaires et dépassent le cadre de cet article.

>>> Classement de la composition

Avec la possibilité de modifier la composition pendant l'impression en ajustant les débits de poudre, le DED peut être une voie intéressante pour fabriquer des joints à interface fonctionnelle (soit en utilisant la concentration de la composition, soit en utilisant un système multicouche) qui réduit la fraction d'intermétalliques et l'accumulation de contraintes résiduelles due à l'inadéquation des coefficients de dilatation thermique. Nous utilisons ici une approche guidée par l'ICME impliquant CALPHAD et des simulations par éléments finis pour proposer des ratios de composition et des matériaux intercalaires potentiels pour réaliser une interface adaptée. Comme étude de cas, nous utilisons les systèmes d'alliage



316L et Al-Cu-Ce-Zr comme alliages de base pour l'acier et le côté riche en aluminium respectivement. CALPHAD a été utilisé pour déterminer l'évolution de la phase d'équilibre pour les rapports de composition avec une variation de 10 % dans l'acier et l'aluminium, et il a été constaté que pour les rapports 90 % acier inoxydable 316, 80 % acier inoxydable 316, 20 % acier inoxydable 316, et 10 % acier inoxydable 316, la formation intermétallique primaire n'a pas été observée pendant la solidification, mais plutôt une matrice BCC_A2 pour le côté riche en acier et une matrice FCC_A1 pour le côté riche en aluminium a été observée. Il a été rapporté que la phase primaire de solidification joue un rôle clé dans le développement global de la microstructure et la performance mécanique des alliages [50].

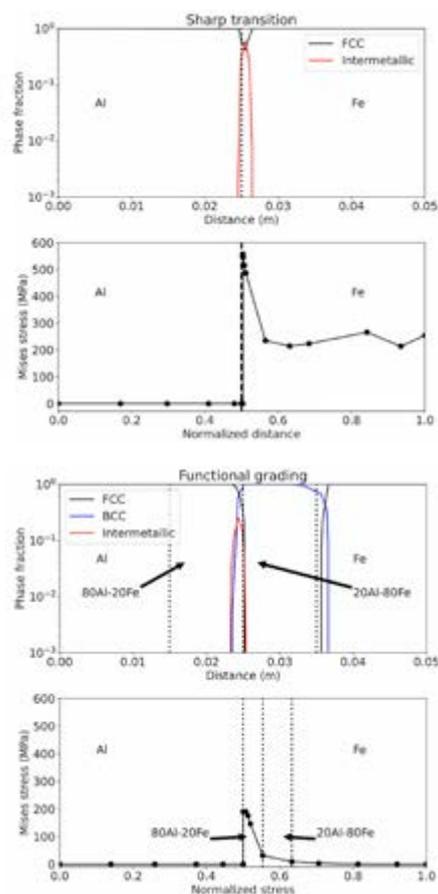
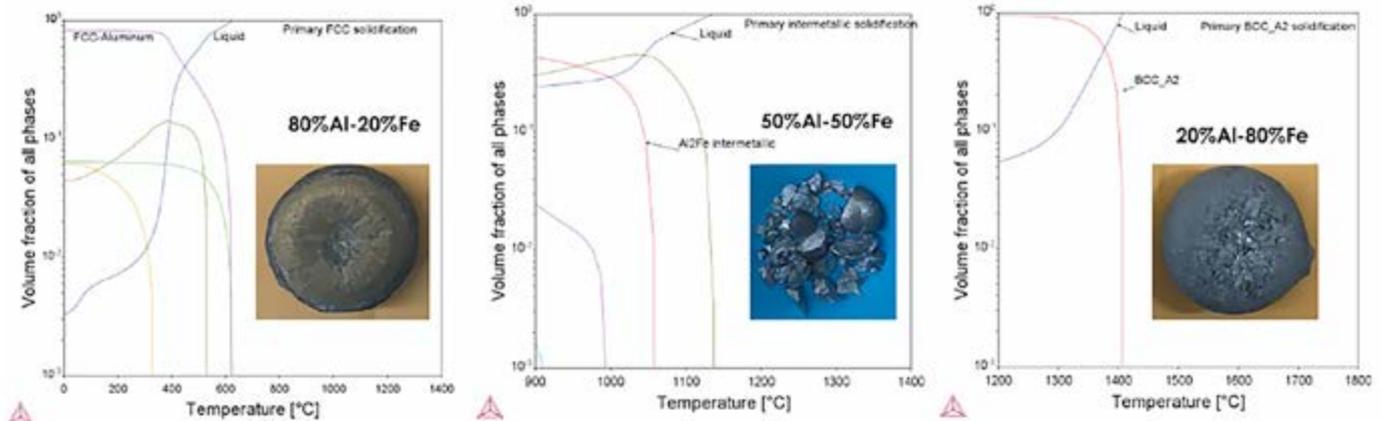


Fig 7. Classification de la composition assistée par l'ICME pour la fabrication d'une structure bimétallique Fe-Al. Les calculs cinétiques sur la stabilité des phases pendant la solidification rapide et la distribution de la contrainte de Von Mises à travers l'interface indiquent une plus grande réduction de la fraction intermétallique et de la contrainte de Von Mises pour un joint à composition graduée.

Fig 6. Calculs TC-PRISMA indiquant la cinétique de la précipitation de B2 dans la matrice BCC_A2.

Castability



As-cast microstructures

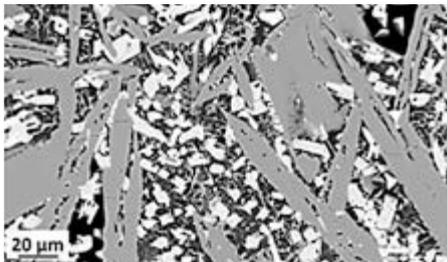
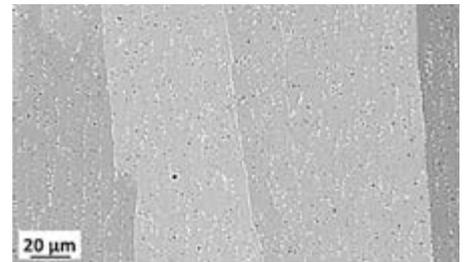
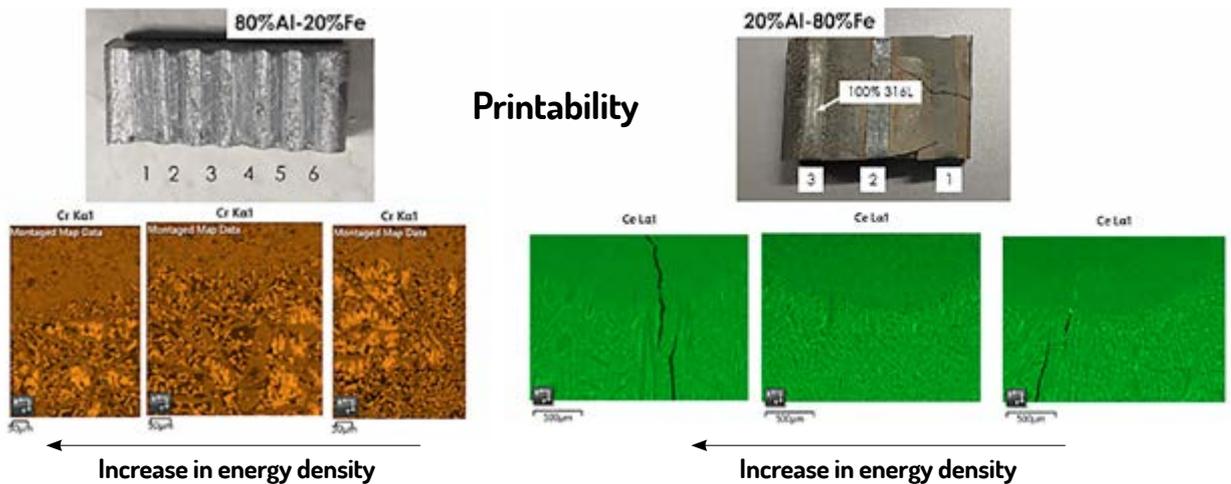


Fig 8. Coulabilité et imprimabilité des compositions sélectionnées indiquant qu'un mélange de 80% 316 / 20% Al-Cu-Ce-Zr et 20%316 / 80%Al-Cu-Ce-Zr ont une coulabilité et une imprimabilité supérieure. Le rapport de composition 50%316 / 50%Al-Cu-Ce-Zr s'est fissuré immédiatement après la coulée, ce qui indique une fragilité.



Printability



Ainsi, nous pensons que les rapports de composition de 90 % d'acier inoxydable 316, 80 % d'acier inoxydable 316, 20 % d'acier inoxydable 316 et 10 % d'acier inoxydable 316 sont des candidats prometteurs pour la fabrication d'un joint à composition équilibrée.

Pour vérifier l'efficacité de l'interface à composition graduée, des calculs cinétiques ont été effectués sur un joint de transition dont la composition était la suivante : 100 % acier inoxydable 316 - 80 % acier inoxydable 316 - 20 % acier inoxydable 316 - 100 % alliage Al-Cu-Ce-Zr. Les calculs impliquaient une solidification rapide de 1600 °C à 400 °C en 2 s. Les phases après solidification ont été comparées aux phases d'un joint de transition net soumis à un profil thermique de solidification rapide similaire. Outre l'évolution dans la zone de transition (Fig. 7), la contrainte thermique

à l'interface des différents matériaux et au joint de transition a également été évaluée (Fig. 7). Par rapport au joint de transition brutal, une réduction significative de la fraction intermétallique, de 60% à 22%, et de l'augmentation de la contrainte à l'interface, de 550 MPa à 150 MPa, a été observée pour un joint de transition graduel, potentiellement en raison d'une plus faible cinétique pour la diffusion et d'un changement progressif des valeurs de CTE pour un joint de transition graduel par rapport à une transition brutale de l'acier à l'aluminium.

Pour vérifier que les rapports de composition peuvent être coulés, puis atomisés en poudres, si nécessaire, et imprimés, on a procédé à une fusion à l'arc et à des tracés au laser sur les compositions fondues à l'arc pour les compositions à 80 % en acier inoxy-

dable 316 et à 20 % en acier inoxydable 316. La figure 8 montre la coulabilité et la capacité d'impression des rapports de composition sélectionnés. On constate que l'acier inoxydable 316 à 80 % et l'acier inoxydable 316 à 20 % peuvent être coulés sans fissure significative, alors que l'acier inoxydable 316 à 50 % ne peut pas être coulé et se fracture en plusieurs morceaux immédiatement après la coulée. Les résultats de l'étude de coulée concordent avec les prévisions de CALPHAD, où il a été prévu que les 80% d'acier inoxydable 316 et les 20% d'acier inoxydable 316 forment une matrice BCC_A2 et FCC_Al en tant que phase de solidification primaire, toutes deux ductiles. Cependant, l'acier inoxydable 316 à 50 % devait former de l'Al₁₃Fe₄ comme phase primaire de solidification, qui est fragile, ce qui explique la fracture immédiatement après la coulée. Sur la base des expériences de fusion

à l'arc, les pièces coulées en acier inoxydable 316 à 80 % et en acier inoxydable 316 à 20 % ont été soumises à des tracés au laser dans différentes conditions de traitement, comme indiqué dans le tableau 1, afin de déterminer si les compositions de faible concentration peuvent être imprimées sans fissure.

Les traces de laser de la **figure 8** montrent que la composition à 80 % d'acier inoxydable 316 présente des fissures pour les traces de laser 1 et 3. Les paramètres de traitement du **tableau 1** ont été choisis sur la base de l'ensemble précédent de paramètres optimisés pour le dépôt d'acier inoxydable 316. Il convient de noter que, bien que les pistes laser 1 et 3 présentent les mêmes conditions de paramètres de procédé, une seule couche d'acier inoxydable 316 a été déposée dans la piste laser 3, alors que dans la piste laser 1, aucun acier inoxydable 316 n'a été déposé. Pour la piste laser 2, aucune fissuration n'a été observée, comme le montrent les cartes EDX. Pour toutes les pistes laser, des réserves de fusion ont été créées dans les coupons coulés, dont la profondeur augmente avec la densité d'énergie. Pour la composition de l'acier inoxydable 316 à 20 %, 6 pistes laser différentes avec différentes combinaisons de puissance et de vitesse de balayage ont été utilisées. Il convient de noter que la composition de l'acier inoxydable 316 à 20 % ne présentait aucune fissure après les impacts de laser, ce qui indique que le rapport de composition est hautement imprimable et que, comme pour l'acier inoxydable 316 à 80 %, la profondeur de la réserve de fusion après la frappe du laser augmente avec la densité d'énergie (voir les cartes EDX de la **figure 8**). Sur la base des résultats présentés dans les **figures 7 et 8**, on peut conclure que la gradation de la composition avec des pourcentages de composition appropriés entre l'acier et l'aluminium est une option réalisable pour permettre des structures bimétalliques entre l'acier et l'aluminium à l'aide de la fabrication additive.

La réalisation d'une interface ayant un coefficient de dilatation thermique intermédiaire entre l'acier et l'aluminium et réduisant en même temps la fraction intermétallique, améliore ainsi la ductilité du joint acier-aluminium, permettant d'obtenir un joint sain avec une réduction des intermétalliques et une accumulation minimale de contraintes due à l'inadéquation des coefficients de dilatation thermique. Les couches intermédiaires et les couches d'enrobage ont été largement utilisées dans le soudage pour fabriquer des joints métalliques dissemblables en acier et en aluminium [51-54]. Les couches intermédiaires couramment utilisées pour souder l'acier à l'aluminium comprennent le Ni [54] et le Cu [53], et récemment, des alliages à

20% 316 stainless steel				80% 316 stainless steel			
Test	P (W)	V (mm/min)	Spot size (mm)	Test	P (W)	V (mm/min)	Spot size (mm)
1	900	250	3	1	2000	900	3
2	900	630	3	2	1800	900	3
3	900	1000	3	3	2000	900	3
4	800	250	3				
5	800	630	3				
6	800	1000	3				

Tableau 1. Paramètres du processus pour l'étude de la trajectoire du laser pour 20 % d'acier inoxydable 316 et 80 % d'acier inoxydable 316

haute entropie avec des quantités égales d'éléments d'alliage se solidifiant sous forme de solution solide sont envisagés comme couches intermédiaires pour assembler l'acier et l'aluminium [52,51,50]. Bien que de telles couches intermédiaires puissent être utilisées pour la fabrication de structures acier-aluminium par DED, l'utilisation du Ni comme couche intermédiaire n'est pas entièrement optimale, car le Ni peut former du NiAl et du Ni3Al dans la partie riche en aluminium, ce qui peut réduire la ductilité. De même, le Cu n'est pas entièrement miscible dans l'acier, ce qui entraîne une séparation de phase pendant la solidification et affecte négativement les propriétés mécaniques de l'assemblage. Les alliages à haute entropie, bien qu'ils constituent une option attrayante, sont coûteux et ne sont pas durables en raison des difficultés de recyclages associées aux fractions d'alliage importantes utilisées dans les alliages à haute entropie.

Nous proposons ici des matériaux intermédiaires, peu coûteux et disponibles dans le commerce, qui réduisent en même temps la fraction intermétallique et le décalage du coefficient de dilatation thermique entre l'acier et l'aluminium. Notre philosophie de conception d'une telle couche transitoire est basée sur la solubilité mutuelle des éléments binaires. Sur la base d'une recherche sur les systèmes binaires, nous proposons deux couches intermédiaires différentes qui

peuvent permettre les transitions acier-aluminium. Tout d'abord, nous proposons Fe-Ni-Cu-Al, le Ni étant largement soluble dans le Fe, le Ni-Cu étant mutuellement soluble et le Cu étant largement soluble dans l'Al. La deuxième couche intermédiaire que nous proposons est Fe-Ni-Cu-Zn-Al, avec Cu-Zn ayant une solubilité mutuelle élevée et Zn-Al ayant une solubilité mutuelle plus élevée que Al-Cu, dans le but de réduire davantage la fraction intermétallique et le décalage des coefficients de dilatation thermique. Compte tenu de la disponibilité commerciale des poudres/fils, nous proposons comme compositions intercalaires 100% acier - 60%Ni 40%Cu (composition monel) - 70%Ni 30%Cu (composition incramet modifiée) - 60%Cu 40%Zn (composition Brass) - 100% aluminium. Pour vérifier l'efficacité de la conception proposée des couches intermédiaires, des calculs cinétiques ont été effectués avec les couches intermédiaires proposées ci-dessus en simulant une solidification rapide de 1600 °C à 400 °C en 2 s, et les résultats sont présentés dans la **figure 9**. On peut voir que les deux sous couches n'ont pas de composés métalliques fragiles Fe-Al et que la structure cristalline est principalement FCC, qui est ductile. Près du côté 100 % aluminium, des précipités thêta à base d'Al,Cu sont observés. Ces résultats indiquent que la couche intermédiaire proposée est une stratégie prometteuse pour fabriquer des structures acier-aluminium par DED.

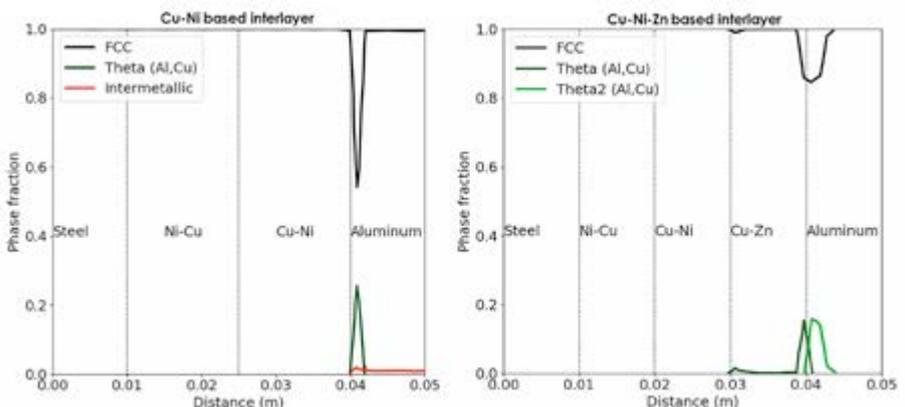


Fig 9. Interfaces potentielles pour la fabrication de structures bimétalliques Fe-Al indiquant une plus grande réduction de la fraction d'intermétalliques à l'interface.

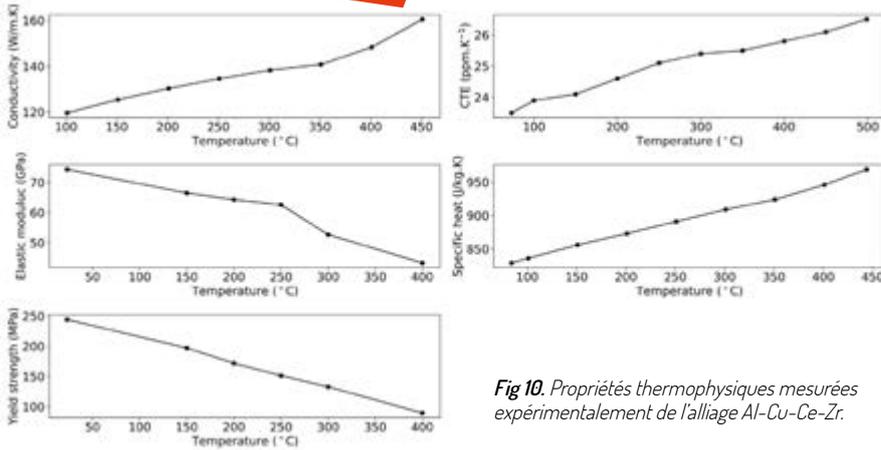


Fig 10. Propriétés thermophysiques mesurées expérimentalement de l'alliage Al-Cu-Ce-Zr.

>>> CONCLUSIONS

En résumé, nous présentons nos résultats préliminaires sur la fabrication de structures acier-aluminium à l'aide de la fabrication additive par dépôt d'énergie dirigée de poudre soufflée, et pouvons tirer les conclusions suivantes :

1. La fabrication d'une transition nette entre l'acier et l'aluminium est un défi, des fissures importantes ayant été observées à l'interface. En caractérisant la microstructure et en modélisant l'évolution des contraintes, la fissuration a été attribuée à l'effet combiné du développement de contraintes

2. Les voies possibles qui peuvent permettre la fabrication de structures en acier et en aluminium à l'aide de la fabrication additive sont présentées. Premièrement, l'identification des conditions de processus qui augmentent la vitesse de refroidissement, améliorant ainsi la ductilité de l'interface acier-aluminium. Deuxièmement, en utilisant une approche couplée de CALPHAD et de simulation par éléments finis, nous proposons des compositions potentielles de joints de transition et des matériaux intermédiaires qui peuvent améliorer la microstructure du joint, améliorant ainsi la ductilité du joint.

TÉLÉCHARGER LA VERSION ANGLAISE



Every casting counts™

Logiciel de Simulation pour Fonderies

- Prédiction des défauts métallurgiques
- Facilité d'utilisation
- Calculs ultra rapides
- Formations certifiées Qualiopi

Système d'Analyse Thermique Avancée

- Réduction des variations & défauts métallurgiques
- Amélioration mise au mille
- Réduction consommation énergétique
- Intégration industrielle par nos ingénieurs en 3 mois

novacast.se

VOTRE CONTACT



Cédric Burkhard
INOMETAL SARL 
Tél: +33 (0) 3 26 47 39 93
Email: c.burkhard@inometal.com

COULEE AUTOMATIQUE

- > 25 ans d'expérience
- > Optimisation process coulée
- > Réduction coûts de production
- > Amélioration qualité produit
- > Solutions sur mesure
- > Système clés en main
- > Rétrofit ou nouveau système




Coulée automatique EASYPour™ intelligence artificielle

Plus d'information sur <https://www.pour-tech.com>

VOTRE CONTACT



Cédric Burkhard
INOMETAL SARL 
Tél: +33 (0) 3 26 47 39 93
Email: c.burkhard@inometal.com

Aix-en-Provence, ville d'eau, ville d'arts... et métiers

1746 - la place d'Albertas • 1843 - l'École Royale d'Arts et Métiers
1860 - la fontaine d'Albertas • 1912 - sa vasque en fonte

DEUXIÈME PARTIE

TÉLÉCHARGER LA PREMIÈRE PARTIE

De Liancourt à l'École d'Arts et Métiers d'Aix-en-Provence « KIN »



En 1788, François Alexandre Frédéric de La Rochefoucauld, duc de La Rochefoucauld (1747-1827), colonel d'un régiment de dragons, voulant venir en aide aux enfants de

son régiment, créa une fondation dont l'idée première devait, un jour, donner naissance aux Ecoles d'Arts et Métiers.

L'École de Liancourt fut installée dans une des fermes du Duc sous l'intitulé d'École de La Montagne. Il y fit élever à ses frais une vingtaine d'orphelins. Les enfants, dont le nombre augmentait au fil des ans et atteignit presque cent en 1791, étaient instruits par des sous-officiers du régiment, enseignant la lecture ; l'écriture ; le calcul ; ... ; ainsi que des bases à certains métiers et de l'instruction militaire.



École de de La Montagne à Liancourt - Source : Fondation Arts et Métiers

TÉLÉCHARGEZ :

[Histoire des Ecoles Impériales d'Arts et Métiers par M. André Guettier 1865](#)

➔ Source : BnF Gallica



Château de Compiègne

Après la Révolution, l'existence de l'École de La Montagne fut mise en cause. Le 14 août 1792, il émigre en Angleterre. En 1797, il revient en Europe, se fixe au Danemark, puis rentre en France clandestinement sous le Directoire. L'école de La Montagne est fermée, transférée à Compiègne, sous la dénomination de Prytanée Français, et installée dans le château.

En 1800, Napoléon Bonaparte, Premier Consul, visite ce nouvel établissement et, inspiré par La Rochefoucauld-Liancourt, décide de lui donner une autre destination. Sous l'impulsion de Gaspard Monge (1746-1818), Claude-Louis Berthollet (1748-1822) et Jean-Antoine Chaptal (1756-1832), le Prytanée de Compiègne est transformé en une École d'Arts et Métiers par décret du 6 ventôse an XI (25 février 1803). Les Ecoles d'Arts et Métiers sont créées...

TÉLÉCHARGEZ :

[La fondation de la première École des Arts et Métiers](#) Source

➔ Source :

Société Historique de Compiègne bulletin n° B18

En 1806, par un arrêté du 5 septembre, l'École de Compiègne, est transférée à Châlons-sur-Marne.



L'École Impériale d'Arts et Métiers à Châlons-sur-Marne

Deux ans auparavant, en 1804, un décret du 19 mars décide de la création d'une École en Anjou, implantée à Beaupréau (Maine-et-Loire).

TÉLÉCHARGEZ :

[L'École des Arts et Métiers à Beaupréau](#)

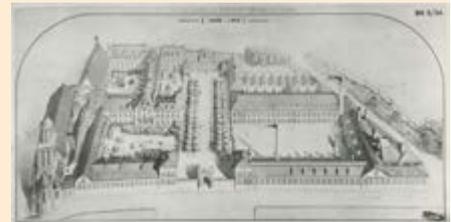
➔ Source :

Grahl de Beaupréau - Cahier des Mauges n°16



L'École Impériale d'Arts et Métiers à Beaupréau

Devant le succès de ces réalisations, l'Empereur nomme le duc de Liancourt membre du Conseil des Fabriques créé en 1810 et, à ce titre, la même année, chevalier de la Légion d'honneur. En 1815, pendant les Cent-Jours, compte tenu de l'insécurité due aux insurgés vendéens, l'École de Beaupréau est déplacée et s'installe définitivement à Angers dans les bâtiments de l'ancien couvent de Ronceray dépendant de l'église de la Trinité.



L'École d'Arts et Métiers à Angers

Après Châlons en 1806 et Angers en 1815, Ecoles où on produit à cette époque qu'un petit nombre d'industriels, bons ouvriers ou contre-maîtres habiles, une troisième École va voir le jour en 1843.

En 1837, une école voire deux étaient évoquées avec une situation géographique de préférence dans le midi de la France. Les villes de Toulouse et Nîmes se portèrent candidates, Marseille également mais fut rapidement écartée. D'autres telles, Digne, Grenoble, Valence, Montpellier, ... tentèrent leur chance.

Adolphe Thiers (1797-1877) alors député des Bouches-du-Rhône et Antoine Aude

(1799-1870) maire d'Aix-en-Provence, amis d'enfance, montent un projet.

En 1838, les villes de Toulouse et Nîmes sont pressenties pour recevoir ces écoles. En 1841, après plus de deux années de tractations et le soutien de Adolphe Thiers, la ville d'Aix-en-Provence persiste et dépose le projet proposant d'offrir un local prêt à recevoir cette école à contrario de Toulouse et Nîmes. Adolphe Thiers adresse alors un courrier au Ministre du Commerce faisant ressortir divers points : la proximité des deux villes pressenties, la nécessité d'une telle école dans la région aixoise compte tenu du tissu industriel, les besoins en ressources à Marseille et à Toulon au niveau de la fabrication de machines à vapeur et l'aspect financier avec la contribution de plusieurs départements à la dépense d'établissement d'une école à Aix. Ces diverses propositions amenèrent le Ministre du Commerce **M. Laurent Cunin-Gridaine** (1778-1859) à ajourner le choix de Nîmes et de fixer son choix sur Aix.

Un rival, Nîmes, était écarté. Le second, Toulouse, le sera également avec la remise en cause des promesses faites, suite aux troubles survenus en 1840, visant à empêcher le recensement fiscal.

En 1841, le conseil municipal d'Aix délibère le 12 octobre et le 9 novembre sur la cession gratuite à l'Etat par la commission administrative des Hospices des locaux de l'ancien Hospice de la Charité pour y établir une Ecole royale des Arts et Métiers.

TÉLÉCHARGEZ :
[L'avis de l'enquête administrative établi le 10 novembre 1841](#)

Source :
Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanès

Le 8 juin 1842, **Louis Philippe** (1773-1850), autorise l'installation à Aix d'une Ecole d'Arts et Métiers.

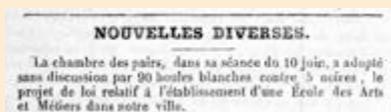
Les écoles royales d'Arts et Métiers sont destinées à propager et à multiplier les connaissances qui s'appliquent à l'exercice des arts industriels. Leur but spécial est de former des ouvriers instruits et habiles, et des chefs d'ateliers capables de conduire et de diriger les travaux de nos fabriques. C'est pour atteindre ce but que l'instruction y est tout à la fois théorique et pratique. Les études théoriques comprennent la grammaire française, les principes généraux de la physique et de la chimie, les mathématiques, les divers genres de dessin, des



ateliers où l'on travaille principalement le bois et les métaux, servent à l'instruction pratique. Chaque élève suivant les dispositions particulières qu'il manifeste, y apprend le charronage, l'ébénisterie, la menuiserie, le tour, la forge, l'ajustage, la ciselure, etc. Le nombre des élèves est fixé à 500, savoir : cent à demi-pension, cent à trois quarts de pension et 300 à pension gratuite entièrement. Le nombre des pensionnaires qui demandent à être reçus en payant dans l'établissement est illimité. L'âge des candidats aux places d'élèves des trois classes doit être de 13 ans au moins et de 16 ans au plus. Ils doivent être d'une bonne constitution, avoir eu la petite vérole ou avoir été vaccinés. Ils doivent être connus par leur bonne conduite et appartenir à des familles honnêtes et bien famées. Savoir lire et écrire, posséder les quatre règles de l'arithmétique en opérant sur des nombres entiers, connaître les premiers éléments de la langue française et orthographier passablement. Une somme de 240 fr doit être versée pour le trousseau. L'uniforme de l'école est un habit de drap gris foncé, coupé à la française, collet écarlate, boutons jaunes aux armes royales, portant l'inscription de l'école.

*Conditions d'admission
Instruction ministérielle du 23 juin 1818*

Le 23 mai 1843, c'est par 189 voix contre 42 que le projet de loi relatif à l'établissement d'une Ecole d'Arts et Métiers dans la ville d'Aix-en-Provence sera voté et adopté le 10 juin à la Chambre des pairs, après un vote favorable par 90 boules blanches contre 5 noires.



15 juin 1843 - Le Mémorial d'Aix

TÉLÉCHARGEZ :
[Le projet de loi relatif à la création de l'Ecole - La Provence du 28 mai 1843](#)

Source :
Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanès

L'Ecole est implantée sur le site d'un ancien hospice utilisé en caserne et abritant une garnison de près de 400 hommes jusqu'à début juillet. Les locaux libérés, les travaux d'aménagement débutent en juillet.



*Plan de la ville d'Aix capitale de Provence gravé par Honoré Coussin en 1741 Repérés : (en jaune) La place d'Albertas et La Charité le long du cours St-Louis - (en orange) le jardin potager de La Charité, emplacement des futurs ateliers de l'Ecole Royale d'Arts et Métiers
Téléchargez [le plan \(1741\) de la ville d'Aix capitale de Provence](#) - Source : KBR*

Le 1er juillet 1843, **M. Antoine Bernard Campagnac** (1792-1866) [6], ancien ingé-

nier des constructions navales, est nommé directeur de l'Ecole Royale d'Arts et Métiers d'Aix-en-Provence.

[6] **M. Antoine Bernard Campaignac** (1792-1866) né le 9 novembre 1792 à Montgeard (Haute-Garonne). Elève de polytechnique en 1811 - Admis à l'Ecole spéciale du génie maritime à Anvers le 18 octobre 1813 - Sous-lieutenant au 2^{ème} bataillon d'ouvriers militaires de l'Escaut, campagne du Nord le 12 janvier 1814 - Elève à l'école du génie maritime de Toulon et de Brest de 1814 à 1817 - Elève du génie maritime à Cherbourg de 1817 à 1819 - Sous-ingénieur de 2^{ème} classe le 8 septembre 1819 - Affecté de 1819 à 1821, port Cherbourg - Escadre du Levant 1821 à 1822, service à la mer - Port de Toulon de 1822 à 1826 - **Chevalier de la Légion d'Honneur** le 7 janvier 1834 - Sous-ingénieur de 1^{ère} classe le 1^{er} janvier 1826 - Port Toulon de 1831 à 1835 - Ingénieur de 2^{ème} classe le 1^{er} mai 1835, port Toulon - Nommé Directeur de l'école d'Arts et Métiers d'Aix par Ordonnance Royale le 1^{er} juillet 1843. Départ à la retraite le 30 juin 1856 - **Officier de la Légion d'Honneur** le 28 juin 1856.

Source : Arts et Métiers Aix-en-Provence - Ecole navale traditions - Base de données Léonore Archives Nationales.

Dans les autres services, les nominations sont connues avec pour : l'administration : **M. Jariez**, chef des travaux et des études ; **M. Bernard**, agent comptable ; **M. Barthe**, économe ; **M. Signoret**, commis expéditionnaire - l'instruction religieuse : M...., aumônier catholique - M...., aumônier protestant - le service de santé : **MM. Pons** et **Guirand**, médecins - Surveillance : **M Kock**, chef surveillant ; **MM. Eté** et **Escaraguel**, surveillants - l'instruction théorique : **M. Jariez**, professeur de mathématiques ; **M. Vigneau**, professeur de grammaire et d'écriture ; M...., maître de dessin - l'instruction pratique : **M. Humeau**, chef des ateliers ; **M. Beausamis**, sous-chef à l'ajustage ; **M. Sivieude**, sous-chef aux forges ; **M. Joude**, sous-chef aux tours et modèles.

Les enseignants des ateliers des forges, de la fonderie et des tours et modèles-menuiserie ne seront nommés qu'à la fin de la construction des ateliers dans la zone du jardin potager.

Le premier enseignant de fonderie à Aix, **M. Jean Enguel** [7] (1820-) ingénieur AM Ch34, est nommé sous-chef de l'atelier par arrêté ministériel du 12 avril 1845 et installé à dater du 22 avril 1845 avec le traitement de 1500 francs par an.

[7] **M. Jean Enguel** dit Lange est né le 25 janvier 1820 à Nîmes. Entré élève à l'Ecole Royale d'Arts et Métiers de Châlons le 1^{er} octobre 1834, sorti le 1^{er} 2 septembre 1837, il est placé par M. Vincent (inspecteur) dans les ateliers de M. Louis Benet & Cie à Marseille et La Ciotat, constructeur de

machines à vapeur, en qualité de mouleur pendant environ six mois. Il devient ensuite contre-maître dans la fonderie de M. Bouet à Montpellier pendant deux ans huit mois. En 1840, il est employé en qualité de mouleur dans les ateliers de fonderie de M. Vve Thiebaut pendant un an. Ensuite, jusqu'à sa nomination à l'Ecole d'Aix, il remplit les fonctions de 1^{er} mouleur dans les ateliers de fonderie de fer et de cuivre de M. Durup de Baleine à Elbeuf et Louviers. Le 12 avril 1845, il est nommé sous-chef de l'atelier de fonderie de l'Ecole d'Aix et se marie le 20 septembre de la même année. Il est nommé chef d'atelier à dater du 1^{er} octobre 1847 avec un traitement de 2000 francs par an. Son traitement annuel va évoluer au cours de sa carrière suivant : 2300 francs en à partir de 1853, 2600 fr à partir de 1859, 3000 fr à partir de 1866 et 3200 fr à partir de 1870. A partir de 1863, il sera secondé par M. **Jean-Baptiste ROLLEE** (AM Ch 58) jusqu'à son départ à la retraite le 1^{er} avril 1874, date à laquelle il fait valoir ses droits, à titre exceptionnel, pour cause d'infirmités.
Source : Arts et Métiers Aix-en-Provence

Le premier enseignant de l'atelier tours et modèles est **M. Pierre Joude** [8] (1820-) qui est nommé sous-chef de l'atelier à la date du 29 septembre 1843 avec le traitement de 1500 francs par an.

[8] **M. Pierre René Régis Joude** est né au Puy (Haute Loire) en 1820. Entre 1840 et 1843, il est employé en qualité de modèleur dans l'Etablissement Royal d'Indret. Il est nommé sous-chef d'atelier des tours et modèles à la date du 29 septembre 1843 et chef d'atelier à dater du 1^{er} octobre 1847 avec un traitement de 2000 francs. Il est révoqué de ses fonctions par arrêté ministériel en date du 4 mars 1850.
Source : Arts et Métiers Aix-en-Provence

Plus de cent cinquante ouvriers s'activent sous la direction de **M. Isabelle**, architecte de Paris et **M. Etienne** son adjoint afin de rénover les locaux existants en : bureaux de l'administration, logements de fonction, dortoirs, salle des bains, réfectoire, infirmerie, chapelle, mais aussi pour les adapter aux enseignements : salles d'étude, salle d'exposition et d'en construire de nouveaux : ateliers.



1848 - Plan de Ambroise Roux-Alphéran Les ateliers construits

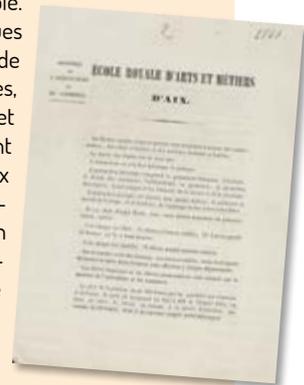
Courant septembre, au milieu de l'ancien jardin potager, les fondations des ateliers de fonderie, des forges et d'ajustage sortent de terre. Il a fallu pour cela, avec l'autorisation de la ville, reculer le mur d'enceinte du jardin et empiéter d'un mètre cinquante sur le cours Saint-Louis.

M. le directeur reçoit l'autorisation du ministre de l'intérieur pour éclairer au gaz l'intérieur de l'établissement mais aussi la grande promenade du cours St-Louis qui conduit à l'Ecole.

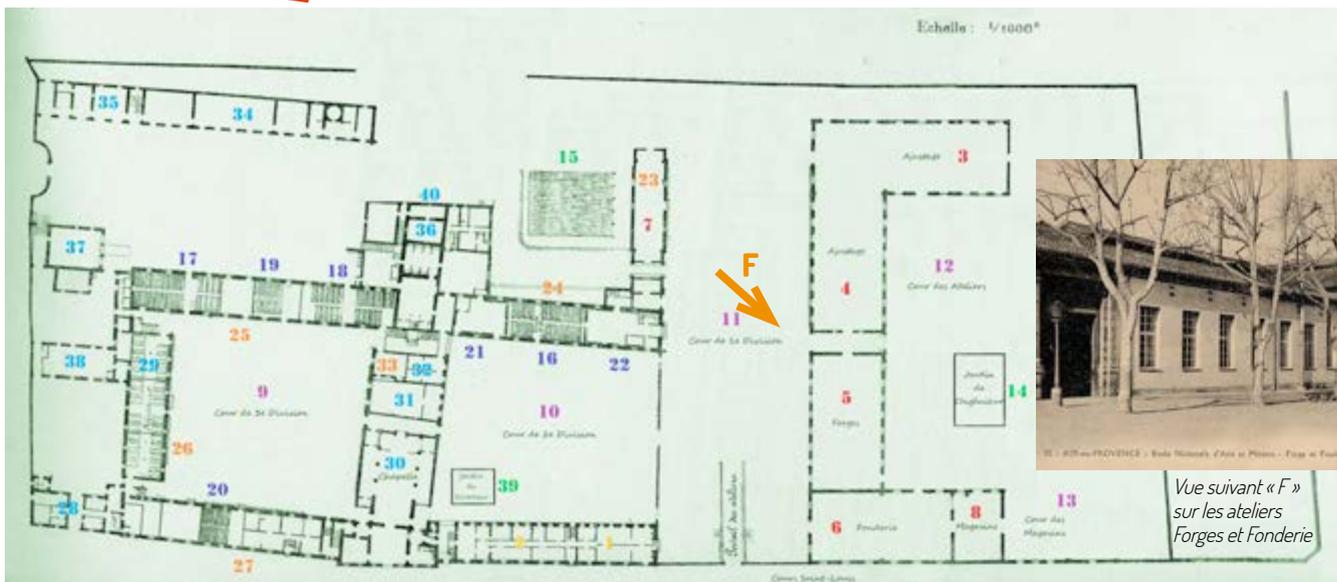
Conformément aux instructions de M. le ministre du commerce et de l'agriculture, l'Ecole Royale d'Arts et Métiers ouvre le dimanche 1^{er} octobre 1843 dans sa partie principale des bâtiments originaux aménagés de « La Charité ».

M. Antoine Bernard Campaignac, reçoit ce 1^{er} octobre les premiers élèves pour les inscriptions (une trentaine provenant de 28 départements formant la circonscription de l'Ecole d'Aix). Toutes les dispositions ont été prises par M. le directeur et MM. les professeurs pour assurer dès le 2 octobre les enseignements.

Le 2 octobre, les élèves conduits par deux surveillants se rendent à l'église de la Madeleine paroisse de l'Ecole où une messe est célébrée et à laquelle ont assisté l'inspecteur-général des Ecoles d'Arts et Métiers, MM. le directeur, les fonctionnaires, les professeurs, les médecins et les employés de l'Ecole. Au retour **M. l'inspecteur prononce une allocution** en présence des élèves et des fonctionnaires réunis dans le vestibule d'entrée de l'Ecole. Aussitôt après quelques encouragements de l'inspecteur aux élèves, les études théoriques et pratiques commencent avec pour les travaux pratiques, une distribution des élèves en deux grandes sections : l'une destinée à l'ajustage, l'autre à la menuiserie.



En 1843 - Communication sur les conditions d'admission mise à disposition aux bureaux de la sous-préfecture d'Aix-en-Provence Téléchargez [les conditions d'admission en 1843](#)



Plan de l'École Royale d'Arts et Métiers d'Aix établi à partir de la description faite par M. André Guettier dans Histoire des Ecoles Impériales d'Arts et Métiers en 1865

Repères : 1 Administration ; 2 Direction ; 3 Ajustage ; 4 Ajustage ; 5 Forges ; 6 Fonderie ; 7 rdc Tours, Modèles, Menuiserie ; 8 Magasins ; 9 Cour de 3^e division ; 10 Cour de 2^e division ; 11 Cour de 1^e division ; 12 Cour des Ateliers ; 13 Cour des Magasins ; 14 Jardin de l'ingénieur ; 15 Bassin ; 16, 17, 18 Etudes ; 19, 20 Amphithéâtres ; 21, 22 Récréation ; 23, 24, 25, 26, 27 Dortoirs 1^{er} étage ; 28 Lingerie ; 29 Réfectoire ; 30 Chapelle ; 31 Poste de police & prison ; 32 Salle des surveillants ; 33 Bibliothèque 1^{er} étage ; 34 Boulangerie ; 35 Buanderie ; 36 Bains & Infirmerie ; 37 Appartements ; 38 Cuisines ; 39 Jardin du directeur ; 40 Salle des contagieux.

TÉLÉCHARGEZ : [Le descriptif de l'École d'Aix par M. André Guettier - Histoire des Ecoles Impériales d'Arts et Métiers 1865](#)

Source : BnF Gallica

A six heures du soir, M. l'inspecteur réuni dans un dîner d'inauguration, à l'hôtel des Princes, Mgr. l'archevêque, les principales autorités judiciaires, administratives et universitaires de la ville d'Aix, et les fonctionnaires de l'École. Au cours du dîner deux toasts seront portés, le premier par [M. l'inspecteur](#), le second par [M. le directeur de l'École](#).

Les élèves occuperont les locaux d'études et d'ateliers au fur et à mesure de leur achèvement. Les ateliers d'ajustage, des forges et de fonderie seront réceptionnés en 1844. Le chantier de construction se poursuivra jusqu'en 1845, première année à recevoir une promotion entière de 100 élèves.

Les enseignements de fabrication sont dispensés dans quatre ateliers : l'ajustage, les tours et modèles, les forges et la fonderie.

Lors de sa création en 1843-44, l'atelier de fonderie, d'une longueur de 31 m, d'une largeur de 15 m et d'une superficie de 465 m², situé le long du cours Saint-Louis, est équipé de moyens de fusion pour la fonte, de type cubilots, de fourneaux à houille pour les cuivreux, d'une étuve avec chariot sur chemin de fer, d'une grue, d'une fosse de moulage, de tables à mouler, d'une zone de préparation des sables et d'établis pour l'ébarbage des pièces.



1910 - Atelier des tours



1910 - Atelier d'ajustage - Serrurerie



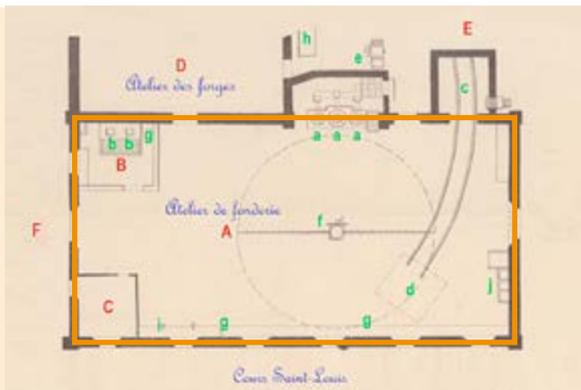
1910 - Atelier des forges



1910 - Atelier des modèles - menuiserie

L'atelier de fonderie va subir quelques années plus tard des modifications au niveau des aménagements (voir le plan ci-après). Sa superficie de 460 m² n'évoluera pas au niveau de la zone de fabrication mais des locaux annexes d'une superficie de

400 m² seront créés, abritant : l'étuve à chariot, un parc à châssis, des zones de stockage et un magasin. Le moulage des pièces par les élèves et le personnel est réalisé manuellement en fosse, au sol ou sur des établis. Les moyens de fusion qui



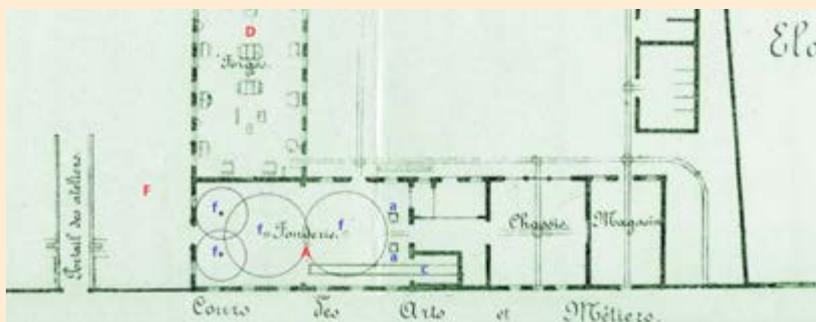
(G) Plan de l'atelier de fonderie à sa création en 1843-1844 et situation sur le plan de 1865 - Source : André Guettier De la fonderie telle qu'elle existe aujourd'hui en France et de ses nombreuses applications à l'industrie - 2^e édition 1858



Repères A : atelier de fonderie de fer - B : partie réservée à la fonderie de cuivre
 C : bureau - D : atelier des forges - E : cour des ateliers - F : promenade publique.
 Repères a : cubilots - b : fourneaux à cuivre - c : étuve à niveaux avec chemin de fer et chariot -
 d : fosse de moulage - e : ventilateur avec ses conduits - f : grue - g : tables à mouler - h : machine pour les forges et la fonderie - i : établis d'ébarbeurs - j : préparation des sables.

ont été déplacés sont constitués de 2 cubilots à vent froid (a) pour la fonte et de deux fours pour les alliages cuivreux. L'étuve (c) a également été déplacée. La manutention des moules, poche de coulée, charges, ... se fait au moyen deux grues et deux potences (f) disposées en quinconce et permettant de couvrir la surface au sol de l'atelier.

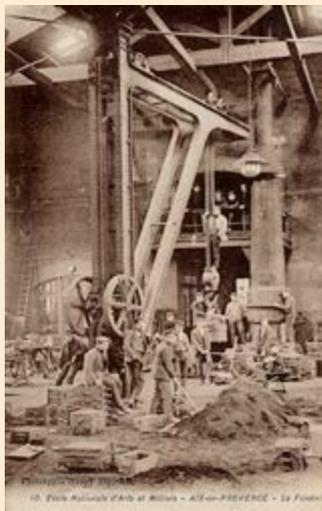
Plan des ateliers en 1905 Source : Livret Ecole d'Arts et Métiers de 1930 - Implantation des deux cubilots (repères a) correspond à celle lors de la coulée de la vasque de la fontaine d'Albertas en 1912 (voir photos ci-après)



1890 - Atelier de fonderie - Les deux cubilots, les grues... Au milieu, entre les deux cubilots, le passage vers la zone de stockage et le parc à châssis, au fond à droite les portes de l'étuve



1910 - Atelier de fonderie - Les cubilots et la grue du poste de fusion
 Source : CP Phototypie Henry Ely & A. Garnier, Aix



1910 - Atelier de fonderie - Le moulage

Le 28 juin 1856, M. Antoine Bernard Campaignac, chevalier de l'ordre impérial de la Légion d'Honneur, chevalier de l'ordre royal de François 1^{er} des Deux-Siciles est élevé au grade d'**officier dans l'ordre de la Légion d'Honneur**. La même année en septembre, **M. Campaignac** ayant fait valoir ses droits à la retraite le 30 juin, est remplacé à la tête de l'Ecole d'Aix par **M. Andrieux** jusqu'à lors directeur de l'Ecole d'Arts et Métiers de Châlons

Sources : Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanas - La Provence du 3 juillet et du 2 octobre 1856.

TÉLÉCHARGEZ :

[les articles de la presse régionale relatifs à la création de l'Ecole d'Aix](#)



Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanas
<https://bibliotheque-numerique.citedulivre-aix.com/presse-ancienne-aixoise>

Reprenons le cours de l'histoire de la vasque de la fontaine d'Albertas à la date du **21 juin 1911**, date à laquelle lors de la séance extraordinaire du conseil municipal, celui-ci a accepté la proposition de M. Emile Ricard, directeur de l'Ecole d'Aix : « *Mr Ricard, le distingué Directeur de l'Ecole Nationale d'Arts et métiers de notre ville, mis au courant de cette situation par Mr de Saboulin, avocat que nous remercions ici volontiers, nous a généreusement offert de faire construire cette vasque par les élèves de son école et d'en faire don à la ville à titre absolument gratuit. Extrait du procès-verbal.* ».

En octobre 1911, La vasque en pierre est descellée et transportée à l'École, où elle sert pour la réalisation du modèle de fonderie, au niveau des détails décoratifs qui se situent sur la surface extérieure de la vasque.

A l'atelier de menuiserie-modelage, sous la direction de **M. J. Masviel** chef d'atelier et **M. Armelin** sous-chef, le modèle est réalisé en bois pour sa structure et en plâtre moulé puis sculpté pour les parties décoratives.

Le 10 décembre 1911, Quelques nouvelles sur l'avancement du projet.



10 décembre 1911 - La Provence Nouvelle : Article d'Eliss
Source : Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanas.

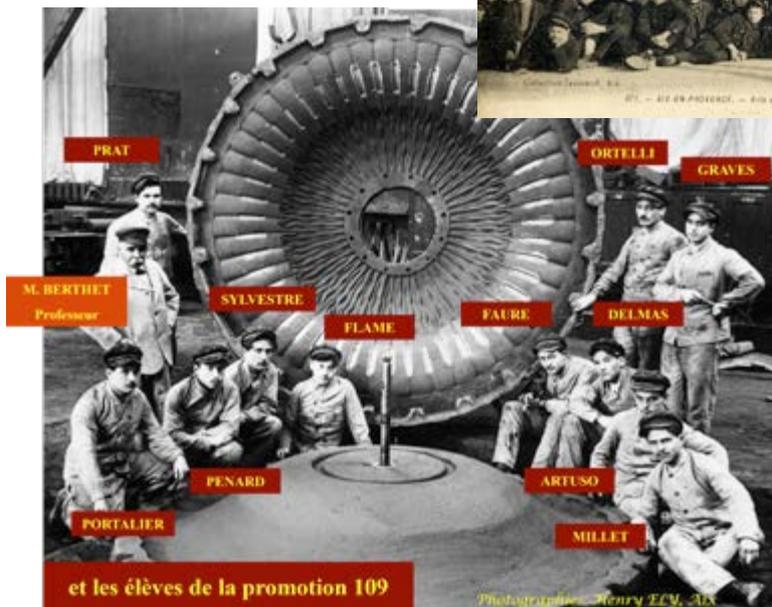
Plusieurs de nos lecteurs nous demandaient à quel moment serait achevée la réfection de la vasque de la Fontaine d'Albertas dont, on s'en souvient, la Provence Nouvelle a pris l'initiative.

M. le Directeur de l'Ecole nationale des Arts et Métiers qui, si aimablement apporte son concours précieux à cette œuvre aixoise, a bien voulu, sur ma demande, m'indiquer « que le sculpteur chargé de retoucher le moulage en plâtre n'a pas encore terminé son travail, mais M. le Directeur espère pouvoir mettre en

main le moulage en fonte au commencement de janvier et le terminer à la fin du même mois ». Ce serait les étrennes du Jour de l'An de la Ville d'Aix.

Eliss.

Promotion 1909-1912



Juin 1912 - Le moule avant sa fermeture et sa préparation pour la coulée Source : Photographie Henry ELY, Aix-en-Provence

• Liste des élèves photographiés devant le moule de la vasque, au premier plan de G à D :

Nom, prénoms	Année de naissance	Adresse de naissance	N° d'entrée sur 105	Moyenne générale sur 3 ans	Observations
Portalier Etienne Paul	1893	Montpellier (34)	30	13,17	
Penard Roger Antonin	1893	Saint-Antonin (82)	16	13,01	
Sylvestre Albert Lucien	1892	Castellane (04)	52	13,30	
Flame Maurice Jean-Baptiste	1893	Isle-sur-Sorgue (84)	53	12,21	
Faure Alphonse Jean-Pierre	1892	Toulon (83)	27	13,83	
Delmas André Marius	1893	Toulouse (31)	3	16,09	Major des anciens Médaille d'or 1 ^{er} prix de la fonderie
Artuso Joseph Antoine	1891	Toulon (83)	19	13,05	
Millet Jules Victor Eugène	1892	Toulon (83)	14	13,56	

• Au second plan de G à D :

Prat Raoul Valéry	1893	Grenoble (38)	72	Arrêt en 3e année	Redoublant
Ortelli Fernand François Louis	189	Marseille (13)	40	12,45	
Graves Raoul Antoine	1893	Lavelanet (09)	29	13,26	

TÉLÉCHARGEZ : [Les bulletins scolaires des élèves de la spécialité fonderie](#)

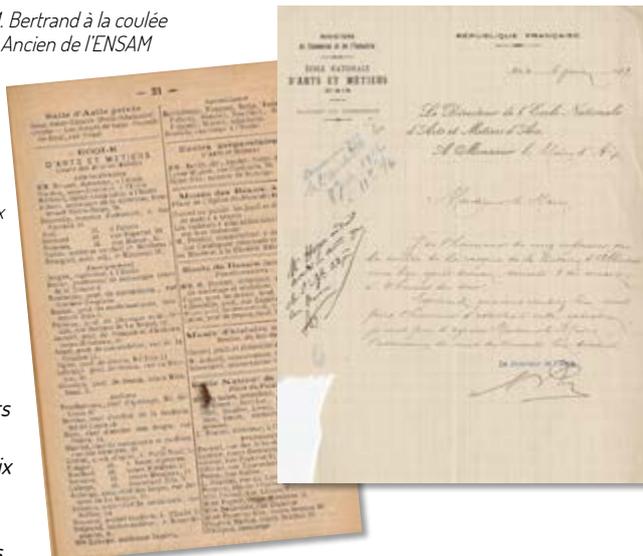
Source : Fond Ancien de l'ENSAM Aix-en-Provence

Composition et évolution de la promotion Aix 109 sur les trois années de formation :

- **En 1^{re} année 1909/1910**
 - Nombre d'élèves admis : 105
 - Démissionnaires : 9
 - Présents aux examens généraux : 96
 - Classés en fin d'année : 88
- **En 2^e année 1910/1911**
 - Nombre d'élèves dans les ateliers : d'ajustage : 61
 - des forges : 8
 - de fonderie : 12
 - des modèles : 10.
 - Soit un total de 91 élèves.
- **En 3^e année 1911/1912**
 - Nombre d'élèves dans les ateliers : d'ajustage : 57
 - des forges : 7
 - de fonderie : 12
 - des modèles : 9.
 - Soit un total de 85 élèves.

(G) Courrier d'invitation de M. Bertrand à la coulée de la vasque - Source : Fond Ancien de l'ENSAM Aix-en-Provence

(D) Ecole d'Arts et Métiers, le personnel en 1910 - Source : Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanes - Guide général de la Ville d'Aix



Aix, le 6 juin 1912
Le Directeur de
l'Ecole Nationale d'Arts
et Métiers d'Aix à
Monsieur le Maire d'Aix

Monsieur le Maire,
J'ai l'honneur de vous
informer que la coulée de la vasque de la fontaine d'Albertas aura lieu après-demain, samedi 8 du courant à 4 heures du soir.
Espérant que vous voudrez bien nous faire l'honneur d'assister à cette opération, je vous prie d'agréer, Monsieur le Maire, l'assurance de mes sentiments bien dévoués.

Le Directeur de l'Ecole

En mai 1912, le moulage de la vasque est réalisé dans l'atelier de fonderie de l'Ecole, en fosse pour la partie inférieure du moule (surface intérieure de la vasque) et par châssis pour la partie supérieure (surface extérieure de la vasque). Le sable silico-argileux naturel est utilisé pour la prise d'empreinte.

La surface intérieure de la vasque sans décors est obtenue par moulage au trousseau, la forme extérieure par prise d'empreinte du modèle en bois et plâtre.

La fabrication, sous la direction de **M. Adrien Berthet** [9] chef d'atelier professeur de fonderie, est confiée aux élèves de spécialité fonderie de la promotion 1909.

[9] **M. Adrien Joseph Berthet** est né à Aix, le 9 septembre 1857. Fils de Lucien Berthet fondeur-constructeur à Aix au 14 boulevard Saint-Louis (la vasque en fonte de la grande fontaine de la Rotonde, pesant 18 t et composée de douze secteurs a été coulée dans son atelier en 1860). Il sort de l'Ecole d'Arts et Métiers d'Aix en 1876. Se marie le 28 avril 1886, il est nommé sous-chef d'atelier de la fonderie de l'Ecole d'Arts et Métiers d'Angers le 12 octobre 1891. Par arrêté du 30 octobre 1895, il est nommé chef d'atelier de la fonderie de l'Ecole d'Arts et Métiers d'Aix avec une prise de fonction le 1er novembre 1895 et un traitement de 3200 francs par an. Officier d'Académie le 1er janvier 1907. Officier de l'Instruction Publique le 24 août 1922. Il fait valoir ses droits à la retraite le 1^{er} octobre 1925.

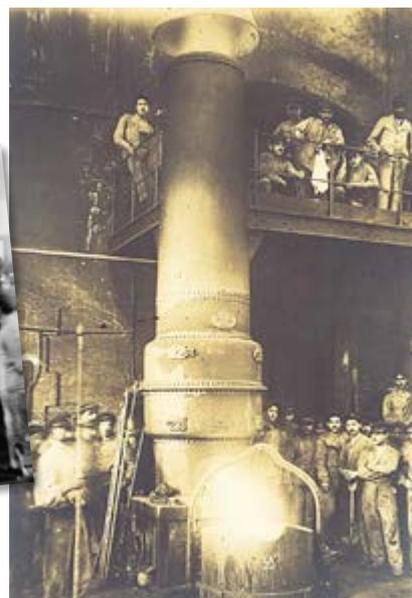
Le jeudi 6 juin 1912, M. Ricard, directeur de l'Ecole invite **M. Bertrand**, maire d'Aix-en-Provence à assister à la coulée de la vasque le samedi 8 juin à 16 heures.

➤ Source :
Fond Ancien de l'ENSAM Aix-en-Provence

Le samedi 8 juin 1912, la vasque est coulée. La fonte est élaborée au cubilot. Deux piquées sont nécessaires pour obtenir les 1400 kg de fonte liquide et la déverser dans la poche de coulée d'une capacité de 2,5 tonnes.



8 juin 1912 - L'élaboration de la fonte au cubilot et la coulée de la vasque
Source : Photographie Henry ELY, Aix-en-Provence





Le moule est décoché par les élèves. La vasque brute de coulée
Source : Photographie Henry ELY, Aix-en-Provence



Quelques inscriptions laissées par les élèves, sur le pourtour de la vasque au niveau de la zone de débordement de l'eau, mises à jour lors du sablage de la vasque en 2023. Ci-dessus, la signature de l'élève Flame gravée dans le sable du moule et reproduite en relief sur la vasque en fonte.
Source : Photographies Yves Liccia - (Droite) Détail photographie Henry ELY, Aix-en-Provence



Faure



Penard



Portalier



Sylvestre

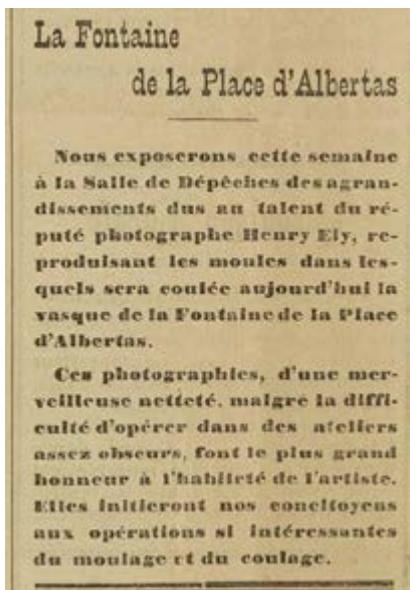
Les 9, 20 et 23 juin 1912, l'ouvrage terminé est annoncé dans la presse locale.

La Fontaine de la place d'Albertas

Nous exposerons cette semaine à la salle de Dépêches des agrandissements dus au talent du réputé photographe Henry Ely, reproduisant les moules dans lesquels sera coulée aujourd'hui la vasque de la fontaine de la place d'Albertas. Ces photographies, d'une merveilleuse netteté, malgré la difficulté d'opérer dans les ateliers assez obscurs, font le plus grand honneur à l'habileté de l'artiste. Elles initieront nos concitoyens aux opérations si intéressantes du moulage et du coulage.

Les élèves de l'Ecole Nationale d'arts et métiers d'Aix viennent de terminer, sous la direction de M. Berthet, le moulage et le coulage en fonte de la vasque de la fontaine d'Albertas. Cette vasque offerte

à la ville par l'Ecole des Arts sera placée et inaugurée prochainement.



Yves LICCIA - ATF //////////////

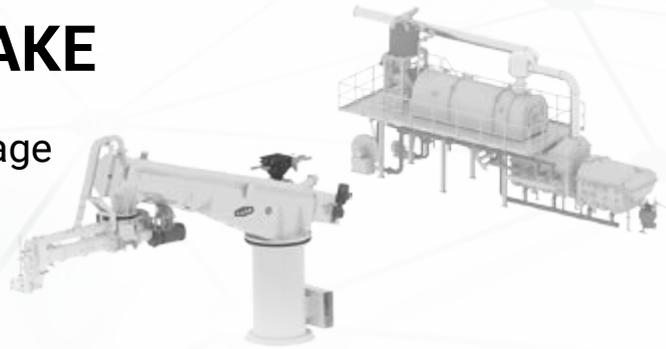
>>>> Dans un prochain numéro de **TECH News FONDERIE**, sera développé : la donation de l'ouvrage à la ville, la pose de la vasque, la réception à l'Ecole, l'agrandissement des ateliers de l'Ecole et l'évolution de l'atelier de fonderie.

FAT

VOTRE PARTENAIRE EN PROCÉDÉ NO-BAKE

Malaxage - Régénération - Moulage
pour sable à prise chimique

MADE IN GERMANY



Laempe + Fischer · M. Pierre Risser · Téléphone +33 3 89 81 18 38 · info@laempenfischer.fr · www.laempenfischer.fr

Besoin de pièces de rechange pour vos équipements de fonderie ?

JML

FRITZ HANSBERG *Space*



JML Industrie a la solution !

- Large gamme de pièces de rechange
- Pièces de qualité, fournisseurs de confiance
- Atelier de fabrication sur place
- Livraison rapide, gestion des urgences
- 40 ans d'expérience pour la recherche de pièces rares

KLEIN
Anlagenbau AG

MIKROPUL
Nederman

SUIVEZ-NOUS

- +33 3 24 52 13 97
- jml@jml-industrie.com
- 6 rue Jean-Jacques Rousseau
F-08330 - Vrigne-Aux-Bois
- jml-industrie.com

OFFRES D'EMPLOI

Chef d'Atelier Fonderie (F/H) S.I.F. [VOIR L'ANNONCE](#)

Alternant BTS Fonderie (F/H) FONDERIE D'ANOR [VOIR L'ANNONCE](#)

Technicien qualité (F/H) FOCAS SAINT-DIZIER [VOIR L'ANNONCE](#)

Technicien BE / méthodes (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Ingénieur qualité (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Electromécanicien maintenance (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Commercial (B to B) (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Chef d'équipe maintenance (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Technicien Méthodes (F/H) CRONITE [VOIR L'ANNONCE](#)

Tourneur Fraiseur (F/H) PTP INDUSTRY [VOIR L'ANNONCE](#)

Technicien laboratoire métallurgique (F/H) FAD [VOIR L'ANNONCE](#)

Responsable Contrôle Qualité produit (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Technicien confirmé Qualité Atelier Fonderie (F/H) FDB [VOIR L'ANNONCE](#)

Commercial expérimenté (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Coordinateur Technique Finition (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Deviseur Usinage (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Ingénieur Qualité (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Responsable usinage (F/H) FMGC [VOIR L'ANNONCE](#)

Chef d'équipe (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Technico-commercial export (F/H) ALUMINIUM MARTIGNY [VOIR L'ANNONCE](#)

Responsable Environnement-Hygiène-Sécurité (F/H) FFF [VOIR L'ANNONCE](#)

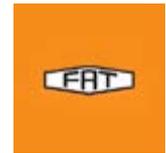
Agent de Maîtrise Moulage (F/H) FGHM [VOIR L'ANNONCE](#)

Coordinateur QHSE (F/H) FONDERIE GIROUD [VOIR L'ANNONCE](#)

Technicien méthodes (F/H) [VOIR L'ANNONCE](#)

Découvrez les autres offres d'emploi sur le site ATF • [Cliquez ici](#)

CAT International Publi-reportage P 16
 FAT P 41
 FOSECO 3^e de couverture
 GNR P 10
 HUTTENES ALBERTUS P 07
 HW SINTO P 04
 INOMETAL P 32
 JML P 41
 LAEMPE MOSSNER 4^e de couverture
 MAGMA P 24
 RESAND P 43
 SCOVAL P 11
 Siif 2^e de couverture
 WINOA P 23



Resand



Réduisez de 80% vos achats de sable neuf

Resand.
 Recyclage thermo-mécanique sur site

06.80.28.01.69 - philippe.diaz@resand.eu



Adhérer en 2024 c'est donner du sens à nos actions, soutenir la profession

DES OUTILS ET DES ACTIONS EN 2024 :

- Une revue numérique **TECH News FONDERIE** dont les 7 numéros annuels vous sont envoyés par mail,
- Un site internet : atf.asso.fr qui vous permet de suivre en ligne notre calendrier d'événements, nos activités, la vie de l'association, l'accès à la bibliothèque des revues et donc à tous les articles techniques,
- Des formations Cyclatef® inter et intra entreprises pour vos techniciens et ingénieurs,
- Des tarifs privilégiés pour des activités variées : Fondérales, journées d'étude et visites de sites de production à travers toute la France, sorties Saint-Eloi en région en collaboration avec l'AAESFF,
- Un soutien à l'emploi : accès aux profils des entreprises pour vos recherches d'emploi et à une insertion gratuite dans la rubrique demandes d'emploi de la revue, sur le site internet et les réseaux sociaux.

... Et déduire jusqu'à 66 % sur vos impôts

L'ATF étant un organisme d'utilité publique : vous pouvez déduire jusqu'à 66% de votre adhésion annuelle (dans une limite de 20% du revenu net imposable).

PERSONNE PHYSIQUE

Pour devenir membre
CLIQUEZ ICI

Exemple :
une cotisation de 85€
ne coûte finalement
que 30€.

PERSONNE MORALE

Pour devenir membre
CLIQUEZ ICI

SAVE THE DATE !
Journée Technique ATF

● ● ● TECHNOLOGIES
● ● ● & PRATIQUES MODERNES
● ● ● EN GRENAILLAGE POUR LES FONDERIES

OÙ ? Winoa, Le Cheylas, Isère, 38
QUAND ? Jeudi 17 Octobre 2024

+ Sessions avec des experts de l'industrie.
Présentations sur les nouvelles tendances et technologies.
Démonstrations pratiques et visites d'usine.

Rejoignez-nous !
Pour une journée d'échanges et de démonstration
sur les dernières innovations en matière de grenailage.

Événement commandité par : **winoa** & **ASSOCIATION TECHNIQUE DE FONDERIE**
preparing tomorrow's surfaces

INSCRIPTION
Contactez Mélody Sanson
atf-sg@atf-asso.com
06 02 58 01 09



FOSECO

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

Les filtres STELEX ZR ULTRA présentent une plus grande efficacité de filtration car d'indice de porosité plus élevé. Le contour des filtres totalement fermé améliore les caractéristiques ce qui conduit à des résultats bien plus répétitifs.

**Think beyond.
Shape the future.**



Si vous cherchez à améliorer votre processus de coulée, pourquoi ne pas vous inscrire à notre webinar „The fundamentals of steel filtration“ ?

