



FOSECO



LA SÉCURITÉ COMMENCE ICI :

Protéger nos employés,
Renforcer notre avenir



www.foseco.com

49^{N°}
NOVEMBRE
2024

FONDERIE

TECH NEWS

NEWS

PROJET DE RECYCLAGE DANS L'ALUMINIUM

PAGE 12

TECHNIQUE

**INFLUENCE DE L'AFFINAGE, DU NIVEAU D'INCLUSION
ET DE LA QUALITÉ DU FILTRE SUR LA PERFORMANCE
DE FILTRATION DE L'ALUMINIUM FONDU**

PAGE 16

UNE PUBLICATION DE



ASSOCIATION
TECHNIQUE DE FONDERIE



SimLink®

Notre solution logicielle révolutionnaire au service des fonderies

**SimLink® vous permet en un clic,
d'importer la gamme de Manchons,
GTP dans votre MAGMASOFT®**

Vous souhaitez découvrir en direct les avantages
que vous procure notre SimLink® ?

Découvrez-en plus sur SimLink® sur notre site web:

www.gtp-schaefer.com/simlink

Votre contact :

Didier Legrand

+33 (0) 6 07 66 47 63

didier.legrand@gtp-schaefer.de

www.astea-consulting.fr



www.gtp-schaefer.com



SCHAEFER
THE RISER COMPANY

édito.

La grande majorité des déchets métalliques est déjà collectée et recyclée dans les filières métalliques, mais peut-on dire que nous avons atteint un équilibre vertueux dans l'utilisation de nos métaux ?

Cette récupération n'est ni optimum, ni capable de répondre même partiellement à la demande croissante de matériaux à laquelle nous devons faire face. Un choix d'industrie qui n'avait pas jusqu'à présent à se soucier de développer les ressources en interne quand les approvisionnements étaient assurés au niveau mondial pour des matériaux de qualité à des coûts stables et quand l'offre était encore supérieure à la demande. Nous pouvions encore exporter nos « rejets » à un coût intéressant sans trop nous préoccuper du tri et du traitement de nos « déchets ». Le choix d'une industrie en plein essor, qui pouvait dicter les prix, dégager des marges et éviter une concurrence lointaine, pas toujours au niveau de nos marchés. Mais avec des échanges internationaux, le marché c'est brusquement retourné avec la mondialisation et la mise sous pression des approvisionnements en ressources naturelles rejoignent maintenant des créneaux qui autrefois étaient moins sensibles à l'appel entre offre et demande. Tout comme pour des produits plus traditionnels comme la production des céréales, l'énergie, les transports, les matières premières sont devenues un domaine où les marchés financiers font la pluie et le beau temps. Les tensions sont synonymes de fluctuations boursières, les demandes sont entretenues par des politiques locales et ajustées pour répondre à des stratégies mondiales. La finance est en train de dépasser la technologie.

Le savoir-faire de la **filière recyclage** a évolué sans que l'on n'y prenne garde, dépendant également maintenant des exigences réglementaires et environnementales concernant les teneurs en éléments résiduels pouvant perturber l'incorporation des matériaux métalliques dans un nouveau cycle de production. Les contraintes qui hier encore n'étaient que des arguments renforçant nos choix technologiques est à présent une contrainte qui impacte nos décisions économiques. La sur-qualité attendue n'est pas toujours apte à autoriser de transiger avec l'attente des utilisateurs, contrairement à certaines concurrences extra-européennes.

La hausse des prix des matières premières vierges a rendu les matières premières issues du recyclage compétitives. Nous voyons les fluctuations des prix très fortement associées aux marchés, parfois sans corrélation avec la disponibilité des ressources elle mêmes. Les flux financiers des matières premières sont devenus très spéculatifs, volatils, entraînant des choix stratégiques qui se répercutent dans la décision d'incorporer ou non des matériaux recyclés dans les chaînes de production. Le marché des matériaux est largement sous influence de lobbies financiers qui décident des investissements et des approvisionnements de manière à maximaliser les profits. La financiarisation des ressources est tout comme pour l'énergie ou l'environne-

Trier - recycler une logistique financière

ment devenu un marché et non plus une technique. La fixation des prix des métaux a depuis longtemps échappé aux acteurs du marché mondial pour devenir une matière comme une autre, propre à fluctuer dans un marché économique ou les cotations boursières créent besoins et distribution, tout en subissant les perturbations des conflits géopolitiques et des événements propres aux ressources et acteurs mondiaux du créneau des matières premières métalliques.

Face aux fluctuations des marchés, à la **diminution des ressources** exploitées et à la poussée vers la décarbonation de nos industries métallurgiques, l'utilisation de métaux recyclés ne peut que progresser pour répondre à la demande économique. Nous ne pourrions plus considérer que le modèle de production doit envoyer des matériaux nobles vers des pays qui puisent dans nos ressources pour développer leur concurrence en dépit des règles environnementales.

Il va falloir innover pour traiter ici ce qui devient une ressource de qualité. Tous les pays ne sont pas soumis aux mêmes impératifs environnementaux amplifiant encore la concurrence internationale.

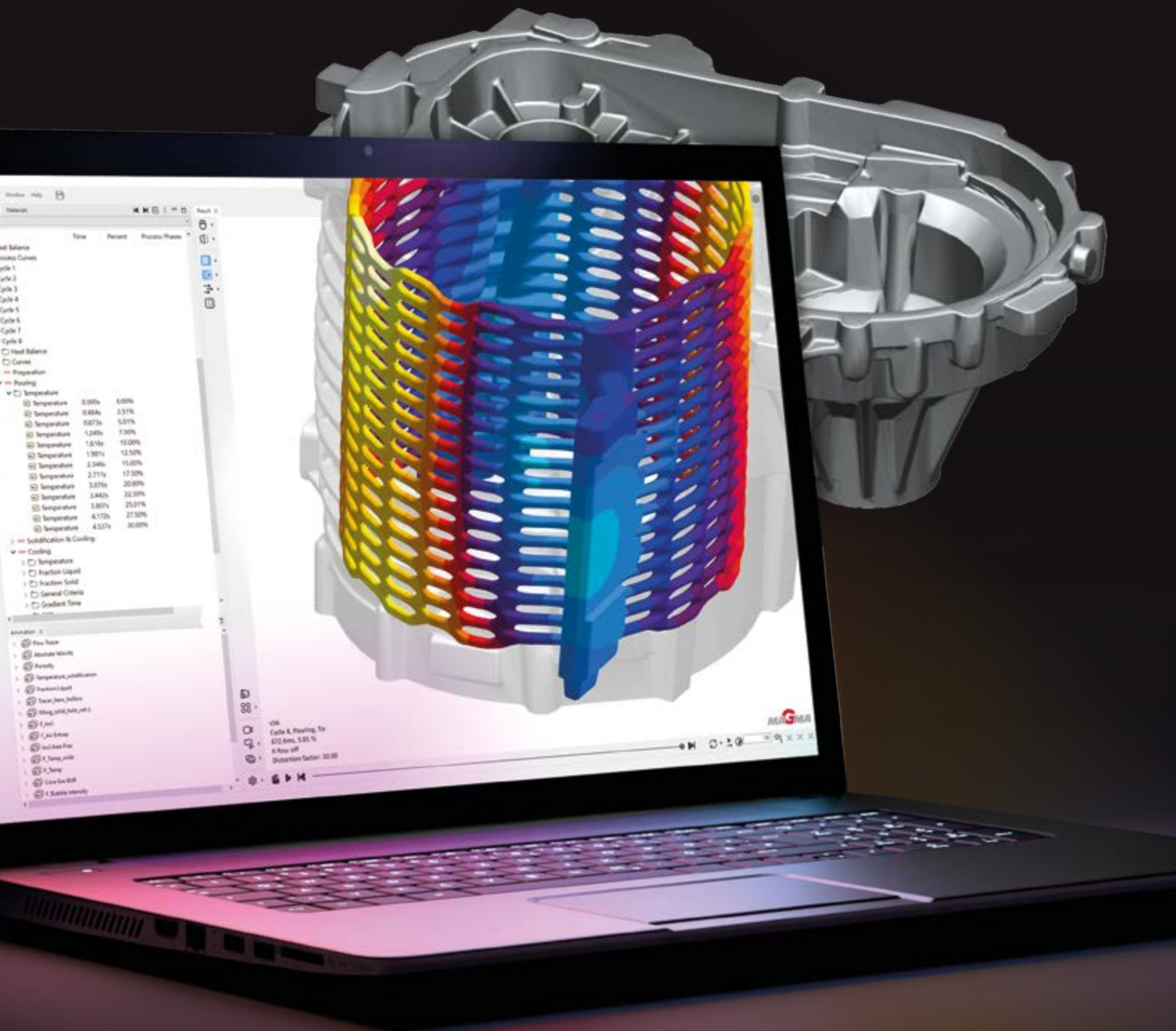


Gilbert RANCOULE
ATF

La financiarisation des marchés des matières premières nous a conduits à des aberrations. Ce phénomène correspond à l'externalisation d'une partie du risque de prix sur les marchés financiers. Des dynamiques spéculatives peuvent alors influencer en partie le prix des matières premières. Comme pour toute matière première, plus la volatilité anticipée des prix des métaux et des éléments d'alliages est enlevée, plus les acteurs financiers sont réticents à investir dans ces matières premières et plus le prix de ces matières premières diminue. Ainsi, cette volatilité se répercute indirectement dans l'incorporation de produits de recyclage. Le coût de l'énergie en France ou en Europe, des coûts directs et indirects ne sont pas sans incidence sur la consommation des matériaux recyclés, les choix écologiques et leurs corrélations environnementales, car la filière peut être énergivore, demandeuse de mains d'œuvre et en acceptation d'un tri et de traitements spécifiques. Recycler est une connaissance et un besoin auquel nous devons faire face. Sachons en tirer parti pour nous développer.

Innover pour rester compétitif et mieux maîtriser des procédés énergivores et polluants, valoriser et abandonner le schéma selon lequel il serait plus simple et plus rentable pour les producteurs de vendre des matières recyclées à l'exportation plutôt que de valoriser les ressources et agréger les emplois techniques avec notre modèle industriel. L'économie circulaire peut nous aider à dépasser le cadre de l'économie stricte de marché en répondant à une indépendance qui devient plus que jamais un bien commun.

Casting Knowledge. In a Software.



Curieux?



sommaire.

03 / EDITO

Trier - recycler, une logistique financière
Article de Gilbert RANCOULE- ATF

06 / AGENDA

ASSOCIATION

07 /

Carrousel des Partenaires de l'ATF
Jeudi 24 octobre 2024

Article de Mélody SANSON - Secrétaire Générale de l'ATF
Cloé TEODORI - Régie publicitaire

PROFESSION

09 /

European Foundry Industry Sentiment,
FISI Experiences Continued Decline in September
Article de CAEF

PUBLI-REPORTAGE

10 /

Calderys fête les 30 ans de son usine de Montoir-de-Bretagne
Article de CALDERYS

NEWS

12 /

Projet de recyclage dans l'aluminium
Article de Gilbert RANCOULE- ATF

14 /

Comment Ervin a amélioré la durabilité de ses fonderies,
le formidable programme d'Ervin pour le Net Zéro
Article d'ERVIN

TECHNIQUE

16 /

Influence de l'affinage, du niveau d'inclusion et de
la qualité du filtre sur la performance de filtration
de l'aluminium fondu

Article de Jiawei YANG, Sarina BAO, Shahid AKHTAR,
UIF TUNDAL, Stig Tjøtta, and Yanjun LI

28 /

Understanding and Controlling Hot Sand in Green
Sand Molding

Article de Tom Arenholz - Senior Applications
Engineer-Global OEM - SIMPSON

30 /

Économies d'énergie à la fusion en fours à
induction par mesures pratiques et analyse des
données numériques du processus de fusion

Article de Frank Donsbach, Matias Mohedano Rodriguez,
Ulrich Nordt et Peter Koldig Hansen - OTTO JUNKER et
INIT INUATEK

FORMATION

26 /

L'agenda 2025 des formations

Cyclatef[®]
FORMATION FONDERIE

36 / EMPLOIS

37 / HISTOIRE & PATRIMOINE

Aix-en-Provence, ville d'eau, ville d'arts... et mé-
tiers (Troisième partie)

Article de Yves LICCIA - ATF



43 / ANNONCEURS

44 / ADHÉRER EN 2025

TECH News
FONDERIE

Revue professionnelle éditée par : Association Technique de
Fonderie • 14 avenue de l'Opéra • 75001 Paris
Téléphone : +33 6 02 58 01 09 • E-mail : atf@atf-asso.com
<https://atf.asso.fr/>

Directrice de la publication : Mélody SANSON : Secrétaire Générale
de l'Association Technique de Fonderie

Comité de rédaction : Guillaume ALLART, Patrice DUFÉY, Gérard
LEBON, André LE NEZET, Yves LICCIA, JM MASSON, Xavier MENNUNI,
Patrice MOREAU, Gilbert RANCOULE, Jean-Charles TISSIER.

Publicité ATF : Gérard LEBON - Tél. : +33 6 19 98 17 72 •
Cloé TEODORI / Mélody SANSON - Tél. : +33 6 02 58 01 09 •
E-mail : regiepubtfnf@atf-asso.com

 Suivez-nous sur LinkedIn :
[ATF - Association Technique de Fonderie](https://www.linkedin.com/company/atf-asso/)

Maquette et réalisation Kalankaa • +33 2 38 82 14 16

agenda.

DÉCEMBRE 2024

>>> 5 au 7 à New Delhi (Inde) : ALUCAST 2024

La plus grande plate-forme indienne pour l'industrie des pièces moulées en aluminium

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

JANVIER 2025

>>> 28 au 30 à Douai (France) : SEPEM NORD 2025

Salon industriel des services, équipements, process et maintenance

<https://douai.sepem-industries.com/fr>

FÉVRIER 2025

>>> 4 au 6 à Laxou (France) :

FOUR À INDUCTION

<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=swwkXln0smjTf8Cooa8j>

Cyclatuf[®]
FORMATION FONDERIE

>>> 7 au 9 à Calcutta (Inde) : IFEX 2025

Salon international des technologies, équipements, fournitures et services pour la fonderie

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

MARS 2025

>>> 5 au 7 à Bologne (Italie) : METEF 2025

Salon des technologies à façon pour l'industrie de l'aluminium et des métaux innovants

<https://www.metef.com/en/>

>>> 11 au 14 à Creil (France) :

INITIATION AUX BASES DE LA FONDERIE

<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=wCpHGcgYoYBgBI5CEjfl>

Cyclatuf[®]
FORMATION FONDERIE

>>> 11 au 14 à Lyon (France) :

GLOBAL INDUSTRIE 2025 - Le lieu de rassemblement de tout l'écosystème industriel

<https://www.global-industrie.com/fr/accueil-visiteur>

MIDEST 2025 - Le plus grand réseau international en sous-traitance

<https://global-industrie.com/fr/midest>

>>> 11 au 14 à Séoul (Corée du Sud) : INTERMOLD KOREA 2025

Salon coréen international des équipements pour les moules et la fonderie

<https://www.intermoldkorea.com/off/2025/en/>

>>> 18 au 20 à Metz (France) :

UTILISATION DES DONNÉES 3D POUR LA MISE AU POINT EN FONDERIE

<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=lkLOBbakpASswHE7hJ7c>

Cyclatuf[®]
FORMATION FONDERIE

JOURNÉE D' ACTIONS RÉGIONALES

NORD - ILE DE FRANCE

le samedi 30 novembre 2024 à Armentières (59)

Au programme, une demie journée de moulage.

[Plus d'informations](#)



GRAND-OUEST

le samedi 7 décembre 2024 au Mans (72)

Visite de l'entreprise Claas Tractor et du circuit du Mans.

[Plus d'informations](#)



RHÔNE-ALPES

le samedi 7 décembre 2024 à Lyon (69)

au lycée Hector Guimard

Moulage et coulée des réalisations, coulée de la cloche Saint-Eloi. Fête des Lumières.

[Plus d'informations](#)



EST

Le vendredi 13 décembre à Nancy (54)

au lycée Hector Guimard

Visite des ateliers du lycée Henri Loritz.
Bowling.

[Plus d'informations](#)



Carrousel des Partenaires de l'ATF

Jeudi 24 octobre 2024

Le Carrousel des partenaires, organisé à l'initiative de l'ATF, contribuant au maintien du lien et de la représentation des fournisseurs de biens et de services pour la fonderie, a permis de réunir une vingtaine de personnes autour de la table, et d'aborder plusieurs thématiques en lien avec la fonderie.

et le WFO World Foundry Summit 2025 co-organisé avec l'ATF qui se tiendra en octobre 2025 à Chantilly.



- Un apéritif et un repas s'en sont suivis, toujours dans une ambiance chaleureuse.

L'activité de l'après-midi était consacrée à la visite de la caverne du dragon située sur le Chemin des Dames (02) pour explorer une grotte qui cache en elle de lourds souvenirs de la première guerre mondiale.


A nouveau, un carrousel très apprécié par tous les participants !

Mélody SANSON // // // // //
Secrétaire Générale de l'ATF
Cloé TEODORI // // // // //
Régie publicitaire de l'ATF



Tout cela au magnifique domaine de Barive situé à Sainte preuve (02). Un lieu qui a été fortement apprécié des participants.

La matinée était réservée aux présentations suivantes :

- **Présentation du MédiaKit 2025**  **TNF & site internet** (ATF - Association Technique de Fonderie) par Cloé TEODORI. La nouveauté 2025 est la possibilité de publier gratuitement des articles techniques « non publicitaires ». Un rappel également a été fait sur les 4 zones de sponsoring du site et aussi sur les publi-reportages.
- **Synergie partenaires / ATF - Propositions et axes d'améliorations** par Benjamin CLISSON - Trésorier de l'ATF qui remplaçait Guillaume ALLART président absent le jour de l'évènement. Ce fut l'occasion de proposer des

actions concrètes, dont l'objectif est de servir la profession comme la proposition de nouvelles journées techniques en 2025 : (Thématiques proposées : Les réfractaires de fonderie, nouvelles techniques et solutions innovantes / Les Ferro-alliages : Technologies et pratiques modernes / IA en Fonderie : Etat de l'art, mythes et réalité). N'hésitez pas à nous contacter pour nous soumettre d'autres thématiques !

- **Présentation de la situation des fonderies en 2023 dans les pays membres du WFO** (the World Foundry Organisation) par Lionel ALVES. Après une présentation rapide des chiffres de l'économie en France complétée par la vision des partenaires présents à ce carrousel, nous nous attendons tous à un ralentissement en 2025.
- Présentation des prochains évènements importants tels que les journées d'actions régionales (vous pouvez retrouver les dates de ces dernières dans l'agenda de notre magazine **TechNews Fonderie** ou bien directement sur notre site internet), les salons prévus en 2025, les journées techniques,



DEVELOPPEE POUR LES PLUS HAUTES EXIGENCES

Machines de coulée HWS pour pièces de fonderie aluminium coulées en coquille .

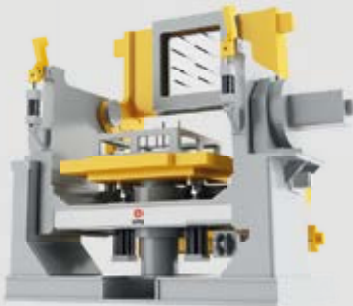
SES AVANTAGES :

- Une haute flexibilité qui assure une pérennité
- Remplissage de la forme de la pièce amélioré à travers un processus de coulée innovateur
- Refroidissement spécifique des coquilles pour des temps de cycle courts et une grande qualité de pièce coulée
- Traçabilité élevée grâce à une surveillance en temps réel des données de production
- « Energy Monitoring System » pour une transparence globale des coûts de production

MACHINE DE COULÉE BASSE PRESSION LPD II



MACHINE DE COULÉE PAR BASCULEMENT PLS



New Harmony » New Solutions™

www.sinto.com



sinto FOUNDRY INTEGRATION

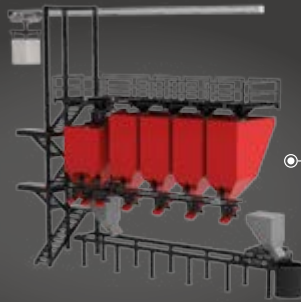
HEINRICH WAGNER SINTO
Maschinenfabrik GmbH
SINTOKOGIO GROUP

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
Tel. 0033 (0)3 89 81 18 38 · Email: info@laempefischer.fr
www.laempefischer.fr

JOEST group

DÉCOUVREZ L'AVENIR DU TRANSPORT DE MATÉRIAUX



INSTALLATIONS
DE GESTION ET
DE DOSAGE
D'ADDITIFS

CHARGEUSES
DE FOURS



Notre technique de transport par vibrations vous permet de transporter **les matériaux de manière efficace, rapide, tout en les préservant.**

Nos systèmes sont **extrêmement robustes et fiables** – le choix parfait pour l'utilisation dans l'industrie de la fonderie.

Grâce à notre technique de pesage innovante des additifs, qui préserve les ressources, ainsi qu'à l'automatisation complète de l'installation, vous économisez non seulement du temps et de l'argent, mais **vous assurez également un transport des matériaux à la fois fiable et efficace sur le plan énergétique.**

Contactez-nous dès aujourd'hui
et laissez-vous convaincre !

JOEST France

+ 33 (0)5 45 67 45 00

info@joest-mpv.com

www.joest-mpv.fr



Laempe + Fischer
Fournisseur d'équipement pour fonderie
depuis 1982



The European Foundry Association

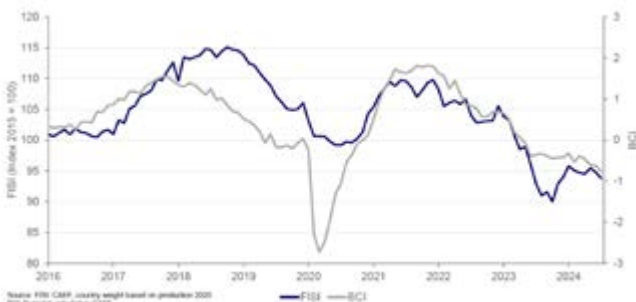
PRESS RELEASE • 28 OCTOBRE 2024

European Foundry Industry Sentiment, September 2024: **FISI Experiences Continued Decline in September**

In September 2024, the European Foundry Industry Sentiment Indicator (FISI) saw a further decrease, slipping to 93.8 index points. This represents a drop of 1.0 points compared to the previous month's reading of 94.8, continuing the gradual downward trend observed in recent months.

This downturn reflects a combination of broader macroeconomic pressures within Europe and ongoing sector-specific challenges. A notable factor affecting foundry sentiment is the recent decrease in raw material prices, including scrap metal, which while beneficial for cost reduction, has been overshadowed by weak demand across multiple industries. Particularly impacted is the construction sector, one of the most significant consumers of foundry products, which continues to face a prolonged downturn as elevated interest rates and tighter budgets constrain new investments. Concerns over the shifting economic landscape are prompting increased caution across the foundry sector. Anticipated changes within the EU Commission and the forthcoming U.S. presidential election have left businesses and clients alike inclined to delay long-term commitments until there is greater clarity around possible policy changes. Steel and iron foundries, which rely on stable demand from industries like automotive and machinery, are feeling these effects most acutely. Meanwhile, non-ferrous foundries, benefiting from more consistent demand across varied applications, are somewhat more stable but still affected by a general market hesitancy. While there are glimmers of optimism for gradual recovery, the European foundry industry remains under the influence of both global and regional economic pressures, and many companies expect ongoing market fluctuations as 2025 unfolds.

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



The Business Climate Indicator (BCI) in September saw a marked decline from -0.62 to -0.73, reflecting escalating challenges within Europe's industrial sector. This significant drop mirrors a combination of persistent obstacles: notably low demand across key industries, such as automotive and machinery, and a cautious approach among manufacturers facing both sluggish global demand and high production costs. Europe's slow economic growth, partly due to China's weakened post-pandemic recovery, has exacerbated the lack of export demand, which remains crucial for many European manufacturers.

Furthermore, inflation in the eurozone, while slowing, is still impacting consumer and industrial confidence. Supply chain adjustments, alongside broader structural concerns like the green transition and rising labour costs, continue to weigh heavily on sentiment. Consequently, many companies remain hesitant to increase production or investment, awaiting clearer signs of economic stability and policy directions from the upcoming EU Commission.

The FISI – 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. 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](https://www.linkedin.com/company/caef)



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

CAEF YEARBOOK 2023



Calderys fête les 30 ans de son usine de Montoir-de-Bretagne

Calderys est un fournisseur de premier plan pour les industries opérant dans des conditions extrêmes. Le groupe est spécialisé dans la protection thermique des équipements industriels et offre une large gamme de produits réfractaires, ainsi que des solutions avancées pour améliorer la coulée de l'acier, des flux métallurgiques et des processus de moulage.

Nos experts en fonderies ferreuses et non ferreuses proposent une gamme de solutions clés en main pour les réfractaires de fonderie, ainsi que pour les additifs de sable de noyautage et de moulage.

UNE OFFRE COMPLÈTE AVEC UNE EXPERTISE LOCALE POUR LE SECTEUR DE LA FONDERIE:

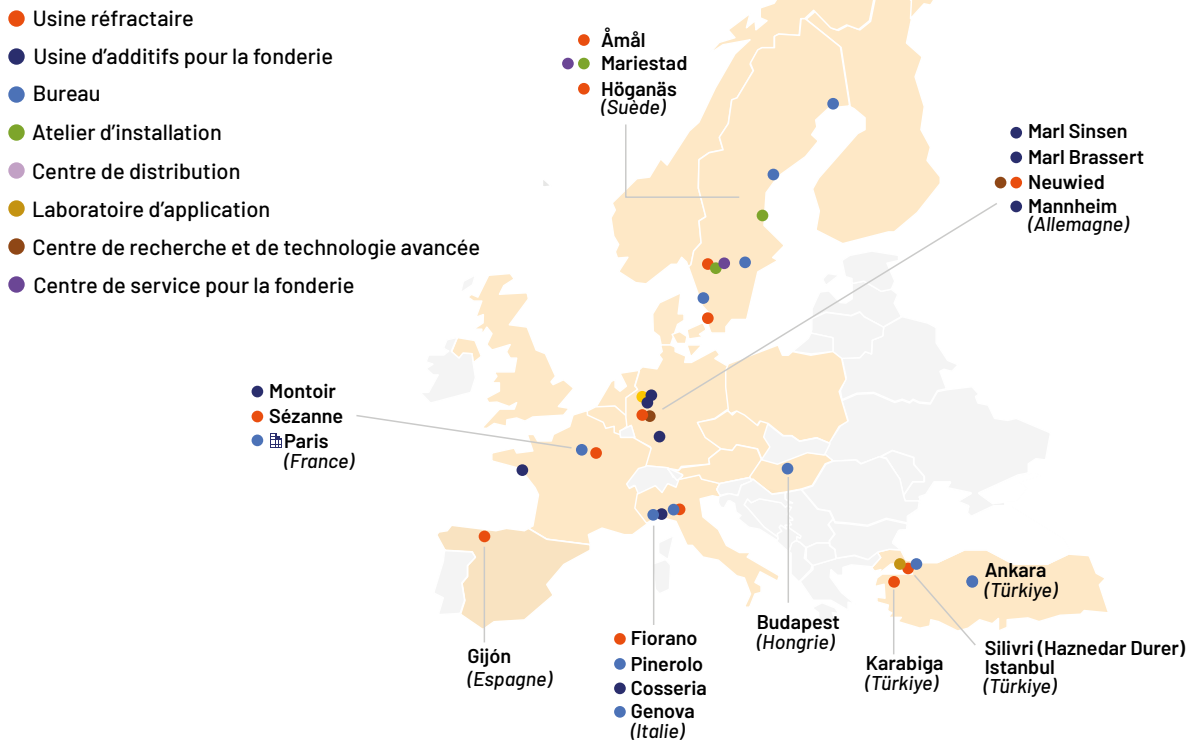
- Maîtrise de la fusion & de la coulée: produits réfractaires et sables de moulage à vert
- Produits adaptés à tous les équipements
- Solutions préfabriquées, de toute taille et toute géométrie
- Projets clés-en-main

Le site de Calderys de Montoir-de-Bretagne (France) produit principalement des additifs pour sable de moulage à vert et analyse des sables en laboratoire à la demande des clients

- Le site produit **75 000 tonnes d'additifs** par an
- **65%** pour la fonderie, **35%** pour l'alimentation animale et **5%** de spécialités à base de bentonite.
- **30 personnes** travaillent tous les jours à la fabrication et l'envoi de nos produits dans le monde entier
- plus de **60 clients** à travers le monde
- **1300 camions citerne / 55 000 sacs / 1200 big bags** par an
- **4500 échantillons** analysés par an dans notre laboratoire, dont **1200 analyses** de sable clients.



La présence de Calderlys pour la Fonderie en Europe



EN 2024, NOTRE SITE DE MONTOIR-DE-BRETAGNE FÊTE SES 30 ANS!

Ce fut l'occasion pour nous de réunir une trentaine de clients français, ainsi que les familles de nos employés de l'usine pour partager un moment convivial et pédagogique.

Olivier Kubler, directeur des ventes EMEA Ouest & Sud et Christophe Ménard, directeur de l'usine de Montoir-de-Bretagne sont revenus sur le procédé de fabrication de nos additifs pour sable de moulage ainsi que sur notre éventail de produits et services réfractaires.

Pendant ces deux jours, les participants ont eu accès à:

- des présentations internes sur les solutions Calderlys pour la fonderie
- des présentations externes, données par des associations, des fondeurs et des fournisseurs d'équipements de fonderie
- de nombreux échanges autour de la situation actuelle de notre industrie et des prochains défis à relever



Visite de l'usine de Montoir-de-Bretagne pour nos invités.



Projet de recyclage dans l'aluminium

Le recyclage est entré depuis longtemps dans la logique de la production, tant pour réduire les coûts que pour influencer sur les approvisionnements (entre autres une forte thématique IA, décarbonation, valorisation).

D'ici à 2030, une augmentation de la demande en métaux est attendue en France et en Europe, notamment en raison de l'utilisation grandissante de métaux non-ferreux, dans les technologies de la transition énergétique.

Une filière à consolider sinon à reconstruire à travers des innovations et des investissements.

La réindustrialisation passera aussi par la valorisation de nos ressources.

Plusieurs projets sont sur la table pour des filières de « recyclage » dans l'aluminium. Des projets qui visent un segment promis à une forte progression avec des CAGR de 5 à 8% tant la demande est forte. La maîtrise des coûts sur les matières premières devient un objectif prioritaire de différenciation, parmi ces projets le domaine de l'extrusion semble vouloir prendre un tournant :

➤ UNE EMPREINTE CARBONE ENCORE PLUS FAIBLE POUR LES PROFILÉS EN ALUMINIUM HYDRO CIRCAL® 75R

D'ici 2030, nous accélérerons la croissance dans le recyclage et l'extrusion aluminium, ainsi que nos ambitions en matière de production d'énergie renouvelable. Nous mettons en œuvre notre feuille de route de décarbonation et contribuerons à une transition positive pour la nature et juste, tout en façonnant le marché de l'aluminium plus vert.

Lancé dès 2019, Hydro CIRCAL® 75R est un aluminium recyclé de haute qualité, fabriqué avec un minimum de 75 % de déchets post-consommation. En s'appuyant sur les connaissances acquises au cours de ces dernières années, le groupe Norvégien de l'aluminium Hydro, seul producteur à maîtriser chaque étape du cycle de vie du matériau, a réussi une véritable prouesse dans le domaine du recyclage en améliorant encore l'empreinte carbone de son alliage. Les progrès réalisés dans la collecte, le tri et la traçabilité



des déchets d'aluminium post-consommation, ainsi que le processus d'extrusion permettent à TECHNAL de fabriquer ses menuiseries et façades en Hydro CIRCAL® 75R à l'empreinte carbone réduite de 1,9 kg de CO₂e/kg d'aluminium. Cette empreinte carbone est certifiée par DNV-GL, avec une Déclaration Environnementale de Produit (DEP).

➤ HYDRO CIRCAL® 100R

Hydro propose également l'aluminium Hydro CIRCAL® 100R, un aluminium recyclé contenant 100 % de déchets post-consommation. Depuis mars dernier, TECHNAL peut ainsi fabriquer ses profilés dans cet alliage dont l'empreinte carbone est proche de zéro (0,5 kg de CO₂e/kg d'aluminium). Il est dédié aux projets spécifiques. Grâce aux avancées technologiques dans les processus de fabrication, Hydro CIRCAL® 100R deviendra progressivement plus accessible.

➤ FONDERIE ALU BAS CARBONE CORALIUM

Le projet, d'un montant total de 42 millions

d'euros, a obtenu des aides de l'État à hauteur de 9 millions d'euros (5,4 millions d'euros de subventions et 3,6 millions d'euros de prêts) dans le cadre de l'appel à projet « métaux critiques » France 2030, qui vise à développer la compétitivité industrielle et les technologies d'avenir, et dont un des volets concerne la décarbonation de notre industrie. Par ailleurs il est à noter que Coralium est implantée dans une zone ciblée pour les aides à finalité régionale (AFR). France 2030 vise à accélérer la transformation des secteurs clés de notre économie par l'innovation et à positionner la France non pas seulement en acteur, mais bien en leader du monde de demain.

« C'est un levier majeur pour décarboner notre économie ». France 2030, ce sont 50 % des moyens consacrés à la décarbonation, à l'image de ce qui se fait sur les transports avec des objectifs sur l'automobile mais aussi le transport ferroviaire avec le train léger hydrogène, les matériaux avec le recyclage et les matériaux critiques ou encore la production d'électricité ou la décarbonation des sites industriels.

➤ PROJET DE FONDERIE D'ALUMINIUM RECYCLÉ À HAM (Hauts-de-France) ASG

Aluminium Solutions Group regroupe quatre usines, trois en France (Ham, Saint-Florentin et Carquefou) et une à Tolède en Espagne. Le groupe a été créé par le rapprochement des deux sociétés Aluminum France Extrusion (héritière de Pechiney-Alcan, Constellium) et Extol en Espagne acquis en 2022. L'agence de la transition écologique ADEME estime que la demande en aluminium en 2050 devrait augmenter de 50% par rapport à son niveau





actuel. L'attrait vient du fait que l'aluminium, métal traditionnel de l'industrie, est aussi crucial pour la transition des énergies car il conduit l'électricité (comme le cuivre).

L'Union européenne l'a inscrit au tableau des métaux « cruciaux » pour la souveraineté du continent. L'investissement « de 50 millions d'euros », soutenu par des aides publiques « de l'ordre de 9 millions d'euros » issues du plan France 2030, fera du site de Ham « la plus grosse fonderie bas carbone de France, avec une capacité de 80.000 tonnes par an ».

➤ NOUVELLE USINE DE RECYCLAGE DE L'ALUMINIUM PRÈS DE COLMAR (CONSTELLIUM)

Le nouveau centre, qui a bénéficié d'aides du plan de relance français « augmentera de 130.000 tonnes supplémentaires », soit

75%, son volume d'aluminium recyclé issu de chutes provenant de l'industrie automobile ou de canettes alimentaires usagées, a indiqué le groupe mardi matin. L'investissement porte à 735.000 tonnes la capacité de recyclage globale de Constellium, géant international de l'aluminium, lointain rejeon du démantèlement du français Pechiney. Sa principale usine de recyclage est située aux États-Unis.

Ses clients, essentiellement les industriels de l'emballage alimentaire (canettes de boisson ou boîtes de conserve) et de l'automobile, sont eux-mêmes très demandeurs de matériaux recyclés pour faire baisser leur propre empreinte carbone.

Au total, Constellium estime que la nouvelle usine permettra de contribuer à une réduction « d'environ 400.000 tonnes » d'émissions de gaz à effet de serre, sans préciser s'il s'agit des siennes en propre ou si ce chiffre comprend aussi celles de ses clients. Le groupe

affiche l'ambition de réduire l'intensité de ses émissions de gaz à effet de serre de 30% en 2030 par rapport à 2021 et d'augmenter la part des matières recyclées à plus de 50% d'ici à 2030. Au total, 130 millions d'euros ont été investis dans ce projet. Cette somme va permettre de doubler la capacité de métal recyclé « Avec cette nouvelle unité de recyclage, l'usine pourra recycler 75% de matières supplémentaires, soit environ 130 000 tonnes ».

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



ERVIN Sustainable Metallic Abrasives

- 1920** Ervin est fondée par John F. Ervin. Plus de 100 ans d'économie circulaire.
- Faire mieux avec moins** (scope 2, scope 3)
- Emballages en papier recyclé depuis les années 1960** (scope 3)
- 2014 Usine de Glaubitz** (scope 3)
- Rendement supérieur, réduction des émissions de dioxyde de carbone** (scope 1, scope 2) (CO₂ ↓↓↓)
- 2022 Amapure** (scope 2, scope 3)
- 2024 Éolienne de Glaubitz** (Réduction de 20% des émissions du champ d'application 2 en un an, scope 2)
- Pratiques de travail durables**
- 2027 L'hydrogène réduit les émissions de CO₂ de 80%** (scope 1, scope 2) (H₂)
- 2030 Net zero**

Sustainable Metallic Abrasives

Ervin a inventé le procédé de recyclage de la ferraille d'acier il y a plus de 100 ans, afin d'améliorer la productivité, de réduire la consommation de ressources naturelles, et de diminuer les déchets générés par les opérations de grenailage.

- Entreprise familiale qui investit dans les conditions de travail et le bien-être de son personnel
- Plus de 98% de nos matières premières sont recyclées
- Durée de vie et énergie transmise supérieures réduisent les émissions de CO₂ des clients (scope 2)
- Passage aux énergies renouvelables et neutralité carbone: éolien, oxygène & hydrogène
- Réduction des émissions de CO₂ de 20% en 2024 et de 80% en 2027
- Zéro émission nette de carbone d'ici 2030

Pour plus d'informations sur notre engagement constant pour la Durabilité scannez le QR code ci-contre.



Ervin Germany GmbH
T +49 30 400 37846
sales@erwin.eu

The World Standard for Quality

www.erwin.eu



Comment Ervin a amélioré la durabilité de ses fonderies



Si la Durabilité est devenue l'une des préoccupations majeures de nombreuses entreprises au cours de ces dernières années, chez Ervin la Durabilité n'est pas une idée nouvelle. En effet, l'entreprise et sa toute première fonderie ont vu le jour au début des années 1920 avec un concept innovant : recycler la ferraille d'acier afin d'améliorer la productivité, de réduire la consommation des ressources naturelles et de diminuer les déchets générés par les clients lors des opérations de grenailage, créant ainsi une véritable économie circulaire. Pendant plus de cent ans et depuis sa création, Ervin a toujours poursuivi une démarche durable dans son procédé de fabrication, ses activités commerciales et son développement.

15 ans avant la date imposée par le gouvernement allemand, Ervin Europe a annoncé toute une série d'actions innovantes afin d'atteindre la zéro émission nette de carbone d'ici 2030, en introduisant dans ses usines des mesures comme le passage du gaz naturel à l'hydrogène, la production d'électricité renouvelable et la réduction des émissions de CO₂ des champs d'application (SCOPE) 2 et 3 chez ses clients.

UN DÉVELOPPEMENT AVEC LA DURABILITÉ EN FIL ROUGE

Wolfgang Assmann, Directeur Général d'Ervin Europe, explique que notre fondateur John F.

Ervin, un fondeur, guidé par le désir de « faire mieux avec moins », a inventé le procédé de fabrication de grenaille métallique avec de la ferraille d'acier. Cette philosophie a été transmise à ses descendants, jusqu'aux membres de la famille qui aujourd'hui dirigent la société.

A Glaubitz en Allemagne, une nouvelle fonderie et unité de production de grenaille d'acier moderne et performante est ouverte en 2014. Sa localisation au centre de l'Europe permet d'accompagner la réduction des coûts logistiques et l'utilisation des modes de transport ferroviaire et fluvial afin de réduire les émissions de CO₂ du champ d'application (scope) 3.

René Spandler qui dirige aujourd'hui la fonderie, supervise bon nombre d'initiatives prometteuses et explique : « nous utilisons des fours à arc électrique pour la fusion de la ferraille d'acier, ce qui entraîne un niveau d'émission de carbone nettement inférieur à celui lié à la production d'acier brut ». Le procédé de fabrication implique aujourd'hui l'utilisation de plus de 98% de matières premières recyclées pour produire des grenailles d'acier rondes et angulaires de la plus haute qualité afin de faire bénéficier les clients des meil-

ERVIN Sustainable Metallic Abrasives

- 1920** Ervin est fondée par John F. Ervin. Plus de 100 ans d'économie circulaire. 98% de nos matières premières sont recyclées et non vierges.
- Faire mieux avec moins** Nos clients peuvent : Utiliser moins de grenaille par pièce et générer moins de déchets ; Consommer moins d'énergie par pièce traitée. (scope 2, scope 3)
- Emballages en papier recyclé depuis les années 1960**
- 2014 Usine de Glaubitz** Usine moderne et efficace située en Europe centrale. (scope 3)
- Amapure** Réduire la pollution pour prolonger la durée de vie des grenailles, des pièces traitées et de l'équipement de grenailage. (scope 3)
- Rendement supérieur, réduction des émissions de dioxyde de carbone** Utilisation d'oxygène dans nos procédés de traitement thermique. (scope 1, scope 2)
- 2022** Production de 20% d'économies de CO₂ par champ d'application 2 en un an. **Éolienne de Glaubitz** (scope 2)
- Pratiques de travail durables** • Numérisation • Visioconférence avec nos clients • Investissement dans les équipements de travail et le bien-être du personnel
- 2027** L'hydrogène réduit les émissions de CO₂ de 80%. Remplacement du gaz par de l'hydrogène sans CO₂. (scope 1, scope 2)
- 2030** Zéro émission en avance sur les exigences du gouvernement allemand.



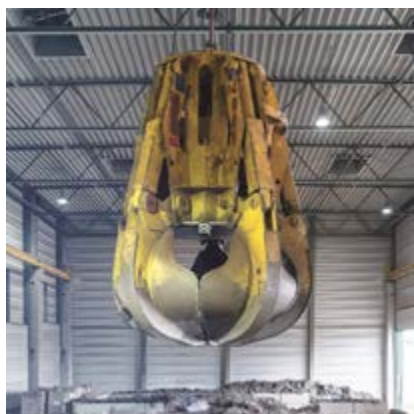
leurs résultats. Paul Abram, Directeur Technique, souligne que « grâce à la durée de vie élevée et à l'importante énergie transmise de nos grenailles rondes et angulaires, nos clients utilisent moins de grenaille par pièce traitée et génèrent moins de déchets, entraînant une amélioration de la durabilité de leurs opérations de grenailage, contribuant ainsi à la réduction de leurs émissions de CO₂ (SCOPE 2) ».

Le traitement des déchets est une préoccupation grandissante dans tous les pays européens ; les gouvernements promulguent de nouvelles lois associées à des pénalités financières pour inciter les entreprises à réduire leurs déchets. Les tests comparatifs réalisés régulièrement révèlent que la grenaille Ervin réduit la quantité de grenaille nécessaire d'au

moins 10% et donc réduit les déchets produits d'au minimum 10%, réduisant tout à la fois l'impact environnemental et les coûts indirects grâce à la durée de vie supérieure des grenailles acier et inox. Nos fonderies effectuent un contrôle rigoureux de la granulométrie, de la dureté et de la microstructure de nos grenailles rondes et angulaires : « en conséquence, elles transmettent une plus grande énergie lorsqu'elles atteignent les pièces sur lesquelles elles sont projetées, ce qui se traduit par une plus grande performance de grenailage et, pour nos clients, une réduction de la consommation d'énergie », explique Paul Abram.

➤ UN CENTRE D'ESSAI À DISPOSITION DES CLIENTS

Qualité de la grenaille d'une part et assistance technique d'autre part apportent de nombreux avantages. Paul Abram précise que « nos équipes techniques et commerciales travaillent en parfaite collaboration avec les utilisateurs clients dans le but à la fois d'élever la productivité et de réduire les coûts des opérations de grenailage » à travers l'optimisation des réglages machine et le choix de la grenaille la mieux adaptée. Pour cela le centre d'essais d'Ervin est à la disposition des clients. Amapure, un additif minéral dégraissant récemment introduit sur le marché par Ervin, absorbe l'huile et la graisse résiduelle sur les



pièces traitées, prolongeant ainsi la durée de vie de la grenaille et de l'équipement de grenailage, tout en réduisant les déchets et les coûts.

Dès les années 1960, bien avant l'évolution vers des emballages modernes, Ervin a été le premier fabricant de grenaille à fournir ses produits conditionnés dans des sacs en papier recyclé.

Wolfgang Assmann déclare : « Notre entreprise entre dans le second siècle de son existence et notre engagement pour la Durabilité est plus fort que jamais. Le plan d'actions que nous avons établi pour nos fonderies et pour l'ensemble des différents services de notre organisation, ainsi que nos recherches systématiques de nouvelles améliorations nous permettront d'atteindre le zéro-émission net de carbone d'ici 2030, soit 15 ans avant la date imposée par le gouvernement allemand. Nul doute que John F. Ervin, notre fondateur, serait fier du chemin parcouru et de nos projets pour l'avenir ».



ERVIN

Coordonnées et contacts :

Entreprise:

Ervin Amasteel

Contacts:

Wolfgang ASSMANN,
Directeur Général Ervin Europe
Paul ABRAM,
Directeur Technique Ervin Europe
René SPANDLER,
Directeur Usine Ervin Amasteel

Adresse :

Ervin Germany GmbH
Rudower Chaussee 48
12489 Berlin - Germany

Influence de l'affinage, du niveau d'inclusion et de la qualité du filtre sur la performance de filtration de l'aluminium fondu

Jiawei YANG, Sarina BAO, Shahid AKHTAR, Ulf TUNDAL, Stig TJØTTA, and Yanjun LI

L'ajout de particules d'affinage de grain dans l'aluminium fondu est connu pour réduire l'efficacité de filtration des filtres à mousse céramique (CFF). Dans le présent travail, une étude systématique de l'influence du niveau d'addition des alliages maîtres Al-Ti-B et du niveau d'inclusion sur la performance de filtration de l'aluminium fondu a été réalisée par des essais de filtration à l'échelle pilote en utilisant des filtres de 50 PPI et de 80 PPI.

Le niveau d'inclusion de la matière fondue a été mesuré à l'aide de LIMCA et de PoDFA. Pour le CFF 80 PPI, la valeur de l'inclusion N20 (diamètre supérieur à 20 µm) dans la matière fondue post-filtrée n'augmente pas lorsqu'un niveau d'inclusion très élevé est introduit sous forme de copeaux. Pour les matières fondues contenant une faible quantité d'affineurs de grains (~ 0,5 kg/tonne), la performance de filtration de la CFF n'est pas affectée par les raffineurs de grains, quelle que soit la charge d'inclusion. L'ajout de 2,0 kg/tonne d'affineurs de grains réduit la performance de filtration pour les matières fondues avec un niveau d'inclusion élevé, où les inclusions post-filtration d'une taille de 15-20 µm ont augmenté de manière significative. On constate toutefois que, pour les matières fondues présentant une charge d'inclusion très élevée, la performance de filtration du 80 PPI CFF n'est pas affectée par l'ajout d'affineurs de grains jusqu'à 2,0 kg/tonne. Les interactions entre les inclusions et les particules de d'affinage de grains ainsi que le mécanisme de filtration ont été étudiés en caractérisant le filtre usé et en mesurant la chute de pression pendant le processus de filtration. Il s'avère que la forte adhérence entre le film d'oxyde et les particules de l'affineur domine l'influence de l'affineur de grain sur la performance de filtration du CFF. Au cours du processus de filtration, les films d'oxyde ont une forte influence sur la capture d'autres inclusions telles que les particules d'oxyde et les particules de TiB₂ par le filtre. Un mécanisme basé sur les interactions entre les films d'oxyde et les particules d'affinage de grains est proposé pour expliquer la performance de la CFF.

>>> INTRODUCTION

Une fonte d'aluminium d'une grande propreté, c'est-à-dire présentant une faible teneur en contaminants, est cruciale pour la qualité du métal des moulages d'aluminium, les processus thermomécaniques ultérieurs et les propriétés mécaniques des produits finaux.

Les contaminants les plus courants dans l'aluminium fondu comprennent les gaz dissous (hydrogène), les éléments alcalins et alcalino-terreux, une variété de composés intermétalliques et des inclusions non métalliques, par exemple des oxydes, des carbures, des borures, des nitrides, etc [1]. Ces contaminants peuvent provenir du matériau réfractaire, de la matière première pendant l'électrolyse ou même pendant le processus d'affinage [2].

Différentes méthodes telles que la sédimentation, la flottation à bulles [3,4], le fluxage [5], les techniques de séparation électromagnétique [6], la séparation centrifuge [7] et la filtration [8-24] ont été étudiées pour éliminer les inclusions de l'aluminium en fusion. La filtration de l'aluminium par un filtre en mousse céramique (CFF) est l'une des méthodes les plus utilisées actuellement dans l'industrie du moulage en raison de son coût relativement faible et de sa grande efficacité.

Outre la propreté du métal, une fine structure de grain équiaxe contribuera à réduire les défauts au cours du processus de coulée et à améliorer l'aptitude au traitement et les propriétés mécaniques des alliages d'aluminium. Ceci peut être réalisé en ajoutant des alliages maîtres d'affinage du grain dans les alliages, tels que Al-3Ti-1B, Al-5Ti-1B, ou Al-3Ti-0,15C, etc., qui contiennent un grand nombre de particules inoculantes puissantes telles que TiB₂ et TiC. Malheureusement, il est connu que l'ajout de particules d'affinage du grain réduit l'efficacité de la filtration de l'aluminium fondu avec une forte charge d'inclusions par filtration CFF.

La réduction de l'efficacité de filtration de la CFF par le raffinement du grain a été rapportée par Towsey et al. [25] Une étude systématique sur l'efficacité de filtration de l'aluminium fondu AA 1050 en utilisant une CFF de 50 PPI avec divers alliages maîtres de raffinement du grain (Al-Ti-B, Al-Ti-C) a été réalisée par Towsey et al. [25,26] Il a été démontré que la réduction de l'efficacité de filtration

par les affineurs de grains ne se produisait que sous une « charge d'inclusion élevée » (valeurs N15 comprises entre 6 et 28 k/kg de matière fondue dans leurs expériences), tandis que l'efficacité de filtration n'était pas affectée sous une « faible charge d'inclusion » (valeur N15 inférieure à 2 k/kg). Il a également été constaté que la phase intermétallique Al₃Ti seule sans particules de TiB₂ ne nuit pas à l'efficacité de la filtration. L'augmentation de la charge d'inclusion ne nuit pas non plus à l'efficacité de la filtration en l'absence de raffineurs de grains. Par conséquent, les particules de raffineurs de grains sont supposées être à l'origine de la réduction de l'efficacité de la filtration. Ils ont souligné que les inclusions peuvent former un « pontage » au niveau de la fenêtre du filtre, ce qui augmente l'efficacité de la filtration en changeant le mode de filtration d'un mode en profondeur moins efficace à un mode en empilement plus efficace. Ils ont suggéré que les particules de raffineur de grains pouvaient détruire ou empêcher la formation du pont d'inclusion, ce qui entraînait donc une réduction de l'efficacité de la filtration. La preuve en a été apportée par le fait que les ponts d'inclusion ne pouvaient plus être trouvés dans le filtre usé après l'introduction de raffineurs de grains.

Cependant, la manière dont le pont d'inclusion se forme et la manière dont la particule de raffineur de grain détruit le pont restent inconnues. D'après les figures montrées par les auteurs, le pont d'inclusion semble être composé de particules d'inclusion à la fois dans le CFF et dans le Metalllic Tube Cartridge Filter (MCF) [24,27]. Une réduction similaire de l'efficacité de filtration causée par l'ajout de raffineurs de grains a également été observée par Ray et al. [12] En examinant les filtres usés, des ponts d'inclusion composés de particules d'inclusion ont également été observés. Lae et al. [28] ont signalé une réduction similaire de l'efficacité de filtration pour les alliages 5182 filtrés par 50 PPI CFF après l'ajout de l'affineur de grain (Al-5Ti-1B). Ils ont signalé une perte de 42 % de l'efficacité de filtration après l'introduction de l'affineur de grain et l'ont attribuée à la prévention de la formation de ponts de peau d'oxyde par les particules de l'affineur de grain. Duval et al. [19] ont également observé des ponts de particules dans le filtre CFF usé lors de leur expérience de filtration, où aucun raffineur de grains n'a été ajouté. Damoah et al. [8] ont

montré que le pont d'inclusion est composé de particules d'inclusion riches en Fe, recouvrant l'ouverture du filtre dans leurs filtres usés. Ils ont constaté que le métal en dessous du pont est très propre ; entre-temps, les inclusions ont été arrêtées par le pont.

Le présent travail vise à comprendre en profondeur l'impact des raffineurs de grains sur la filtration de l'aluminium et le mécanisme sous-jacent. L'influence des niveaux d'addition de raffineurs de grains, de la qualité du filtre (50 et 80 PPI CFF) et de la charge d'inclusion sur la performance du filtre est étudiée et discutée. Différente de la théorie du pont de particules, une nouvelle explication de la raison pour laquelle le raffineur de grain réduit la performance du filtre est donnée.

>>> EXPERIMENTAL

Matériel et procédure expérimentale

Sept essais pilotes de filtration ont été réalisés dans le centre de référence de Hydro Aluminium Sunndalsøra, en Norvège. Les CFF utilisés étaient des filtres en alumine à faible phosphore de 50 et 80 PPI produits par Pyrotek, d'une dimension de 584 x 584 x 50 mm. Les compositions du filtre sont les suivantes : > 70 % en poids d'oxyde d'aluminium, 0,5-1,5 % en poids de bentonite et 1-10 % en poids de phosphate d'aluminium. L'alliage d'aluminium 6060 a été utilisé avec une composition de 0,4 % en poids de Si, 0,17 % en poids de Fe, 0,001 % en poids de Cu, 0,11 % en poids de Mn et 0,4 % en poids de Mg, et équilibré avec de l'aluminium. Les copeaux du même alliage avec les mêmes compositions chimiques ont également été ajoutés pour augmenter le niveau d'inclusions dans la masse fondue.

Neuf tonnes d'aluminium ont été fondues dans le four de fusion. En faisant basculer le four de fusion, le métal liquide s'est écoulé dans la goulotte à partir de la sortie du four de fusion, avant de traverser la boîte à filtres, et de retourner dans le four de fusion. La température du métal dans le bac est maintenue à environ 730 °C. Grâce à la nouvelle technologie Drain-Free Filtration (DFF) de Hydro [29], le filtre a d'abord été amorcé par le bas, puis un processus de filtration normal a commencé. Le liquide contenu dans le four de fusion étant retiré à la fin de chaque journée.

Après l'amorçage, deux analyseurs de propreté du métal liquide (LiMCA) II ont été placés avant (Pos 1) et après (Pos 2) le filtre, afin d'obtenir une analyse en ligne du niveau d'inclusion. Après environ une demi-heure de filtration, des blocs de copeaux d'alliage 6060 de 50 ou 80 kg ont été ajoutés directement dans le four de fusion pour augmenter les

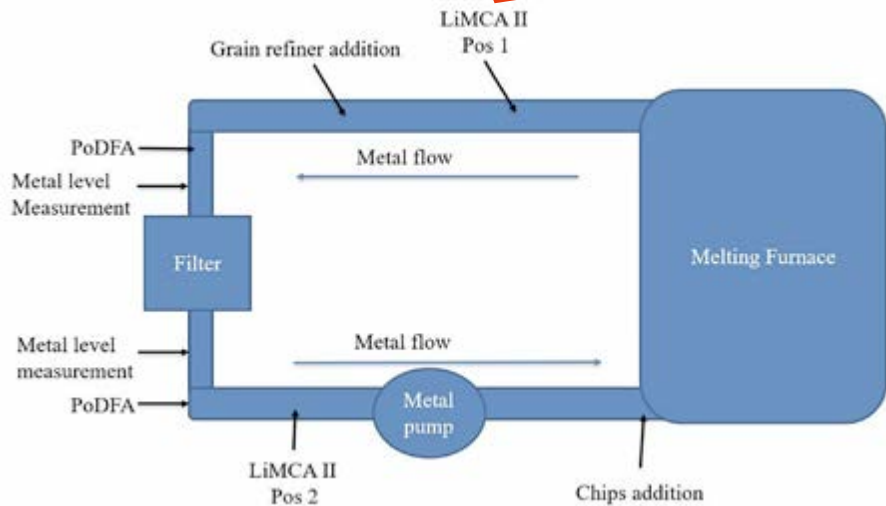


Fig. 1: Vue de dessus de la boucle de filtration

Test Nr	Chips Addition (kg/batch)	Filter (PPI)	Grain Refiner Addition (kg/ton)	Average N20 before Filtration (k/kg)
1	0	80	0.5	0.8
2	50	80	0.5	4.5
3	80	80	0.5	12.0
4	50	80	2	9.9
5	80	80	2	22.3
6	80	50	0.5-1	12.4
7	80	50	2-4	27.7

¹ These are measured value from LiMCA II during the experiment.

Tab. 1: Aperçu expérimental de l'essai pilote de filtration

niveaux d'inclusion dans la masse fondue. Du gaz argon a été utilisé pour brasser le métal liquide dans le four pendant la période d'ajout des copeaux. La pompe à métal a été utilisée pour contrôler le débit de la matière fondue à 7 tonnes/heure, deux lasers étant positionnés avant et après la boîte à filtre, pour en surveiller la hauteur du métal dans la cuve. L'alliage maître d'affinage Al-3Ti-1B sous forme de barre a été introduit dans la masse fondue environ 10 minutes après la fin de l'ajout de copeaux. Au total, chaque expérience de filtration a duré environ 1,5 heure. Des échantillons PoDFA ont été prélevés avant et après le filtrage pour mesurer les types d'inclusion dans la matière fondue. La **figure 1** présente un schéma de la boucle de filtration utilisée.

Une vue d'ensemble des expériences de filtration est présentée dans le **tableau 1**. Comme le métal n'a pas été changé au cours de la journée, la deuxième expérience réalisée le même jour présentera une certaine accumulation de particules d'affinage provenant de l'essai précédent, expliquant, les niveaux d'ajout d'affineur de grain de l'essai 6 (après l'essai 3) et de l'essai 7 (après l'essai 5) sont plus élevés que ceux des autres essais. On suppose que l'essai 6 contient 0,5 kg/tonne d'élément d'affinage dès le début de la filtration et que l'essai 7 en contient 2,0 kg/

tonne dès le début. Selon les valeurs moyennes mesurées d'inclusion de N20 dans la matière fondue avant filtration, les niveaux d'inclusion ont été classés comme faibles (0-3 k/kg), élevés (3-11 k/kg) et ultra-élevés (> 11 k/kg) dans le présent travail.

Les filtres usés contenant de l'aluminium résiduel ont été coupés, polis et étudiés au microscope électronique à balayage (MEB) (SUPRA 55-VP, Zeiss, Oberkochen, Allemagne) avec un spectromètre à rayons X à dispersion d'énergie (Octane, EDAX, Mahwah, États-Unis). Une tension d'accélération de 10-15 kV et une distance de travail de 10-15 mm ont été utilisées pour l'observation au MEB.

En raison de la taille plus petite des pores, il est plus facile pour les agglomérats d'inclusions de se former dans les filtres 80 PPI pendant la filtration que dans les filtres 50 PPI. C'est pourquoi la recherche s'est davantage concentrée sur les filtres 80 PPI dans le présent travail.

>>> RÉSULTATS

Influence de l'affineur de grain à un niveau de 0,5 kg/tonne sur le filtre 80 PPI

La **figure 2(a)** montre les résultats de l'analyse LiMCA II de l'essai 1 dans lequel aucun co-

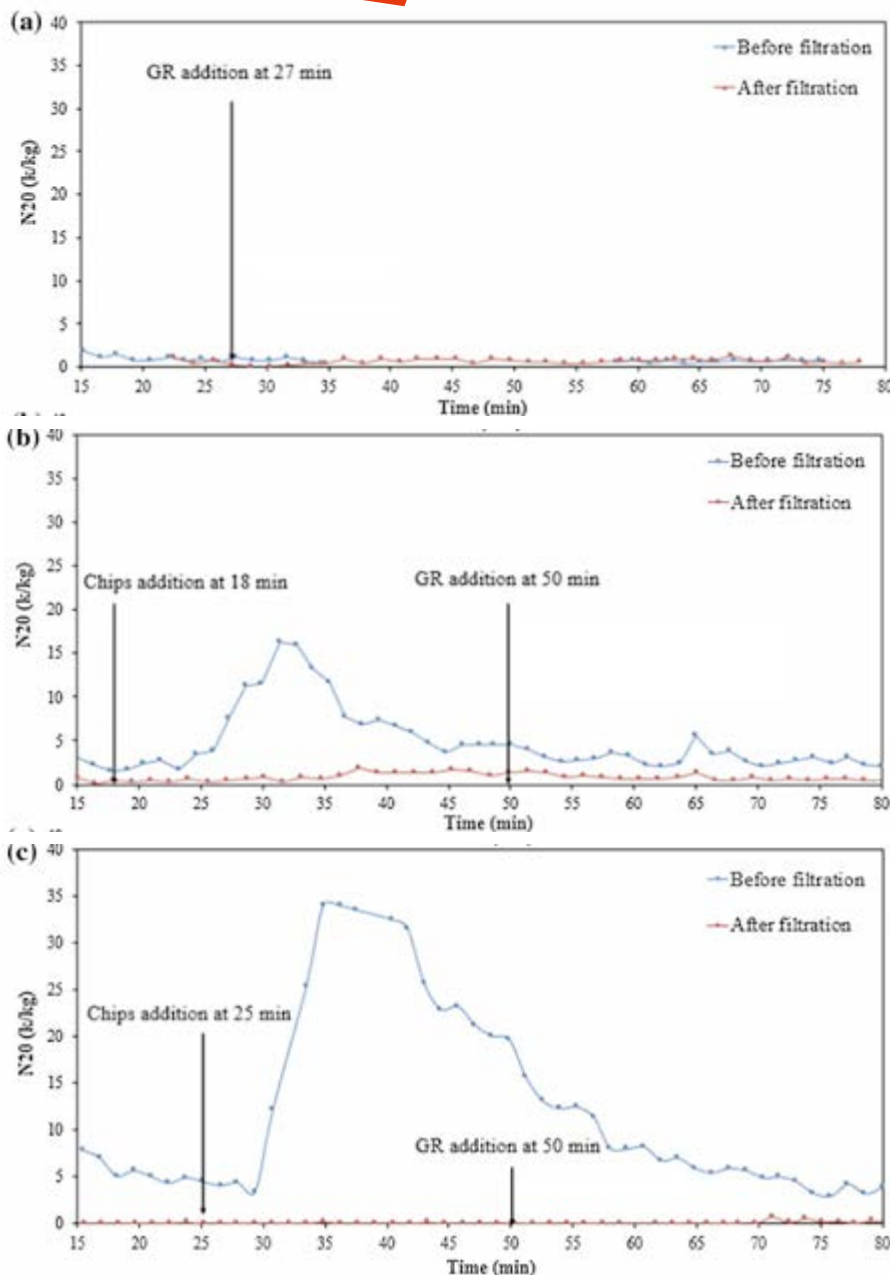


Fig. 2 : LiMCA II mesure le N20 (inclusions de plus de 20 µm) avant et après le filtre 80 PPI avec un niveau d'ajout de raffineur de grain de 0,5 kg/tonne. (a) Pas d'introduction de copeaux (test-1), (b) introduction de 50 kg de copeaux (test-2), et (c) introduction de 80 kg de copeaux (test-3).

peau n'a été introduit, mais seulement 0,5 kg/tonne d'alliage maître Al-3Ti-1B. En raison de l'absence d'introduction de copeaux, les comptes N20 pour les inclusions sont restés uniformément à un faible niveau, avec un N20 moyen de 0,8 k/kg. Les valeurs N20 avant filtration sont manquantes pendant 35 à 57 minutes en raison de l'ajustement de LiMCA II à la position 1. Comme on peut le voir, lorsque l'alliage maître Al-3Ti-1B est introduit dans la masse fondue après 27 minutes de filtration, les nombres d'inclusions après le filtre ne montrent aucune augmentation. Il semble que l'ajout d'affineurs de grains à une faible charge d'inclusion ne nuise pas à la performance du filtre.

La figure 2(b) montre le résultat LiMCA II de l'essai 2 où 50 kg de copeaux sont introduits dans la matière fondue. La charge d'inclusion dans la matière fondue avant le filtre augmente de manière significative avec l'introduction des copeaux, ce qui indique une introduction réussie des inclusions souhaitées. La charge d'inclusion avant le filtre diminue progressivement jusqu'au niveau de 5 k/kg après l'ajout des copeaux. La barre de raffinage des grains est introduite en continu dans la masse fondue avec un taux d'ajout constant de 0,5 kg/tonne pendant 50 minutes. Il est intéressant de constater qu'il n'y a pas de changement dans le niveau d'inclusion dans la masse fondue post-filtration après

l'ajout de raffineurs de grains. Il semble que l'introduction d'un raffineur de grains de 0,5 kg/tonne ne réduise pas la performance de filtration du 80 PPI CFF sous une charge d'inclusion élevée.

La figure 2(c) montre comment un faible niveau d'ajout de raffineur de grains (0,5 kg/tonne) influe sur les performances du filtre dans le cas d'une charge d'inclusion très élevée (essai-3). Comme on peut le voir, après l'introduction du raffineur de grains dans la matière fondue à 50 minutes, les valeurs N20 après le filtre restent les mêmes qu'avant l'ajout du raffineur de grains. La fluctuation des valeurs N20 observée à 70 minutes est due à l'échantillonnage PoDFA à 68 minutes, qui amène la peau d'oxyde à la surface de la matière fondue dans la masse de la matière fondue, perturbant la mesure LiMCA.

Ces résultats montrent qu'un faible niveau d'ajout de raffineur de grains (0,5 kg/tonne) ne semble pas affecter les performances du filtre 80 PPI, quelle que soit la charge d'inclusion. La valeur N20 après filtration est étonnamment plus faible pour la matière fondue avec ajout de 80 kg de copeaux (charge d'inclusion ultra-élevée) que pour les conditions de charge d'inclusion élevée et faible. Cela implique qu'une charge d'inclusion plus élevée n'affecte pas la performance du filtre, voire l'améliore.

Influence du raffineur de grains à un niveau de 2,0 kg/tonne sur le filtre 80 PPI

La figure 3 montre l'influence des raffineurs de grains sur la performance de filtration du CFF 80 PPI à deux niveaux de charge d'inclusion différents. Comme le montre la figure 3(a) (essai-4), le nombre de N20 dans la masse fondue avant filtration augmente considérablement après l'introduction de 50 kg de copeaux, tandis que le nombre de N20 après filtration est très proche de zéro, ce qui montre que la performance de filtration n'est pas affectée par la charge d'inclusion élevée et que la plupart des inclusions peuvent être arrêtées par le filtre. Cependant, après l'introduction de raffineurs de grains à un niveau d'ajout de 2,0 kg/tonne à 50 minutes, la charge d'inclusion post-filtration montre une augmentation remarquable, indiquant une réduction de la performance du filtre. Cela indique que les particules de raffineur de grains réduisent la performance du filtre pour une charge d'inclusion élevée avec un niveau d'ajout de particules de raffineur de grains aussi élevé que 2,0 kg/tonne.

Comme le montre la figure 3(b), l'ajout de 80 kg de copeaux permet d'atteindre une valeur

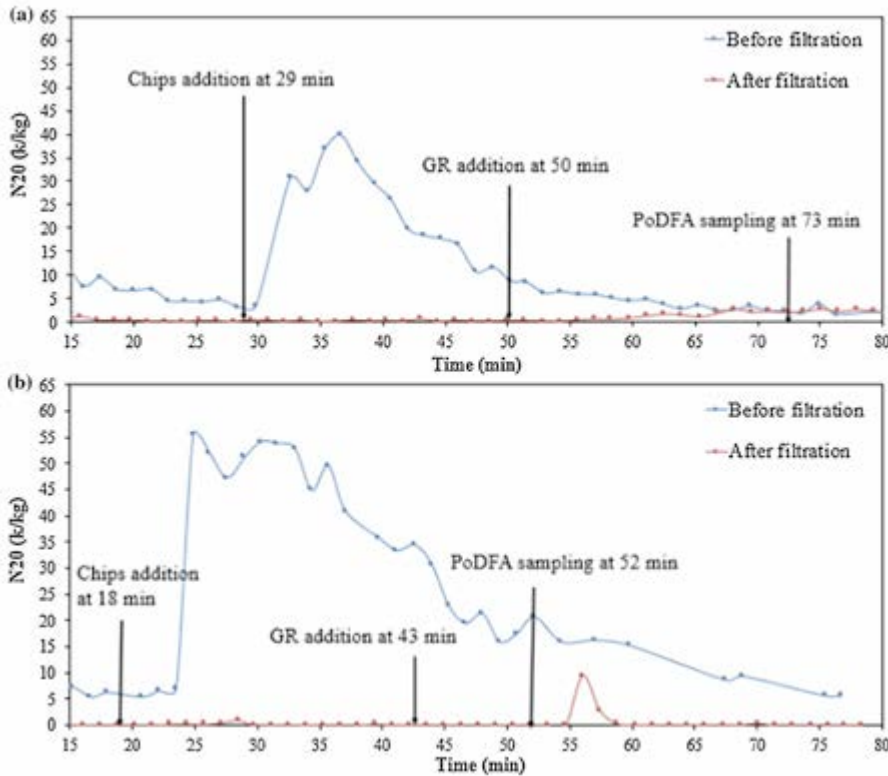


Fig. 3 : LiMCA II mesure le N20 avant et après le filtre 80 PPI avec un niveau d'ajout de raffineur de grain de 2,0 kg/tonne. (a) Introduction de 50 kg de copeaux (test-4), (b) Introduction de 80 kg de copeaux (test-5).

maximale plus élevée et plus large de N20 avant la filtration pour le test-5. Après filtration, la valeur presque nulle de N20 montre qu'une charge d'inclusion plus élevée ne réduit pas la performance du filtre lorsque les particules de raffineurs de grains sont également absentes. De manière surprenante, après l'introduction de la même quantité de raffineurs de grains que dans le test-4 à 43 minutes, la valeur N20 après filtration reste la même qu'avant l'ajout de raffineurs de grains. L'impact des raffineurs de grains sur les comptages N20 est indétectable. Le niveau d'inclusion après le filtre est faible et stable, indépendamment de l'ajout de raffineurs de grains. Il convient de noter que la forte augmentation de la valeur N20 après la filtration à 54 minutes a également été causée par l'échantillonnage PoDFA. Les résultats ci-dessus confirment que sous une charge d'inclusion très élevée, l'ajout de raffineur de grains n'affecte pas la performance de filtration du filtre PPI 80, même avec un niveau additionnel aussi élevé que 2,0 kg/tonne.

Influence du raffineur de grains sur la performance de filtration d'un filtre de 50 PPI

La figure 4(a) (essai-6) montre les comptages N20 des inclusions dans la masse fondue avant et après la filtration en fonction du temps pour un filtre 50 PPI soumis à une charge d'inclusion très élevée (80 kg) avec un niveau d'ajout de raffineur de grain de 0,5 kg/

tonne à 1,0 kg/tonne. De 10 à 40 minutes, il montre le comportement de filtration avant et après l'introduction d'une forte charge d'inclusion. Comme on peut le voir, avant l'ajout d'inclusions, la matière fondue filtrée contient un niveau plus élevé d'inclusions que le filtre 80 PPI (le N20 moyen post-filtration est d'en-

viron 2,7 k/kg par rapport à 0,1 k/kg dans la figure 2(c), ce qui montre une performance de filtration plus faible du CFF 50 PPI par rapport au 80 PPI. Après l'ajout d'inclusions fortement chargées dans la matière fondue à 18 minutes, il y a une légère augmentation du nombre de N20 après la filtration par rapport à ce qu'il était avant l'ajout de l'inclusion. Cela diffère de la performance du 80 PPI CFF, où l'introduction d'une inclusion à très forte charge ne modifie pas la valeur N20 dans la matière fondue filtrée (figures 2(c) et 3(b)), ce qui implique que la performance de filtration du 50 PPI CFF est plus sensible au niveau d'inclusion dans la matière fondue. Après l'ajout supplémentaire de 0,5 kg/tonne d'Al-3Ti-1B dans la matière fondue, les comptages N20 des inclusions après le filtre restent les mêmes qu'avant l'ajout du raffineur de grains. Comme pour le filtre 80 PPI, la performance d'un filtre 50 PPI n'est pas affectée par le faible niveau d'ajout de raffineur de grain (0,5 à 1,0 kg/tonne) sous une charge d'inclusion très élevée.

La figure 4(b) présente les comptages N20 des inclusions en fonction du temps pour un filtre de 50 PPI soumis à une charge d'inclusion très élevée (80 kg). La fonte d'aluminium d'origine est sans ajout de copeaux et contient 2,0 kg/tonne d'affineurs de grains jusqu'à 38 minutes. Comme on peut le voir, un nombre élevé de N20 post-filtration est observé dès le début, ce qui indique une mauvaise performance de filtration par rapport à la matière fondue contenant 0,5 kg/tonne d'affineurs

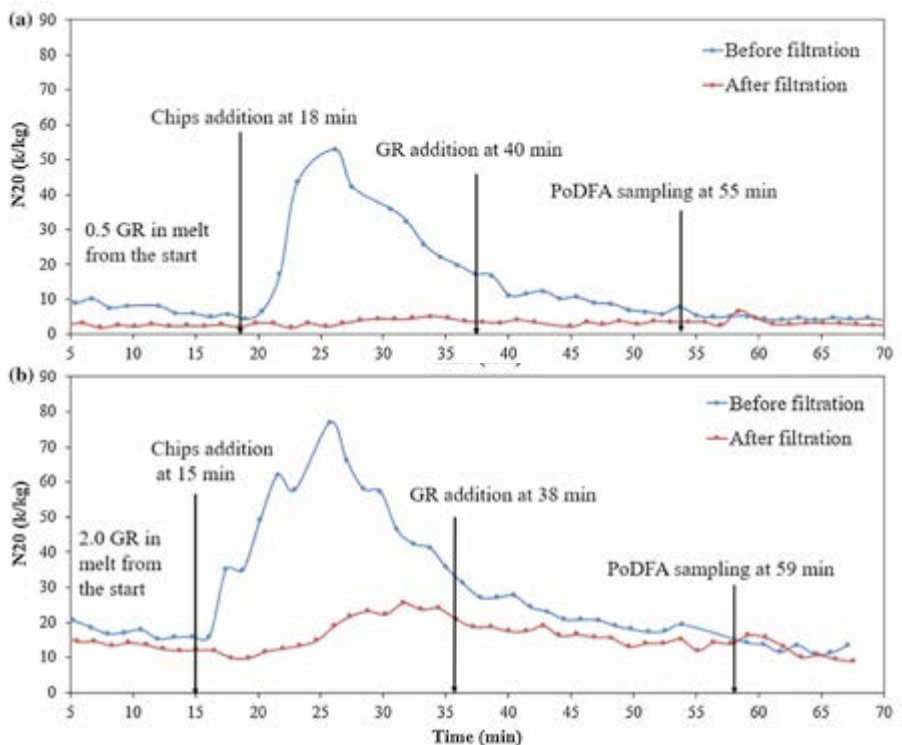


Fig. 4 : Comptages N20 avant et après un filtre de 50 PPI avec ajout de 80 kg de copeaux et un niveau d'ajout de raffineur de grains de (a) 0,5 à 1,0 kg/tonne (test-6), (b) 2,0 à 4,0 kg/tonne (test-7).

de grains (figure 4(a)). En ajoutant une forte charge d'inclusion dans la matière fondue à 15 minutes, une augmentation significative des comptes d'inclusion post-filtration peut être observée. Cela montre que la performance de filtration des filtres de 50 PPI a été gravement affectée par l'ajout d'un dosage élevé de particules de raffineurs de grains. Ces résultats diffèrent de ceux du filtre 80 PPI, dont la performance n'a été affectée ni par l'introduction d'une charge d'inclusion très élevée, ni par l'ajout d'un niveau élevé de raffineurs de grains (figure 3(b)). Il est également différent de la performance de filtration du filtre 50 PPI pour la matière fondue avec 0,5 kg/tonne de raffineur de grains (figure 4(a)).

Cependant, avec l'ajout supplémentaire de 2,0 kg/tonne de raffineur de grains à la matière fondue à 38 minutes, il n'y a pas de changement significatif des comptages N20 post-filtration. À 53 minutes, la performance du filtre est à peu près la même qu'avant l'ajout d'une charge lourde. Il semble que l'ajout supplémentaire de raffineur de grains à hauteur de 4,0 kg/tonne n'augmente pas davantage les comptages N20 post-filtration.

Types d'inclusion dans la matière fondue déterminés par la PoDFA

D'après les résultats de la PoDFA présentés dans le tableau II, la plupart des inclusions dans la matière fondue peuvent être identifiées comme des oxydes mixtes (principalement des films d'oxyde), des inclusions riches en TiB₂/Ti- provenant de l'affineur de grains, et une petite quantité de carbures et de MgO/spinel. Tous les échantillons de PoDFA ont été prélevés après l'introduction du raffineur de grains. L'efficacité de filtration des inclusions peut être calculée sur la base de l'équation (1).

$$E = (C_{in} - C_{out}) / C_{in}$$

où C représente la concentration d'inclusion, soit en surface par kg (mm²/kg), soit en nombre par kg (k/kg). L'indice "in" signifie avant la filtration et "out" après la filtration. Les efficacités de filtration calculées sont incluses dans la dernière colonne du tableau II. Il est important de souligner que l'analyse PoDFA n'est pas considérée comme une méthode précise pour donner des valeurs quantitatives d'inclusions dans la matière fondue, l'efficacité de filtration calculée ne donne qu'une tendance relative de l'élimination des inclusions. Le grand avantage de la PoDFA est qu'elle peut être utilisée pour identifier les types d'inclusions.

Les résultats du PoDFA montrent que le test-3, le filtre 80 PPI avec une charge d'inclusion très élevée et un faible niveau d'ajout de raffi-

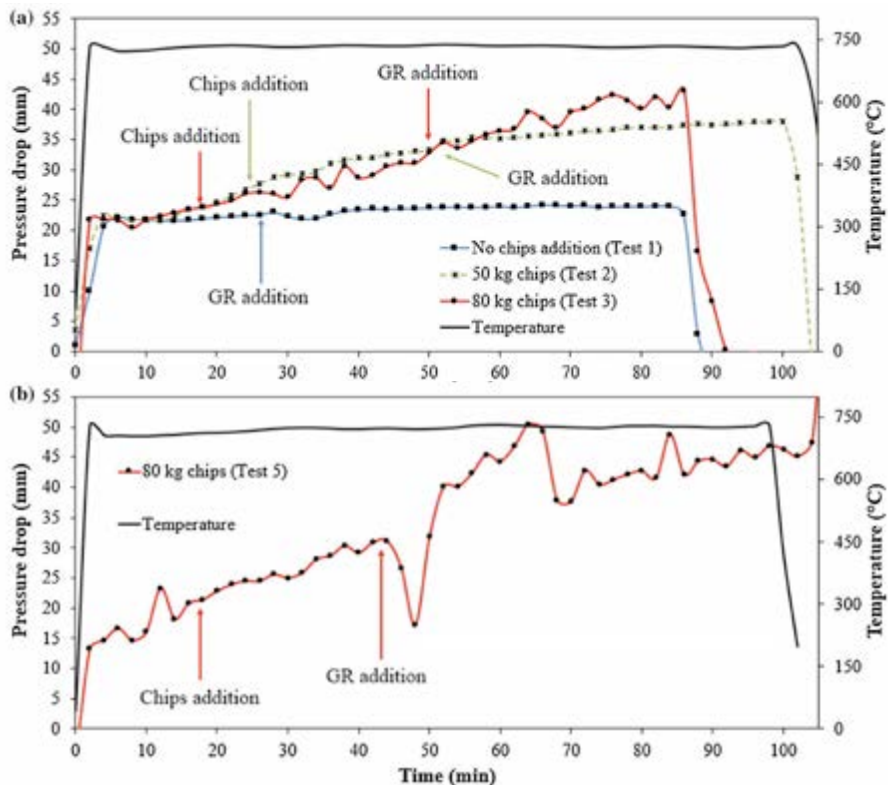


Fig. 5 : Pertes de charge (a) d'un filtre PPI 80 avec 0 (test-1), 50 (test-2) et 80 (test-3) kg de copeaux ajoutés et avec un niveau d'ajout de raffineur de grain de 0,5 kg/tonne. (b) Les pertes de charge d'un filtre 80 PPI avec 80 kg de copeaux ajoutés et un niveau d'ajout de raffineur de grains de 2,0 kg/tonne (test-5). La forte variation de la perte de charge entre 45 et 70 minutes est due à l'échantillonnage du PoDFA et à d'autres perturbations pendant les expériences, qui n'influencent pas la tendance générale. La température de filtration est de 730 °C.

Test Nr	Inclusion Load (mm ² /kg)								Total Filtration Efficiency (Area Reduction Pct)
	Mixed Oxides		Carbides		TiB ₂ /Ti-Rich		MgO/Spinel		
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	
1	0.0123	0.0005	0.0070	0.0016	0.0158	0.0083	no data	no data	70.1
2	0.0438	0.0195	0.0177	0.0083	0.0568	0.0278	no data	no data	53.0
3	0.0589	0.0032	0.0098	0.00003	0.0245	0.00003	0.0049	0	96.7
4	0.0126	0.0087	0.0002	0.0001	0.0082	0.0036	0	0	41.0
5	0.0363	0.0047	0.0022	0.0026	0.0185	0.0026	0.0170	0.0005	86.0
6	0.0225	0.0086	0.0020	0.0026	0.0164	0.0051	0	0.0009	59.9
7	0.0156	0.0171	0.0039	0.0015	0.0507	0.0557	0.0078	0	4.7

Tab. 2 : Résumé des résultats du PoDFA concernant l'efficacité de l'élimination des inclusions

neur de grains, donne l'efficacité de filtration totale la plus élevée, suivi du test-5 (80 PPI CFF, 80 kg/lot de copeaux et 2 kg/tonne de raffineur de grains). Les efficacités de filtration totale du 80 PPI CFF avec une charge d'inclusion très élevée (test-3 et test-5) sont toutes deux plus élevées que celles avec une charge d'inclusion faible et élevée (test-2 et test-4). Cela indique qu'une meilleure efficacité d'élimination peut être atteinte par le filtre 80 PPI dans des conditions de charge d'inclusion ultra-élevée, par rapport aux conditions de charge d'inclusion faible ou élevée. Comme prévu, l'essai 4 donne la plus mauvaise performance des filtres 80 PPI, qui sont les essais fortement affectés par l'introduction de raffineurs de grains. Ceci est en accord avec les résultats des mesures LiMCA N20 présentés dans les figures 2 et 3.

Le test-7 (2,0 à 4,0 kg/tonne de raffineur de grains) montre une efficacité d'élimination

totale beaucoup plus faible que le test-6 (0,5 à 1,0 kg/tonne de raffineur de grains) avec le filtre 50 PPI, ce qui confirme la forte influence d'un niveau élevé d'ajout de particules de raffineur de grains sur la réduction de la performance de filtration du filtre 50 PPI. Davantage de TiB₂ et d'oxydes mixtes pour le test-7 sont également observés dans la masse fondue après la filtration, ce qui indique l'effet néfaste des particules de raffineur de grains sur la performance du filtre.

Influence du raffineur de grains sur la perte de charge

Les lasers ont été utilisés pour mesurer la perte de charge sur le filtre pendant la filtration. Lorsqu'une fraction des pores du filtre est progressivement bloquée par les inclusions, la résistance à l'écoulement augmente à l'intérieur du filtre, ce qui entraîne une aug-

mentation de la perte de charge. Une différence constante de hauteur de métal entre les matières fondues avant et après le filtre signifie un processus de filtration en douceur. Par conséquent, la variation de la perte de charge peut fournir des informations utiles sur les performances du filtre.

La **figure 5(a)** montre l'évolution de la perte de charge pendant les essais de filtration de 80 PPI CFF avec ajout de 0,5 kg/tonne de raffineur de grains dans des conditions de charge d'inclusion faible, élevée et ultra-élevée. Comme on peut le voir, le niveau d'ajout de copeaux a une forte influence sur la perte de charge du filtre. Sans ajout de copeaux (test-1), la perte de charge du filtre 80 PPI reste constante. Cependant, avec l'introduction de copeaux (test-2 et test-3), la perte de charge augmente avec le temps de filtration. L'augmentation totale de la perte de charge est plus importante dans le cas où le niveau d'ajout de copeaux est plus élevé. En compa-

rant les essais 1, 2 et 3, il semble que le faible niveau d'ajout de raffineurs de grains n'ait pas d'influence significative sur la perte de charge.

La **figure 5(b)** montre l'évolution de la perte de charge au cours du temps pour un filtre PPI 80 avec un niveau élevé d'ajout de raffineurs de grains (2,0 kg/tonne) et une charge d'inclusion très élevée (essai-5). Comme on peut le voir, la perte de charge augmente avec le temps de filtration. Ce résultat est en accord avec les résultats des mesures LiMCA II où le test-5 ne montre aucune diminution de la performance de filtration avec l'ajout de raffineur de grain. En raison d'un problème de mesure au laser, la perte de charge de l'essai 4 n'est pas présentée.

La **figure 6** montre l'évolution de la perte de charge pour l'essai de filtration d'un filtre de 50 PPI soumis à une charge d'inclusion ultra-élevée avec deux niveaux différents d'ajout de raffineur de grains (essai-6 et essai-7). Comme on peut le voir, les pertes

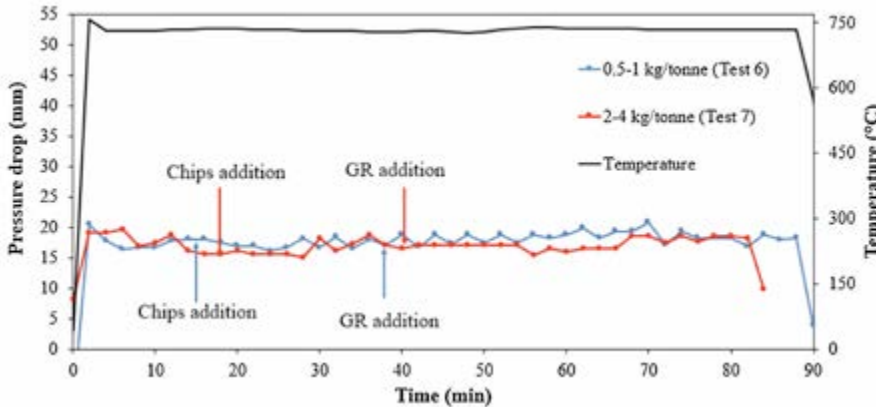


Fig. 6 : Les pertes de charge d'un filtre de 50 PPI avec un ajout de 80 kg de copeaux et avec un niveau d'ajout de raffineur de grains de 0,5 à 1,0 kg/tonne et de 2,0 à 4,0 kg/tonne.

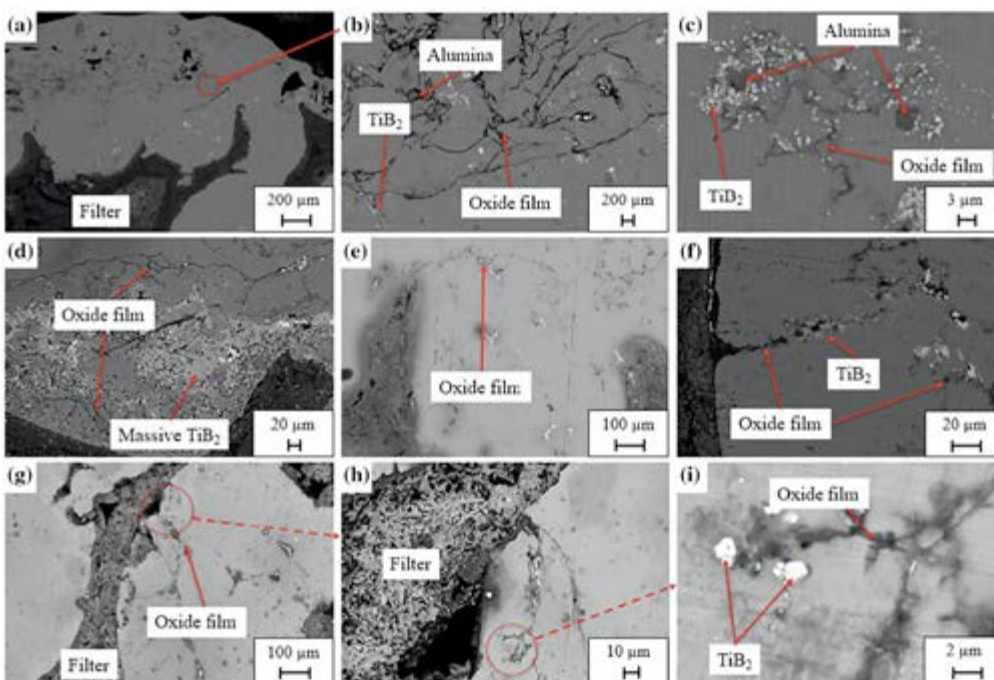


Fig. 7 : Le filtre utilisé de la filtration de l'essai 5 sous une charge d'inclusion très élevée (80 kg de copeaux), un niveau élevé d'ajout de raffineur de grain (2 kg/tonne) avec un filtre de 80 PPI. (a) Dans la partie supérieure du filtre avec des inclusions au-dessus du filtre. (b) et (c) Agrandissement de (a) où l'on trouve des films d'oxyde massifs ainsi que des particules (particules d'alumine et TiB₂). (d) Examen plus approfondi de la surface du filtre (écran), raffineur de grains massifs et films d'oxyde agglomérés et déposés sur le filtre d'alumine. (e, f) L'entrée du filtre où les films d'oxyde rétrécissent la fenêtre et sont attachés à la paroi du filtre par l'une des extrémités tandis que l'autre extrémité s'emmêle avec les inclusions. (g à i) La section inférieure du filtre, où l'on peut encore trouver des films d'oxyde attachés à la paroi du filtre.

de charge pour les deux essais sont assez proches et restent pratiquement constantes avec l'augmentation du temps de filtration. Cela implique que les particules de raffineur de grains et les inclusions ajoutées n'ont pas d'influence significative sur la perte de charge du filtre 50 PPI. Il est intéressant de voir que la perte de charge maximale du filtre 50 PPI (< 20 mm) est beaucoup plus faible que celle du filtre 80 PPI (35-45 mm) pour les produits fondus avec des niveaux d'inclusion très élevés, ce qui indique que la taille des pores du filtre a une forte influence sur la perte de charge.

Inclusion et particules de TiB₂ dans le filtre utilisé

La **figure 7** montre l'image SEM du filtre utilisé de l'essai-5, contenant de l'aluminium fondu solidifié. Comme on peut le voir, la partie supérieure du filtre utilisé est recouverte d'une couche d'aluminium solidifié, dans laquelle des films d'oxyde massifs s'agglomèrent et forment une croûte figée (**Figure 7(a)**). Les mesures EDS de ces films d'oxyde suggèrent qu'il s'agit de films d'oxyde d'aluminium riches en Mg. Les **figures 7(b) et (c)** montrent des images agrandies de la section transversale de la couche supérieure. Il est intéressant de noter qu'un grand nombre de particules de TiB₂ sont enchevêtrées dans les films d'oxyde. En outre, certaines particules d'alumine en agglomérat (indiquées par des flèches) peuvent également être observées en train de s'attacher aux films d'oxyde. Les **figures 7(e) et (f)** montrent la microstructure de solidification à l'entrée du filtre utilisé. A la surface de la croûte figée, on peut également observer des particules de raffineur

à grains massifs agglomérées sur les films d'oxyde et les parois poreuses du filtre (*figure 7(d)*). Il convient de mentionner que de gros efforts ont été déployés pour rechercher les « ponts d'inclusion » dans le filtre usé. Malheureusement, aucun pont d'inclusion n'a pu être trouvé sur l'ensemble de la fenêtre d'un filtre poreux. La *figure 7(e)* montre une ouverture poreuse à la surface supérieure du filtre. Il est intéressant de voir que certains films d'oxyde traversent presque toute l'ouverture, ce qui ressemble à un « pont d'inclusion ». Mais les films d'oxyde n'ont qu'une extrémité reliée à la paroi poreuse, tandis que les autres extrémités flottent dans la matière fondue. La *figure 7(f)* montre un autre pore du filtre, où l'on peut également voir des films d'oxyde dont une seule extrémité adhère à la paroi poreuse et un grand nombre de particules de TiB₂ adhérent au film d'oxyde. De tels films d'oxyde, semblables à des « algues », auxquels adhèrent des particules de TiB₂, peuvent être trouvés dans l'ensemble du filtre. Cependant, les grandes pellicules d'oxyde se trouvent principalement dans la couche supérieure du filtre (environ 2 mm d'épaisseur), c'est-à-dire au niveau de la croûte. Plus on s'éloigne de la surface supérieure, moins il y a de films d'oxyde et de particules d'affinage des grains dans le filtre.

Les *figures 7(g) à (i)* montrent la partie inférieure du filtre. Comme le montre la *figure 7(g)*, les grains d'aluminium solidifiés dans la partie poreuse du bas du filtre contiennent moins d'inclusions que dans la partie supérieure. Néanmoins, des particules de TiB₂ piégées par les films d'oxyde en forme d'algue peuvent encore être trouvées (*Figures 7(h) et (i)*).

La structure de solidification des filtres usés de 50 PPI est également examinée, similaire aux filtres usés de 80 PPI. Une différence majeure étant qu'une petite couche d'aluminium solidifiée peut être retrouvée sur le dessus du filtre usé de 50 PPI. Par ailleurs, des films d'oxyde semblables à des algues adhérant à des particules de raffineur de grains peuvent également être trouvés dans le filtre usé.

>>> DISCUSSIONS

Matériel et procédure expérimentale

L'équation (1) est souvent utilisée pour évaluer quantitativement la performance de filtration pendant le processus de filtration industrielle d'un grand volume d'aluminium fondu avec une charge d'inclusion presque constante avant la filtration. Cependant, cette équation est moins sensible pour l'aluminium fondu dont la charge d'inclusion varie, comme dans la présente étude. En effet, pour

le cas de filtration illustré à la *figure 2(b)*, l'équation peut donner une efficacité de filtration décroissante avec le temps, parce que Cin diminue avec le temps en raison de l'arrêt de l'alimentation en copeaux, tandis que Cout reste pratiquement inchangé. Cela ne représente pas la performance réelle du filtre. Par conséquent, une comparaison directe entre Cout avant l'ajout de raffineur de grains et Cout après l'ajout de raffineur de grains est utilisée pour évaluer la performance du filtre. Afin de minimiser l'effet du Cin, les valeurs de Cout sont obtenues en calculant la moyenne d'une période de filtration de 10 minutes, où les niveaux de Cin sont similaires avant et après l'introduction du raffineur de grains. La *figure 8* montre les résultats de la comparaison où les axes y et x sont mis à l'échelle logarithmique. En raison de la nature qualitative de l'analyse PoDFA, les données calculées sur l'efficacité de la filtration figurant dans le *tableau II* ne sont pas incluses dans cette figure.

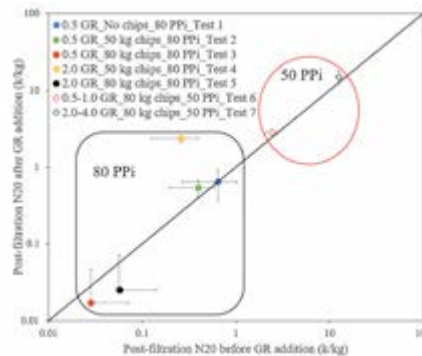


Fig. 8 : Comparaison entre la valeur N20 post-filtration avant et après l'ajout de raffineur de grains. Les valeurs au-dessus de la ligne diagonale indiquent une performance de filtration désastreuse due à l'ajout de raffineur de grains et vice versa.

Comme on peut le voir, le niveau d'inclusion post-filtration après le filtre 80 PPI est beaucoup plus faible que pour le filtre 50 PPI, ce qui indique une meilleure performance des filtres avec une taille de pore plus petite. Pour le filtre 80 PPI filtrant l'aluminium fondu sans ajout de copeaux, l'ajout de 0,5 kg/tonne de raffineur de grains n'affecte pas du tout la performance de filtration, et le point de données (test-1) se situe sur la ligne diagonale. Avec un ajout de 50 kg de copeaux (test-2, N20 = 4,5 k/kg), une légère réduction de la performance de filtration par l'ajout de 0,5 kg/tonne de raffineur de grains peut être observée. Cependant, après l'ajout de 80 kg de copeaux (test-3, N20 = 12,0 k/kg), la performance du filtre semble légèrement augmentée. Comme tous les points de données sont très proches de la ligne diagonale, on peut considérer que l'ajout de 0,5 kg/tonne de raffineur de grains a un effet négligeable sur la performance de filtration. Pour le niveau d'ajout de 2,0 kg/tonne de raffineur de

grains, la performance de filtration est significativement réduite pour la matière fondue avec un ajout de 50 kg de copeaux (essai-4, N20 = 9,9 k/kg). La réduction de la performance de filtration du CFF par l'ajout de raffineur de grains sous une charge d'inclusion « élevée » a été communément observée dans des travaux de recherche antérieurs [12,25,26,30]. Lorsque la charge d'inclusion est encore augmentée, passant d'un niveau « élevé » à un niveau « ultra-élevé » (test-5, ajout de 80 kg de copeaux, N20 = 22,3 k/kg), la performance de filtration n'est pas affectée par l'ajout de grains plus fins, ce qui est une nouvelle découverte. Si l'on compare le niveau d'inclusion post-filtration de la matière fondue sans ajout de copeaux (test-1) et avec un ajout de copeaux de 50 kg (test-4), la performance du filtre est considérablement améliorée par l'ajout d'une charge d'inclusion ultra-élevée (test-3 et test-5). Ce résultat est également cohérent avec les résultats de la PoDFA présentés dans le tableau II. Ainsi, la charge d'inclusion a une forte influence sur la propreté de la matière fondue après filtration lorsque des filtres avec des tailles de pores plus petites sont utilisés. Cela est dû au fait qu'une charge d'inclusion très élevée entraîne la formation d'une croûte dans la fenêtre supérieure du CFF et que le mode de filtration de cette croûte devient le mécanisme de filtration dominant du filtre, ce qui permet d'obtenir des performances de filtration supérieures. Si l'on compare l'essai 3 et l'essai 5, on constate que l'ajout de 0,5 kg/tonne de raffineur de grains donne une meilleure performance de filtration que l'ajout de 2,0 kg/tonne de raffineur de grains.

Pour le filtre 50 PPI, comme pour le filtre 80 PPI, un niveau plus élevé d'ajout de raffineurs de grains conduit à un niveau d'inclusion post-filtration plus élevé (test-6 et test-7). En outre, les résultats du présent travail montrent également que l'ajout supplémentaire de raffineurs de grains de 0,5 à 1,0 kg/tonne (test-6) ou de 2,0 à 4,0 kg/tonne (test-7) n'aggrave pas les performances de filtration. En comparant les résultats des deux tests, on peut conclure que la quantité de particules de raffineur de grains joue un rôle important dans la performance de filtration des filtres 50 PPI. En général, un niveau élevé d'ajout de raffineurs de grains entraîne une mauvaise performance de filtration.

Pendant longtemps, la réduction de l'efficacité de filtration par les affineurs de grains a été expliquée sur la base de la théorie des ponts d'inclusion, où les particules d'affineurs de grains étaient supposées détruire ou empêcher la formation de ponts d'inclusion. Grâce à une caractérisation minutieuse de la microstructure des filtres usés de 50 PPI, aucun pont de particules n'a été trouvé sur le des-

sus ou à l'intérieur des filtres dans le présent travail avec l'ajout de raffineurs de grains. De plus, le test-5 montre que l'ajout d'un niveau élevé de raffineurs de grains ne réduit pas la performance du filtre 80 PPI dans des conditions de charge d'inclusion ultra-élevée. Cela implique que le mécanisme de pontage des particules d'inclusion de la filtration peut ne pas être en mesure d'expliquer la réduction de la performance de filtration par l'ajout de particules de raffineurs de grains.

Le rôle des films d'oxyde pendant la filtration

Étant donné que les films d'oxyde constituent la majeure partie des inclusions introduites par les copeaux, il convient de clarifier le comportement des films d'oxyde au cours du processus de filtration. La filtration de la matière fondue est généralement considérée comme étant réalisée selon plusieurs modes, à savoir le mode profondeur, le mode tamisage et le mode croute [31,32]. Le mode profondeur ou filtration par blocage standard se produit lorsque la taille des particules des inclusions est inférieure à la taille des pores, mais les inclusions peuvent encore être capturées par le filtre en raison de la structure complexe du filtre et de l'adhérence de la surface. Le mode tamisage se produit lorsque les particules sont plus grandes que les pores du filtre et sont donc tamisées par le filtre. Le mode tamisage peut se transformer en mode croute avec le temps, en raison de l'accumulation d'inclusions à la surface du filtre. Cette accumulation d'inclusions entraîne une augmentation des performances du filtre, car la taille réelle des pores du filtre est désormais réduite par les inclusions accumulées.

En outre, il a été suggéré que le blocage des pores du filtre par des particules d'inclusion plus petites que la taille des pores peut également se produire par le mécanisme dit de pontage [32]. Pour le CFF, une fois que le « pont » d'inclusion se forme à travers la fenêtre du filtre, le mécanisme de filtration passe progressivement d'un mode profondeur moins efficace à un mode de croute plus efficace. En fait, la formation de tels ponts par inclusion de particules, comme indiqué dans les références 8, 12, 33, est très difficile. Étant donné que la taille moyenne des pores pour 50 PPI et 80 PPI CFF est respectivement de $623 \pm 120 \mu\text{m}$ et $383 \pm 87 \mu\text{m}$, [34] alors que la majorité des particules d'inclusion (oxydes et particules de TiB₂) se situent entre 0,2 et 10 μm , il est pratiquement impossible pour des particules individuelles de former des ponts, couvrant l'ouverture des pores. Les ponts ne peuvent se former que lorsque de grands groupes d'inclusions composés de petites particules passent à travers les pores du filtre,

ce qui est relativement peu probable. Grandfield et al [35] ont également mentionné que la taille des pores du CFF est trop grande pour que les inclusions forment une croute, en particulier avec des concentrations industrielles typiques de <10 ppm d'inclusions. Cela peut expliquer pourquoi aucun pont de particules d'inclusion n'a été observé dans aucun des filtres usés dans cette étude.

D'autre part, la taille des films d'oxyde est comprise entre 10 et 5000 μm [36]. Certains des films d'oxyde qui sont plus grands que la taille des pores peuvent avoir une chance de couvrir les pores, formant ainsi des ponts. Toutefois, compte tenu de la résistance limitée des films d'oxyde, les ponts peuvent être facilement détruits par l'écoulement de la matière fondue. Au contraire, les films d'oxyde ont beaucoup plus de chances d'avoir une extrémité qui adhère à la paroi des pores, tandis que l'autre extrémité continue à flotter à l'intérieur des pores, comme des « algues » dans la mer. Dans ces conditions, ces films d'oxyde peuvent capturer des particules d'inclusion, des particules d'affinage des grains et de nouveaux films d'oxyde. Avec l'agglomération de nouvelles particules sur les films d'oxyde, les oxydes ressemblant à des algues peuvent se détacher de la paroi du pore par effet de gravité et s'écouler vers un nouveau pore. L'existence de films d'oxyde semblables à des algues sur la paroi peut augmenter de manière significative les chances des petites particules d'inclusion d'être capturées par le filtre, et donc augmenter l'efficacité du mode en profondeur. Comme le montre la figure 7, les films d'oxyde collés par les particules d'inclusion et les particules de raffineur de grain se répartissent sur l'ensemble du filtre dans le filtre 80 PPI. Cette répartition est similaire à celle du filtre 50 PPI. Un tel film d'oxyde en forme d'algue a également été observé par Duval et al. [19], mais il a été reconnu comme un pont d'inclusion.

La capture de petites particules d'inclusion par des films d'oxyde peut être attribuée à la forte adhérence entre les particules et les films. Dans une précédente étude de test de mouillage, nous avons montré que les particules de TiB₂ ont tendance à s'agglomérer sur les peaux d'oxyde des gouttelettes d'aluminium. En fait, non seulement les particules de TiB₂ mais aussi les particules de TiC ont été capturées par les peaux d'oxyde [37]. Dans un autre travail de recherche, nous avons montré que les particules d'oxyde et les particules de TiB₂ ont tendance à adhérer aux films d'oxyde dans l'aluminium fondu à 750 °C [38]. Il est confirmé que les films d'oxyde + les particules d'oxyde ou les amas de particules de TiB₂ ne sont pas formés au cours du processus de solidification mais à l'état liquide. Cela confirme que les films d'oxyde d'alumi-

nium contenant du Mg ont une très forte capacité à capturer les particules d'oxyde et les particules de TiB₂ dans la matière fondue liquide. Par conséquent, on peut supposer que si des ponts de particules d'inclusion ont pu se former dans la CFF, les films d'oxyde ont dû jouer un rôle important en liant les particules entre elles.

Les films d'oxyde ont une morphologie distincte des inclusions de particules. On sait que le facteur de forme d'une particule d'inclusion a une influence majeure sur la sédimentation des particules et leur mouvement dans la masse fondue d'aluminium, alors que les films d'oxyde ont une vitesse de sédimentation très faible et que les bi-films sont même enveloppés dans des gaz qui fournissent les forces de flottabilité dans la couche supérieure de la masse fondue [38,39]. Au lieu de se répartir de manière homogène dans la masse fondue, les films d'oxyde préfèrent s'agglomérer pour réduire leur surface de contact avec la masse fondue et, par conséquent, leur énergie de surface. Ces grands films d'oxyde peuvent s'enchevêtrer les uns dans les autres et capturer les petites inclusions, ce qui améliore la performance du filtre. Comparés aux particules, ces films d'oxyde semblent être plus raisonnables et sont plus faciles à bloquer partiellement ou même totalement les pores du filtre.

Lorsque le niveau d'inclusions de films d'oxyde dans la matière fondue est suffisamment élevé alors que la taille des pores du filtre est petite (par exemple 80 PPI), il est possible que les films d'oxyde recouvrant la surface du filtre survivent et se transforment en une épaisse croute en raison de l'accumulation des films d'oxyde. Le mécanisme de filtration est donc dominé par le mode « croute ». C'est exactement le cas illustré à la figure 2(c). La formation d'une telle couche augmente considérablement la résistance à l'écoulement de la CFF, entraînant une augmentation de la perte de charge (figure 5). Pour le filtre 80 PPI, une augmentation significative de la perte de charge avec le temps de filtration a été observée.

Il est intéressant de noter qu'aucune augmentation de la perte de charge n'a été observée pour le filtre de 50 PPI, bien que la performance du filtre soit réduite dans le cas d'un niveau élevé d'ajout de raffineur de grains, alors qu'elle reste la même pour le faible niveau d'ajout de raffineur de grains. La chute de pression presque constante indique que la formation de la couche de cette croute pour les filtres 50 PPI est difficile, alors que le mode de profondeur aurait dû jouer un rôle plus important au cours du processus de filtration, en particulier avec l'aide de films semblables à des "algues".

Le mécanisme de filtration avec des particules de raffineur à grains

Au cours du processus de filtration, les inclusions dans la matière fondue sont transportées et piégées par les obstacles dans le filtre et donc filtrées de la matière fondue. La probabilité que l'inclusion soit arrêtée par la CFF pendant la filtration est déterminée par le comportement de transport ou le mécanisme de collecte entre l'inclusion et les obstacles à l'intérieur du filtre, que l'on peut résumer comme suit : Interception directe - l'inclusion frappe la surface du filtre en suivant les lignes d'écoulement des fluides, force de gravité - l'inclusion ayant une densité spécifique différente de celle de la matière fondue quitte la ligne d'écoulement des fluides en raison de la gravité, mouvement brownien, forces d'inertie - l'inclusion se déplace en ligne droite en raison de sa propre inertie, et effets hydrodynamiques - l'inclusion frappe la paroi du filtre en raison de la différence de vitesse du fluide près de la paroi du filtre causée par le frottement. [17,31,36,40,41]

L'indice gravitationnel et l'indice d'interception sont considérés comme les deux para-

mètres les plus importants pour le transport des inclusions à l'intérieur du filtre [19,21,35]. L'indice d'interception indique la facilité avec laquelle les particules sont interceptées par le filtre. Avec l'augmentation de la teneur en films d'oxyde dans le filtre, formant des ponts ou adhérant à la paroi des pores du filtre, l'indice d'interception augmente. Par conséquent, on peut s'attendre à ce qu'une teneur élevée en inclusions de films d'oxyde dans la matière fondue augmente la performance du filtre pour les alliages sans ajout ou avec un faible ajout d'affineurs de grain. Toutefois, lorsqu'un niveau élevé de particules d'affineur de grain est ajouté à la matière fondue, les particules de TiB₂ sont continuellement capturées par des ponts de film d'oxyde et des films d'oxyde semblables à des « algues ». Avec l'augmentation du poids, les ponts de films d'oxyde peuvent être rompus, tandis que les films d'oxyde ressemblant à des algues se détachent de la paroi du filtre. En conséquence, ces films agglomérés avec d'autres particules d'inclusion et des particules de TiB₂ peuvent revenir dans la masse fondue, ce qui entraîne une diminution de la performance du filtre. Outre le nombre d'interception, le nombre gravitationnel, qui indique l'influence de la gravité sur les inclusions, a également un impact important sur la performance du filtre, [19,21] sur la base d'un calcul du modèle de Boltzmann 2D.

Lorsque les inclusions sont plus lourdes que la matière fondue, elles ont un nombre gravitationnel positif élevé qui leur permet de se déposer facilement sur la paroi des pores du filtre. Les inclusions ayant un nombre négatif élevé flottent vers la surface de la matière fondue. La performance du filtre est élevée lorsque le nombre gravitationnel est soit très élevé (grande valeur positive), soit très faible (grande valeur négative). La performance du filtre diminuera si le nombre gravitationnel des inclusions est proche de zéro (c'est-à-dire si elles ont une densité similaire à celle de la matière fondue). En d'autres termes, si les inclusions dans la matière fondue ont une grande différence de densité avec la matière fondue, il est plus facile pour elles d'être séparées de la matière fondue par le filtre.

Les particules de raffineur de grains ont un nombre gravitationnel élevé car elles ont les densités les plus élevées parmi toutes les inclusions courantes dans la matière fondue [42], tandis que les grandes pellicules d'oxyde ont un nombre gravitationnel négatif. Lorsque ces deux types d'inclusions existent séparément, on estime que les performances du filtre sont élevées. Cela correspond bien à l'observation générale selon laquelle les filtres ont une bonne performance sans ou avec un faible niveau d'ajout d'affineurs de grain. Cependant, les films d'oxyde captureront

d'autres particules d'inclusion. En recueillant ces particules, la densité du film augmente (les films et les particules sont alors considérés comme un nouvel amas d'inclusion), ce qui entraîne un contre-poids dans le nombre gravitationnel. Par conséquent, l'amas d'inclusion dont le nombre gravitationnel est proche de zéro aura une performance de filtrage inférieure. Cela explique pourquoi la performance du filtre 50 PPI n'est pas affectée lorsque le niveau d'ajout de raffineur de grains est faible, puisque le nombre gravitationnel de l'inclusion mélangée est moins affecté en raison de l'insuffisance de particules de raffineur de grains. En revanche, elle est plus profondément affectée lorsque le niveau d'ajout de raffineur de grains est élevé, en raison d'une charge d'inclusion très élevée. Pour la filtration de l'aluminium fondu avec une quantité ultra-élevée d'inclusions par un filtre PPI 80, l'épaisse couche croute composée de films d'oxyde peut bloquer la plupart des particules de TiB₂ en surface du filtre. Par conséquent, un niveau élevé d'ajout de raffineurs de grains n'affecte pas les films d'oxyde en forme d'algue dans la masse du CFF. Un schéma simple est présenté à la figure 9 pour montrer les influences des films d'oxyde et des particules d'affineur de grain sur la CFF.

Outre ces deux influences des affineurs de grains sur la performance du filtre, la limite de détection de LiMCA II doit également être prise en compte, car LiMCA II ne peut pas détecter les particules inférieures à 15 µm [43,44]. La plupart des particules d'affineurs de grains de TiB₂ ont des diamètres de l'ordre de 0,1 à 2 µm [45] et sont trop petites pour être détectées. En outre, il est également difficile pour les particules de TiB₂ de s'agglomérer en grappes de plus de 15 µm par elles-mêmes, en particulier dans la masse fondue en mouvement. Il en résulte que le LiMCA ne peut généralement pas détecter les affineurs de grains en tant qu'inclusions. Cependant, les particules de TiB₂ peuvent être facilement capturées par les films d'oxyde en surface ou dans la masse du filtre, formant ainsi de grands groupes d'inclusion. Si elles ne sont pas capturées par le filtre, elles survivront à la filtration et seront détectées comme des inclusions par le LiMCA. Comme les petites inclusions ont plus de chances de s'écouler à travers les pores du filtre, on peut s'attendre à ce que les inclusions post-filtration soient dominées par les petites inclusions. La figure 10 montre l'évolution du nombre d'inclusions post-filtration classées dans différentes gammes de taille de 15 à 35 µm, pour le test-4 (80 PPI). La performance de filtration a été significativement réduite par l'ajout d'un raffineur de grains. Comme on peut le voir, les inclusions post-filtration de toutes les classes de taille détectées montrent une nette augmentation après l'ajout du raffineur de grains.

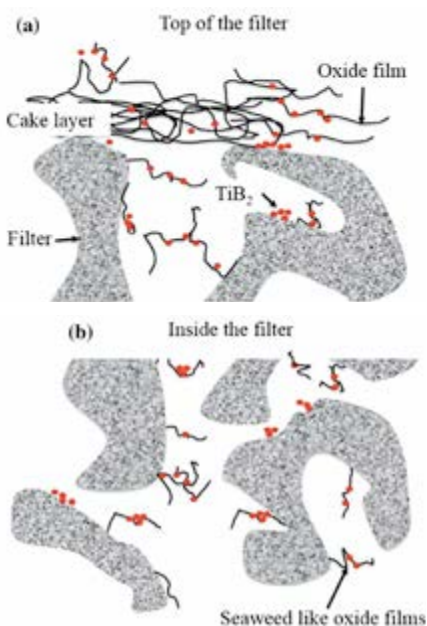


Fig. 9 : Schéma de l'interaction entre les particules d'affineur de grain et les films d'oxyde au-dessus et à l'intérieur du filtre. (a) en surface du filtre, les films d'oxyde se combinent avec les particules de TiB₂, ce qui modifie leur masse et leur forme. Cela peut entraîner une augmentation de la force d'impact et d'inertie pendant la filtration. En outre, les films d'oxyde forment une croute à la surface du filtre. (b) Au cours de la filtration, le pont de film d'oxyde ou les films en forme d'algue déjà existants peuvent être détruits par le bombardement de particules de raffineur de grains ou d'autres inclusions. L'augmentation du poids entraîne également la réintroduction dans la masse fondue des inclusions déjà capturées.

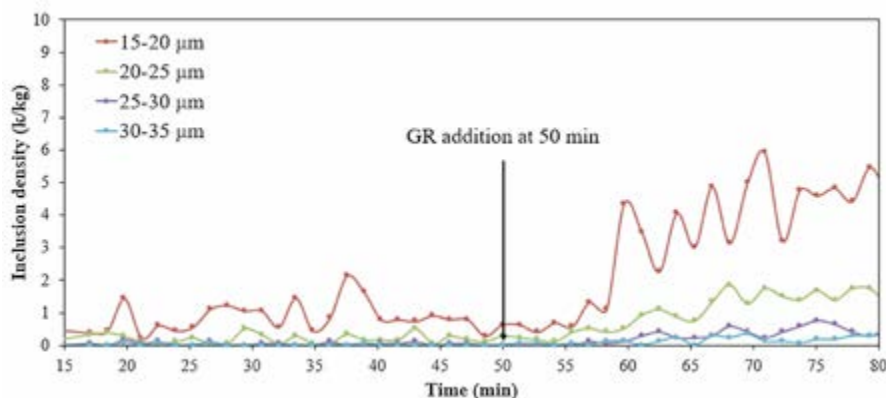


Fig. 10 : La densité des inclusions pour la taille de 15 à 35 µm après le filtre avec 2,0 kg/tonne de raffineur de grains et l'ajout de 50 kg de copeaux, par un filtre 80 PPI (test-4). Le groupe de taille d'inclusion 15-20 µm est le plus sévèrement affecté par l'ajout de raffineur de grains.

La grande majorité des inclusions ont des tailles comprises entre 15 et 20 µm, confirmant notre explication précédente. Dans le cas où le raffineur de grains n'affecte pas la performance du filtre, par exemple le test-5, aucune augmentation de la classe de taille spécifique ne peut être observée après l'ajout du raffineur de grains. Cela explique également pourquoi l'ajout d'un faible niveau de particules de raffineur de grains n'affecte pas à lui seul la performance du filtre dans une matière fondue propre ou sous une charge d'inclusion très faible.

>>> CONCLUSION

Sept essais pilotes de filtration ont été menés afin d'étudier l'effet du raffineur de grains sur le comportement de filtration du CFF. Les conclusions suivantes peuvent être tirées :

1. **Une performance de filtration plus élevée a été observée pour le filtre 80 PPI par rapport au filtre 50 PPI.** Lorsque les particules de raffineur de grains sont absentes ou à un faible niveau d'addition, une augmentation de la charge d'inclusion semble augmenter la performance de filtration et la chute de pression dans le temps pour les filtres 80 PPI. Les filtres 50 PPI ne montrent pas d'augmentation significative de la perte de charge pendant la filtration.
2. **A un faible niveau d'addition de 0,5 kg/tonne, les particules d'affineur de grain n'affectent pas la performance de filtration** quel que soit le niveau d'inclusion dans la masse fondue pour les filtres 50 PPI et 80 PPI. Pour les fusions d'aluminium avec des charges d'inclusion élevées, l'ajout de raffineurs de grains à un niveau élevé (2,0 kg/tonne) réduit de manière significative la performance du filtre. Les inclusions d'une taille de 15-20 µm dominent les inclusions post-filtration.
3. **Pour l'aluminium fondu avec des charges d'inclusion très élevées (N20 > 11 k/kg), l'ajout de particules**

4. **d'affinage du grain jusqu'à 2,0 kg/tonne n'a pas d'influence sur la performance des filtres 80 PPI.** On a constaté que les films d'oxyde d'aluminium dans la matière fondue jouent un rôle important pendant la filtration de la matière fondue. Les films d'oxyde peuvent former des ponts d'inclusion dans l'ouverture des pores du filtre et ont tendance à adhérer à la paroi du filtre, capturant d'autres inclusions et particules de TiB2, en augmentant ainsi l'efficacité de la filtration. Lorsque l'aluminium fondu contient

5. un niveau très-élevé de films d'oxyde, les films d'oxyde peuvent former des croûtes épaisses à l'entrée des filtres 80 PPI, augmentant ainsi de manière significative la performance du filtre. Aucun pont de particules d'inclusion n'a été observé dans le filtre usé, mais des films d'oxyde ressemblant à des algues ont été observés. Il est suggéré que la réduction de la performance de filtration des filtres par l'ajout de particules de raffineur de grains n'est pas due à l'effet destructeur des particules de raffineur de grains TiB2 sur les ponts de particules dans le filtre.

La réduction de l'efficacité est plutôt due à la forte adhérence des particules de TiB2 aux films d'oxyde dans le filtre. L'adhérence et l'agglomération des particules lourdes de raffineur de grains sur les films d'oxyde légers s'opposent au nombre de gravitation des films d'oxyde, ce qui les rend difficiles à filtrer par le CFF. Même si les particules de raffineur de grains sont trop petites pour être détectées, leur agglomération avec les films d'oxyde peut être facilement détectée par LiMCA.

RÉFÉRENCES

L'AGENDA 2025 DES FORMATIONS

Cyclatef®

FORMATION FONDERIE

INSCRIVEZ-VOUS
DIRECTEMENT À
UNE FORMATION

Fours à induction

du 4 au 6 février (Laxou)

Initiation aux bases de la fonderie

du 11 au 14 mars (Creil)

Utilisation des données 3D pour la mise au point en fonderie

du 18 au 20 mars (Metz)

Les aciers moulés : métallurgie, élaboration et traitements thermiques

du 1 au 3 avril (Rouen)

Sables à prise chimique

du 13 au 15 mai (Châteaubriant)

Usage des réfractaires en fonderie

du 21 au 23 mai (Toulouse)

Défauts et imperfections en fonderie de fonte

du 3 au 5 juin (Saverne)

Élaboration métallurgique et traitements thermiques des alliages d'aluminium moulés

du 17 au 19 juin (Châteauroux)

Réaliser un audit en fonderie

du 24 au 26 juin (Sablé-sur-Sarthe)

Défectologie et imperfections en fonderie d'aciers

du 9 au 11 septembre (Montbéliard)

Sables à vert

du 16 au 19 septembre (Vénissieux)

Fontes à graphite sphéroïdal

du 7 au 9 octobre (Saint-Quentin)

Outillages métalliques gravité, basse pression, contre pression pour alliages d'aluminium : conception, remplissage, alimentation, thermique, poteyages

du 14 au 16 octobre (Cluny)

Métallurgie et métallographie des alliages d'aluminium moulés

du 4 au 6 novembre (Vendôme)

Fonderie sous pression

du 18 au 20 novembre (Molsheim)

Moulage de précision à la cire perdue

du 25 au 27 novembre (Rennes)

Management des ateliers

du 2 au 4 décembre (Saint-Dizier)

Fonderie d'art et d'ornement

du 9 au 11 décembre (Bordeaux)

Défauts en fonderie d'alliages d'aluminium coulés par gravité (sable et coquille) : diagnostics et solutions basse pression et contre pression

du 16 au 18 décembre (Brive-la-Gaillarde)

RÉFÉRENCE

Cyclatef® : Fours à induction► **Public concerné & prérequis****Prérequis :** Aucun**Public concerné :** Personnel souhaitant découvrir ou approfondir leurs connaissances des fours à induction ainsi que les règles de sécurité et usages.► **Objectifs**

- Connaître les risques et le fonctionnement des fours à induction pour en assurer un usage en toute sécurité ainsi que les prescriptions d'entretien et de maintenance.

► **Méthodes & moyens pédagogiques****Méthodes :** magistrales, interrogatives, démonstratives, interactives.
Moyens : tableau blanc, paperboard, vidéoprojecteur, support de cours.► **Synthèse du programme**

- Bases de la métallurgie des ferreux.
- Généralités sur les fours à induction.
- Règles de sécurité et risques des fours à induction.
- Utilisation et bonne conduite d'un four à induction.

► **Suivi des formations & appréciations des résultats****Moyens de suivi :** Feuille d'émargement 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 quizz, tout au long de la formation et à la fin.**DURÉE :** 3 jours**LIEU :** Nous consulter**PRIX HT (TVA 20%) :** 1500 €**ANIMATEURS :**

F. KOOTZ, L. ALVES, C. BERNELIN, S. SAUVAGE

TÉLÉCHARGEZ
LE CATALOGUE DES
FORMATIONS 2025

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.

RÉFÉRENCE

Cyclatef® : Initiation aux bases de la fonderie► **Public concerné & prérequis****Prérequis :** Niveau Bac ou équivalent, connaissance générale sur le monde de l'industrie.**Public concerné :** Toutes personnes travaillant avec des fondeurs et souhaitant comprendre leur langage et leurs problématiques.► **Objectifs**

- Connaître le vocabulaire utilisé en fonderie.
- Comprendre les étapes d'étude de conception et de fabrication d'une pièce de fonderie.
- Connaître les moyens utilisés pour définir la qualité des pièces de fonderie.

Méthodes & moyens pédagogiques**Méthodes :** magistrales, interrogatives, démonstratives, interactives.
Moyens : tableau blanc, paperboard, vidéoprojecteur, support de cours.► **Synthèse du programme**

- Généralité et vocabulaire de fonderie.
- Masselottage et remplissage d'une pièce de fonderie.
- Les propriétés des principaux alliages.

- Les différents moyens de mise en œuvre
Fusion, moulage et noyautage.
- Analyse des défauts de fonderie.
- Les contrôles non-destructifs.
- Travaux pratiques : fabrication et coulée d'un moule.
- Illustration concrète en entreprise.

► **Suivi des formations & appréciations des résultats****Moyens de suivi :** Feuille d'émargement 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 quizz, tout au long de la formation et à la fin.**DURÉE :** 4 jours**LIEU :** Nancy, Lyon, Creil**PRIX HT (TVA 20%) :** 1650 €**ANIMATEUR :** J.C. TISSIER**Cyclatef® : Utilisation des données 3D pour la mise au point de la fonderie**► **Public concerné & prérequis****Prérequis :** Niveau Bac, maîtrise ordinateur, vision dans l'espace, connaissance des procédés de base en fonderie.**Public concerné :** Techniciens, ingénieurs et clients de la fonderie, services, méthodes, outilleurs.► **Objectifs**

- Comprendre comment le Scan 3D peut résoudre très simplement les problèmes de mise au point et de maintenance des moules.
- Prendre en main différents outils matériels.
- Appliquer la démarche logicielle pour corriger les problèmes et communiquer.

► **Méthodes & moyens pédagogiques****Méthodes :** présentation, initiation logicielle, apprentissage par la pratique (scan, assemblage virtuel), magistral, exercices.**Moyens :** divers scanners (manuels, fixes, robotisés) outillages de fonderie (plaque modèle, moule sable, moule permanent, boîte à noyaux, noyaux, pièces, cire perdue, grappe) salle informatique et licences mises à disposition.► **Synthèse du programme**

- Introduction au Scan 3D et état de l'art.
- Résolution des problèmes géométriques de fonderie et d'usinage.
- Étude de cas concrets (scan, mesure des problèmes, mises au point, virtuelles et réelles, balancement de brut, capitalisation)

► **Suivi des formations & appréciations des résultats****Moyens de suivi :** Feuille d'émargement 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 quizz, tout au long de la formation et à la fin.**DURÉE :** 3 jours**LIEU :** Fonderie, salle info, salle de formation digitale à l'ENSAM de Metz**PRIX HT (TVA 20%) :** 2000 €**ANIMATEURS :** S. JUNG, C. CHARLES

Qualiopi 
processus certifié

 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

ACTIONS DE FORMATION

Understanding and Controlling Hot Sand in Green Sand Molding

Tom ARENHOLZ - Senior Applications Engineer-Global OEM - SIMPSON



Hot sand is a significant challenge in green sand molding, impacting casting quality and production. It is important for foundries to understand what constitutes hot sand, its effects on molding and quality, and the techniques used to control and eliminate it. By exploring the causes and consequences of hot sand, as well as effective cooling methods, foundries can improve their sand preparation processes, reduce casting defects, and enhance overall productivity.

>>> UNDERSTANDING HOT SAND

Hot molding sand refers to high-temperature sand that poses difficulties in sand preparation, molding, and casting quality. It requires additional raw materials to achieve usable molding properties. Studies have shown that sand temperatures above 120°F (49°C) result in a loss of physical sand properties, leading to inconsistent mulling and control problems. Hot sand can cause various defects, including sand inclusions, rough surface finish, metal penetration, swells, erosion, gas-related pin-holes, and broken molds.

>>> EFFECTS OF HOT SAND

Hot sand affects every aspect of a green sand molding operation, leading to higher scrap rates, increased bentonite consumption, and a loss of system control. Sand-related defects, such as sand inclusions and surface roughness, are strongly correlated with excessive sand temperature. Hot sand also disrupts sand system operation, making accurate moisture

additions and compactibility control challenging. Moisture condensation from hot sand onto cold surfaces can cause sand to stick to patterns, decreasing sand capacity due to build up on the silo walls, and casting defects. Inconsistent sand properties and uncontrollable sand drying further complicate the molding process.

>>> CONTROLLING HOT SAND

There are three ways to control hot sand. The first is to increase the overall sand system capacity. This will only slightly lower the sand temperature as there is more time for the sand to cool before being put back into a mold. The second is to lower the metal to sand ratio. The metal: sand is determined by the product mix. Since foundries will want to maximize the output per mold, this is not an optimal method to lower sand temperature. To effectively control hot sand, foundries must implement mechanical cooling options. A well-designed sand cooling system plays a crucial role in maintaining sand consistency. The system should blend erratic temperature swings and other inconsistencies into a homogeneous sand mass. Adding water onto hot molding sand alone is insufficient for efficient cooling. Water must make contact with all sand grains for a critical amount of time, and the steam generated from water conversion must be removed. Retention time within the cooling vessel is essential for effective sand cooling. Unsaturated air capable of absorbing moisture is required for evaporation-based cooling

systems. Passing unsaturated air through the sand mass is more effective than passing it over the top. Controlling the quantity of water added and achieving discharge moisture close to the molding percentage is crucial. Sand cooling systems can also incorporate bentonite addition to enhance system efficiency as well as a process that includes back blending.

>>> BENEFITS OF SAND COOLING

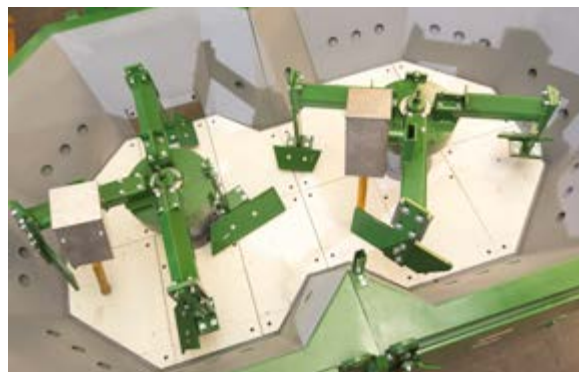
Implementing a sand cooling system offers numerous benefits. It reduces sand-related scrap rates, improves sand consistency, and enhances productivity. By maintaining sand temperature and moisture within the desired range, casting defects such as sand inclusions, swells, and erosion can be significantly reduced. Sand cooling systems also increase muller efficiency, reduce bentonite usage, and improve overall molding line efficiency. The ability to cool and blend return sand prior to the muller ensures a more consistent molding sand, leading to higher-quality castings.

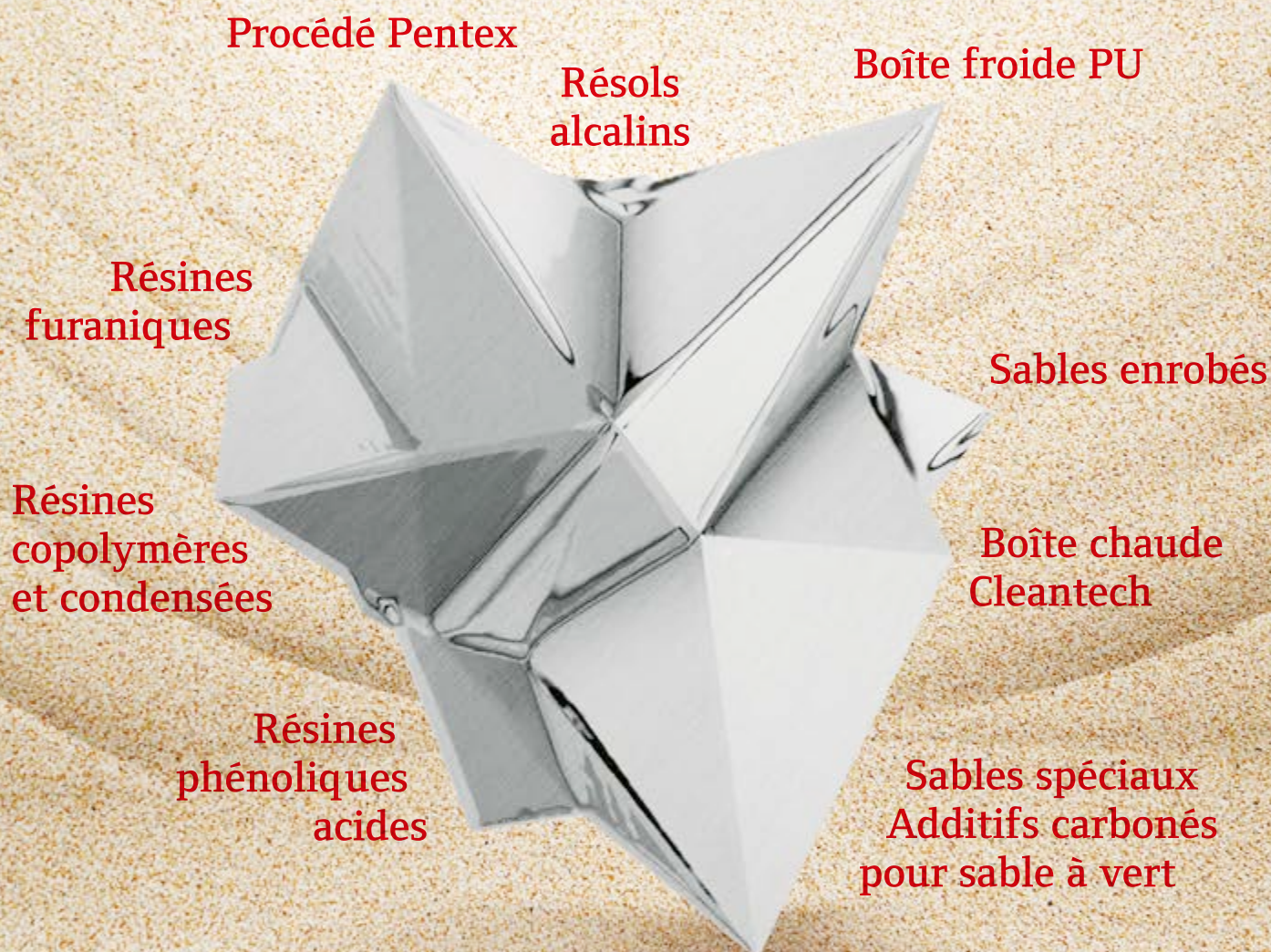
>>> CONCLUSION

Controlling hot sand is crucial for achieving consistency and defect-free components in green sand molding. By understanding the causes and consequences of hot sand and implementing effective cooling techniques, foundries can significantly improve their sand preparation processes. Sand cooling systems play a vital role in maintaining sand consistency, reducing scrap rates, and improving molding line efficiency. With proper control and elimination of hot sand, foundries can achieve higher-quality castings and optimize their operations.

Tom ARENHOLZ - SIMPSON //////////////

www.simpsongroup.com





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

ha-group.com/fr

Économies d'énergie à la fusion en fours à induction

par mesures pratiques et analyse des données numériques du processus de fusion

Frank Donsbach, Matias Mohedano Rodriguez, Ulrich Nordt – OTTO JUNKER GmbH, D-52152 Simmerath-Lammersdorf, et Peter Koldig Hansen, Init Inuateg A/S, DK-1432 Copenhague

Les fours à induction conviennent parfaitement à la fusion de tous les métaux en neutralité carbone. Quand le four à induction est conçu sous forme de four à creuset (cf. Fig. 1), un creuset céramique est disposé à l'intérieur d'une bobine cylindrique en cuivre. Le matériau chargé dans ce creuset est soumis à un champ électromagnétique par le courant qui circule dans la bobine en cuivre. Ce champ induit des courants de Foucault dans le matériau métallique à fondre. Les pertes ohmiques de ces courants de Foucault chauffent le matériau à fondre et finalement le liquéfient.

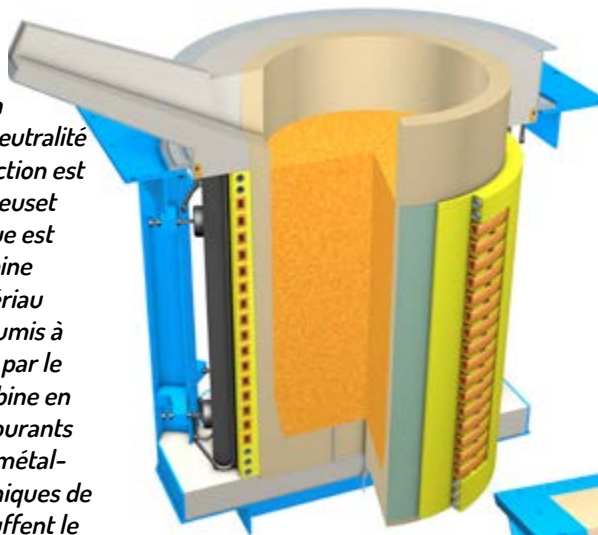


Fig. 1 : Schéma 3D d'un four à creuset

En cas d'utilisation de cuivre à haute conductivité pour la bobine et de culasses en tôle feuilletée à faibles pertes pour le retour du champ électromagnétique, les fours à induction à creuset de ce type atteignent des rendements de plus de 80 % pour les métaux ferreux et de plus de 70 % pour ceux à bonne conductivité comme le cuivre ou l'aluminium.

Une alternative est aussi de construire un four à induction sur le principe d'un four à canal. Dans ce cas, on bride un inducteur dit à canal (ou plusieurs) (cf. Fig. 3) à une cuve de four. Le chauffage du métal liquide a lieu sur le principe d'un transformateur court-circuité. Une bobine en cuivre forme l'enroulement primaire, et un canal constitué du métal liquide l'enroulement secondaire court-circuité. Dans ce canal circule alors le courant

de court-circuit du transformateur, ses pertes ohmiques chauffent à leur tour le métal. Ce principe électrotechnique atteint même des rendements de 10 à 15 points supérieurs à ceux du principe du four à creuset. Il présente toutefois l'inconvénient de la nécessité d'éviter un vidage complet du four et de faire par conséquent l'objet de restrictions quant à la flexibilité en matière d'alliage et de conduite.

Le four à creuset a en outre l'avantage de pouvoir réaliser des puissances bien supérieures. C'est ainsi que des fours à creuset avec plus de 20 MW pour du fer et de l'acier et avec des capacités de fusion de plus de 40 t/h sont exploités avec grand succès.

Même si le four à induction peut s'exploiter en neutralité carbone avec de l'électricité issue d'énergies renouvelables, les fonderies qui

l'utilisent s'efforcent de le faire avec la plus faible consommation électrique possible. Et ce, pour des raisons liées aussi bien à la préservation durable des ressources qu'à la rentabilité des fonderies et usines de demi-produits, notamment face au coût croissant de l'énergie. La liquéfaction de métaux à base de fer ou d'aluminium nécessite environ 500-560 kWh/t, ce qui fait que le coût de l'énergie devient souvent un facteur essentiel de la fabrication de fonte et de demi-produits.

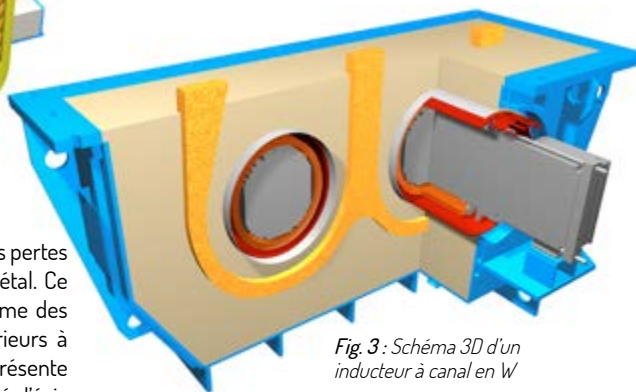


Fig. 3 : Schéma 3D d'un inducteur à canal en W

Quelles sont les possibilités qu'a alors le fondeur d'économiser de l'énergie à la fusion ? Il y a essentiellement trois facteurs d'influence :

- Dimensionnement du système et termes du contrat de fourniture d'électricité
- Mode de conduite pratique des fours de fusion
- Analyse des données numériques du processus de fusion

>>> DIMENSIONNEMENT DU SYSTÈME ET TERMES DU CONTRAT DE FOURNITURE D'ÉLECTRICITÉ

Les contrats actuels de fourniture d'électricité facturent en général un prix pour la puissance souscrite, un pour la puissance consommée et un pour la puissance réactive. Le coût lié à la puissance souscrite peut se réduire en faisant en sorte que le système demande de l'énergie au réseau avec le plus de régularité possible. En effet, le fournisseur d'énergie fait cher payer les pics de puissance qu'il doit

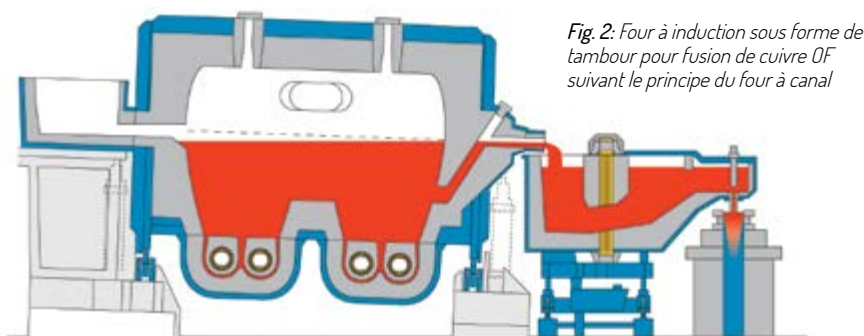


Fig. 2 : Four à induction sous forme de tambour pour fusion de cuivre DF suivant le principe du four à canal

mettre à disposition côté producteur et côté réseau. Il est donc judicieux de dimensionner un four de fusion de manière à couvrir les besoins prévus en métal liquide, mais de répondre aux besoins maximaux nécessaires – si possible – par des heures de production additionnelles. Des systèmes de surveillance de maximum sont aussi utiles à cet égard, en faisant en sorte de délester des récepteurs préalablement définis à l'atteinte de la puissance limite. Un avantage de ce mode de fonctionnement est celui que présentent les fours à induction à convertisseurs à IGBT modulés en largeur d'impulsion, car ils présentent, même à charge partielle, un facteur de puissance $\cos \phi$ constant, mais en même temps le très bon rendement électrique du convertisseur à circuit résonant parallèle. Un facteur de puissance constant s'obtient aussi avec des convertisseurs à circuit résonant série. Dans ces derniers, le courant élevé non compensé du four doit toutefois traverser tout l'onduleur, ce qui conduit à des pertes additionnelles et à une plus grande sollicitation des composants.

Le prix de la puissance consommée figurant dans le contrat de fourniture d'électricité détermine le coût par kWh consommé à payer par la fonderie. S'il est, par exemple, de 20 centimes par kWh et si le four consomme 550 kWh/t de métal liquide, le coût de la puissance électrique consommée par tonne de fonte ou de demi-produits sera de 110 euros.

Sur certains réseaux, il se peut aussi que le coût de la puissance consommée diffère en fonction de l'heure de la journée ou du jour de la semaine. En pareils cas, il peut être judicieux d'installer un four de maintien ou un système de fours à deux ou trois creusets pour conserver le métal liquide produit dans la phase de tarification basse.

Qu'il y ait ou non un coût supplémentaire à payer pour la puissance réactive consommée dépend, d'une part, de la consommation de puissance réactive autorisée par le fournisseur d'énergie et, d'autre part, de la capacité du four à induction à maintenir, même à charge partielle, un $\cos \phi$ constant de, par exemple, 0,99 à l'entrée du convertisseur.

Au cas où le prix de la puissance consommée ne présente pas de tarification basse et où les besoins en métal liquide sont relativement continus, il est recommandé, dans la mesure du possible, de renoncer à l'installation de fours de maintien additionnels. Par exemple, un four de maintien de 60 tonnes de fer, réalisé sous forme de four à induction à canal, a des besoins annuels en énergie d'environ 2 millions de kWh. Sur la base de l'exemple de 20 centimes par kWh, le coût de l'énergie est donc de 400 000 euros par an.

>>> MODE DE CONDUITE PRATIQUE DES FOURS DE FUSION

Comme pour la voiture, dans l'exploitation d'un four de fusion à induction, un mode de conduite ingénieux permet à lui seul d'économiser une part notable des besoins en énergie. À commencer par le choix et la transformation ultérieure du matériau de charge. Les mesures d'économie peuvent ainsi se classer en deux catégories : optimisation de la nature et de la qualité du matériau de charge et optimisation du flux du processus.

Il est fréquent de ne pas accorder d'attention particulière aux impuretés superficielles car, après tout, aucune différence n'est perceptible du point de vue purement visuel. Le matériau fond apparemment tout aussi bien que du métal pur. À l'issue de l'opération de fusion, les impuretés non métalliques sont éliminées sous forme de laitier.

Le fait est toutefois que ces impuretés se traduisent dans l'ensemble par un plus mauvais couplage des ferrailles au champ d'induction. Dans le cas d'oxydes, il n'y a même pas de couplage du tout, ce qui se traduit au total par une plus mauvaise exploitation de la puissance.

Dans la pratique, de tels enseignements n'apparaissent généralement qu'à l'analyse des données de production. Si l'on constate des irrégularités dans le processus ou dans la qualité des produits, il faut alors agir et étudier systématiquement le processus.

Ci-dessous, quelques exemples de situations et orientations associées quant aux potentiels d'économie des besoins en énergie à la fusion d'une charge, tels qu'ils ont été déterminés dans différentes fonderies de fer.

1 >>> Sable dans le matériau de charge

À l'issue du secouage des moules, plus ou moins de résidus de sable de moulage adhèrent au matériau recyclé. S'ils ne sont pas éliminés par grenailage, du sable pénètre ainsi dans le bain de fusion. La formation de laitier à partir du sable nécessite également de l'énergie. Une quantité réaliste de 25 kg de sable par tonne de fer donne une surconsommation de 25 kWh/t.

2 >>> Matériau de charge rouillé

Selon les conditions d'entreposage des ferrailles utilisées, cette rouille (oxydes de fer) peut se retrouver dans le creuset de fusion. Le mauvais couplage conduit à une plus faible absorption de puissance.

L'oxyde de fer doit être chauffé à la température de fusion au prix d'une intense consommation d'énergie. Dans l'exemple du four du tableau (cf. Fig. 4), il en résulte une surconsommation de 30 kWh/t.

3 >>> Faible densité de tassement

La densité de tassement du matériau de charge a elle aussi une influence sur la consommation d'énergie. Plus la densité de tassement est élevée, plus la consommation d'énergie est faible. Des mesures effectuées dans la pratique ont montré un allongement de l'opération de fusion d'environ 8 % et une augmentation des besoins en énergie d'environ 25 kWh/t pour une réduction de la densité de tassement de 2,0 t/m³ à 1,3 t/m³.

4 >>> Carburant à l'issue de la fusion

Si le carburant est ajouté non pas au début de l'opération de fusion et en même temps que les matériaux de charge métalliques, mais apporté seulement après la fusion dans le bain liquide, les besoins en énergie sont nettement supérieurs. Des expériences pratiques permettent d'affirmer qu'une addition a posteriori nécessite 1 à 2 kWh/kg de carburant supplémentaires. Sur la base d'une valeur réaliste de 1 % de carburant par charge, il faut donc s'attendre à des besoins en énergie supérieurs de 5 à 10 kWh/t de fer maximum.

5 >>> Fusion à densité de puissance réduite

Les considérations théoriques montrent que le mode de conduite énergétiquement le plus avantageux d'un four est de l'utiliser à la puissance électrique maximale disponible et donc à haute densité de puissance. Les essais systématiques effectués le confirment aussi nettement. Le temps de cycle se raccourcit, les pertes thermiques baissent et la consommation de courant s'en trouve par conséquent réduite. En faisant fonctionner le four de l'exemple du tableau ci-dessous à 50 % seulement de la puissance maximale, la surconsommation atteint au total 20 kWh/t.

6 >>> Fusion avec pied de bain

L'emploi des moyennes fréquences permet la fusion sans pied de bain et la fusion de matériaux de petites dimensions. En raison du meilleur couplage électromagnétique du matériau de charge solide (ne s'applique qu'aux matériaux de fonte de fer), il faut 5 % de moins d'énergie en pur régime de traitement par lots, la bobine présentant, en effet, un rendement bien plus élevé jusqu'au point de Curie.

7 >>> Maintien avec couvercle ouvert

Quand un four est utilisé plus longtemps qu'il ne faut avec couvercle ouvert, une proportion considérable de la chaleur s'échappe dans l'environnement. Cette énergie doit être compensée. La faible perte thermique initiale d'environ 275 kW seulement (pour un four de 15 tonnes) passe alors à environ 600 kW. Sur une période de 20 minutes, les besoins en énergie augmentent ainsi de 15 kWh/t.

8 >>> Aspiration non régulée des fumées

Le débit de l'installation d'aspiration des fumées doit être adapté aux étapes du processus du four. S'il n'y a pas de fumées à évacuer ou si la quantité produite est faible, le débit d'aspiration peut être réduit. En faisant toujours fonctionner le système de filtration à pleine puissance, on « aspire » inutilement de l'énergie du four. La surconsommation peut être dans les cas les plus défavorables de l'ordre de 2 %. Elle est chiffrée à 8 kWh/t dans l'exemple du tableau.

9 >>> Surchauffe inutile

Si l'on ne surveille pas à temps la surchauffe du fer dans la dernière phase de la fusion en mode manuel, il peut arriver que la température de coulée désirée ou suffisante soit inutilement dépassée. En évitant une augmentation excessive de la température de 50 K, on peut ainsi économiser environ 20 kWh/t.

L'utilisation d'une commande numérique du four permet, en mode automatique, de maintenir avec une précision de 5 K la température finale. On évite ainsi une surchauffe inutile.

À titre d'illustration, le tableau chiffre pour un four d'une capacité de 8 000 kg de fonte de fer, exploité à une puissance maximale de

Schmelzen von Gusseisen bis auf 1.500°C		kWh/t
Enthalpie de fusion (valeur théorique)		390
Moyens de production		135
Pertes thermiques et électriques		
Consommation d'énergie pour la fusion		525
Surconsommation		
1)	Sable dans le matériau de charge, 25 kg/t	25
2)	Matériau de charge rouillé	30
3)	Faible densité de tassement, au lieu de 2,5 t/m ³ , 1,5 t/m ³ seulement	25
4)	Carburant à l'issue de la fusion, 20 kg/t	5
5)	Fusion à 50 % de la densité de puissance	20
6)	Fusion avec pied de bain (fours NFT / MFT)	25
7)	Maintien 20 minutes avec couvercle ouvert	15
8)	Aspiration non régulée des fumées	8
9)	Surchauffe inutile de 50 K	20
Surconsommation totale		173
Consommation totale possible		698

Fig. 4 : Pertes d'énergie dues à de mauvais matériaux et à un mode de conduite défavorable du four

7 000 kW, les valeurs d'énergie des exemples précédemment cités.

Bien entendu, ces cas isolés ne se rencontrent pas tous en même temps. Le total montre néanmoins que, dans le pire des cas, les besoins en énergie peuvent même être dépassés de plus de 35 %.

En se basant ici sur le coût de l'électricité de 20 centimes par kWh supposé au départ, la production d'une tonne se renchérit ainsi de 30 EUR. Pour une production annuelle de 50 000 tonnes, le surcoût évitable se monte donc au total à environ 1 500 000 EUR.

Comme on en connaît les causes, il est très facile, par la mise en place d'actions de routine et par une optimisation systématique, d'éviter le gaspillage d'énergie à l'aide de la surveillance de la qualité et de la commande du processus.

Le même logiciel que celui utilisé pour la conduite du four peut être complété par des modules utiles de ce genre, tels que la gestion des recettes ou la validation des étapes du processus. Ce faisant, il est possible, selon le processus de fonderie et la mission de fusion, de viser des objectifs personnalisés.

>>> ANALYSE DES DONNÉES NUMÉRIQUES DU PROCESSUS DE FUSION

Les fours à induction modernes disposent d'une commande par API (Application Programming Interface) et d'un calculateur de processus qui enregistrent toutes les données importantes du processus de fusion et les assignent à une charge donnée. La documentation complète d'une charge contient les informations/données suivantes :

Exemples de données d'un rapport de charge :

- Recette du matériau de charge avec additions (éléments d'alliage)
- Numéro de charge depuis le frittage
- Poids du pied de bain
- Matériau chargé
- Poids total
- Quantité de laitier
- Quantité coulée
- kWh - Démarrage à froid
- kWh - Frittage
- kWh - Fusion
- kWh - Surchauffe
- kWh - Maintien

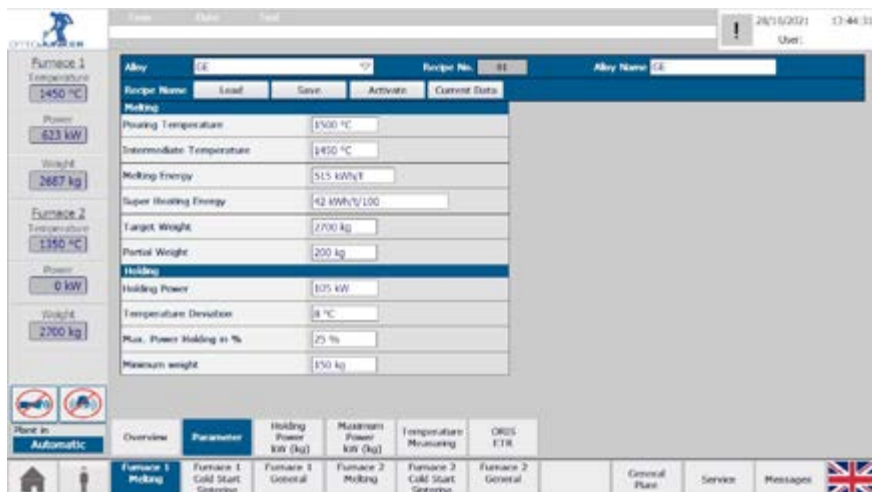


Fig. 6 : Exemple de paramètres de fusion



Fig. 7 : Affichage typique de l'écran principal d'une commande de four moderne, ici : JUMI Junker Melting Interface

- kWh - Total
- Durée du démarrage à froid
- Durée du frittage
- Durée de la fusion
- Durée de la surchauffe
- Durée du maintien
- Durée de la charge
- Durée de la mise en train
- Consommation d'énergie de fusion
- Consommation d'énergie de la charge
- Vitesse de fusion
- Consommation moyenne de puissance
- Degré d'utilisation

En option, il est encore possible de saisir des données telles que les temps d'ouverture du couvercle, les temps d'aspiration forte ou réduite des fumées, l'apport de matériau optimal ou retardé, la cession de matériau optimale ou retardée.

Un diagramme de charge donne un aperçu de l'apport de matériau, de la température et de la puissance consommée en fonction du temps de la charge. À titre de comparaison, il est possible, en option, d'incruster en toile de fond une « charge idéale », que le conducteur peut s'efforcer d'atteindre par un chargement le plus favorable possible. Pour un tel mode de conduite visant l'amélioration continue des cadences et des besoins en énergie, il est recommandé d'installer un calculateur séparé possédant son propre tableau de bord, afin de séparer l'optimisation du mode de conduite et la visualisation des capteurs du four. Le conducteur du four dispose ainsi en temps réel d'une information transparente lui montrant s'il a bien conduit le four en économisant l'énergie. Ceci a également un effet motivant sur le conducteur car il peut ainsi voir directement l'impact économique de son mode de travail ou celui de ferrailles de qualités différentes.

L'analyse de ces données du processus de

fusion peut en outre bénéficier de l'assistance d'une intelligence artificielle pour trouver le cas échéant des configurations de « bons ou mauvais » résultats de charges et élaborer des suggestions d'optimisation pour les matériaux de charge ou le mode de conduite du four.

>>> AMÉLIORATION DE L'EFFICIENCE PAR PRATIQUES PILOTÉES PAR LES DONNÉES

Dans le domaine des fonderies, l'exploitation efficace des fours de fusion dépend beaucoup du « streamlining » ou rationalisation assurée par l'analyse des données. La bonne mise en œuvre de procédures opérationnelles standard (SOP) joue un rôle capital dans l'optimisation de la consommation d'énergie.

>>> ATTEINTE DE PROCESSUS DE FUSION IDÉAUX

Un processus de fusion idéal se caractérise par une courbe de consommation d'énergie cumulée progressivement croissante. La pré-

sence de longs « paliers » sur cette courbe est le signe de conditions de fusion suboptimales. En raison du manque de transparence des données, les fours de fusion fonctionnent toutefois souvent sur la base d'expériences personnelles des conducteurs et de « meilleures pratiques » subjectives. Le challenge se corse encore quand les conducteurs gèrent plusieurs fours dans d'immenses ateliers, ce qui rend difficile l'acquisition d'enseignements en temps utile.

>>> TABLEAUX DE BORD « NUDGE » OU « COUP DE POUCE »

Prenons, par exemple, une grosse fonderie du Nord de l'Europe, qui consomme 100 GWh par an. En quête de conditions optimales, des études ont montré que l'énergie nécessaire pour fondre une tonne de ferrailles jusqu'au fer liquide était dans l'idéal d'environ 560 kWh. La moyenne réelle était toutefois jusqu'à ces derniers temps de 640 kWh par t de métal liquide. Pour y remédier, la fonderie a travaillé avec une entreprise danoise proposant spécialement pour les fonderies des services d'optimisation de l'énergie basés sur l'IoT (Internet des objets).

Les experts ont analysé les données de plusieurs charges de fusion afin de déterminer les procédures opérationnelles idéales et ont organisé les informations dans des tableaux de bord mis à jour en temps réel. Ces tableaux de bord, disposés dans la zone de travail des conducteurs (cf. Fig. 8 a et b), affichent la température, la consommation d'énergie et le poids du four. Ils offrent également une incitation visuelle claire et nette sur le moment idéal de remplissage et de vidage du four. Cette initiative a permis d'abaisser à 570 kWh/t la consommation moyenne d'énergie, ce qui représente pour le seul processus de fusion une économie annuelle de près de 1 million d'euros.



Fig. 8 et 8b : Affichage typique du tableau de bord « coup de pouce » sur le chariot du conducteur

>>> OBTENTION D'UN BILAN ÉNERGÉTIQUE

En s'appuyant sur ces expériences, la fonderie de fer a intégré les données disponibles sur les fours à des systèmes MES (Manufacturing Execution System - pilotage en temps réel) et ERP (Enterprise Resource Planning - gestion intégrée), afin d'adapter la production aux périodes de bas prix de l'énergie. Ceci peut paraître une simple stratégie de baisse des coûts, mais dessert aussi un objectif plus global : contribuer à la stabilité du réseau électrique par l'utilisation renforcée de sources d'énergie renouvelables.

Par l'adaptation stratégique de la puissance d'équipements électriques sur de courts intervalles (5-15 minutes), les fonderies peuvent bénéficier de ristournes importantes de la part des exploitants des réseaux de transport, en s'engageant dans l'équilibre de l'énergie sans que la production en soit beaucoup affectée. Pour les fonderies qui utilisent des fours à induction, c'est une magnifique occasion de mettre à profit les données facilement disponibles des fours et des systèmes MES et ERP pour atteindre la durabilité, l'efficacité et une faible empreinte carbone.

Bibliographie :

1. Trauzeddel, D. (2018) Spezielle Anwendungen der induktiven Schmelz- und Gießtechnik. Einsatzgebiete | Anlagenbau | Prozesstechnik. Éditions Vulkan.
2. Dötsch, E. (2019) Induktives Schmelzen und Warmhalten. Grundlagen | Anlageaufbau | Verfahrenstechnik. Éditions Vulkan.
3. Donsbach, F.; Schmitz, W.; Trauzeddel D. (2018) OTTO JUNKER Handbuch: Sicheres und energiesparendes Schmelzen im MF-Tiegelofen. Éditions OTTO JUNKER.
4. Donsbach, F.; Renftle, G.; Niklaus, S. (2021) Das Einschmelzen von Schrotten geringer Packungsdichte im Mittelfrequenz-Induktion-Tiegelofen. Article technique.
5. Académie OTTO JUNKER.
6. Photos : Archives OTTO JUNKER
7. Photos : Archives INDUGA
8. Init Group

Auteurs :



Frank DONSBACH
OTTO JUNKER GmbH, D-52152
Simmerath-Lammersdorf



Matias MOHEDANO RODRIGUEZ
OTTO JUNKER GmbH, D-52152
Simmerath-Lammersdorf



Ulrich NORDT
OTTO JUNKER GmbH, D-52152
Simmerath-Lammersdorf



Peter KOLDIG HANSEN,
Init Inuateg A/S,
DK-1432 Copenhagen



Contact

Matias MOHEDANO RODRIGUEZ
Senior Sales Manager | Foundry Plants
OTTO JUNKER GmbH
Jägerhausstr. 22
52152 Simmerath-Lammersdorf
Téléphone : +49 (2473) 601-718
E-mail : matias.mohedano@otto-junker.com

Maîtrisez la qualité de votre sable de moulage avec :

Le ROTOCONTROL en production
Le ROTOLABO 5M en laboratoire

- Mesure de l'aptitude au serrage, de la résistance à la compression, au cisaillement*, de l'humidité* et de la perméabilité*
(*seulement pour le RTL 5M)
- Amélioration de la régularité du sable,
- Traçabilité complète du process,
- Diminution du coût d'exploitation de la sablerie,
- Augmentation du taux d'engagement des chantiers de moulage.



33 (0)2 38 22 08 12 • www.scoval.fr

Représentant officiel :



FOURS ET ÉQUIPEMENTS INDUSTRIELS POUR

la fusion de fer et d'acier, d'aluminium, de cuivre, de laiton, de bronze, de zinc, de silicone et de magnésium

- Fours de fusion par induction
- Fours de maintien à canal
- Fours de coulée sous pression

le traitement thermique de l'aluminium

- Lingots de laminage, bandes et feuillards
- Plaques, profilés, pièces moulées et forgées
- Barres et billettes d'extrusion

le traitement thermique du cuivre

- Bandes
- Billettes d'extrusion, tubes et profilés

le décapage et le revêtement

- Lignes de dégraissage et décapage, finition par brossage et passivation
- Lignes d'étamage à chaud
- Séchoir à sustentation pour bandes fer-silicium revêtues

NOUVEAU

- **Recyclage des déchets**
- **Recyclage de batteries**
- **Stockage d'énergie – Systèmes « power to heat »**



OFFRES D'EMPLOI

Chef d'équipe fusion (F/H)	Fonderie GIROUD INDUSTRIE	VOIR L'ANNONCE
Technicien Méthodes (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur de Recherche (F/H)	ENSAM	VOIR L'ANNONCE
Responsable production fonderie (F/H)	LBI	VOIR L'ANNONCE
Technicien Méthodes (F/H)	FBM	VOIR L'ANNONCE
Technicien Méthodes (F/H)	CRONITE	VOIR L'ANNONCE
Couleur (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Fondeur (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Modeleur Traditionnel (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Alternant BTS Fonderie (F/H)	FONDERIE D'ANOR	VOIR L'ANNONCE
Chef d'Atelier Fonderie (F/H)	S.I.F	VOIR L'ANNONCE
Technicien qualité (F/H)	FOCAST 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
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	FFF	VOIR L'ANNONCE

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

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 en pierre • 1912 - sa vasque en fonte

TÉLÉCHARGER LA PREMIÈRE PARTIE

TROISIÈME PARTIE

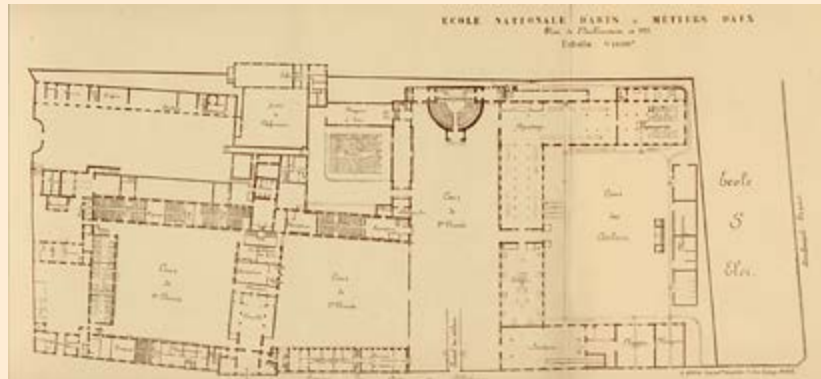
TÉLÉCHARGER LA SECONDE PARTIE



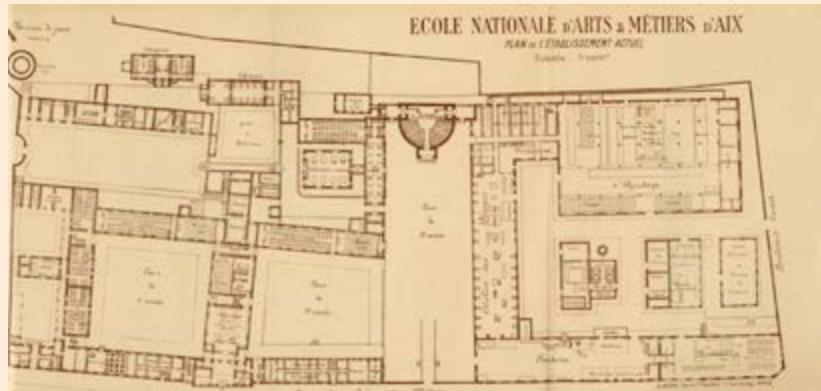
Entre 1867 et 1868, l'alignement du cours Saint-Louis - devenu cours des Arts et Métiers - permet à la Ville d'Aix-en-Provence de faire l'acquisition des terrains limitrophes à l'École dont celui occupé anciennement par l'École Saint-Eloi.

En 1910, le terrain de l'École Saint-Eloi est cédé par la municipalité à l'École d'Arts et Métiers, permettant à partir de cette date d'agrandir et de réorganiser les ateliers, de créer des bâtiments pour les enseignements de l'électricité, de l'hydraulique, de la thermique, des contrôles et essais des métaux. Le plan de construction est acté le 10 février 1910.

DÉCOUVREZ L'ÉVOLUTION
DE L'ÉCOLE D'ARTS ET MÉTIERS
D'AIX-EN-PROVENCE
ENTRE 1860 ET 2024



Plan de l'École Nationale d'Arts et Métiers d'Aix en 1905



Plan de l'École Nationale d'Arts et Métiers d'Aix en 1940

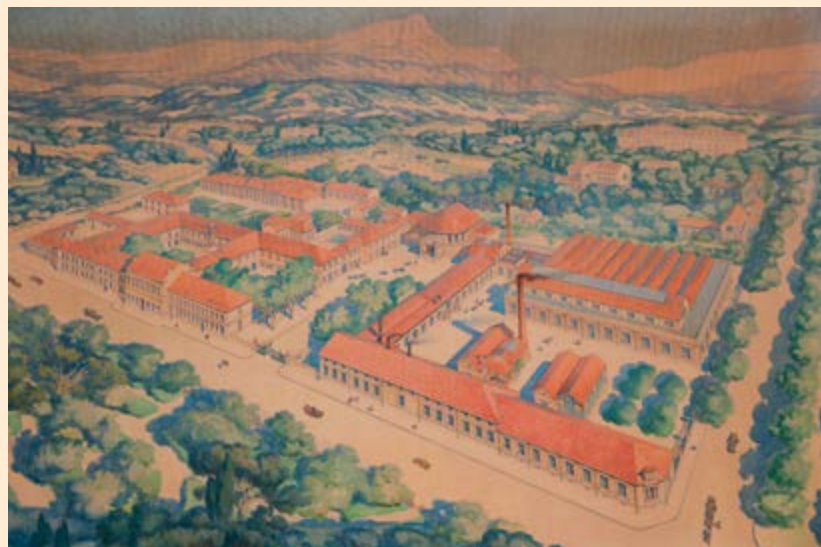


Tableau de Théodore Henri Riebel représentant l'École en 1925. Joseph Lazare Lucien Huot Architecte.
Source : Salle des conseils de l'École

Le jeudi 27 juin 1912, la vasque est remise et offerte à la ville par M. Emile RICARD, directeur de l'École, comme un hommage de reconnaissance envers la Ville qui avait cédé gracieusement à l'École le terrain nécessaire à l'agrandissement des ateliers en 1910. Pour la remise de la vasque, M. RICARD adresse un courrier à M. Bertrand.

Aix, le 27 juin 1912

Le Directeur de l'École Nationale d'Arts et Métiers d'Aix à Monsieur le Maire d'Aix

Monsieur le Maire,

J'ai l'honneur de vous remettre la vasque en fonte que M. le Ministre du Commerce a bien voulu m'autoriser à faire mouler par nos élèves et à offrir à la ville d'Aix pour la réfection de la fontaine d'Albertas.

Veillez bien, Monsieur le Maire, considérer cette œuvre modeste comme un hommage de reconnaissance envers la ville qui a bien voulu céder gracieusement à notre établissement le terrain nécessaire à l'agrandissement de nos ateliers.

Veillez agréer, Monsieur le Maire, l'expression de mes sentiments respectueux et dévoués.

Le Directeur de l'École

représentant de la ville, la vasque en fonte que Mr le Ministre du Commerce a bien voulu l'autoriser à faire mouler par les élèves de l'école et à offrir à notre ville pour la réfection de la fontaine d'Albertas. En présence des termes de cette lettre, la municipalité estime qu'il n'y a pas lieu de donner suite aux pourparlers de ces temps derniers et à organiser une inauguration officielle.

Je tiens cependant, Monsieur, à vous remercier du concours que vous avez bien voulu nous apporter en cette circonstance, Et vous prie de vouloir bien agréer l'expression de mes sentiments les plus distingués.

Le Maire d'Aix,
Signé : Dr Bertrand

27 Juin 1912 - Courrier de M. Bertrand à M. de Saboulin
Source : Archives municipales d'Aix-en-Provence

Le vendredi 28 juin 1912, la vasque en fonte est mise en place sur son piédestal.

LA FONTAINE D'ALBERTAS.— Cette semaine a été placée, à la fontaine d'Albertas, la vasque fondue par les élèves de l'École d'Arts et Métiers et offerte à la ville par le directeur de l'École, après avis du ministre.
On sait que notre confrère La Provence Nouvelle s'est activement occupé de cette réfection.
On a raison de conserver à la place d'Albertas la jolie fontaine qui en complète la physionomie historique et le beau caractère.

Dimanche 30 Juin 1912 - Le National n° 2124
Source : Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanes

Dimanche 30 Juin 1912 - La Croix de Provence n° 1073
Source : Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanes

Place d'Albertas. — On vient de remplacer la vasque de la fontaine d'Albertas. La nouvelle vasque, en fonte, a été offerte gracieusement à la Ville par l'École nationale des Arts et Métiers sur l'initiative de notre confrère La Provence Nouvelle. On devait inaugurer ce vendredi 28 juin après une courte réunion à la mairie. Cette fête n'a pas eu lieu, M. le maire ayant signalé la veille au soir au comité d'organisation qu'il n'y avait pas lieu de procéder à cette inauguration... Sans commentaire.



27 Juin 1912 - Courrier de M. Ricard à M. Bertrand
Source : Fond Ancien de l'ENSAM Aix

Le jeudi 27 juin 1912, à réception du courrier de M. Ricard, M. Bertrand adresse un courrier de remerciement à M. de Saboulin.

Aix, le 27 juin 1912

Le Maire de la Ville d'Aix à Monsieur L. de Saboulin à Aix.

Monsieur,

Je reçois à l'instant une lettre par laquelle Mr le Directeur de l'École d'Arts et métiers d'Aix m'informe qu'il me remet, comme



Vendredi 28 juin 1912 - La pose de la vasque le 28 juin 1912. Source : Photographie Henry ELY, Aix-en-Provence



La couronne en bronze
Source : Photographies
Yves Liccia

La frise en fonte
Source : Photographies
Yves Liccia



L'inscription sur la couronne :
« OFFERT . A LA VILLE . PAR . L'ECOLE .
NATIONALE . D'ARTS & METIERS . AIX . 1912 .
Dr BERTRAND MAIRE . Mr RICARD DIRECTEUR
DE L'ECOLE »

marque les liens entre l'Ecole et la Municipalité.
Une frise en fonte constituée de 12 éléments
soudé au plomb décore le pourtour du bassin.



>>> Les remerciements de la ville au directeur de l'Ecole <<<

Aix, le 28 juin 1912

Le Maire de la Ville d'Aix
à Monsieur RICARD, Directeur de
l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers,
à Aix

Monsieur le Directeur,

Si je n'ai pas répondu immédiatement à votre lettre du 27 courant par laquelle vous voulez bien m'informer que vous me remettez comme représentant de la Ville, la coquette vasque en fonte destinée à la fontaine d'Albertas, que Monsieur le Ministre du Commerce vous a autorisé à faire mouler par les élèves de votre Ecole, c'est que j'ai voulu faire part au Conseil Municipal, réuni hier soir à 5 heures en séance publique, du don généreux que vous avez bien voulu faire à notre cité. Au nom de la population, du Conseil Municipal et de la Municipalité, j'ai l'honneur de vous adresser l'expression la plus vive de notre reconnaissance, que je vous saurai gré de transmettre aux habiles élèves de votre Ecole qui ont participé à la confection de cette œuvre charmante et aux distingués Chefs d'atelier qui l'ont dirigé.

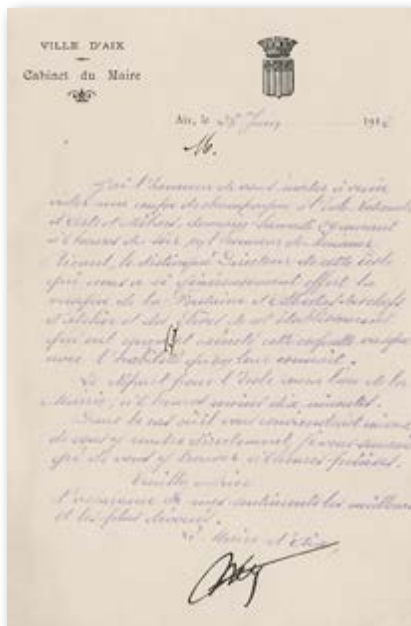
En vous renouvelant nos remerciements et nos félicitations, je vous prie d'agréer Monsieur le Directeur, l'assurance de mes sentiments les meilleurs et les plus dévoués.

Le Maire d'Aix
Signé : Dr Bertrand



28 Juin 1912 - Courrier de M. Bertrand à M. Ricard
Source : Archives municipales d'Aix-en-Provence

Le samedi 29 juin 1912, Une fête intime est organisée à l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers. Un courrier d'invitation est envoyé le 28 juin par la mairie.



28 Juin 1912 - Courrier d'invitation
Source : Archives municipales d'Aix-en-Provence

Aix, le 28 juin 1912

M.

J'ai l'honneur de vous inviter à venir vider une coupe de champagne à l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers, demain Samedi 29 courant à 6 heures du soir, en l'honneur de Monsieur Ricard, le distingué Directeur de cette Ecole qui nous a si généreusement offert la vasque de la fontaine d'Albertas, des chefs d'atelier et des élèves de cet établissement qui ont conçu et exécuté cette coquette vasque avec l'habileté qu'on leur connaît.

Le départ pour l'Ecole aura lieu à 6 heures moins dix minutes.

Dans le cas où il vous conviendrait mieux de vous y rendre directement, je vous saurais gré de vous y trouver à 6 heures précises.

Veillez agréer

l'assurance de mes sentiments les meilleurs et les plus dévoués.

Le Maire d'Aix
Signé : Dr Bertrand

>>> La réception à l'Ecole <<<

A l'occasion de la réception de la vasque de la Fontaine de la place d'Albertas, coulée dans les ateliers de l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers d'Aix, et gracieusement offerte à la ville, sur l'autorisation de Mr le Ministre du Commerce et de l'Industrie, un lunch a été servi dans ces mêmes ateliers par les soins de Mr Docteur BERTRAND, Maire d'Aix, à Mr le Directeur, au personnel ainsi qu'aux élèves de l'école qui ont collaboré à l'exécution de cette vasque.

Après une collation d'exquis sorbets arrosées de champagne, Mr le Maire assisté de ses collègues du Conseil, membres de la Commission des travaux, de Mr HUGUON architecte de la ville et de Mr JACQUENOT, conducteur des travaux, prit la parole et dans une vibrante im-

provisation pleine de souvenirs à l'adresse de Mr le Directeur de l'Ecole et de Mr BERTHET, Chef d'atelier de la fonderie, il adressa aux élèves qui avaient participé au moulage de la vasque ses plus vives félicitations pour le zèle et le talent dont ils avaient fait preuve, leur prédisant un brillant avenir dans leur carrière future.

Il rappela que Mr RICARD, père du distingué Directeur actuel de l'Ecole, avait été lui-même élève aux Arts et Métiers et plus tard fonctionnaire dans le même Etablissement ; que Mr BERTHET père du chef d'atelier actuel de la fonderie, avait fondu la vasque de la grande fontaine de la Rotonde.

Mr le Maire lève ensuite son verre en l'honneur de Mr le Ministre du Commerce et de l'Industrie, de Mr le Directeur et du personnel de l'Ecole, et à la prospérité de plus en plus florissante de cet établissement de l'Etat dont notre ville se montre fière à juste titre.

Il rappelle que des pourparlers avaient été engagés, il y a une douzaine d'années, entre la Municipalité de l'époque et Mr ROULLAND, alors Directeur des Arts et Métiers, pour la confection d'une vasque destinée à la même fontaine ; mais les événements qui se succédèrent ne permirent pas de donner suite à ce projet.

Aujourd'hui grâce à l'amabilité et à l'activité de sympathique et distingué Mr RICARD, cette œuvre a été menée à bonne fin.

Mr le Maire ajoute que puisque cette cérémonie intime est toute faite de souvenirs, il se plaît à évoquer celui du Docteur GOYRAND, son grand-père maternel alors adjoint au Maire d'Aix de l'époque, Mr AUDEN qui avait participé de concert avec l'illustre Mr THIERS, à la création de notre brillante Ecole un des plus beaux bijoux de la couronne de l'ancienne Capitale de la Provence.

Mr le Directeur de l'Ecole dans une charmante allocution, dit combien il a été touché des paroles de sympathie que Mr le Maire lui a adressées et du souvenir donné à son père. Il remercie la Municipalité et le Conseil Municipal de la cession de terrain qui a été faite par la ville à l'état, pour l'agrandissement de l'école.

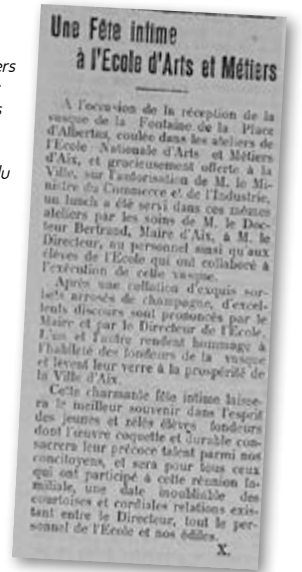
Il sait tout l'intérêt que nos édiles portent à la prospérité de ces établissements, et assure Mr le Maire de la très grande satisfaction qu'il éprouve de l'accueil cordial qu'il a reçu de lui et de son collègue du Conseil depuis sa venue parmi nous.

Aix est devenu pour lui un séjour enchanteur auquel le rattachaient déjà des souvenirs de famille inoubliables.

Il lève son verre en l'honneur de Mr le Maire,



29 Juin 1912 - Une fête intime à l'Ecole d'Arts et Métiers - (à gauche) Source : Archives municipales d'Aix-en-Provence (à droite) Source : Le National n° 2125 du 7 juillet 1912



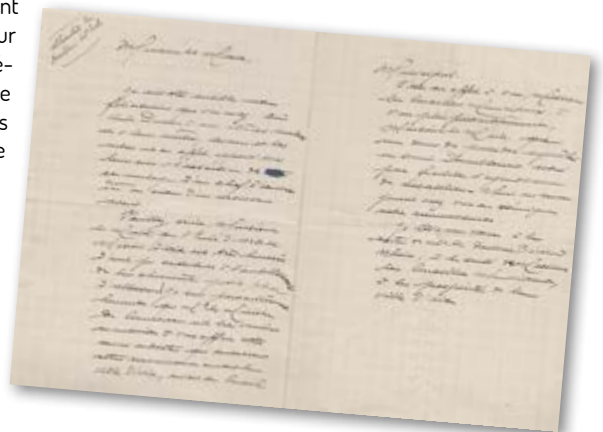
Veillez croire, Monsieur le Maire, que l'Ecole d'Arts et Métiers d'Aix est très honorée d'avoir pu collaborer à l'embellissement de la charmante place d'Albertas. Je suis particulièrement heureux que Mr le ministre du commerce ait bien voulu m'autoriser à vous offrir cette œuvre modeste qui confirme notre reconnaissance envers la ville d'Aix, envers son Conseil Municipal. C'est en effet à vous Messieurs les Conseillers Municipaux, à vous plus particulièrement, Monsieur le Maire que mes vœux de posséder aujourd'hui un terrain admirablement situé pour faciliter l'agrandissement de nos ateliers. Nous ne saurons jamais assez-vous en témoigner notre reconnaissance. Je lève mon verre à la santé de Mr le Docteur Bertrand, Mr le Maire, à la santé de Messieurs les Conseillers Municipaux, à la prospérité de la Ville d'Aix.

du Conseil Municipal et boit à la prospérité toujours croissante de notre belle cité.

Cette charmante fête intime laissera le meilleur souvenir dans l'esprit des jeunes et zélés élèves fondeurs dont l'œuvre coquette et durable consacrera leur précoce talent parmi nos concitoyens; et sera pour tous ceux qui ont participé à cette réunion familiale, une date inoubliable de courtoises et cordiales relations existant entre le Directeur, tout le personnel de l'Ecole et nos édiles.

»»» L'allocution du directeur de l'Ecole «««

Monsieur le Maire, Je suis très sensible aux félicitations que vous avez bien voulu adresser à nos élèves nombreux et à leurs maîtres; les uns et les autres ont en effet apporté tous leurs savoirs à l'occasion de ce moulage d'un chef d'œuvre dû au ciseau d'un artiste aixois.



29 Juin 1912 - Le discours du Directeur de l'Ecole Source : Fond Ancien de l'ENSAM Aix

Pendant la Seconde Guerre mondiale, la France de Vichy est en pleine pénurie de métaux, principalement non ferreux, alors massivement utilisés pour la fabrication des douilles, canons et obus. Une grande campagne de récupération d'objets de tous les jours est lancée, mais insuffisante, la décision est prise par le maréchal PÉTAÏN de fondre les statues pour pallier le manque de métaux non ferreux. La qualité artistique ou historique des statues en bronze est à l'entière discrétion du gouvernement et de ses commissions.

En 1944, à Aix-en-Provence, la fontaine d'Albertas a fait l'objet d'une demande de réquisition : comme de nombreux ornements dans le pays, il fut demandé que la vasque de la fontaine de la place d'Albertas soit enlevée pour être fondue. Mais celle-ci n'étant pas en bronze mais en fonte et inscrite aux Monuments Historiques, le « Comité du Vieil Aix » demanda alors au préfet de préserver cet élément. Ce qui a été fait ... Deux articles de Marcel PROVENCE paraissent dans la presse locale.



(G) Restauration de la calade de la place en 2024. (D) L'inauguration le 20 septembre 2024 - Source : Fond Ancien de l'ENSAM Aix



La fontaine restaurée en attente de la pose de la frise sur la margelle du bassin.

Pour compléter chronologiquement l'histoire de la création des Ecoles d'Arts et Métiers, abordée dans la deuxième partie de cet article ([TECH News FONDERIE n° 46](#)), après la création de l'École d'Aix-en-Provence en 1843, troisième école créée après celles de [Châlons-en-Champagne en 1806](#) et d'[Angers en 1815](#), cinq autres Ecoles vont voir le jour :

En 1891, une école pratique d'ouvriers et contremaîtres est créée dans l'abbaye à [Cluny](#). Celle-ci sera transformée le 21 juillet 1901 en École Nationale d'Arts et Métiers.



L'École de Cluny

En 1900, ouverture en octobre de l'École Nationale d'Arts et Métiers de [Lille](#).



L'École de Lille

Musées Conseillère métropolitaine, Pr Féthi BEN OUEZDOU, Directeur de l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers d'Aix-en-Provence et du Conseil Municipal.

La vasque en fonte de la fontaine de la Place d'Albertas est la pièce emblématique réalisée dans la fonderie des Arts d'Aix-en-Provence. Tout au long des années qui ont suivies, l'École a toujours été présente et active au niveau de diverses réalisations pour le patrimoine aixois mais aussi pour d'autres communes telles que Marseille, Fuveau, Lambesc, Gardanne, Digne-les-Bains, Sisteron, Bastia, ...

Découvrez l'atelier de fonderie de l'École d'Arts et Métiers d'Aix-en-Provence de 1900 à 2024 Son évolution et ses réalisations pour le patrimoine

[en cliquant ici](#)



Source : Bibliothèque Méjanes - (G) [Le Mémorial d'Aix du 18 juin 1944](#) - (D) [Le Mémorial d'Aix du 23 juillet 1944](#)

En 2023, 276 ans après la création de la place d'Albertas, 163 ans après la création de sa fontaine et 111 ans après la coulée de la vasque en fonte, la rénovation l'ensemble de ce patrimoine s'imposait.

Les travaux débutèrent en janvier 2023 ([Article de M. Jean-Louis PLACE](#) paru dans le [TECH News FONDERIE n°45](#)).

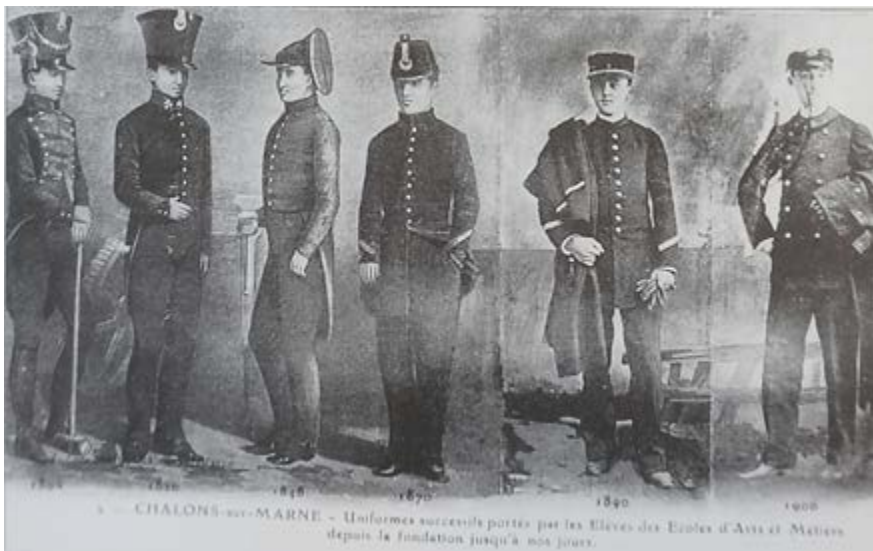
En 2024, L'inauguration de la place d'Albertas a eu lieu le vendredi 20 septembre, en présence de Renaud MUSELIER, Président de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et Président délégué de Régions de France, Sophie JOISSAINS, Maire d'Aix-en-Provence et Vice-présidente de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Louis BURLE, Directeur de la Direction Régionale des Affaires Culturelles de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Marie-Pierre SICARD-DESUELLE, Adjointe au Maire déléguée au Patrimoine et aux



L'Ecole de Paris

En 1912, l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers de Paris est ouverte.

En 1919, au sortir de la guerre, le port de l'uniforme, longtemps porté afin de gommer la différence vestimentaire civile qui pouvait exister entre les différentes classes sociales d'élèves, devient facultatif. Il redeviendra obligatoire en 1935 pour la ville et les cérémonies.



Uniformes successifs portés par les élèves des Ecoles d'Arts et Métiers entre 1806 et 1919.

En 1926, la croix de Guerre est remise aux six Ecoles.

En 1934, le 8 décembre dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, la Légion d'honneur est remise aux Ecoles d'Arts et Métiers par le président de la République Albert LEBRUN. En 1963, L'Ecole prend le nom d'ENSAM. Les cinq écoles de province deviennent des Centres.

En 1963, le Centre de Bordeaux-Talence est créé.



L'Ecole de Bordeaux-Talence

En 1997, le huitième Centre ouvre ses portes à Metz (Centre Franco-Allemand).



L'Ecole de Metz

Au cours des ans, d'autres sites seront créés : En 1995, l'Institut conception mécanique et environnement à Chambéry ; en 1997, l'Institut de l'image de Chalon-sur-Saône ; de 2000 à 2012, l'Institut énergies renouvelables à Bastia ; en 2017, l'Institut réalité virtuelle de Laval ; en 2023, pour former les futurs leaders des industries responsables du Maroc, recherche & entrepreneuriat à l'EAMR Ecole Arts et Métiers campus de Rabat

Clin d'œil à cette année olympique. A Aix-en-Provence, pendant l'édition 2024 des Grandes UAI (Union athlétique inter-Gadzarts), les Gadzarts ont honoré la Flamme Olympique. Au total 1320 Gadzarts, venus des huit campus des Arts et Métiers, ont escorté la flamme le long du cours Mirabeau sur fond de la grande fontaine.



Source : Arts&MétiersMAG

YVES LICCIA - ATF //////////////

Dans un prochain numéro de **TECH News FONDERIE**, sera développé le centenaire de la coulée en 1912 de la vasque en fonte. Pour marquer cet anniversaire, les étudiants, dans le cadre des enseignements de projet métiers, ont réalisé une copie de la fontaine d'Albertas, à l'échelle 1/2, qui a été implantée dans la cour d'honneur de l'Ecole.

SOURCES :

- BnF Gallica
- Fonds patrimoniaux des bibliothèques Méjanes - <http://www.citedulivre-aix.com/spip.php?rubrique3>
- Archives municipales d'Aix-en-Provence - <http://aix.arkotheque.fr/>
- Fond Ancien de l'ENSAM Aix-en-Provence
- Fondation Arts et Métiers - Fondation Arts & Métiers
- Arts et Métiers Magazine - Arts&MétiersMAG
- Photographies Henry ELY, Aix
- Photographies Maurice FABRE
- Photographies Fernand LEGALLAND
- Photographies Yves LICCIA
- Photographies Julien NEGRE
- Raconte-moi KIN - Roger CANONERO - 2019 - ISBN : 9791069936645
- Sites internet des Campus ENSAM
- Catalogue des consuls et assesseurs de la ville d'Aix entre 1244 et 1855
- KBR - Plan de la ville d'Aix capitale de Provence
- Société Historique de Compiègne bulletin n° B18
- Grahl de Beaupréau - Cahier des Mauges n°16
- Histoire des Ecoles Impériales d'Arts et Métiers en 1865 - André Guettier, Lacroix, 1865

42 portraits de gadzarts célèbres - Source : Fondation Arts & Métiers



CALDERYSPubli-reportage P 10
EIRICH P 43
ERVIN P 13
FOSECO 4^e de couverture
GTP SCHAFFER 2^e de couverture
HUTTENES ALBERTUS P 29
HW SINTO P 08
INOMETAL 3^e de couverture
JOEST P 08
MAGMA P 04
OTTO JUNKER Article technique P 30
OTTO JUNKER P 35
RESAND P 25
SCOVAL P 34
SIMPSON Article technique P 28
WINOA 3^e de couverture



EIRICH



Tendre vers le sable à vert idéal

Le **QualiMaster AT1** est la pièce maîtresse de votre système d'assurance qualité sablerie. L'AT1 réalise un contrôle en continu de votre sable, afin d'atteindre la qualité de pièce désirée, de manière constante.

- > Intégré ou en mode autonome
- > Avec outil d'analyse et de reporting
- > Interface Web pour un suivi depuis une tablette ou un smartphone
- > Mesure de l'IAS, cisaillement, déformation avant rupture, effet rebond, perméabilité et température.

www.eirich-france.com



Opérateur, technicien, ingénieur, dirigeant, chercheur, etc...
L'adhésion personne physique est ouverte à toutes personnes actives.

À travers l'adhésion des lycées, l'ATF participe aux supports techniques et pédagogiques, aux rencontres élèves-professionnels du métier.

L'adhésion morale est une participation à la vie associative de notre métier, un support financier et une reconnaissance de notre association comme composante utile de notre filière.

Parce que l'avenir de la fonderie, ce sont nos jeunes, et que nous croyons en eux. Adhésion gratuite pour les étudiants.

Ce n'est pas parce que la retraite arrive que l'on ne peut plus être actif. L'ATF et nos jeunes ont besoins de ses nouveaux actifs.

Parce que faire un don c'est aussi montrer son adhésion et son attachement à la plus ancienne des organisations de la filière fonderie.

Adhérer en 2025

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



DES OUTILS ET DES ACTIONS EN 2025 :

- 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).

Exemple :

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

ADHÉSION INDIVIDUELLE

TARIF DES COTISATIONS 2024
PERSONNE PHYSIQUE

ADHÉSION ENTREPRISE

TARIF DES COTISATIONS 2024
PERSONNE MORALE



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

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



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.

Dé 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.



preparing tomorrow's surfaces



INOX



FIL COUPÉ



UFS

Planifiez votre essai aujourd'hui !

Visitez nos centres techniques pour essayer votre prochain abrasif

