

Technologie du sable, nous avons des tonnes d'expérience

Découvrez comment nos années d'expertise peuvent transformer vos opérations de fonderie grâce à nos solutions sur mesure en matière de refroidissement, de mélange, de test et de technologie de récupération du sable.

Contactez-nous dès aujourd'hui!
sales.de@simpsongroup.com



simpsongroup.com

SIMPSON
A Norican Technology

48^{N°}
OCTOBRE
2024

TECH NEWS

FONDERIE

ASSOCIATION
JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE SUR LE GRENAILLAGE
PAGE 8

PROFESSION
**REVIEW OF FRENCH FOUNDRY FOR 2023 AND
TENDENCY FOR FIRST PART OF 2024**
PAGE 12

TECHNIQUE
**MÉTHODE D'INOCULATION DE LA FONTE GRISE
HAUTE PERFORMANCE**
PAGE 28

UNE PUBLICATION DE



LAEMPE.com

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

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

Laempe + Fischer



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

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



LAEMPE.com

édito.

FORMONS, FORMONS, FORMONS

Nous sommes à la veille d'aborder le quart de ce nouveau siècle, tout évolue très vite et de nombreuses bases techniques de notre métier la fonderie, restent, elles immuables.

C'est sur ces bases, ces savoirs que s'est forgé la réputation des formations **CYCLATEF ATF**, ces formations basées sur la transmission le partage des connaissances de nos techniques de fonderie qui nécessitent d'en connaître les moindres détails.

Les processus mis en œuvre en fonderie sont multiples, les stages **CYCLATEF** sont proposés pour vos techniciens et ingénieurs afin de leur permettre d'approfondir leurs connaissances, de développer leurs savoir-faire.

Ces stages, mais aussi des stages hors catalogue adaptés à des besoins précis sont également disponibles en formation intra-entreprise pour répondre à vos besoins ponctuels.

Notre association est au service de tous les fondeurs quelques soient leurs domaines d'activité.

L'ATF n'a jamais oublié et n'oubliera jamais qu'elle est au service de la profession. Proche depuis sa création de tous les réseaux professionnels de la fonderie, voire à leurs origines comme la création de l'ESFF qui vient de fêter son centenaire, elle se nourrit de ces réseaux de connaissance.

Depuis la création de cette école, de nombreux ingénieurs sont passés du statut d'élèves à celui de maîtres, ils officient auprès des jeunes, mais aussi des adultes en rejoignant nos équipes de formateurs **CYCLATEF**. C'est l'un des viviers de nos équipes d'animateurs et d'intervenants, mais pas seulement, car notre métier demande et requiert des expertises multiples. C'est ce qui fait la force d'une association ouverte à tous.

L'ATF reste indépendante, elle demeure une association à but non-lucratif, elle vit sur cette base depuis sa création en 1911, cette longévité et sa faculté à s'adapter à écouter les besoins des fondeurs depuis de nombreuses années sont dans son ADN.

Ces dernières années notre association a su s'adapter dans de nombreux domaines, que ce soit le suivi des technologies de la fonderie, les analyses et rapports des changements apportés aux différents segments industriels liés à la fonderie, ses journées d'actions régionales ou nationales. Elle a su passer les récentes périodes de crise, elle s'est renforcée dans son indépendance en obtenant la qualification **QUALIOP1** pour mieux vous suivre dans la formation de vos équipes. Une certification obtenue sur la base d'un énorme travail de Melody **SANSON** et Cloé **TEODORI**.

Ayant réinitié en 2024 des journées techniques avec l'appui de la FFF et du CETIM, rompues désormais aux réseaux de notre profession, comme l'AAESFF ou les différents lycées techniques qui forment à la fonderie, elles pourront également vous diriger vers les instances qui forment des diplômés, qui lancent des formations en alternance, pour lesquelles notre association n'a pas vocation.

Les retours des stagiaires **CYCLATEF** sont depuis longtemps très positifs, notamment dans nos stages inter-entreprises, basés sur de nombreux échanges techniques entre animateurs et stagiaires, mais aussi entre les participants eux-mêmes.

Vous trouverez ci-après les liens qui vous permettront de télécharger, notre nouveau catalogue, de contacter notre équipe. Appuyées par les membres de notre association, son bureau, son comité directeur, Melody et Cloé sauront vous guider dans vos demandes. Nous vous attendons comme en 2024 nombreux en 2025 dans nos stages **CYCLATEF**



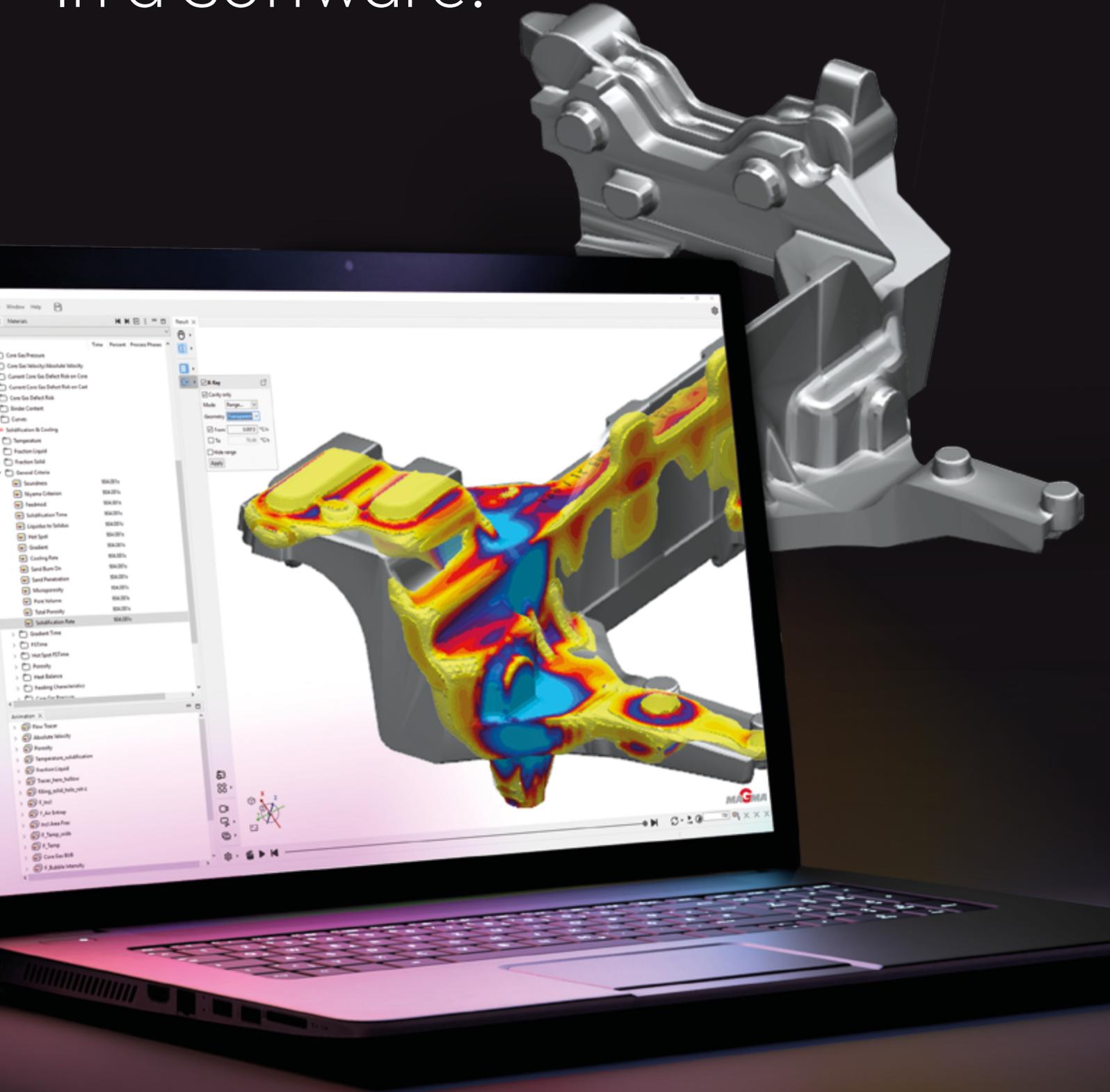
Patrice MOREAU
VP ATF



Mélody **SANSON**
atf-sg@atf-asso.com
Cloé **TEODORI**
assistante@atf.asso.fr
06 02 58 01 09

Casting Knowledge. In a Software.

MAGMA
Committed to Casting Excellence



Curieux?



MAGMASOFT[®]
autonomous engineering

sommaire.

03 / EDITO

FORMONS, FORMONS, FORMONS

Article de Patrice MOREAU - ATF

06 / AGENDA

ASSOCIATION

08 /

Journée Technique Nationale sur le grenailage

Article de Guillaume ALLART - Président de l'ATF

09 /

Prix de l'ATF à la cérémonie de remise des diplômes de la promotion 2024 de l'Ecole Supérieure de Fonderie et de Forge - ESFF.

Article de Guillaume ALLART - Président de l'ATF



PROFESSION

11 /

European Foundry Industry Sentiment, August 2024: - FISI Experiences Slight Uptick

Article de CAEF

12 /

Review of French Foundry for 2023 and tendency for first part of 2024:

Article de Lionel ALVES for France and ATF

16 /

Déménagement de l'Ecole Supérieure de Fonderie et de Forge pour la rentrée 2026

Article issu du site internet de l'Ecole



SALON

17 /

La rencontre internationale des entreprises de fonderie à Targi Kielce

Article de Guillaume ALLART - Président de l'ATF

18 /

Portoroz in the face of major challenges for the foundry industry

Article de Guillaume ALLART - Président de l'ATF

TECHNIQUE

20 /

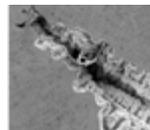
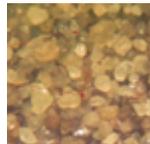
Moulding sand recycling and reuse in small foundries

Article de Meera K. JOSEPH, Farai BANGANAYI and D OYOMBO

28 /

Méthode d'inoculation de la fonte grise haute performance

Article de E. GUZIK, D. KOPYCINSKI, A. ZIOLKO, A. SZCZESNY



FORMATION

22 /

L'agenda des formations

24 /

Formation sables à vert à Luxeuil-les-Bains

Article de Patrice MOREAU - ATF

26 /

Formation Fonte GS au Mans

Article de Jean-Paul CHOBAUT - ATF, Xavier MENNUNI - Fonderie de Brousseval, Guillaume ALLART - ELKEM, Benjamin CLISSON - ATF



Cyclatef[®]
FORMATION FONDERIE

34 / EMPLOIS

35 / HISTOIRE & PATRIMOINE

L'aluminium (seconde partie)

Article de Yves LICCIA - ATF



43 / ANNONCEURS

44 / ADHÉRER EN 2025

agenda.

NOVEMBRE 2024

- >>> **5 au 7 à Lille (France) :**
MÉTALLURGIE ET MÉTALLOGRAPHIE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM MOULÉS
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=t3i2t5Kkom4UQDI3K7fw>
- >>> **19 au 21 à Amiens (France) :**
FONDERIE SOUS PRESSION
<https://atf.asso.fr/formation>
- >>> **19 au 21 à Grenoble (France) : SEPEM CENTRE-EST 2024**
Salon industriel des services, équipements, process et maintenance
<https://grenoble.sepem-industries.com/fr>
- >>> **20 au 23 à Bangkok (Thaïlande) : METALEX 2024**
Salon international et conférence des machines-outils et de l'industrie du métal
<https://www.metalex.co.th/>
- >>> **20 au 21 à Madrid (Espagne) : METALMADRID 2024**
Salon leader de l'innovation industrielle: machines, composants, sous-traitance, fournitures, ingénierie, matériaux, robotique, traitement de surface, composites, fabrication additive...
<https://www.advancedmanufacturingmadrid.com/es/metalmadrid/metal-madrid/>
- >>> **26 au 28 à Toulouse (France) :**
MOULAGE DE PRÉCISION À LA CIRE PERDUE
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=ZHqae07sWh4qARXCcMGN>

Cyclatex
FORMATION FONDERIE

Cyclatex
FORMATION FONDERIE

Cyclatex
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>

Cyclatex
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=lkL0BbakpASswHE7hJ7c>

Cyclatex
FORMATION FONDERIE

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/>
- >>> **du 10 au 12 à Bordeaux (France) :**
FONDERIE D'ART ET D'ORNEMENT
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=JGXXWruUDbSRjH4INUy0>
- >>> **du 17 au 19 à Brive-La-Gaillarde (France) :**
DÉFAUTS EN FONDERIE D'ALLIAGES D'ALUMINIUM COULÉS PAR GRAVITÉ (SABLE ET COQUILLE) : DIAGNOSTICS ET SOLUTIONS BASSE PRESSION ET CONTRE PRESSION
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=c8HAGKgfVzF3BPE2Gus8>

Cyclatex
FORMATION FONDERIE

Cyclatex
FORMATION FONDERIE

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>

Cyclatex
FORMATION FONDERIE

FÉVRIER 2025

- >>> **4 au 6 à Laxou (France) : FOUR À INDUCTION**
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=swwkXlnQsmjTf8Cooa8j>

JOURNÉE D' ACTIONS RÉGIONALES

NORD - ILE DE FRANCE

le samedi 30 novembre 2024 à Armentières (59)
avec, au programme, une demie journée de moulage.

GRAND- OUEST

le samedi 7 novembre 2024

RHÔNE-ALPES

le samedi 7 décembre 2024 au lycée Guimard

APÉRITIF DES FONDEURS

Salon Global Industrie de Lyon
le jeudi 13 mars à 12h00

suivi de l'assemblée générale de l'ATF à Lyon.

Plus d'informations à venir



FOSECO Think beyond. Shape the future.

Découvrez le nouveau site web de FOSECO !

- Navigation plus facile
- Informations étendues sur les produits
- Processus de contact simplifié
- Contenu axé sur l'industrie

www.foseco.com



Jeudi 17 Octobre, L'ATF, en collaboration avec Winoa, leader mondial de la technologie de grenailage, a organisé un séminaire technique sur le site WINOA Le Cheylas.



L'évènement s'est concentré sur les technologies de grenailage, réunissant des professionnels de l'industrie afin d'explorer les dernières innovations et les meilleures pratiques disponibles et la gestion du grenailage en atelier, ainsi que les systèmes de contrôle pilotés.



généralement la partie pauvre du processus de fonderie, mais qui est néanmoins un important poste de dépenses. Il nous semblait important, dans un contexte économique où chaque euro compte pour les fonderies, de partager « état de l'art » et « bonnes pratiques », et de mettre en évidence cette technologie rarement au cœur des préoccupations majeures. Pour les participants, ce fut des plus utiles et pertinents. Je remercie l'équipe de WINOA et le CETIM pour avoir pleinement répondu à l'objectif, grâce à leur engagement et leurs expertises. »

Au-delà de l'importance pour notre industrie, L'évènement aura renforcé la position de WINOA à l'avant-garde de l'industrie manufacturière mondiale, non seulement grâce à sa technologie de pointe, mais aussi grâce à son engagement à fournir à l'industrie de la fonderie les connaissances et les solutions les plus récentes.

Jonathan LEFEVRE,
Leader de production Ebarbage chez ProFerro :

« Un grand merci à l'ATF pour cette journée technique et félicitations à toute l'équipe de Winoa pour l'accueil, les explications, la visite et les animations ludiques et interactives (...). Ce fut très enrichissant. »

La conclusion de WINOA aura conclu parfaitement cette journée :

« Un grand Merci à l'ATF, à tous les participants et à notre incroyable équipe, pour leur dévouement et leur expertise qui ont contribué à faire de cet évènement un succès. Nous sommes impatients de poursuivre ces échanges précieux et de renforcer encore la confiance au sein de l'industrie de la fonderie »

Il est évident que l'ATF renouvellera ce type d'évènement en 2025. Nous appelons les fondeurs et partenaires à nous contacter si ceux-ci souhaitent aborder certains sujets en particulier.

Nous évoluons tous – Nous fondeurs engagés – dans un contexte extrêmement difficile actuellement – c'est ensemble que nous pouvons mieux réussir, main dans la main, fondeurs, organisations et partenaires.

Guillaume ALLART - Président de l'ATF // // // //

Parmi les participants figuraient des représentants d'entreprises Françaises et Belges, du ferreux et non ferreux, telles que Fonderie Giroud Industries, Acières Hachette & Driout, ProFerro Fonderie, Domfrontaise, 3MO, Aluthea. Le séminaire a permis de dispenser une formation approfondie sur les techniques de grenailage, les exigences en matière d'outils, l'utilisation des machines et de la grenaille, le tout accompagné d'une visite de l'usine de fabrication de la grenaille et l'animation d'un atelier ludique en collectif.

Les participants ont eu un large aperçu précieux des possibilités d'utilisation et de ges-

tion grâce aux interventions de Pierre COSTE, Philippe GUIGUET, Joel BENDER et Pascal FRASSON (Winoa) et de Stéphane GUERIN (CETIM).

Les échanges pratiques et les dernières tendances étaient au centre de l'attention. Les participants ont apprécié les discussions pratiques sur les exigences en matière d'outils, le processus de grenailage et l'entretien des machines.

Guillaume ALLART, président de l'ATF aura eu à cœur de souligner :

« Nous sommes à une époque où les niveaux de technologies de fabrication et les connaissances se croisent. Le Grenailage est

Prix de L'ATF

à la cérémonie de remise des diplômes de la promotion 2024 de l'École Supérieure de Fonderie et de Forge - ESFF.

C'est toujours un honneur en tant que Président de représenter l'Association Technique de Fonderie, et de pouvoir décerner le prix pour le meilleur élève ingénieur en conception de moules et pièces de fonderie / projet numérique, ainsi que le prix du meilleur élève ingénieur en année de spécialisation. Prix accompagné d'une dotation financière pour chacun.



Ces Prix sont nés de la volonté d'encourager les étudiants qui ont excellé dans ces modules respectifs, et qui également œuvreront au développement de leur entreprise et de la fonderie en générale. Cette année aura été particulière car la remise des diplômes de l'ESFF se sera déroulée à l'hôtel particulier Léna des Arts et Métiers, à l'occasion des 100 ans de l'école, mais aussi à l'occasion du rapprochement de celle-ci au site Arts & Métiers de Chalons en Champagne.

Le lauréat du prix pour le meilleur en conception de moules et pièces de fonderie / projet numérique est Anziz AHAMADA. Anziz est salarié en formation continue de SAFRAN et à un double mérite car il a effectué sa formation tout en continuant son activité professionnelle, et sans oublier sa vie de famille. Une belle preuve de motivation et un bel exemple pour ceux qui douteraient que cela est impossible.



Le lauréat du prix pour le meilleur élève ingénieur en année de spécialisation est Eloi Panvier, ingénieur A&M. Il a effectué son stage d'entreprise chez VALLOUREC TUBES FRANCE - VRCF et son sujet: Modélisation du processus de coulée continue dans l'usine de Jeceaba, au Brésil.



Guillaume ALLART - Président de l'ATF //

MACHINE DE MOULAGE SANS CHÂSSIS SÉRIE FBMX

Caractéristiques:

- Une qualité de moule exceptionnelle grâce à la technologie de remplissage de sable par aération
- Système compact et fiable
- Rendement : jusqu'à 163 Moules/h.



- Taille des mottes jusqu'à 812 x 812 (32" x 32") mm
- Un rapport sable/métal optimal grâce aux différentes hauteurs de mottes qui peuvent être sélectionnées
- Des implantations compactes et simples, de machines individuelles jusqu'aux process entièrement automatisés avec une efficacité énergétique maximale.



New Harmony » New Solutions™



sinto FOUNDRY INTEGRATION

www.sinto.com

HEINRICH WAGNER SINTO
Maschinenfabrik GmbH
SINTOKOGIO GROUP

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

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



VOTRE PARTENAIRE EN PROCÉDÉ NO-BAKE

Malaxage - Régénération - Moulage
pour sable à prise chimique




MADE IN GERMANY

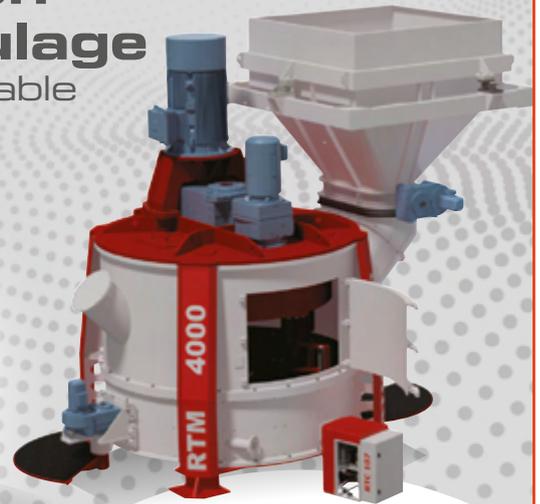


Laempe + Fischer · M. Pierre Risser · Téléphone +33 3 89 81 18 38 · info@laempesfischer.fr · www.laempesfischer.fr

Maîtrisez la production de votre sable de moulage avec nos malaxeurs à vitesse variable

ROTOMAX Compact 7 à 20 t/h
ROTOMAX 20 à 170 t/h

- Optimisation de la qualité de votre sable de moulage,
- Gains de consommation d'énergie,
- Diminution de vos rebuts et consommation d'additifs,
- Réduction des coûts de maintenance.



33 (0)2 38 22 08 12 • www.scoval.fr

Représentant
officiel :



SCOVAL
for Parc





PRESS RELEASE • 26 SEPTEMBRE 2024

European Foundry Industry Sentiment, August 2024: *FISI Experiences Slight Uptick*

In August 2024, the European Foundry Industry Sentiment Indicator (FISI) experienced a slight decline, falling to 94.8 index points. This represents a decrease of 0.7 points compared to the previous month, where the index stood at 95.5.

This decrease can be partly attributed to the ongoing complex macroeconomic situation across Europe. Despite some improvement in energy prices and raw material costs, both of which are no longer at their peaks, the overall economic outlook remains somewhat stagnant. Many economies across Europe continue to move sideways rather than demonstrating significant upward momentum, leading to a noticeable lack of new orders.

Adding to this uncertainty is the upcoming U.S. presidential election in 2024, which is causing many customers to delay decisions until the outcome is clear. This is particularly relevant for industries with global supply chains, as the potential policy shifts could have far-reaching implications. Similarly, the formation of the new EU Commission is also creating a wait-and-see attitude among customers, as businesses remain cautious about future regulatory changes within the European market.

Despite this downturn, there is a modest sense of optimism in the outlook. The current market conditions, however, highlight the ongoing challenges that the foundry industry in Europe must contend with.

Meanwhile the **Business Climate Indicator (BCI)** continued its downward trend in August, slipping from -0.61 to -0.62 index points. This slight decline underscores the ongoing difficulties in the business environment, as the BCI remains significantly below the neutral threshold of 0 index points.

The drop in the BCI for August can be linked to various factors. Firstly, businesses are expressing a more subdued outlook on order book levels, indicating weakening demand prospects within the industry. This decline in orders raises concerns over production capacity in the coming months. Additionally, the typical summer lull in economic activity has further compounded the slowdown. Lastly, ongoing uncertainty about the composition and policies of the upcoming EU Commission has led to increased caution among businesses, contributing to the overall subdued sentiment. Taken together, these elements paint a more cautious picture of the business climate, with companies remaining hesitant about both short-term and long-term economic prospects.

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](#)

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



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

Perspectives économiques de l'UE 2024-2025

Review of French Foundry for 2023 and tendency for first part of 2024:

According to the FFF, forging and casting industries are strong actors with a great economic and commercial clout. In France, which is the 3rd largest manufacturer on the European market, they represent a turnover of more than 6.1 billion euros in 2023 and employ more than 28,000 talented men and women passionate about their job.

Zoom on the french fonderie figures 2022-2023



>>> FRENCH FOUNDRY ASSOCIATION NETWORKS

The foundry organisation in France is still organised around 2 associations: ATF AAESFF and 1 FEDERATION FFF branch of FIM federation. **ATF** (<https://www.atf.asso.fr/>), representative of France at the WFO, continues to federate the foundry technicians including students, researchers, engineers, technicians, foundry owners or managers, suppliers and foundry retired persons: ATF is the publisher of the foundry newspaper "TECH News FONDERIE" (see below).

FFF (<https://www.forgefonderie.org/>), is the official representative of Foundry Industry to the French governmental institutions and federates a certain number of French foundry & forging companies. FFF is representative of France at the CAEF and publishes 4 to 5 times a year the newspaper: "La Revue Forge et Fonderie". **AAESFF** (<https://www.aaesff.fr>) is the association of past graduated Foundry Technicians and Engineers from "ESFF": the French foundry engineer school, one of the rare foundry engineer schools in the world: (<https://www.esff.fr/>).

For the education and for foundry training & "foundry refreshment", ATF organizes different training courses which are covering the different foundry processes and metallurgies.

ATF is publishing its e-review: "TECH News FONDERIE" 7 times per year which proposes a national, local, international, technical and scientist review of the foundry and metallurgy: <https://atf.asso.fr/technews-fonderie>

KEY PROJECTIONS FOR FRANCE (figures 1)

	2022	2023	2024	2025	2026
Real GDP	2.6	1.1	0.8	1.2	1.6
HICP	5.9	5.7	2.5	1.7	1.7
HICP excluding energy and food	3.4	4.0	2.5	2.2	1.9
End-of-year unemployment rate ^{a)}	7.7	7.5	7.6	7.9	7.6

Source: INSEE data for 2022 and 2023 (quarterly national accounts as at May 2024 not published at the cut-off date for the Eurosystem projection exercise). Blue shaded columns show Banque de France projections (based on the quarterly national accounts published on 30 April 2024). Figures are adjusted for the number of working days. Annual percentage change except where otherwise indicated.

a) ILO, France and overseas departments, % of labour force, value in fourth quarter of every year.

>>> FRANCE: GENERAL ECONOMIC INFORMATION'S

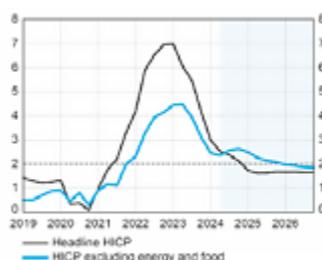
GDP in France for 2022 showed a recovery slowdown of the French economy due to some international issues like the after pandemic management and nowadays the conflict between Russia and Ukraine and other international issues. The GDP decreased according Insee and Banque de France from +2.6 to +1.1. The forecast of the economists shows us pessimistic projection figures for this and the next years. These estimated figures are expecting to vary according to the political situation between Ukraine and Russia and other difficulties like the energy crisis which made the economy and the activities evolution uncertain for most of the industries (additional conflicts started in 2023 wich impacted end of the year uncertainties...).

For inflation rate increase very quick in 2023 to reach 7% (HICP was at a level at 4% in 2022) this factor is expected to decrease and reach less than 3% in 2024. This increase is due to the very quick evolution of the Brent and the gas prices coming from the political crisis with Russia and the petrol extraction reduction in Saudi Arabia. In 2024, the situation became less critical and the inflation begun to decrease.

Regarding "import-export balance": France continues to be strongly penalized by import of energy supplies and by all imported industrial goods like machine tools and for foundry, robots for any domain as core making shop, remoulding, fettling, are critical examples!

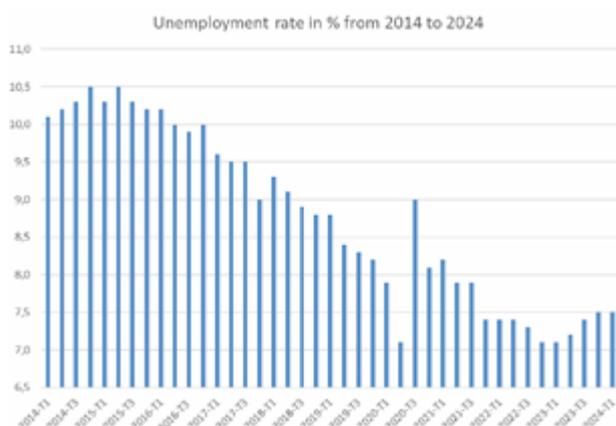
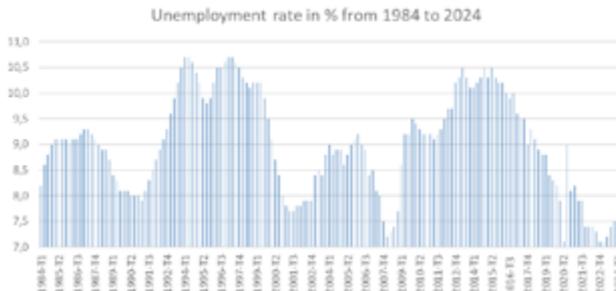
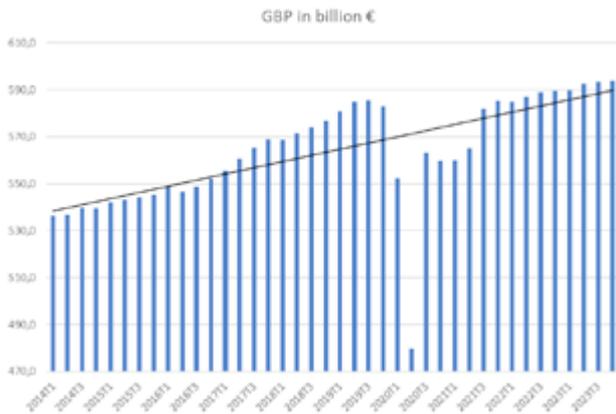
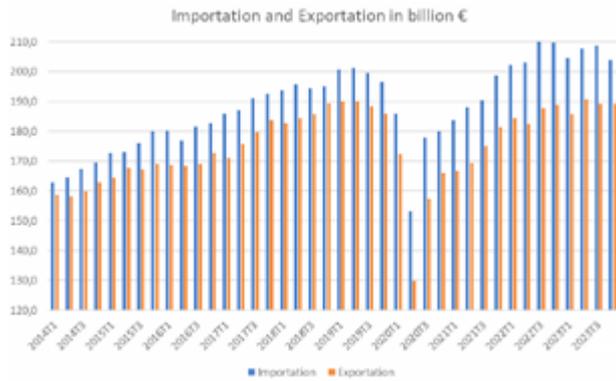
In the Euro zone, consumer price inflation is measured by the Harmonised Index of Consumer Prices (HICP). It measures the changeover time in the prices of consumer goods and services acquired, used, or paid for euro area households.

Figures 1 to 2. Banque de France predictions : <https://www.banque-france.fr/> GDP and IPCH evolution in % and future estimation for France



HICP AND HICP EXCLUDING ENERGY AND FOOD (year-on-year percentage change, quarterly data)

Source: INSEE data up to the first quarter of 2024. Blue shaded areas shows Banque de France projections. Note: HICP, Harmonised Index of Consumer Prices.



Figures 3 to 6. (Insee data and charts: CVS & CJO adjustments)

Nevertheless the **imports/exports rates** which remained stable since 2018 and desynchronized with GDP increase has been due to the latest commercial strategies from the national & international companies which are looking more and more for local suppliers for their assembly lines. The French foundries continue to present a

respectable activity at the export due to their strong and technical recognized knowledge and their capacity to produce difficult and technologic castings. The figures show an encouraging increase since the lockdowns which occurred in 2020. This trend illustrates a slow recovery of the economy after the COVID-19 pandemic and how robust the French economy is against crisis. However, we must notice that about 50 foundries in France went to bankrupt due to the pandemic situation (380 foundries in activity in 2019 and there is still 330 in activity in 2023 in France).

Unemployment: this parameter takes in consideration all people who is looking for a job and receive a subsidiary from the government. This data may not have the same perimeter than in other countries... So the comparison must be moderated.

The tendency was looking for a decrease until the first half of 2020 prior the temporary lockdowns/shutdowns which caused a lot of bankrupts in France. The figures are showing a positive progression from 9,1% after the lockdown to 7,3% in June 2022 and closer to 7,5% in the end of 2023. However, the demand for employment in foundry is a little bit less related to the Covid because the problem is still dramatically the following:

"a lot of foundries cannot find employees or have difficulties to find employees mainly for "hand works" activities and now, more and more frequently for "technical expert" job". Some foundries are also complaining about the impossibility to grow and increase their turnover due to the lack of people wishing to work in the foundry industry. This issue will be more important due to experimented people who are currently going to retirement.

If the **French Industrial Production index** (all manufacturing industries) presented a general positive increase from 2014, but the lockdown of April 2020 due to the Covid pandemic and some issues to restart the production and the economy for reaching the values prior the Covid.



Figures 7 to 8. French Industrial Production

The production index is showing a recovery after the pandemic like the Import/Export figures. However, the progression isn't so optimal due to the crisis in Russia which put the French industry in a defensive situation and make the after COVID recovery slower than expected.



Figures 9 to 10. Insee data and charts: CVS & CJO adjustments

The French foundry activity, in term of index (<http://www.insee.fr>), but not in term of volume, continues to present a decrease since 2011 despite of some peaks in 2012 and 2014. But for the period January 2020 – March 2023 shows as for the French industry a recovery after the COVID pandemic and slowing down progress due to the crisis in Russia which also provoke an increase of the raw material costs. That effect is mainly due to the reorganisation of the market; some old and/or “Unefficient foundries” (for an economic aspect) were closed (about 50 foundries closed in the 4 previous years). Others foundries invested and are continuously investing for automatization like robot, simulation, new automatic lay-out, computer integrated chain including “3D printing” and Foundry 4.0!

The global French production of castings for 2021 is according FFF (French Foundry Federation) and the “Census of Modern Casting” at a level of 1 551 855 tons and the figure for 2022-2023 appears relatively stables.

In detail and according to the upper charts (www.forgefonderie.org) the French foundry still presents a slight evolution from an half – half business between ferrous or non-ferrous activity to an increase of the ferrous activity: 54% in volume for iron & steel and 46% for light and “other” alloys in 2021 to 61% for ferrous and 39% for the non-ferrous one in 2022. Automotive continues to represent 40,5% of the orders.

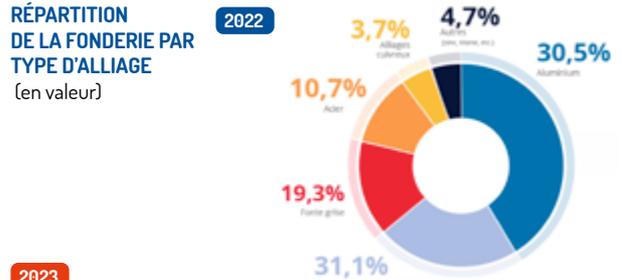
Country	Gray Iron	Ductile Iron	Malleable Iron	Steel	Copper base	Aluminium	Magnesium	Zinc	Other Alloys	2021 Total
France	503,900	665,000	-	43,100	17,705	299,016 ^A	-	20,739	2,395	1,551,855

Figure 11. French foundry production in 2021 (Census – Modern Casting –Jan 2023)

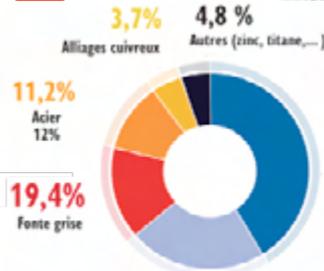
EVOLUTION DE LA FONDERIE (en valeur et en volume)



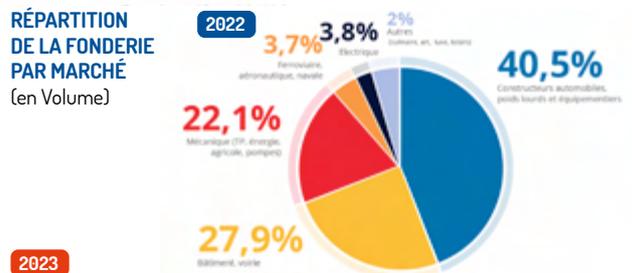
RÉPARTITION DE LA FONDERIE PAR TYPE D'ALLIAGE (en valeur)



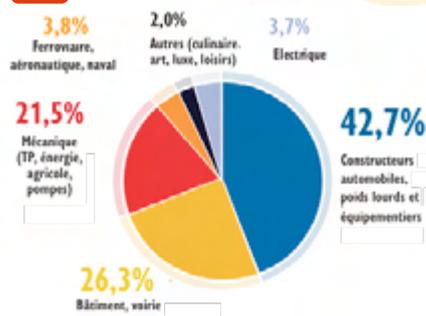
2023



RÉPARTITION DE LA FONDERIE PAR MARCHÉ (en Volume)



2023

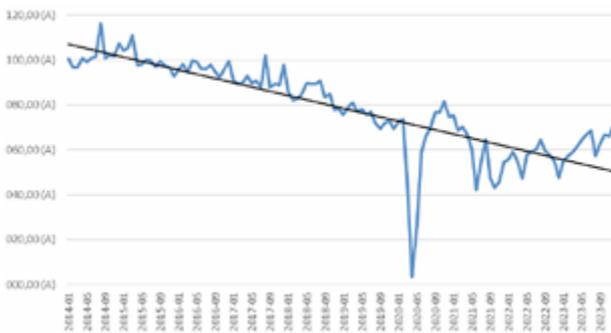


Figures 12. French foundry production in 2006 to 2023 for turnover in billion € and in thousand tons. Figures 13 to 14. French foundry production in 2022 and 2023: First graph for the distribution of foundry by alloy types and second for the distribution of foundry by market (Federation Forge et Fonderie).

STEEL



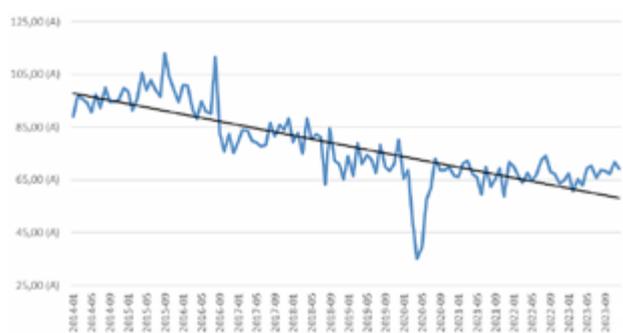
LIGHT ALLOYS



% CASTING REPARTITION PER INDUSTRIAL BRANCH



% CASTING REPARTITION PER INDUSTRIAL BRANCH



Figures 15 to 18. All the previous charts and Indices of foundry production per alloy (January 2014 – December 2024) are coming from Insee website (Insee data and charts: CVS & CJO adjustments)

Nevertheless due to the diesel gate and the future restriction of thermic engine in some cities, the development of electric car and “the low emissions transportation lobbies”, the “foundry alloy overview” is changing or will change: a certain number of “automotive foundries” decrease their production or are looking for re-organisation including delocalisation-relocation ... and two or three are close to a potential stop/shutdown! The automotive industry has been also reached by the electronic industries crisis which stopped automotive factories or reduced drastically their production of vehicles.

However, the next lines of this paper and analysis alloys by alloys could propose different conclusions:

In the overall situation, the lockdown from April 2020 causes a brutal decrease in the production. This tendency is shown in the following figures with the crash in April 2020. After this crash, the situation came to higher figures which are close to production from 2019 for the cast iron. The material crisis causes a decrease in 2023 in the cast iron foundries and the situation remain difficult due to energy cost increase.

Steel foundries statistics after many years in a deflation situation showed a positive and interesting improvement until the end of 2019. The evolution has been stopped at the beginning of the Covid pandemic in France. In 2021, 2022 and 2023 the steel foundries tried to reach the level prior the pandemic, but the uncertain situation as the crisis in Russia and the raw material/energy costs holds this industry in a low level.

Few steel foundries went to bankrupt during the lockdown compared to the other industries.

Iron evolution in France is strongly depending to “pipe, street, heating parts, named “Bâtiment, voirie” in the French statistics” with a level of 29.9% versus 22.1% for “Mécanique” as described in upper picture from FFF. The last estimations and tendencies show stability and a potential stabilization for the next years. The increase of the demand for “Mécanique” parts comes from foreign customers who had find other suppliers due to some bankrupt in the foreign countries.

Light alloys business, mainly aluminium, is directly connecting with automotive activity. Due to demands for reducing working capital plus the huge number of new models, the volume of production for automotive must be adjusted at the demand. And by same time, the demand for local suppliers to reduce time of deliveries had a direct effect of French foundries involved in international market. That is not new, but that is more and more stick to the final area’s demand for car! Some car manufacturers decided to cancel and discontinue some purchase orders to French foundries and mostly for the die casting aluminium parts, this situation explained the reason of the decrease of the light alloys due to crash of the new cars selling. The aluminium supply has been also challenges due to embargo on Russian products, most of the aluminium foundries has to buy product from Norway or Brazil to insure the production but the price is much higher.

For **other alloys**, France has a good and well recognized technical knowledge for these special alloys like magnesium, titanium, zinc, and copper alloys used in many domains like aeronautic, special pumps & valves, nuclear and chemical plants, ships & boats, railways and train, all medical domains, arts, ... but the business is confronted at a low-price completion.

Only aeronautic with Mg & Ti business could present a potential increase to compensate the other alloys deflation but this situation is uncertain due to the huge losses from the biggest actor from this industry and the pandemic which will strongly reduce the demand for new planes during some months!

>>> FRENCH FOUNDRY TENDENCIES NEXT FUTURE

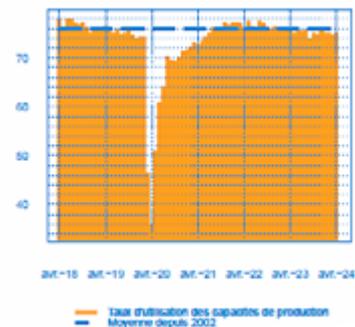
After many conflicts, lockdowns and crisis, the French government decided to protect the health of French people by using temporary closure of industries or by developing work at home while giving subsidies or proposing loans to preserve the companies against bankruptcies would be positive/effective. Despite these aids, some companies went bankrupt, that is why the number of unemployed (people benefiting from a government subsidiary) increased in the second half of 2020.

To restart the production and encourage the companies to invest in new equipment, the French government starts the "France Relance" project since 2020. The aim of this project is to assist the industries to make them more competitive and environmentally friendlier.

But the economic situation of the mechanical and metal industries at the end of June 2022 according to the Bank of France shows a positive recovery. The example of the «utilization rate of production facilities in the metalworking industries» (data from the Bank of France) in France encouraging! After a peak at the end of 2018, the industry (metallurgy) has a current capacity utilization at about 77% better than two years ago but in a decreasing trend. Temporary company closures have also had a huge impact on capacity with a crash to less than 40% in April 2020 and went up progressively to reach 80% in June 2023 and remains at the same level in 2024.

TAUX D'UTILISATION DES CAPACITÉS DE PRODUCTION

solde d'opinion en CVS-CJO (en pourcentage)



>>> CONCLUSION

France, its foundry, and its economy has recovered in 2022-2023 period even if some conflicts reduced the increase of the GDP. The French foundry activity would be not so bad with a global turnover and tonnage slightly lower than the previous years! That means the French foundries did not accept to reduce their price for bigger volume! That confirms once again that France continues to maintain its capacity to produce difficult castings with a high ratio: price - weight - mechanical demands and quality despite of the previous and current economic situation.

Reference:
<https://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/>
<https://www.atf.asso.fr>
<https://www.forgefonderie.org>
<https://www.banque-france.fr/>

Lionel ALVES for France and ATF - June 2024 //////////////

Déménagement de l'École Supérieure de Fonderie et de Forge pour la rentrée 2026



C'est désormais officiel, l'École Supérieure de Fonderie et de Forge installera ses locaux sur le campus des Arts et Métiers à Châlons-en-Champagne à compter de la rentrée universitaire de septembre 2026.

Ce rapprochement s'inscrit dans la continuité du partenariat fort qui lie les deux écoles depuis 2014, et avait conduit à un rattachement par décret de l'ESFF aux Arts et Métiers dès 2016.

L'installation sur le campus Arts et Métiers de Châlons-en-Champagne est une très belle opportunité pour l'école, pour les apprentis et pour la Profession, de bénéficier d'installations pédagogiques et de recherche de qualité, récemment renforcées en fonderie, et de proposer aux futurs élèves un cadre agréable de vie étudiante.

Ce déménagement doit également répondre à la nécessité pour l'école de pouvoir se développer davantage dans les années à venir et accueillir un plus grand nombre d'élèves pour mieux répondre aux besoins des industriels sur des savoir-faire en tension.

La nouvelle promotion entrante (2024-2027) sera ainsi la première promotion qui aura l'opportunité dès la rentrée 2024 de découvrir le campus dans le cadre des travaux pratiques fonderie fin août et qui démarrera sa troisième année en 2026 à Châlons-en-Champagne avant de repartir en entreprise pour réaliser les projets de fin d'études



Article issu du site internet de l'école - 25 juin 2024 //////////////

La rencontre internationale des entreprises de fonderie à Targi Kielce

L'avenir de la fonderie, des machines modernes et des solutions technologiques innovantes - les points forts et les leitmotifs de l'automne industriel de Targi Kielce

Près de 2 000 m² d'espace d'exposition et 112 entreprises de 10 pays du monde entier - voilà ce qu'est l'automne industriel de Targi Kielce de cette année, vu sous l'angle des faits et des chiffres. L'événement rassemble toutes les principales branches de l'industrie de la fonderie et constitue donc un salon incontournable pour le secteur métallurgique.

Pendant les deux jours de la Metal Expo, les représentants de l'industrie de la fonderie ont discuté des dernières solutions et de l'avenir de l'industrie lourde. L'écologie et la transformation du secteur polonais figuraient parmi les points forts de l'automne industriel de Targi Kielce.

L'exposition METAL Expo et les salons qui l'accompagnent : Traitement thermique, Aluminium & Non ferreux, Control-Tech et Recyclage attirent depuis des années à Kielce les entreprises les plus importantes de l'industrie de la fonderie et de l'industrie lourde. Cette année, Targi Kielce a accueilli plus de 200 entreprises, dont des marques telles que : DISA, Magaldi, Agrati, Frech Polska, Metals Minerals, Motul Baraldi, Kanthal, Mead Formi, RTD Group, Gunther Polska, Inductotherm Europe, Pyrotek, Heraeus, MTR IZO, Enimetal, Metals Minerals, TPE Engineering. La présence de ces exposants prouve l'importance de l'événement, comme la présence de l'équipe Franco-française de TRB, pour qui se fut la première participation ; le salon Targi Kielce est classé troisième plus grande convention de ce type en Europe, après la plus grande GIFA Expo organisée à Düsseldorf et Euroguss à Nuremberg.

« Accessibilité, professionnalisme et modernité sont les trois mots que j'associe à Metal



Expo. Notre présence à Kielce nous permet d'atteindre 40 à 50 grands clients en Pologne pendant les deux jours de l'exposition, ce qui nous prendrait normalement une demi-année ou une année. Cela montre que l'événement a encore un avenir » a déclaré Przemysław Czapl, président d'Eurocast Industries, au cours de l'exposition.

➤ LA TRANSFORMATION ÉNERGÉTIQUE MARQUE L'AVENIR DE LA FONDERIE

Le séminaire Foundry Goes Green s'est à nouveau tenu dans le cadre de l'Expo ; le dévoilement consécutif du séminaire était consacré à l'écologie et aux économies d'énergie dans une fonderie moderne au sens large. Les technologies de l'industrie 4.0, ainsi que le traitement thermique de pointe des métaux, sont abondants au congrès. La fonderie est une industrie à forte intensité énergétique avec des émissions de CO₂ élevées ; par conséquent, les prix élevés de l'énergie et les pénalités pour la pollution de l'environnement obligent ce secteur à changer. La recherche de nouvelles technologies et, bien sûr, d'économies est indispensable. - Les prix

de l'électricité en Pologne sont parmi les plus élevés d'Europe. En juin 2024, 810 kg de CO₂ ont été émis pour produire 1 MWh d'énergie en Pologne. À titre de comparaison, en Allemagne - 310 kg, en France - seulement 20 kg - ont déclaré Andrzej Ładysz et Adrian Jonczyk d'ABAS Business Solutions Poland lors du séminaire Foundry Goes Green. Les intervenants ont expliqué les principaux aspects de l'empreinte carbone des fonderies de fonte : les émissions élevées liées aux procédés, les matières premières à forte intensité énergétique, l'électricité et la chaleur, ainsi que les réglementations et les initiatives.

« Depuis plusieurs années, les fabricants sont en concurrence. Ils veulent proposer des machines non seulement plus rapides et plus précises, mais aussi plus économiques », explique Piotr Pawelec, le directeur général de METAL Expo. « L'écologie et la réduction de la consommation sont également présentes dans les discussions commerciales et les conférences industrielles organisées en Pologne et à l'étranger. Les fabricants de machines s'efforcent de se surpasser les uns les autres en proposant de nouvelles idées. Cette course a pour but de réaliser les plus grandes économies et de réduire au maximum la consommation de matières premières. »

À Kielce, des machines économes en énergie ont déjà été présentées, notamment par AGRATI et KMA. D'autres fabricants annoncent des versions nouvelles ou remises à neuf, plus écologiques. La raison en est simple : les



représentants des entreprises affirment que la consommation d'énergie dicte de plus en plus les décisions d'achat.

« Nous pensons que l'écologie est le principal moteur de développement de l'industrie de la fonderie. L'écologie est directement liée aux économies d'énergie et rend donc les processus de fonderie plus efficaces », déclare Christian Kurtsiefer, directeur de KMA Umwelttechnik.

> L'ÉNERGIE VERTE ET LA NUMÉRISATION COMPLÈTE SONT SYNONYMES D'ÉCONOMIES POUR LES BUDGETS DES ENTREPRISES.

Séminaire Foundry Goes Green

De nombreux spécialistes de l'industrie de la fonderie ont participé au séminaire technique « Foundry Goes Green » qui s'est tenu dans le cadre de l'exposition « Metal » à Targi Kielce. Les discussions sur les avantages de la numérisation complète et les sources d'énergie renouvelables ont été au cœur des débats. La présentation d'Anna Dębowska de Luneos Polska sur les économies réalisables grâce à

la transformation énergétique et sur les raisons pour lesquelles il s'agit d'une nécessité stratégique pour les entreprises d'aujourd'hui a attiré l'attention d'un large public. « Une entreprise peut profiter d'un large éventail d'opportunités dans le cadre de la transformation énergétique. La mise en œuvre complète de cette transformation conduit à une transition complète vers l'énergie verte, ce qui génère d'énormes économies » a-t-elle déclaré. Elle a donné l'exemple d'une entreprise qui a installé l'ensemble du programme Energy Transformation 360, comprenant une pompe à chaleur, des panneaux photovoltaïques, la cogénération et l'éclairage LED. L'entreprise a ainsi économisé 28 millions de PLN en 15 ans. La numérisation de bout en bout améliore le flux de travail et permet des processus décisionnels rapides, y compris pour les finances de l'entreprise.

> CRISE DE LA FONDERIE

Ces dernières années, l'industrie de la fonderie a été confrontée à de nombreux défis, que l'on peut qualifier de crise. Les exigences en matière de réduction des émissions de CO₂ et

les attentes croissantes en matière de production durable exercent une pression supplémentaire sur les fonderies. Ces problèmes sont particulièrement aigus en Europe, où les coûts de production sont plus élevés que dans d'autres régions, ce qui pousse certaines entreprises à fermer leurs portes ou à délocaliser leur production dans des pays moins chers.

« Les fondeurs sont des gens robustes et ils sauront sans aucun doute faire face même en période de crise affectant l'industrie de la fonderie » - Ryszard Kielczyk, membre du conseil d'administration de l'association technique des fondeurs polonais.

La bonne nouvelle est que l'industrie de la fonderie, malgré la stagnation générale du marché, n'a pas l'intention de ralentir.

Guillaume ALLART // // // // //
Président de l'ATF

Portoroz in the face of major challenges for the foundry industry

La conférence de cette année à Portorož a été une fois de plus un lieu de rencontre central pour l'industrie internationale de la fonderie, bien qu'avec un peu moins de participants en raison d'un conflit avec l'exposition turque ANKIROS, qui a été déplacée d'octobre à septembre. Néanmoins, l'événement a rassemblé 250 participants de 18 pays.

Ingénieur MSc. Mirjam JAN-BLAŽIČ a abordé les défis actuels auxquels le secteur est confronté dans son discours d'ouverture, en s'appuyant sur l'observation du lauréat du prix Nobel Angus DEATON selon laquelle si la vie s'était améliorée jusqu'en 2013, les changements récents pourraient indiquer des temps plus difficiles à venir. Elle a exhorté le public à se préparer à l'incertitude, car l'industrie est de plus



en plus affectée par la fluctuation des coûts des matières premières et de l'énergie, les conditions économiques mondiales et les pénuries de main-d'œuvre.

Les sessions plénières se sont particulièrement concentrées sur les questions de compétitivité, de durabilité, de numérisation, d'automatisation et de ressources humaines dans le secteur européen de la fonderie. Les principaux sujets techniques comprenaient des avancées dans des domaines tels que l'analyse thermique, la coulée virtuelle et les nouvelles méthodes d'essai pour les revêtements.

Georg GEIER,
Siempelkamp
GmbH



L'une des présentations les plus marquantes a célébré 50 ans de recherche sur la fonte grise à l'institut CMRDI en Égypte. Des sessions en petits groupes ont abordé des questions urgentes telles que la transition vers

des pratiques de fonderie durables, la réduction du CO₂ dans la production d'acier et les revêtements respectueux de l'environnement.

Adel NOFAL, CMRDI
Égypte



La conférence était accompagnée d'une exposition impressionnante avec 49 exposants, dont 10 participaient pour la première fois. Malgré les défis actuels auxquels l'industrie est confrontée, l'événement a continué à servir de forum précieux pour le réseautage et le partage des connaissances, attirant chaque année des participants réguliers qui attendaient avec impatience des informations fiables sur l'avenir de l'industrie de la fonderie.

Guillaume ALLART // // // // //
Président de l'ATF



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

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

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

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



INOX



FIL COUPÉ



UFS

Planifiez votre essai
aujourd'hui !

Visitez nos centres
techniques pour essayer
votre prochain abrasif



Voyez-vous un défaut de fonderie ?



Notre gamme

RADIOGRAPHIE ET TOMOGRAPHIE

pourra répondre à cette question !



- Spectromètres
- Machines de traction et Pendules
- Duromètres
- Matériel de métallographie
- X-Ray
- Analyseurs CS

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

Moulding sand recycling and reuse in small foundries

Meera K. Joseph*, Farai Banganayi and D Oyombo

*University of Johannesburg, South Africa

A number of small foundries do not reuse their sand while some reuse it. In this paper we explore how the EffSAfound a German project in collaboration with the Metal Casting Technology Station (MCTS) at the University of Johannesburg reused spent foundry sand in a small foundry. We look at economics of reuse and quality of the reusable sand. Currently there are a number of small foundries with no sand reuse options. The following properties of the reusable sand were looked at as part of the collaboration with the German project. The two important properties looked at are strength and loss on ignition. All the test procedures related to sand reuse were conducted according to the American Foundry Society moulding and core making test procedures. Our research indicates that a number of small foundries have not explored the qualities of spent foundry sand which could have been reused in the foundry. As part of the EffSAfound project we tested the quality of sand in particular to ensure reusability. We also looked at potential cost savings in the foundry. The major challenge remains the cost of investment required to install reclamation units in small foundries.

>>> INTRODUCTION

Reclamation is becoming a necessity in foundry operations. Foundrymen cannot afford to continue paying money to buy and for freight to the foundry and thereafter pay for freight and disposal costs [1]. Casting production done in sand moulds is considered as 80 % of the world casting production [2]. There are three methods for the recovery of foundry sands for core operations: dry mechanical reclamation, wet mechanical reclamation and thermal reclamation [3]. In [4] authors explain in-house reuse and reclamation of used foundry sands with sodium silicate binder – an inorganic binder.

In this study we used an organic binder namely Alkaline Urethane from one of the small local foundries. EffSAfound [5] project was initiated mainly to improve material efficiency in foundries. In this paper we look at the reusability and quality of the spent foundry sand after mechanical reclamation. High purity silica sand is a valuable mineral resource used in foundries. In order to conserve the natural resource and improve efficiencies. There is a need to encourage reuse in the foundry and other industrial sectors before disposal of the spent foundry sand to Land-fill site. Foundries can recycle and reuse sand many times and chemically bonded sands are used in particular both in core making where high strengths are necessary to withstand the heat of molten metal, and in mould making [6]. In this paper we focus on reclamation of hot box sand from a small core making operation. The reclamation process involves treatment of sand and then reusing it for core production [7].

>>> OBJECTIVES

The main objective is to explore how MCTS in collaboration with the small foundry recycle and reuse spent foundry sand.

The sub-objectives are:

- To determine the loss on ignition values from chemically bonded sand
- To determine the strength with variation in reclamation cycles.
- To reuse the reclaimed sand in core production.

>>> MATERIALS AND METHODS

The process that was followed for checking sand reusability is given in *Figure 1*.

In *Figure 1* we explain the process for checking sand reusability. We used the dry mechanical reclamation process initially. We collected the sample that had been used once for core making in the foundry. The next step is reused sand reclamation followed by testing the properties for instance, the strength and loss on ignition using various test procedures.

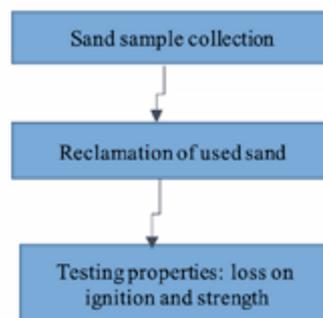


Fig. 1: Process for checking sand reusability

Standards and test conditions: Representative samples of the reclaimed sand were collected during the reclamation process. The sand was stored in sealed plastic buckets. The sand was then tested over a 48-hour period. A representative sample of the sand to be tested was selected from the collected samples. The oven (power) was turned on and the temperature allowed to stabilize at the desired set point of 260 0C. The curing time was selected to be 8 minutes. The transverse specimen was selected and coated with release agent. The pattern was then filled with the binder coated reclaimed sand. The excess sand was struck off the pattern. The sand was then placed and allowed to cure in the oven. Upon curing the sand was tested using a universal strength machine.

Process to check Loss on Ignition (LOI):

Loss on ignition is the measurement of the weight change of a sample, according to AFS 5100-00S consisting of weight losses when a sample is fired at 982 0C. This includes weight loss due to volatilization of organics, weight loss due to removal of chemically bound water, weight loss due to dissociation of inorganic compounds with one or more components given off as a gas. A sample of 10 gm of foundry sand from each reclamation cycle was taken and heated for 2 hours in an oven for 982 0C to test loss on ignition. The loss on ignition value is obtained based on the calculation below:

$$\% \text{ LOI} = (B - C / B - A) \times 100$$

Where:

A = starting weight of empty crucible

B = starting weight of crucible with material

C = fired weight of crucible with material after firing and subsequent cooling.

>>> DATA ANALYSIS AND RESULTS

In this section we visually examine and illustrate spent foundry sand and reclaimed foundry sand. *Figure 1A* is the photo of dark used sand sample before reclamation. *Figure 1B* is the photo of lighter reclaimed sand sample. Chemical bonded sand was used as sample and it was not affected by environmental conditions. It was collected and recycled and reused up to the 5 cycles during the testing process. In *Figure 2* we illustrate economic ramifications.

The sand expenditure calculations are based the formula:

$$\text{The cost of new silica sand} + \text{the dumping cost} = \text{Sand expenditure.}$$

When a foundry pursues reclamation the amount of new sand purchased and the amount of disposed sand declines. The decline in sand expenditure should be justifiable for the foundry to invest in reclamation. The

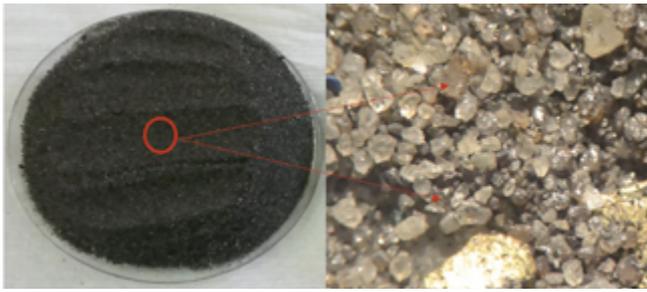


Fig. 1a: Photo of dark used Sand sample before reclamation

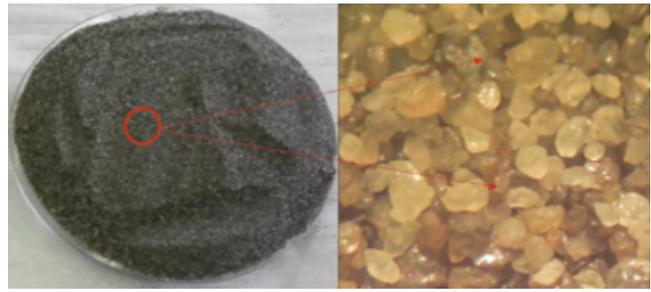
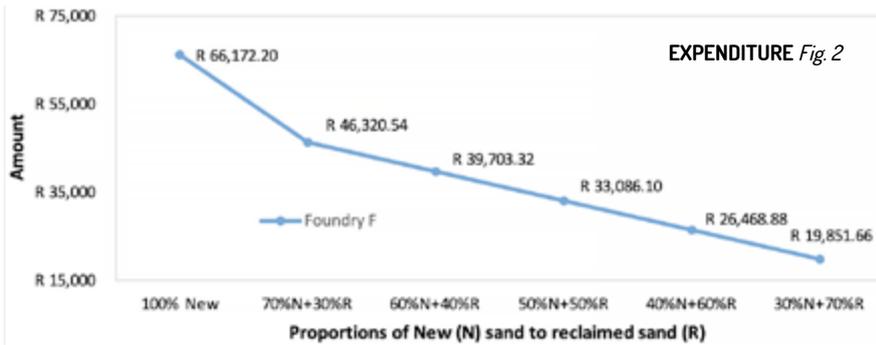


Fig. 1b: Photo of lighter reclaimed sand sample



amount of money spent in the disposal and purchasing of new sand is plotted against sand proportions in **Figure 2** (New+Reclaimed sand). This is a good indication on how reclamation of sand will lead to reduced costs. If foundry have not used any reclaimed sand for instance based on the above chart the amount will be R66172.00 in a small core making operation. The more the reclaimed sand proportion the lesser the amount spent on sand related costs. As illustrated above 70%N+30%R implies out of 1 tonne of sand, there is 0.7 tonnes of new sand and 0.3 tonnes of reclaimed sand. The initial cost of installing a reclamation unit with secondary attrition could be as low as R2000000.00.

gains more strength after remixing with the binder. The more you reclaim, the more the LOI reduces and by cycle 5 it was 0.56. In **Figure 3**, on the left side of the y-axis shows the bend strength (N/cm²) while on the right side is the weight %. The two properties, LOI and strength are very much related and a drop in one influences the other.

»»» FINDINGS AND DISCUSSION

In this paper properties of reusable sand such as strength and loss on ignition are discuss. Our findings indicate less loss on ignition means good for reuse and more strength would mean good for reuse. The loss on igni-

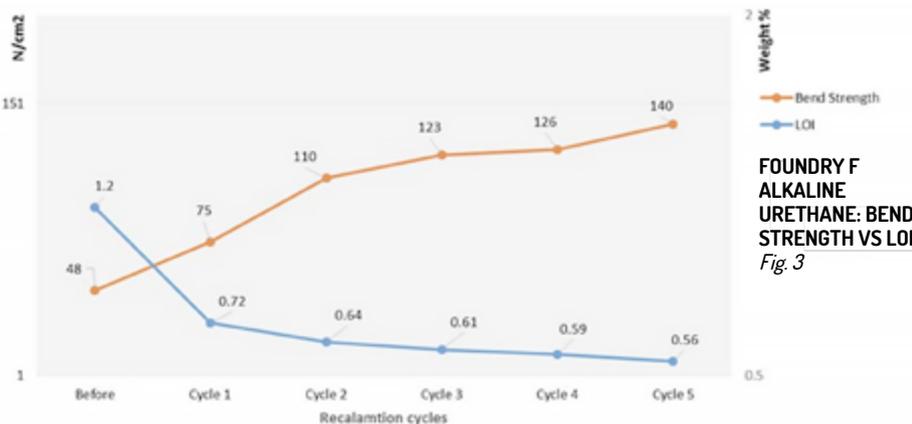
there could be huge savings in terms of costs. There is a probability that foundry that uses less amount of sand may not need to invest much in reclamation depending on the capital investment required and the costs of new sand, dumping costs and for labour.

»»» CONCLUSION

There is a huge potential benefit from secondary attrition in small foundries without already existing primary attrition units due to the ease of reclamation of relatively new used sand. The bending strength and loss on ignition properties achieved indicate a good response to reclamation. There is savings to be made in small foundries and environmentally responsible behaviour benefit in small foundries. The cost of investment in the reclamation units seems beyond the reach of small foundries, who want to get back their return on investment in the shortest possible time. This limitation presents the need for equipment manufacturers to produce designs and manufacture equipment that suits the small foundries.

References

- [1] P. Carey, *Fundamentals of No-bake, Sand Reclamation*, Ask chemicals, Dublin Ohio USA (Technical article) Available online [here](#). Accessed on 09/Sep/2016
- [2] J. Daňko, R. Daňko, M. Holtzer, *Reclamation of used sands in foundry production*, *Metalurgia* 42(3), (2003) 173-177
- [3] Maria Chiara Zanetti, Silvia Fiore, *Foundry processes: the recovery of green moulding sands for core operations*, *Resources, Conservation and Recycling* 38 (2002) 243./254. Available online. Accessed on 05/July/2016
- [4] Z.T. Fan, N.Y. Huang & X.P. Dong, *In house reuse and reclamation of used foundry sands with sodium silicate binder*, *International Journal of Cast Metals Research*, Volume 17, Issue 1, 2004, pp. 51-56. Available online. Accessed on 05/July/2016
- [5] EffSA Found Available online. Accessed on 09/Sep/2016
- [6] Rafat Siddique, Albert Noumowe, *Utilization of spent foundry sand in controlled low-strength materials and concrete*, *Resources, Conservation and Recycling* 53 (2008) 27-3, pp. 7-35
- [7] R. Daňko *Reclamation of Used Molding Sands Microstructure and Properties of Ductile Iron and Compacted Graphite Iron Castings*, Part of the series Springer Briefs in Materials, 2015, pp 59-75 Available online. Accessed on 05/July/2016



As illustrated in **Figure 3** the sample before reclamation was tested for strength and loss on ignition, this was continued over five cycles and it was plotted against the bending load required to break the sample. Alkaline Urethane was used as a binder in a hot box core making operation. The chart indicates as the sand is reclaimed through many cycles it

tion values dropped significantly by a value of up to about 40% in cycle 1 and about 53% in cycle 5. This is a positive indication and shows that it could be much easier to reclaim sand that has been used once. The values of strength show improved strength by 1.5 times in cycle 1 and about 3 times in cycle 5. Depending on the volume of sand reused in the foundry

L'AGENDA 2024 DES FORMATIONS

Cyclatef®

FORMATION FONDERIE

INSCRIVEZ-VOUS
DIRECTEMENT À
UNE FORMATION

Fonderie sous pression

du 19 au 21 novembre (Amiens)

Moulage de précision à la cire perdue

du 26 au 28 novembre (Toulouse)

Management des ateliers

du 3 au 5 décembre

Fonderie d'art et d'ornement

du 10 au 12 décembre

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

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

➤ 2025

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)

RÉFÉRENCE

Cyclatex® : Fonderie sous pression

NOUVEAU

Public concerné

Public concerné : Ingénieurs et techniciens de bureau d'études fonderie, responsables et techniciens de production fonderie, clients de la fonderie

Objectifs

- Connaître et maîtriser les règles de conception d'un moule de fonderie sous-pression. Assurer le suivi de la réalisation d'un moule en interne ou en sous-traitance.
- Optimiser la durée de vie en adoptant une démarche rationnelle de conception et d'utilisation d'un outillage.
- Connaître les problèmes liés au moule (remplissage, déformation pièce) et savoir y remédier.
- Enjeux : réduire les coûts d'exploitation et améliorer les conditions de mise en fabrication

Méthodes & moyens pédagogiques

Méthodes : En présentiel. Le formateur alterne entre méthodes démonstrative, interrogative, active et participative.

Moyens : Présentations Powerpoint, tableau « blanc », « questions-réponses », échanges multiples durant les pauses, tour de table en début et fin de stage, visite d'usine pour avoir de visu la pratique recommandée durant les exposés.

Synthèse du programme

- Principe de la fonderie sous-pression (vitesse, pression, précision dimensionnelle...) et positionnement par rapport aux autres procédés de fonderie (sable, coquille). Les éléments constitutifs d'un moule (carcasse, empreinte, tiroir, partie fixe et mobile, buse et conteneur).
- Cahier des charges, prix de moule et dégradation des moules.

- Les aciers (5% de chrome et spéciaux), traitements thermiques et traitements de surface (Tenifer...).
- Conception du moule :
 - dimensionnement des moules (en fonction de la pièce et de la machine),
 - sens de moulage (pièce, éjection, refroidissement),
 - mécanisation (tiroir, jeux fonctionnels, vérins, crémaillère, doigt de démoulage) et sécurités,
 - système d'éjection (éjecteur, batterie),
 - thermique (refroidissement et thermorégulation, canaux et puits),
 - fabrication.
- Démarrage, entretien et durée de vie : cahier de suivi des outillages, préchauffage (brûleur, thermorégulation), réparation des outillages (procédure de soudure).
- Etude de cas concrets par les stagiaires pour mise en application des règles de conception. Illustrations concrètes et pratiques : Consulter nos sites Internet.

Suivi des formations & appréciations des résultats

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

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

DURÉE : 3 jours

LIEU : Nous consulter

PRIX HT (TVA 20%) : 1500 €

ANIMATEUR : A. LE NEZET

TÉLÉCHARGEZ
LE CATALOGUE DES
FORMATIONS 2024

Cliquer
sur les fiches
pour les afficher.

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

RÉFÉRENCE

Cyclatex® : Le moulage de précision à la cire perdue

Public concerné & prérequis

Prérequis : Niveau Bac ou équivalent.
Public concerné : Ingénieurs, techniciens de BE, acheteurs.

Objectifs

- La cire perdue, pourquoi ?
- Connaître le mode opératoire de ce type de moulage.
- Connaître les limites et contraintes des procédés de moulage à modèles perdus, et plus spécifiquement à la cire perdue.
- Apporter un savoir-faire en termes de tracé des pièces.

Méthodes & moyens pédagogiques

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

Synthèse du programme

- Le moulage de précision, ses origines.
- Les divers types de moulage (lost foam, cire perdue, carapace, moule bloc...).
- Le principe de fabrication.
- Les outillages.
- L'injection des cires, et le montage des grappes.

- Le dégrillage et la cuisson des moulages.
- Les métallurgies concernées et la coulée des alliages.
- La finition et le contrôle des pièces de fonderie.
- Les recommandations de tracé.
- Les défauts spécifiques à ces procédés de moulage
- Illustrations concrètes et pratiques en entreprise.

Suivi des formations & appréciations des résultats

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

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

DURÉE : 3 jours

LIEU : Nous consulter

PRIX HT (TVA 20%) : 1500 €

RÉFÉRENCE

Cyclatex® : Management des ateliers

NOUVEAU

Public concerné

Public concerné : Actuels ou futurs : agents de maîtrise, techniciens ou professionnels en charge de piloter des améliorations.

Objectifs

- Le management c'est : mettre tout en œuvre pour atteindre les objectifs d'une entreprise.
- Manager c'est : mettre en œuvre les principes et outils nécessaires à l'atteinte des résultats

Méthodes & moyens pédagogiques

Méthodes : En présentiel. Le formateur alterne entre méthodes démonstrative, interrogative, active et participative.

Moyens : Présentations Powerpoint, tableau « blanc », « questions-réponses », échanges multiples durant les pauses, tour de table en début et fin de stage, visite d'usine pour avoir de visu la pratique recommandée durant les exposés.

Synthèse du programme

- Rôle, missions et comportement du manager
- Contribuer et mettre en œuvre un projet d'entreprise
 - Piloter les progrès autour d'ambitions et d'objectifs (S Q D C M E).
 - Manager la performance
 - Atteindre les résultats

- Produire au nominal
- Amélioration permanente
- Garantir la cohésion
- Mettre en œuvre un PDCA
- Mettre en œuvre des principes
- Des outils à mettre en œuvre pour éviter les gaspillages sur le terrain

En fonction des attentes des participants, le programme et le temps passé sur les différents thèmes proposés seront ajustés, priorisés, voir pour certains non abordés tout ou en partie.

Suivi des formations & appréciations des résultats

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

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

DURÉE : 3 jours

LIEU : Nous consulter

PRIX HT (TVA 20%) : 1500 €

ANIMATEUR : A. MURDOCCO

Qualiopi
processus certifié

REPUBLIQUE FRANÇAISE

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

ACTIONS DE FORMATION

Vous y étiez

Cyclatef[®]
FORMATION FONDERIE

Nous commencerons ce compte-rendu de notre CYCLATEF Sable à vert 2024 en remerciant nos hôtes de la fonderie FIDAY GESTION.

Fiday Gestion

La présentation de la sablerie, de ses outils de moultes détails permettant la maîtrise et de contrôle du processus a tout particulièrement été appréciée.

Accueilli par M. Christian MEYER directeur de la fonderie, notre groupe s'est passionné par cette visite très détaillée. Fidèle à ses traditions l'Association Technique de Fonderie allie, sérieux, convivialité échanges et supports concrets pour illustrer ses stages inter-entreprises. La visite a complété de façon très pertinente par la pratique, les présentations des animateurs et intervenants du CYCLATEF.

Notre stage se déroulait donc cette année à Luxeuil-les-Bains petite cité proche de Scey-sur-Saône qui abritait au début de son histoire les ateliers d'usinage et le siège de la société FIDAY GESTION.

Au préalable de la Visite des ateliers, nos hôtes nous ont présenté l'histoire, les activités et l'actualité du site de Scey-Sur-Saône, sans oublier quelques informations particulières sur le marché du Poids lourd auquel la société est particulièrement liée.

L'histoire de cette fonderie démarre à la fin du XIX^{ème} siècle, dans une région où force motrice de la Saône et le bois fournissent les éléments nécessaires à la métallurgie du fer. Reprise à la fin des années 70 début des années 80 par deux groupes Dayton, et George Fisher qui lui donnent son nom actuel FIDAY, elle se spécialise depuis sur les pièces de freinage, principalement des tambours de frein pour le marché du poids lourd et agricole. Elle appartient depuis 1984 à une famille d'investisseurs qui veillent à sa gestion sur un marché très concurrentiel.



Sables à vert à Luxeuil-les-Bains du 24 au 27 Septembre 2024

VISITE DE LA FONDERIE FIDAY GESTION À SCEY-SUR-SAONE

Actuellement, suivant les tendances du marché ses productions s'articulent sur trois catégories de pièces : les tambours son marché historique ; les disques et moyeux disques ventilés ; les volants moteurs qui par leur géométrie s'adaptent parfaitement au dimensionnement des installations de production du site.

Ses volumes de productions annuels, en font l'une des premières fonderies de France en volume de fonte produite et leader européen sur le tambour de frein.

900 000 pièces de freinage sortent de ses ateliers, brutes de fonderie et usinées.

● Le procédé Lost Foam un atout pour Fiday Gestion

Se sont ajoutées depuis ces dernières années des pièces complexes produites par le procédé LOST FOAM, un procédé peu répandu dans notre industrie.

17000 pièces de gros volumes sont sorties cette année du chantier Lost Foam. Des pièces à plus forte valeur ajoutée que nous avons pu admirer, mais dont les photos sont interdites aux publications. En effet sans trahir de secrets ces pièces monoblocs que permet de produire le procédé LOST FOAM, remplacent un ensemble important de pièces, leurs usinages leur assemblage, nécessitant des joints étanches... Le savoir-faire FIDAY GESTION dans ce domaine a permis à la fois d'ouvrir de nouveaux débouchés et d'attirer de nouveaux clients, de redévelopper l'activité d'une ligne de moulage qui était en veille technologique depuis quelques années. L'entreprise annonce des perspectives en hausse sur ce marché dans les années à venir.

Les visiteurs ont pu poser quelques questions intéressantes sur le marché du poids lourd, l'avenir de l'électrique et du freinage.

Sur ces question la fonderie de Scey nous a livré quelques informations importantes, que le poids lourd passe à l'électrique ou pas, il y aura nécessité de développer les disques

ventilés. En effet contrairement au marché des véhicules légers où certains constructeurs pensent au retour des tambours de frein, pour capter et limiter les émissions de poussières fines, le marché du poids lourd se dirige vers les disques pour les raisons suivantes.

- Les poids lourds sont dimensionnés pour atteindre un million de km
- Les émissions de poussières des tambours nécessiteraient des réservoirs de captation de ces poussières, avec des passages et traitement de ces poussières en atelier d'entretien.
- De nouveaux procédés sont actuellement en phase de mise en production industriel, avec des disques revêtus de fines couches métalliques résistantes à l'usure qui permettraient après les premières mises en service de limiter les émissions, de limiter l'usure des disques, ces derniers présentant des durées de vie d'1 000 000 de km, et donc moins de passages en atelier pour remplacement. C'est là une notion de nouveau procédé "durable". FIDAY va devoir suivre cette évolution, qui représente d'une part de l'innovation, mais d'autre part un impact sur le marché car moins de disques. M. MEYER nous indique que cette innovation a fait l'objet de nombreuses présentations, notamment dans les salons liés à l'industrie du poids lourd.

- <https://ecocoating.fritzwinter.de/en>
- <https://ecocasting.fritzwinter.de/en>
- <https://gotec-group.com/en/services/hard-coating/>
- <https://blog.dvs-technology.com/en/posts/focus-on-eu-7-coated-brake-discs-for-fine-dust-protection>

Le parcours de visite organisé par M. MEYER a été particulièrement détaillé, non seulement sur la partie qui concernait notre CYCLATEF, les sables à vert, la sablerie le chantier de moulage, mais aussi sur les installations de fusion et de production des pièces LOST FOAM.

Sur le sable à vert M. MEYER nous a confirmé que le diable en sablerie se situait souvent dans les détails, par exemple un léger décalage axial entre le bol de coulée usiné et la



des processus mis en œuvre pour la préparation d'un sable à vert et en cela la visite de cette année en a été une nouvelle fois une illustration parfaite.

Nul besoin d'en écrire plus en visitant les ateliers, en observant la qualité des pièces, le groupe de stagiaires s'est indéniablement rendu-compte que les actes accompagnent ici les mots.

En conclusion de ce compte-rendu, l'équipe des animateurs et intervenants du CYCLATEF remercie les participants du stage pour leur participation active aussi bien au cours du stage qu'en dehors.

De retour dans leurs entreprises respectives nul doute qu'ils pourront mettre en œuvre tout ou partie des enseignements et des échanges d'informations techniques que ces quatre jours leurs auront permis de compiler.

RENDEZ VOUS EN SEPTEMBRE 2025

Les CYCLATEF, L'Association Technique de Fonderie vous attendent pour de très riches séances de formation et d'échanges techniques !

**INSCRIVEZ-VOUS
À LA PROCHAINE SESSION**

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

descente peut se traduire par une remise en cause du sable ou de son processus de préparation qui eux n'ont pas changé. Dans ce cas là il est urgent de ne rien changer sur le processus, sur la composition, et de régler ce détail qui n'est pas un 'petit' détail.

Lors du passage sur la plate-forme de pilotage du cubilot, M. MEYER appuyé par ses équipes de production fusion ont particulièrement insisté sur les modifications récentes réalisées sur leur installation. Ces modifications vont avoir plusieurs impacts positifs. A savoir pour n'en citer que les principaux, la faculté de monter et baisser régulièrement sans souci sa production horaire, de diminuer le nombre d'arrêt annuel en le limitant aux deux arrêts pour congés principaux ; et surtout de diminuer la quantité de coke consommée par tonne de fonte produite, dans le but de réduire ses émissions.

Fiday Gestion est en cours d'étude d'implantation de fours électriques qui viendront améliorer le bilan global des émissions de la fonderie et lui donner encore plus de souplesse de production pour alimenter sa ligne

de moulage à vert et son chantier LOST FOAM. Sur ce point M. MEYER nous confirme comme certains industriels présents que c'est une des questions clés que les clients de l'industrie du poids lourd posent en cours d'audit. Ne pas présenter de bilan en diminution, de projets pour l'avenir peut s'avérer rédhitoire Associé aux industriels présents lors de la visite il souhaiterait que ces analyses clients tiennent compte du mode de production de l'électricité pour évaluer le bilan carbone global. Nombre de notes d'informations existent sur ce sujet ô combien d'actualité.

Les stagiaires de cette année venus des différentes régions de notre hexagone, ont pu apprécier l'approche de cette fonderie pour répondre aux besoins de ses productions de fonte lamellaire. Ils ont pu remarquer la présence de nombreux robots au sein des ateliers, même si dans ce domaine pour répondre aux besoins de productivité d'autres projets sont en cours d'études

Nos animateurs et intervenants expliquent, avec moult détails lors des séances de formation la nécessité de maîtriser l'ensemble



Vous y étiez

Cyclatef®
FORMATION FONDERIE

Fonte GS

Le Mans

du 8 au 10 octobre 2024

VISITE DE LA FONDERIE GRANDRY C2MAC

La formation annuelle du Cyclatef Fonte GS a eu lieu cette année dans la magnifique ville du Mans, toujours en alternance régionale Est - Ouest, après Nancy l'année dernière et Châteaubriant en 2022. Le groupe s'est retrouvé devant l'hôtel Le Prince qui nous a accueilli chaleureusement pour ces trois jours d'apprentissage et de remise à niveau et d'approfondissement de nos connaissances sur les fontes GS. Le choix d'effectuer cette formation dans la capitale du sport automobile a été évident au vu des facilités d'accès, de la multitude d'hôtels disponibles, des nombreux restaurants du centre-ville, et la proximité avec la fonderie Grandry C2MAC qui nous a accueillie le mercredi matin pour une visite très instructive.



● **Premier jour**

Après un tour de table afin que chacun des participants puisse se présenter et nous faire part de ses attentes, notre président Guillaume ALLART est entré directement dans le vif du sujet en nous présentant les dernières statistiques mondiales sur l'utilisation de la fonte GS (production, répartition mondiale, et position de la France sur le marché international), mais aussi sur l'utilisation de cet alliage dans la vie courante ainsi que son positionnement vis-à-vis d'autres matériaux.

Suite à cette introduction, Xavier MENNUNI (Directeur Qualité Produit et Métallurgie - Fonderie de Brousseval) nous a présenté la partie élaboration de la fonte GS, nos participants ont ainsi découvert les meilleures méthodes afin d'optimiser les coûts de fusion. Xavier MENNUNI nous a présenté l'ensemble des moyens de contrôle nécessaires pour garantir des nuances de fontes conformes au cahier des charges.

Ce fut également l'occasion d'aborder l'aspect normatif des fontes GS, et comme l'aura souligné Xavier, l'importance pour les fondeurs de participer aux commissions normatives, ouvertes à tous, afin de rester à l'avant-garde des futures évolutions et exigences normatives.

Guillaume ALLART a présenté ensuite les divers processus de traitement de la fonte GS

disponibles, les typologies de produits disponibles, leur mode de fabrication et leurs influences sur la qualité de la nodularisation. Un focus particulier sur les 2 technologies majeures, le Tundish Cover et le fil fourré. L'occasion de remettre en perspectives l'intérêt technico-économique des deux technologies au regard des dogmes et croyances sur le sujet.

Jean-Paul CHOBOUT a ensuite expliqué les mécanismes de ségrégations dans les fontes GS et l'incidence sur les structures de solidification à partir du diagramme Fer - Carbone, ce qui a permis de faire le lien avec les traitements thermiques adaptés aux fontes GS, notamment les traitements de ferritisation, normalisation, trempe étagée pour obtenir des structures bainitiques du type ADI. Des exemples pratiques de microstructures, de propriétés mécaniques et de pièces ont été présentés.

● **Deuxième jour :**

Visite de la fonderie Grandry C2MAC

Fort de ses 176 ans d'existence, l'entreprise compte aujourd'hui 120 salariés et une quinzaine d'intérimaires. Experte dans la fabrication de pièces complexes (fortement noyautées et métallurgies adaptées), la fonderie est entièrement consacrée au moulage des fontes sphéroïdales, répondant ainsi aux besoins modernes du marché de l'hydraulique, de

l'agriculture et de la Défense. Le personnel spécialisé et le contrôle rigoureux des processus garantissent des normes de qualité élevées pour répondre aux besoins des clients. Depuis 2022 l'entreprise a été reprise par le groupe italien C2MAC.

Tout au long de la matinée, Jérôme HORVILLE et Thibault SIERGÉ ont organisé la visite des locaux pour montrer les différentes étapes de la production, depuis la fabrication des noyaux et des moules, jusqu'à la dernière étape de nettoyage et de finition des pièces, bien évidemment les secteurs de la fusion et de la coulée sont les endroits où l'on s'est le plus attardé.

Les participants ont eu l'occasion de souligner la pertinence des outils et des contrôles effectués tout au long du processus, dans une ambiance amicale et sereine, propre à l'ADN de la fonderie.

Les participants ont eu l'occasion de souligner la pertinence des outils et des contrôles effectués tout au long du processus, dans une ambiance amicale et sereine, propre à l'ADN de la fonderie.

Grandry C2MAC en chiffres :

- Installation Moulage horizontal BMD sable vert
- Capacité de production : 10 000 tonnes/an
- Matériaux : fontes sphéroïdales
- Système de fusion avec fours électriques à induction
- Poche de traitement GS par basculement
- Poids des pièces moulées de 5 kg à 60 kg
- Production en interne de noyaux complexes pour les pièces moulées hydrauliques
- Cellules robotisées pour la finition des pièces moulées hydrauliques
- Inspections complètes par fibre optique pour garantir le bon état et la propreté des conduits.

Après le déjeuner, le groupe a repris la direction de la salle de formation où Xavier MENNUNI nous a présenté l'analyse thermique, accompagné de conseils pratiques afin de réagir correctement sur la gestion de l'élaboration de la fonte en lien avec les résultats obtenus par l'AT.

Guillaume ALLART a abordé les inoculants, leurs compositions, leurs intérêts ainsi que



pour continuer d'échanger sur nos expériences et débattre sur les meilleures méthodes de nodularisation du graphite.

● **Troisième jour**

La formation s'est achevée par une présentation sur les fontes dites « spéciales » et la façon de les élaborer (Fonte ADI, Ni résist, SiMO ...) avec les différents usages que l'on peut en faire et les matériaux qu'elle peut concurrencer. Sujets particulièrement bien abordés respectivement par Jean Paul et Xavier.

leurs modes d'introduction, avec les avantages et les inconvénients qu'ils peuvent occasionner. L'occasion également de rappeler l'importance de cette étape d'élaboration et le choix des éléments actifs dans la chaîne d'inoculation en lien avec le traitement de nodularisation abordé précédemment.

Pour finir, Jean-Paul CHOBOUT a mis l'accent sur les traitements thermiques en insistant sur les changements de structures qu'ils occasionnent sur les pièces.

Cette journée s'est achevée comme le veut la tradition, par un dîner convivial

La formation s'est conclue par la présentation de cas concrets, les formateurs ont ainsi répondu aux interrogations et sur les cas précis que les membres du groupe ont rencontrés ou ont en cours dans leurs fonderies respectives.

Merci à Cronite Mancelle, Focast, Fonderie Laval, Fonderie Grandry CMAC, Fonderie de la Scarpe et la Fonderie de Vénissieux, qui par leurs participations, auront souligné que la formation reste le plus sûr moyen de valo-

riser ses équipes et mettre à jour un savoir-faire qui tend à disparaître avec les difficultés de recrutement auxquelles nos fonderies sont confrontées.

Enfin, merci à nos participants pour leur bonne humeur et leur participation active tout au long de ces trois journées de travail qui se sont poursuivies le soir, tant l'intérêt de profiter au mieux de nos moindres temps d'échange était puissant.

La jeunesse des participants à cette formation nous montre que les fondeurs sont toujours motivés par la réflexion et l'approfondissement des connaissances.

Votre équipe d'animateurs : //////////////

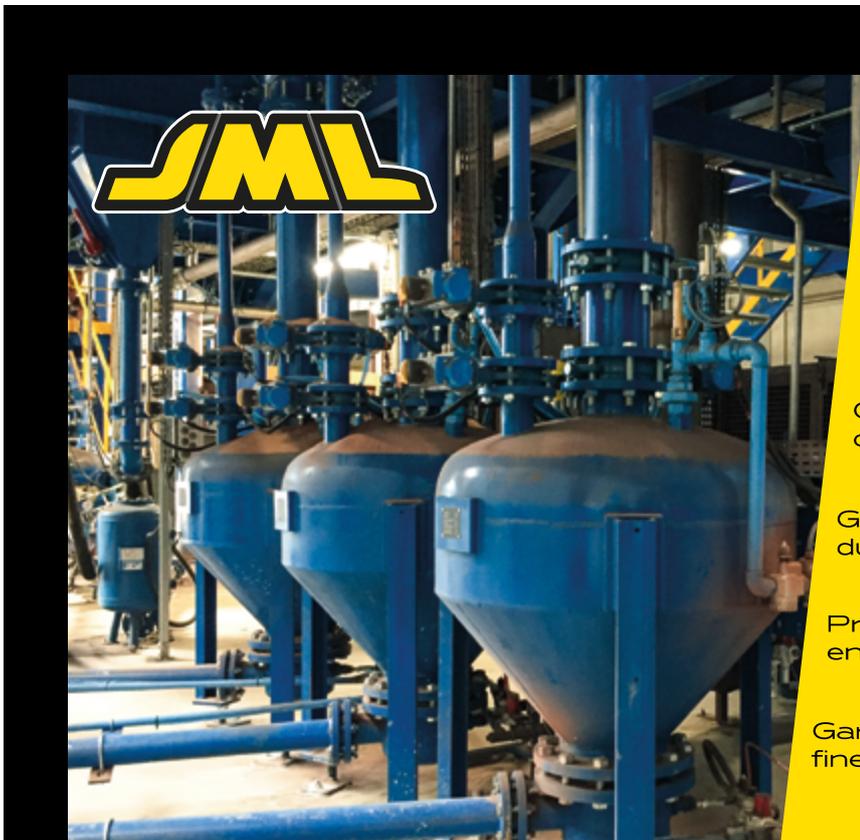
Jean-Paul CHOBOUT - ATF

Xavier MENNUNI -

Fonderie de Brousseval

Guillaume ALLART - ELKEM

Benjamin CLISSON - ATF



Le transport pneumatique par JML Industrie

Transport de sable ou de matières pulvérulentes sur de longues distances

Capacité des sas d'expéditions de 160L à 2x1400L en tandem

Garantie sur les usures du réseau tuyauteries

Pression d'air dans le réseau en dessous de 3 bars

Garantie de non création de fines durant le transport (<0.1%)

6 rue Jean-Jacques Rousseau
F-08330 - Virgine-Aux-Bois

+33 3 24 52 13 97

jml@jml-industrie.com

jml-industrie.com

SUIVEZ-NOUS

Méthode d'inoculation de la fonte grise haute performance

E. GUZIK¹, D. KOPYCINSKI¹, A. ZIOLKO², A. SZCZESNY^{1*}

¹ AGH University of Science and Technology, Department of Engineering of cast alloys and composites, Faculty of Foundry Engineering, Krakow, POLAND
² KRAKODLEW S.A., POLAND

La méthode d'inoculation de la fonte grise haute performance est utilisée pour la coulée des pièces massives destinées à la réalisation des plateaux statiques, ainsi que pour la réalisation de contrepoids en coulée verticale

La technologie de production de pièces coulées en fonte inoculée de haute qualité avec des particules de graphite lamellaire dans la structure est un compromis entre les procédés de fusion et d'inoculation. Le maintien de la stabilité des paramètres de résistance et de microstructure de cette fonte est l'objet d'une série d'études sur le contrôle de la graphitisation et de l'inoculation austénitique (augmentation du nombre de dendrites primaires d'austénite), et qui affecte le type de matrice métallique dans la structure. La capacité de graphitisation de l'alliage fondu diminue lorsque celui-ci est maintenu dans le four de fusion pendant plus d'une heure. La tendance à cristalliser de gros grains d'austénite dendritique et la ségrégation d'éléments tels que le Si, le Ni et le Cu réduisent les propriétés de ductilité de cette fonte. Le processus d'inoculation de l'austénite peut introduire un plus grand nombre de grains d'austénite primaire dans la structure, ce qui affecte la répartition uniforme du graphite et de la précipitation de la matrice métallique dans la structure. Les effets connus de l'inoculation sont l'interaction (en faible masse) des additifs : Sr, Ca, Ba, Ce, La, qui favorisent la formation de carbure MC₂. L'ajout de Fe dans l'inoculant influence le nombre et la forme des dendrites d'austénite. La modification hybride combine les effets de ces deux facteurs. L'introduction de sites de nucléation pour les eutectiques de graphite et les grains d'austénite primaire entraîne une stabilisation de la microstructure de la fonte et une augmentation des propriétés mécaniques. Les résultats d'essais obtenus ouvrent la voie à de nouvelles recherches dans ce domaine, en relation avec la production de pièces moulées en plaques lourdes dans des coulées verticales et horizontales.

Keywords:

High-quality cast iron; heavy castings; massive casting; graphitizing inoculation; hybrid inoculation



Fig 1. Exemples de plaques de base - jusqu'à 80 tonnes (a) et de contrepoids - jusqu'à 30 tonnes (b) produites par la fonderie Krakodlew s.A.

INTRODUCTION

L'article est le résultat d'un projet de recherche de la Fonderie Krakodlew S.A. à Cracovie (Pologne). Le projet concernait le développement d'une technologie de moulage de plaques massives (jusqu'à 80 tonnes) en position verticale. Dans les lingotières, des changements dans la structure de la fonte peuvent se produire pendant le fonctionnement, pouvant entraîner des fissures dans les pièces. Ces problèmes ne se posent pas lors de réalisation d'un autre type de pièces épaisses (ou massives), telles que les contrepoids, dont le poids atteint 30 tonnes. La solidification de la fonte doit être effectuée de manière à accroître sa résistance à la fatigue thermique et à la fissuration sous l'influence des contraintes thermiques. Les questions mentionnées sont particulièrement pertinentes pour les plaques de fond massives.

En raison de considérations techniques et technologiques, la fonte grise modifiée avec graphite lamellaire présente encore les avantages qui caractérisent cette fonte pour être utilisée pour les plaques de support les plus massives. Des exemples de ces plaques produites dans la fonderie Krakodlew S.A sont présentés dans la *figure 1*. La fonte grise inoculée de qualité supérieure sur la base de graphite lamellaire a été sélectionnée pour les essais. Dans notre cas, il convient de veiller à la répartition uniforme des phases structurelles, telles que le graphite et la matrice métallique, dans le volume de la coulée. L'apparition d'au moins un type de problème, par exemple la ségrégation des éléments, la flottation du graphite, la proportion variable de perlite et de ferrite et la porosité de retrait,

conduit toujours à un très grand nombre de pièces moulées défectueuses avec une durée de vie réduite et d'importantes pertes financières pour la fonderie.

Tous les producteurs de pièces moulées massives veulent renoncer à l'usinage qui, dans ce cas, représente des coûts élevés dans la technologie d'obtention d'un produit fini. Actuellement, il n'existe pas de technologie connue permettant d'obtenir ce type de pièces moulées sans traitement mécanique. Cependant, il semble qu'une réduction significative du temps de traitement pourrait être obtenue si les fonderies positionnaient verticalement les plaques lourdes. En même temps, il faut savoir que cette méthode de coulée peut entraîner des difficultés pour conserver la masse ou la forme de la pièce (phénomène de déformation de la surface de coulée). On peut supposer que les questions ci-dessus s'appliquent non seulement au matériau qu'est la fonte [1-4], mais aussi à l'acier moulé [5-11] et à d'autres groupes de matériaux, y compris les types de fonte alliée [4,12-15], à utiliser pour les pièces moulées lourdes. Malheureusement, il existe un petit nombre d'articles sur ces pièces moulées, qui se réfèrent principalement à la fonte ductile [16-19] et aux méthodes de leur production dans une disposition verticale dans un moule de coulée [16]. Lors de la production de pièces coulées, il convient de mentionner que les porosités peuvent réduire de manière significative la résistance et les propriétés utilitaires des pièces coulées. La *figure 2* montre des photos de la porosité qui peut apparaître dans la fonte.

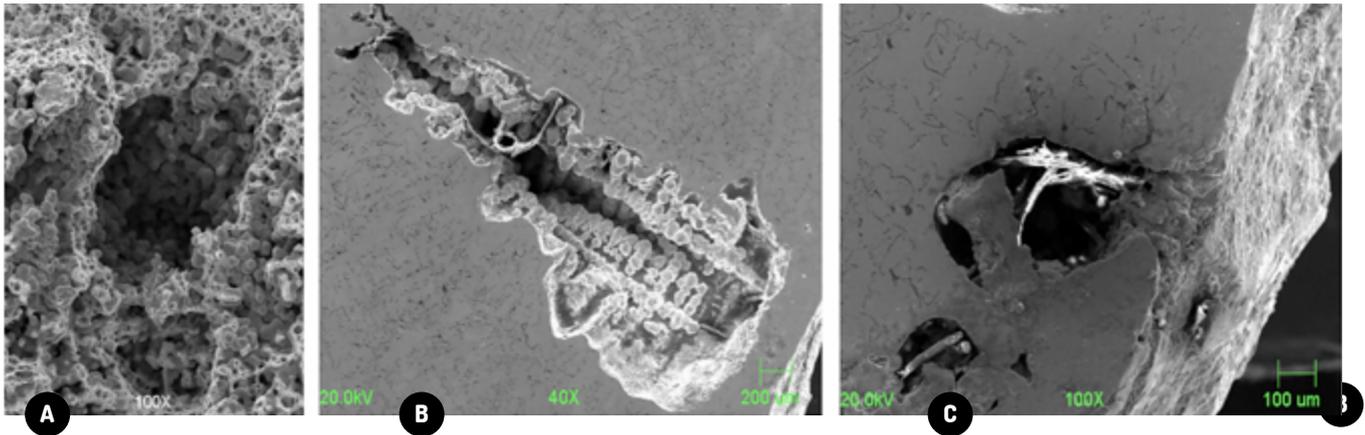


Fig 2. Types de défauts de porosité dans la microstructure d'une coulée de fonte grise : porosité interdendritique - a), porosité de retrait - b), porosité gazeuse - c)

>>> STRUCTURE DE L'INOCULATION DE LA FONTE DESTINÉE AUX MOULAGES MASSIFS

Afin d'obtenir une fonte sans défaut, la procédure d'inoculation doit être effectuée de manière adéquate et appropriée. Le mécanisme d'inoculation de la fonte est étroitement lié au processus de nucléation et de croissance eutectique, et il existe plusieurs hypothèses à cet égard. Selon l'une d'elles, l'introduction d'inoculants dans l'alliage en fusion provoque la formation de noyaux de graphite hétérogènes-endogènes sous forme d'oxydes (SiO₂), de nitrures, de sulfures ou de carbures. Les partisans de cette hypothèse pensent que la procédure d'inoculation de la fonte est en fait un processus de désoxydation du bain avec du silicium. Cette hypothèse est contredite par le fait que le ferrosilicium sans adjonction de Ca et d'Al ne produit pas l'effet d'inoculation. L'hypothèse la plus probable est la théorie de B. Lux, présentée dans la **figure 3a**. L'instabilité des carbures en tant que sites de nucléation du graphite sous l'influence de l'oxygène et du soufre contenus dans la fonte liquide est illustrée à la **figure 3b**. Le schéma de l'inoculation de la fonte grise est illustré à la **figure 4**.

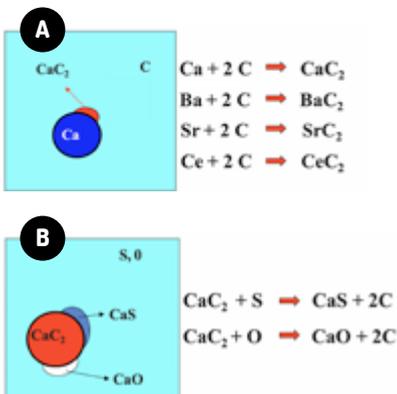


Fig 3. Schéma de la formation des carbures en tant que sites de nucléation du graphite (a) et du mécanisme de leur instabilité lors de la réaction avec le soufre et l'oxygène (b)

>>> COMPOSITION DES PHASES DES INOCULANTS INDUSTRIELS

La **figure 5** montre les résultats des tests de composition et de distribution des phases des inoculants industriels. On constate que le fer n'existe que sous la forme de la phase FeSi₂ et constitue une phase distincte dans l'inoculant. On ne peut exclure que la phase FeSi₂ puisse être un substrat approprié pour la nucléation de dendrites d'austénite primaire. En outre, des éléments tels que Sr, Al, Ba peuvent également constituer des substrats pour la nucléation hétérogène de grains austénitiques dans l'alliage en fusion.

Dans la pratique industrielle de la fonderie de fonte, l'effet d'inoculation est considéré principalement comme l'influence sur les

grains eutectiques de graphite, tandis que son influence sur la cristallisation des dendrites d'austénite (grains d'austénite primaire) est largement négligée. La **figure 6** montre la corrélation entre le nombre de grains d'austénite primaire et le nombre de grains d'austénite graphite eutectique dans la fonte grise avant et après l'inoculation. Dans la suite du travail, nous traiterons l'inoculation comme une procédure influençant le nombre de grains eutectiques de graphite et d'austénite primaire.

La méthode la plus courante consiste à introduire l'inoculant dans la poche de coulée et à appliquer une inoculation secondaire lors de la coulée du moule. Les fonderies utilisent généralement des inoculants à haute température de fusion contenant 75 % de ferrosilicium. Ils cristallisent à des températures

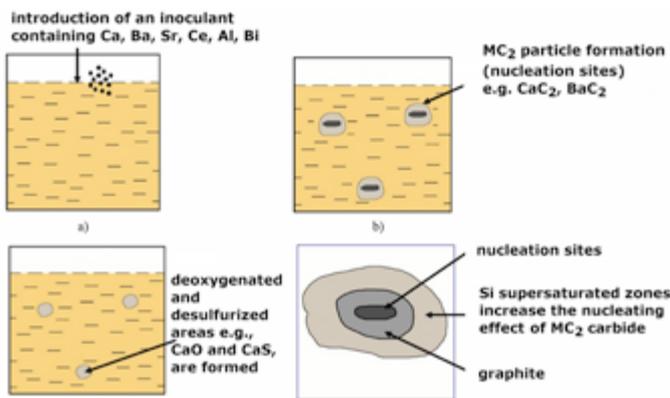


Fig 4. Schéma de la procédure d'inoculation : introduction d'un inoculant contenant Ca, Ba, Sr, Ce, Al, Bi (a) ; formation de zones désoxygénées et désulfurées, par exemple CaO et CaS (b) ; formation de particules MC2 (site de nucléation) (CaC₂, BaC₂)

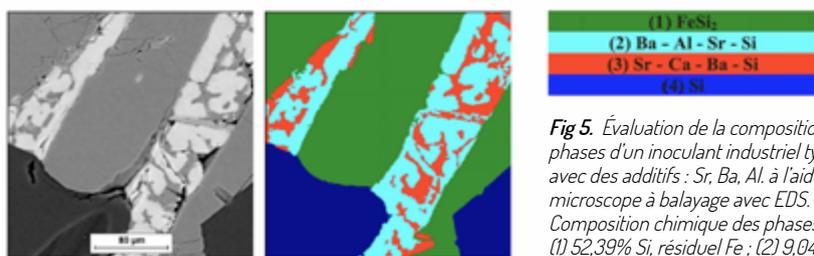


Fig 5. Évaluation de la composition des phases d'un inoculant industriel typique avec des additifs : Sr, Ba, Al, à l'aide d'un microscope à balayage avec EDS. Composition chimique des phases (wt%) : (1) 52,39% Si, résiduel Fe ; (2) 9,04% Al, 1,27% Ca, 40,38% Ba, 3,83% Sr, résiduel Si ; (3) 34,13% Ca, 2,10% Ba, 20,59% Sr, résiduel Si ; (4) 100% Si

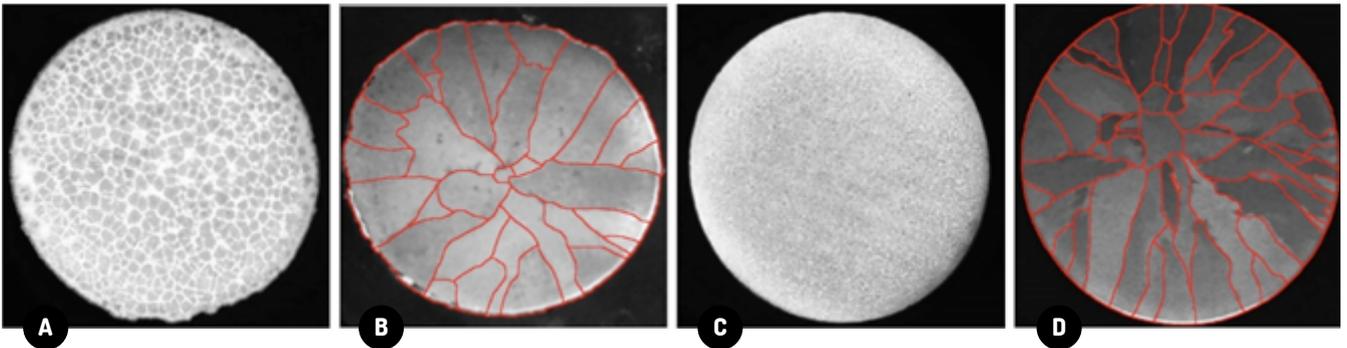
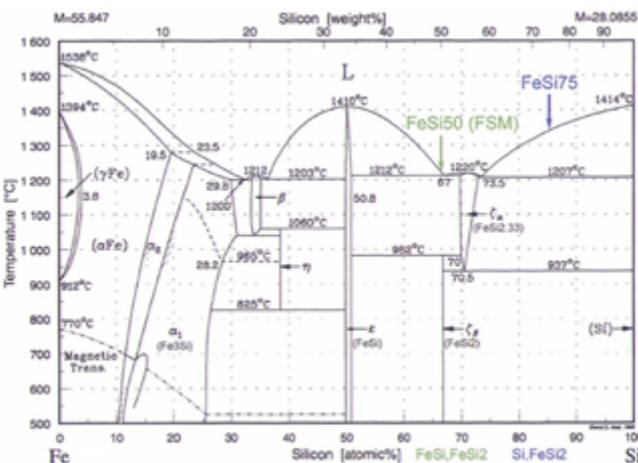


Fig 6. Macrostructure [3,4] de cylindres (diamètre 30 mm) en fonte grise à graphite lamellaire après traitement thermique par la méthode DAAS : avant inoculation (a, b) ; après inoculation (c, d) ; grains eutectiques (a, c) ; grains d'austénite primaire (b, d)

comprises entre 1221°C et 1315°C et peuvent être introduits à la température de l'alliage en fusion, environ 1350°C. Les inoculants à bas point de fusion, dont la composition est basée sur 50% Si, sont moins fréquemment utilisés. Ils cristallisent à une température comprise entre 1210°C et 1221°C. En raison de la faible température de coulée dans le cas de la production de pièces massives, les résultats potentiellement meilleurs devraient être obtenus en utilisant des inoculants à bas point de fusion dans le cas de leur introduction dans le flux de métal lors de la coulée dans le moule. La quantité d'inoculants utilisée dans le processus métallurgique varie de 0,2 à 0,7 % du poids de la fonte fondue. Le diagramme de phase d'équilibre [20] des alliages Fe-Si (fig.7) montre que les alliages Fe-Si avec une composition de 70% et 50% Si, ont respectivement un point de fusion de 1220°C et 1350°C. La recherche présentée sur l'optimisation de l'état physico-chimique de l'alliage fondu visait à augmenter le nombre de grains eutectiques de graphite par unité de surface et à améliorer ainsi les propriétés mécaniques et fonctionnelles des pièces coulées.

Une inoculation correctement réalisée peut contribuer à l'élimination des défauts dans

Fig 7. Diagramme de phase d'équilibre des alliages Fe-Si avec la désignation de l'inoculant FeSi75 à haute fusion et FeSi50 à basse fusion



Inoculation		
Stage I	Stage II	Stage III
in the ladle	with the cored wire method	when pouring the mould

Tableau 1. Principe de la procédure d'inoculation en trois étapes

la production de pièces moulées lourdes. Les études présentées ci-dessous visaient à développer une technologie d'inoculation en trois étapes, dont le schéma est présenté dans la **Tableau 1** et la **figure 8**.

La recherche présentée dans cet article fait partie de la phase 2 de la recherche (Fonderie Krakodlew S.A.) pour développer une méthode d'inoculation spécifique dédiée aux moulages massifs, y compris les plaques de grande taille produites en position verticale. Cette méthode par fil fourré consiste à introduire un inoculant graphitisant dans un tube d'acier.

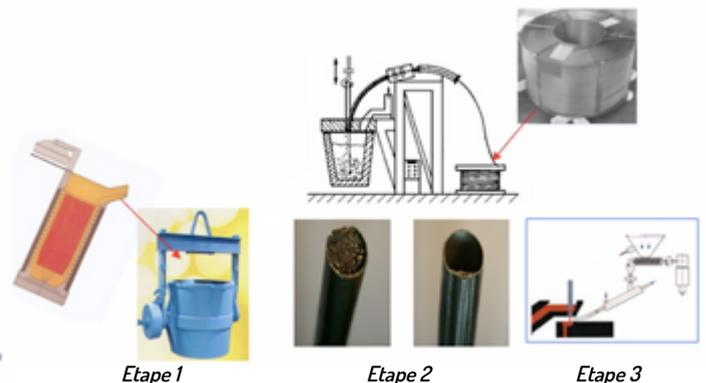
Afin de simplifier les essais en laboratoire, la procédure d'inoculation a été réalisée en introduisant un inoculant graphitisant sous protection d'une cloche en acier. Les

recherches menées ont montré que cette méthode de traitement - l'inoculation hybride - est plus efficace pour réduire le graphite interdendritique indésirable de type D (selon la norme PN-EN ISO 945) que l'inoculation standard. La recherche et l'analyse des résultats présentés dans l'article ont permis de développer une méthode innovante d'inoculation hybride de la fonte de haute qualité avec du graphite lamellaire, dédiée à la technologie de production de pièces moulées massives.

>>> EXPERIMENTAL

Dans un premier temps, il a été vérifié si le changement de méthode de formage (de l'horizontale à la verticale) pouvait avoir une incidence sur les défauts de coulée. Pour ce faire, une étude antérieure réalisée dans la fonderie Krakodlew S.A., dans laquelle des brames de fonte ductile ont été produites, a été utilisée. Des informations sur ces études ont été publiées dans [21]. Les recherches publiées ont montré une grande différence entre les températures de cristallisation de l'alliage fondu en fonction de l'emplacement des thermocouples dans la coulée et des défauts tels que la porosité ont été observés.

Fig 8. Schéma d'inoculation appliqué dans la fonderie Krakodlew S.A. : Stage I - (lors de la coulée du four dans la poche de coulée), Stage II - (introduction du fil d'acier avec et sans inoculant graphitisant en utilisant la méthode du fil fourré), Stage III - (sur un flux de métal lors de la coulée dans les moules).



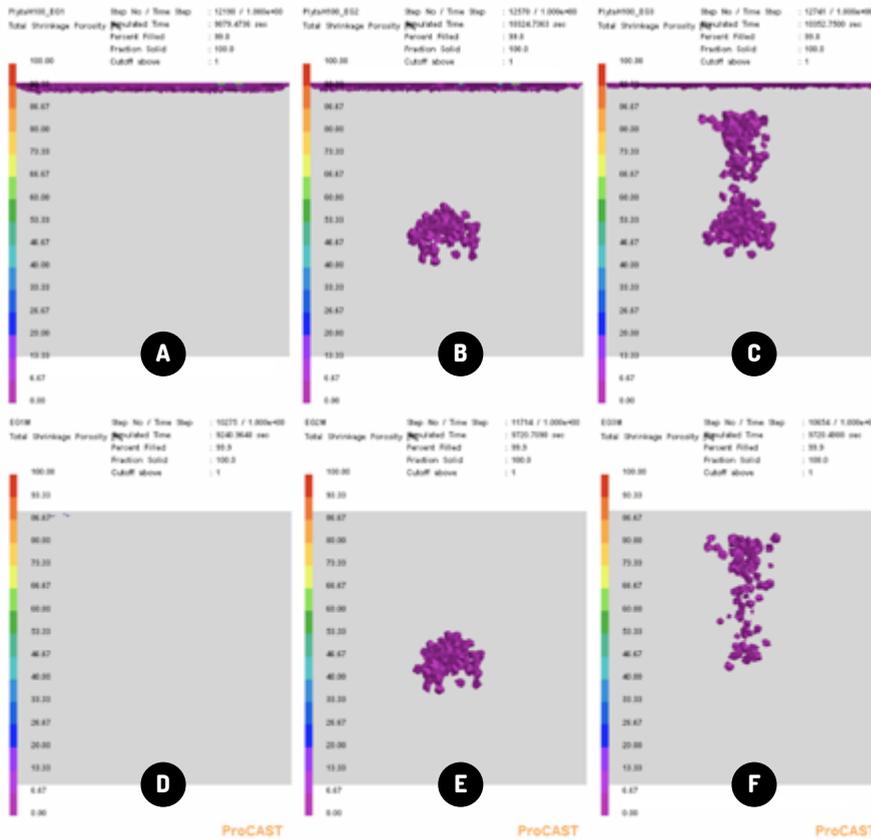


Fig 9. Les résultats de la simulation montrent les zones de porosité de retrait dans la fonte de référence (a, b, c) et la fonte inoculée (d, e, f). Les compositions chimiques sous spécifiées en Table 2 ; No. 1 (a, d), No. 2 (b, e), No. 3 (c, f)

Pour contrôler le processus technologique de coulée des pièces, une simulation informatique a été utilisée à l'aide du logiciel ProCAST pour les compositions chimiques de la fonte présentées en Table 2. La figure 9 montre les résultats d'une simulation informatique avec le logiciel ProCAST pour une plaque de dimensions 100×500×500 mm.

L'étape suivante a consisté à réaliser une fusion en laboratoire en utilisant la méthode d'inoculation de l'alliage fondu sous cloche protectrice. Dans le creuset d'un four à induction à moyenne fréquence de 15 kg, la charge de fonte a été fondue jusqu'à l'état de liquide fondu. Après avoir surchauffé le bain de fusion à 1500°C (T1), l'alliage fondu a été maintenu pendant 3 minutes, puis la température a été abaissée à 1400°C (T2). A cette température, une procédure d'inoculation a été effectuée à l'aide d'inoculants sélectionnés à l'avance et une modification de la structure primaire (grains de dendrites d'austénite primaire) a été effectuée à l'aide d'une cloche métallique de 100 g. Les moules de coulée étaient des cylindres standard d'un diamètre de Ø30×270 mm et un lingot de type « Y ». Un résumé des données pour les différentes fontes est présenté en Table 3.

L'évolution des courbes de refroidissement et de cristallisation de la fonte injectée est illustrée à la figure 10. Ces courbes sont caractéristiques de la composition chimique de la fonte eutectique. Le degré de sous-refroidissement T (défini comme la différence entre la température d'équilibre de cristallisation de l'eutectique graphite et la température minimale au début de la cristallisation de la fonte) est pour, respectivement : B1 = 18,63°C, B2 = 18,27°C, B3 = 10,25°C, B4 = 15,83°C. Il est à noter que la diminution du degré de sous-refroidissement T pour la fonte inoculée par rapport à l'état initial est insignifiante.

téristiques de la composition chimique de la fonte eutectique. Le degré de sous-refroidissement T (défini comme la différence entre la température d'équilibre de cristallisation de l'eutectique graphite et la température minimale au début de la cristallisation de la fonte) est pour, respectivement : B1 = 18,63°C, B2 = 18,27°C, B3 = 10,25°C, B4 = 15,83°C. Il est à noter que la diminution du degré de sous-refroidissement T pour la fonte inoculée par rapport à l'état initial est insignifiante.

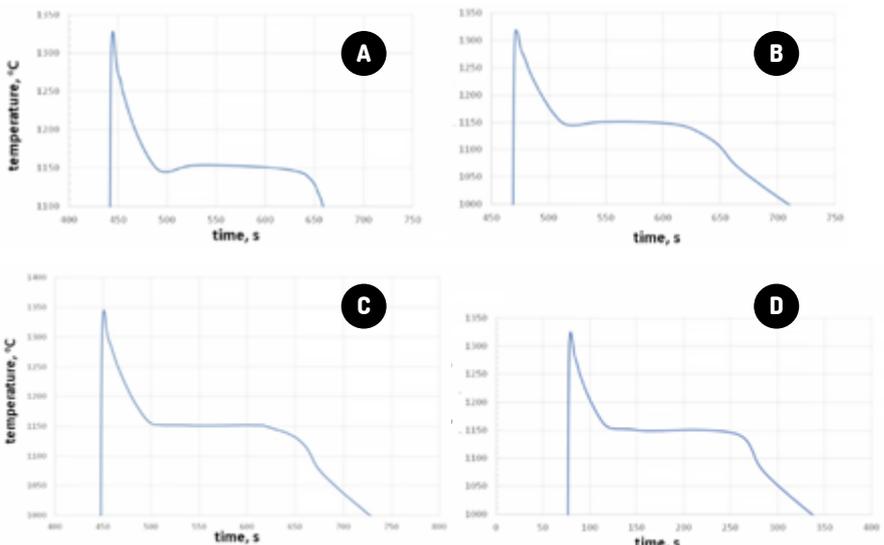


Fig 10. Refroidissement et cristallisation de la fonte grise inoculée pour les fusions : a) B1, b) B2, c) B3, d) B4

Chemical composition	No 1	No 2	No 3
C	3.70	3.70	3.40
Si	2.00	1.70	1.66
Mn	0.6-1.0	0.6-1.0	0.6-1.0
Cr	0.2	0.2	0.2
Cu	to 0.6	to 0.6	to 0.6
Sn	0.1	0.1	0.1
Ni	0.2	0.2	0.2
S	0.04-0.07	0.04-0.07	0.04-0.07
P	0.2	0.2	0.2
Eutectic saturation	S _e = 1.02	S _e = 0.99	S _e = 0.91
Carbon Equivalent	CE = 4.33	CE = 4.25	CE = 3.93

Tableau 2. Composition chimique de la fonte inoculée avec du graphite lamellaire

Melt No	Inoculant	Chemical composition of cast iron, % mas.							
B1	Inolute								
	mass %	C	P	S	Si	Mn	Cr	Cu	
		0.35	3.72	0.02	0.06	1.98	0.68	0.17	0.19
B2	Superspeed								
	mass %	C	P	S	Si	Mn	Cr	Cu	
		0.35	3.73	0.02	0.06	2.05	0.70	0.17	0.19
B3	Zircinoc								
	mass %	C	P	S	Si	Mn	Cr	Cu	
		0.5	3.69	0.03	0.05	2.01	0.67	0.18	0.20
B4	Zircinoc								
	mass %	C	P	S	Si	Mn	Cr	Cu	
		0.35	3.64	0.04	0.06	2.09	0.60	0.23	0.27

Steel bell mass = 100g
Overheating temperature (T1) 1500°C
Inoculation temperature (T2) 1400°C

Tableau 3. Paramètres technologiques des fusions réalisées en laboratoire

>>> RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les figures 11 à 14 montrent les microstructures des pièces de fonte étudiées lors de la fusion expérimentale réalisée dans des conditions semi-industrielles à la fonderie expérimentale du département de fonderie de l'Université des sciences et des technologies AGH. Lors de la fusion de la fonte, différents inoculants ont été contrôlés quant à leur influence sur la distribution uniforme de graphite lamellaire obtenu lors des fusions de recherche IB-4B. Les paramètres de la structure de la fonte sont résumés dans le Tableau 4. L'étude montre que la surchauffe du métal à 1500°C pendant trois minutes donne de bien meilleurs résultats en termes d'homogénéité.

généité du graphite par rapport à la température de surchauffe de 1450°C. La surchauffe du métal contribue à l'obtention d'un état physico-chimique de l'alliage fondu, fournissant une microstructure plus favorable du point de vue de la séparation des paillettes de graphite, de leur distribution appropriée et de leur taille.

L'étude montre que l'inoculation de la structure primaire (grains de dendrite d'austénite) et l'inoculation de l'eutectique de graphite, ont contribué à une augmentation de l'homogénéité de la microstructure de la fonte, comme le montrent les résultats en termes de forme et de taille des particules de graphite lamellaire. L'analyse des courbes de cristallisation et de refroidissement de la fonte et de leurs dérivés premiers indique que la procédure d'eutectique et de double inoculation (concernant les grains de dendrite d'austénite et l'eutectique de graphite) augmente la température de fin de cristallisation de la fonte.

Cet effet a été observé dans tous les cas et s'accompagne d'une réduction significative de la présence des zones dites « sur-refroidies », où le graphite se nucléise pour former des grains significativement fragmentés et indésirables dans la microstructure de la fonte à graphite interdendritique de type D selon la norme iso 945-2010. La comparaison des effets des modificateurs a donné les résultats les plus favorables lorsque l'inoculant de type Zircinoc a été utilisé en combinaison avec une double inoculation (c'est-à-dire une combinaison de modificateur Zircinoc + « cloche »), elle a entraîné une diminution significative de la proportion volumique de graphite de type D, jusqu'à un niveau de 5 % dans les axes de coulée. En même temps, le degré de sous-refroidissement a la valeur la plus basse et l'analyse de l'effet des différentes doses d'inoculant Zircinoc (avec l'ajout d'une « cloche ») indique que plus la dose d'inoculant est élevée, plus la proportion de séparation indésirable de graphite de type D dans la microstructure diminue. La valeur la plus faible a été obtenue pour la fonte avec 0,5 % de Zircinoc. Cependant, l'utilisation d'un inoculant de 0,35 % n'a entraîné qu'une légère augmentation de la proportion de graphite de type D, jusqu'à 5 %

>>> CONCLUSIONS

L'utilisation d'un inoculant ayant une grande capacité à produire de grandes quantités de grains eutectiques de graphite en combinaison avec l'acier introduit par le processus d'inoculation entraîne une réduction significative des défauts de type rétrécissement lors de la coulée de moules à plaques orientés verticalement.

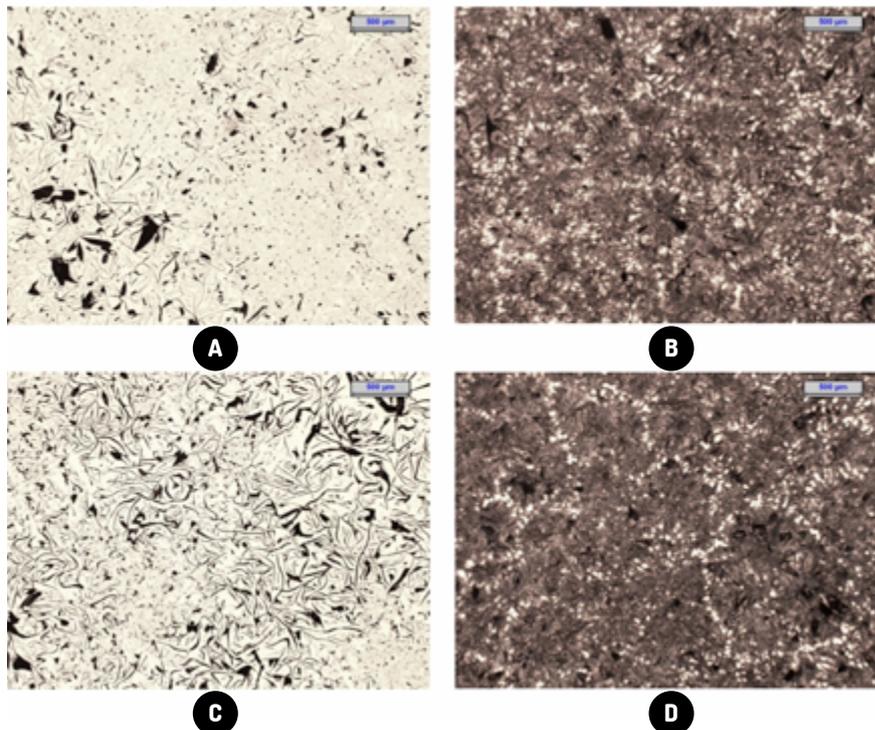


Fig 11. Microstructure de la fonte (fonte No 1B) après inoculation : lingot de type « Y » - a,b), coulée cylindre de Ø30 mm - c,d) ; attaqué au nital - b,d) non attaqué - a,c)

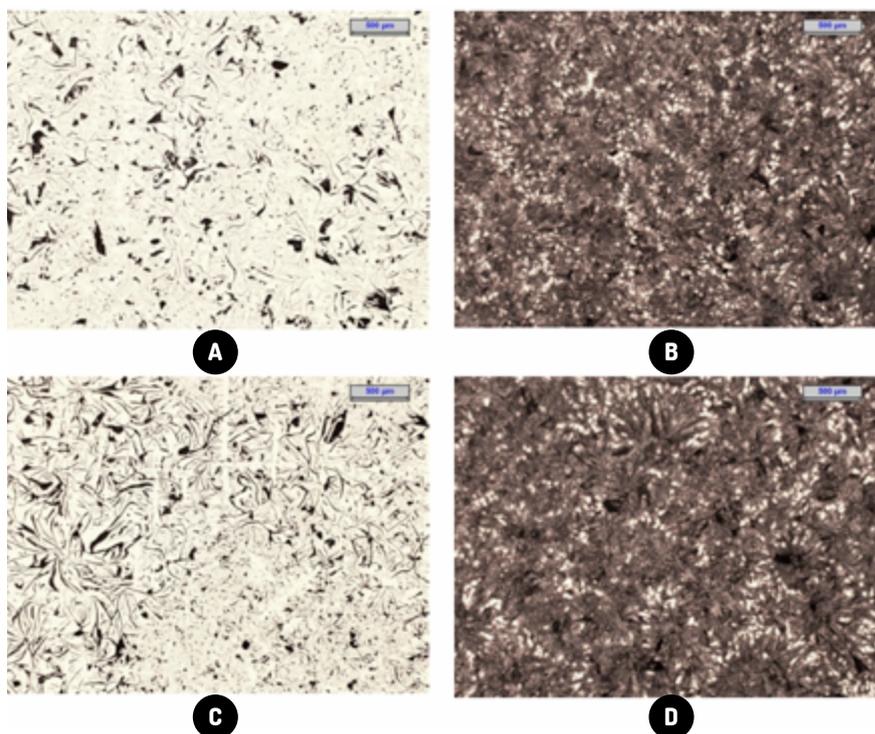


Fig 12. Microstructure de la fonte (fonte No 2B) après inoculation : lingot de type « Y » - a,b), coulée cylindre de Ø30 mm - c,d) ; attaqué au nital - b,d) non attaqué - a,c)

Les inoculants graphitisants à haute fusion à base de FeSi75 (leur température de fusion dans le bain est de 1350°C) tels que : Inolate, Superseed ou Zircinoc, car le meilleur effet de la modification dite primaire a été obtenu lorsque Zircinoc et ensuite superseed ont été introduits dans le bain à leur consommation

de 0,35% par rapport à la masse de l'alliage fondu.

Une diminution significative de la proportion volumique de graphite de type D, jusqu'à un niveau de 5 % dans la microstructure, a été observée en faveur du graphite de type A

uniformément réparti dans la matrice métallique. Ce cas permet de conclure que pendant la dissolution de la cloche d'acier dans le liquide fondu, des sites de cristallisation de l'acier (fer) sont obtenus pour la nucléation des grains de dendrite d'austénite hypoeutectique, qui dans les deux cas ont le même réseau cristallin de type A1.

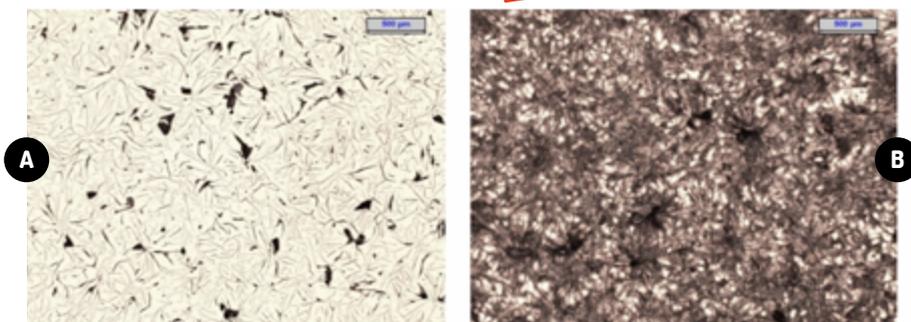


Fig 13. Microstructure de la fonte (fonte No 3B) après inoculation : lingot de type « Y » - a,b), coulée cylindre de Ø30 mm - c,d) ; attaqué au nital - b,d) non attaqué - a,c)

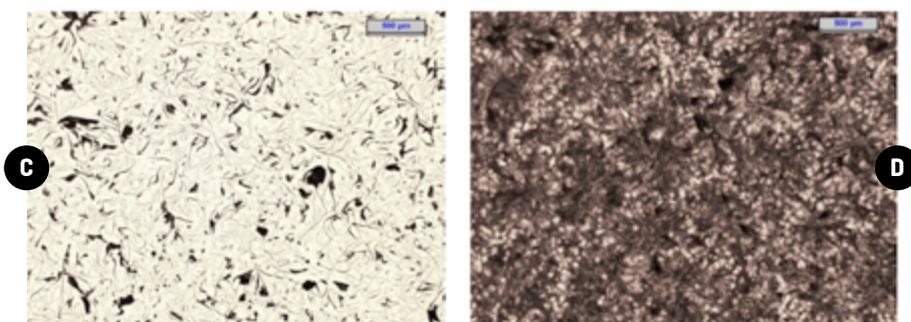
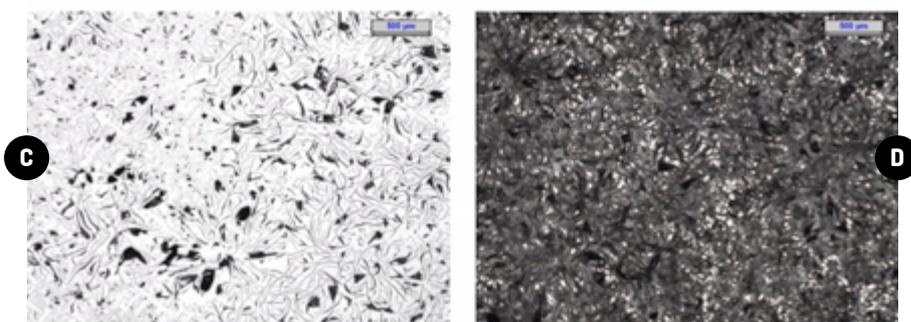
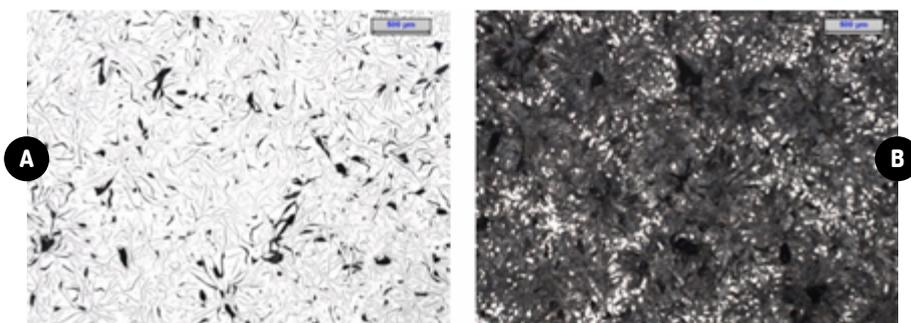


Fig 14. Microstructure de la fonte (fonte No 4B) après inoculation : lingot de type « Y » - a,b), coulée cylindre de Ø30 mm - c,d) ; attaqué au nital - b,d) non attaqué - a,c)



No melt	Cast	N_A, cm^{-2}	%A	%B	%D	A-L _{max}	Class	B-L _{max}	Class	D-L _{max}	Class
B1	Y	450	50	20	30	319	3	461	3	53	6
	Ø30	357	55	15	30	367	3	724	2	67	5/6
B2	Y	440	50	20	30	453	3	643	2	135	4/5
	Ø30	324	40	30	30	376	3	672	2	98	5
B3	Y	324	80	20	0	288	3	418	3	-	-
	Ø30	232	87	10	3	319	3	448	3	75	5
B4	Y	73	386	3	20	569	2	90	7	283	5
	Ø30	87	344	3	10	636	2	102	3	253	5

N_A – number of eutectic grains;
 % A, B, D – percentage share of particular types of graphite distribution,
 class – graphite size class according to PN-EN-ISO 945-1,
 Lmax – maximum graphite dimensions,
 Y – results obtained in “Y”-type ingot casting,
 Ø30 – results obtained in roller casting of Ø30 mm diameter

OFFRES D'EMPLOI

Chef d'Atelier Fonderie (F/H)	S.I.F.	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 (F/H)	FFF	VOIR L'ANNONCE
Agent de Maîtrise Moulage (F/H)	FGHM	VOIR L'ANNONCE

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

Henri Etienne **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** (1818-1881)

L'aluminium

(Seconde partie)

TÉLÉCHARGER LA PREMIÈRE PARTIE

>>> L'aluminium, nouvel or blanc de Napoléon III <<<

Le coût d'obtention élevé et sa rareté font de l'aluminium un métal semi-précieux. Son utilisation est limitée dans un premier temps à la bijouterie et est souvent associée à l'or au vermeil ou à l'argent et incrusté de pierres précieuses dans les parures de bijoux. Il est utilisé également pour de petits objets de luxe tels que porte-monnaie, boîtes à pilules, étuis à cigares, etc. D'autres applications font appel à sa légèreté : appareils scientifiques, jumelles, longues-vues, etc.

Avide de progrès et promoteur de l'industrie française, le couple impérial croit en la production d'objets de ce nouveau matériau.



Le hochet du Prince impérial Napoléon-Eugène-Louis-Jean-Joseph

En 1856, l'Impératrice Eugénie commande par le ministre d'Etat et de la Maison de l'Empereur, un hochet pour le Prince impérial Napoléon-Eugène-Louis-Jean-Joseph (1856-1879). La particularité de ce hochet formant sifflet à sa base est le matériau utilisé pour sa fabrication : l'aluminium associé à l'or, le corail, l'émeraude et le diamant. Réalisé et ciselé par **Honoré-Séverin BOURDONCLE dit Honoré (1823-1893)** un des premiers à utiliser ce nouveau métal pour des objets d'art.

Source : *L'art en France sous le Second Empire & Le rôle de l'Impératrice Eugénie dans le développement des Arts Décoratifs - page 106.*

L'orfèvre **Charles CHRISTOFLE (1805-1863)** manifeste aussi très tôt de l'intérêt pour ce métal et imagine des fins commerciales et de multiples possibilités pour la production d'orfèvrerie. Le prix, très élevé fait que ces produits restent élitistes. Il est



[1858] - Coupe en aluminium gravé et doré - Charles Christofle - Musée d'Orsay



[1859] - Surtout aux putti en aluminium - Charles Christofle - Musée du Château de Compiègne

l'auteur en 1858 de la Coupe Dolfuss en aluminium gravé (musée d'Orsay)

En 1859, Charles CHRISTOFLE, offre à Napoléon III, le Surtout aux putti en aluminium (seul élément sur quinze qui a miraculeusement échappé à l'incendie des Tuileries).

La Manufacture Impériale de Sèvres réalise une aiguière de forme Dieterle pour l'Impératrice Eugénie. Entrée au magasin de la Manufacture le 30 juillet 1859 sous le numéro 29 pour la somme de 6.975 francs, elle est livrée à l'Impératrice au palais des Tuileries huit mois plus tard, le 26 mars 1860 pour le même prix. Le coût élevé de cet objet, le plus cher enregistré en 1859, est en grande partie dû à l'utilisation de l'aluminium pour la monture, qui représente plus de la moitié du son coût de fabrication, soit 3.009,30 francs.



[1859] Aiguière en cuivre émaillé avec monture en aluminium doré au prix de 6 975 francs en 1859

Source : *Maison de ventes Rouillac*



De haut en bas et de gauche à droite : [1855-1865] - Bracelet, perles ciselées en aluminium et or 1858 - Boucles d'oreille aluminium, or et pierres 1870 - Bracelet aluminium et laiton doré [1857-1867] - Boîte à pilules en aluminium et vermeil [1868-1875] - Broche aluminium, vermeil et pierres [1865-1875] - Boutons de manchettes aluminium ciselé

Source : *L'Iconothèque de l'aluminium - Collection Jean Plateau*

En 1855, l'aluminium pur est présenté pour la première fois au public à l'**Exposition Universelle des produits de l'agriculture, de l'industrie et des Beaux-Arts de Paris** entre le 15 mai et le 15 novembre. Exposition qui a accueilli 5 million de visiteurs avec la participation de cinquante-trois Etats et leurs colonies, 23 954 exposants, dont 11 986 exposants français. Le nouveau métal nommé « argile transformée en argent » est présenté dans le troisième groupe : Industries fondées sur l'emploi des agents physiques et chimiques et se rattachant à l'enseignement dans la dixième classe qui renfermait les articles désignés sous la dénomination d'arts chimiques, teintures et impressions, industries des papiers, des peaux, du caoutchouc, ... et qui rassemblait plus de 2000 exposants de tous pays. Ci-après un extrait du rapport du Canada pour cette classe :

« mais il est impossible de ne pas mentionner le produit français si étonnant, je veux parler du métal nouveau, on peut dire, l'aluminium. L'aluminium comme corps isolé a été obtenu d'abord par un chimiste allemand, M. WÖHLER ; mais c'est à M. Sainte-Claire Deville, qui continue ses recherches, aidé qu'il est de la cassette privée de l'Empereur Napoléon, qu'est due la production de ce métal, comme matière économique. Ce n'est pas ici le lieu de dire comment on extrait ce métal, mais qu'il suffise d'énoncer que ce métal qu'on a déjà transformé en ustensiles, pour expériences, jouit des propriétés suivantes, savoir : légèreté presque égale à celle du verre, sonorité remarquable ; résistance au feu à un degré voisin de l'argent ; inaltérabilité par oxydation ; enfin ténacité et dureté à l'instar des métaux d'un usage habituel. »

➤ Source :

Bibliothèque et archives nationales du Québec -
Le Canada et l'exposition universelle de 1855

Douze lingots de taille réduite, de modestes barres de quelques centaines de grammes tout au plus sont exposés au public. Conformément à la volonté de l'Empereur, ils se trouvent dans la Rotonde du Panorama, lieu le plus prestigieux de l'exposition, où figurent les bijoux de la couronne et les chefs-d'œuvre des manufactures impériales.

Il y a quelques autres objets en aluminium, dans les stands, parmi lesquels une timbale et une cuiller chez Christofle, une série de poids et un fléau de balance chez les frères Collot, fabricants d'instruments de précision.



[1855] Balance de précision à fléau en aluminium par Collot Frères.
© Musée des arts et métiers - Cnam, Paris / photographie S. Pelly

En visite officielle à Paris du 18 au 27 août 1855, la Reine Victoria, visite l'Exposition universelle. Un bracelet en or et aluminium ciselé décoré de rubis est alors offert par Napoléon III à la Reine Victoria, après sa visite de l'Exposition universelle (Londres, collection particulière).

»» L'usine de la Glacière ««

Au début du deuxième trimestre de l'année 1856, les crédits alloués par l'empereur étant épuisés, Sainte-Claire Deville s'associe à **M. Jules Henri DEBRAY (1827-1888)** et **M. Paul François MORIN^[2] (1818-1879)**, ses collaborateurs de l'ENS et aux frères **MM. Emile ROUSSEAU (1815-1888)** et **Jean ROUSSEAU (1804-1864)**, fabricants de produits chimiques à la Glacière en banlieue de Paris, afin de faire évoluer les expériences entamées à Javel dans l'usine des frères Rousseau où déjà de l'aluminium était fabriqué depuis mai 1855.

C'est à la Glacière que le procédé industriel va prendre corps. Au lieu de réduire par le sodium le chlorure d'aluminium, on part désormais de chlorure double d'aluminium et de sodium. Celui-ci, plus stable à la température ordinaire que le chlorure simple, est liquide à la température de réaction, alors que le chlorure simple est gazeux. L'opération devient alors beaucoup plus facile à conduire, comme l'écrit Henri **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** :

« J'avais souvent, et depuis longtemps, essayé de réduire par le sodium le chlorure double d'aluminium et de sodium ; quoique la réaction s'effectue complètement, je n'ob-

tenais pas de culot métallique [...] ; mais il a suffi d'ajouter au mélange un peu de fluorure de calcium pour que tout l'aluminium se réunisse en culots au fond du creuset. Cette expérience, que **MM. DEBRAY** et **Paul MORIN** ont bien voulu tenter pour moi, en mon absence, dans le laboratoire de l'École normale, leur a toujours très-bien réussi, et ils ont ainsi préparé plusieurs centaines de grammes d'aluminium assez pur. »

Deux brevets portant sur la préparation directe du chlorure double d'aluminium et de sodium, la nature du fondant à utiliser et la possibilité d'effectuer l'opération sur la sole d'un four à réverbère sont délivrés en 1856 aux frères ROUSSEAU et à Paul Morin.

Avec ces avancées, la production journalière est de 2 kilogrammes, les coûts de fabrication diminuent avec un prix de vente de l'aluminium qui décroît, passant de 300 F/kg au début des essais à Javel à 100 à la Glacière. A titre de comparaison, l'or vaut alors 3 100 F/kg et l'argent 200.

»» Nanterre - L'usine du Moulin noir ««

En avril 1857, des plaintes du voisinage, engendrées par les rejets de soude et de chlore dans l'atmosphère imposent la fermeture de



Paul François Morin

[2] Paul François MORIN (1818-1879) :

est né à Romorantin (Loir-et-Cher) le 12 septembre 1818, fils d'un père commissaire de police. Il y passe une partie de son enfance puis à Saint-Germain-en-Laye. Titulaire du baccalauréat ès lettres à 17 ans, il étudie ensuite le droit à Paris. Bibliothécaire entre 1845 et 1848, il devient ensuite professeur libre à Paris et découvre la chimie en

1853, devient préparateur au laboratoire de l'ENS du scientifique et homme politique influent, Jean-Baptiste DUMAS. C'est dans ce laboratoire que Paul MORIN rencontre Henri **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** qui vient de mettre au point en 1854 le procédé de fabrication de l'aluminium pur. En 1857, DEVILLE et ses partenaires décident de créer une société pour développer le procédé Deville à l'échelle industrielle : la Société Paul Morin & Cie. Implantée à Nanterre où sont loués les locaux du Moulin noir. Durant treize années Paul MORIN se consacre à la société et à l'aluminium qui à compter de 1860 est fabriqué à Salindres (Gard) mais transformé et mis en forme à Nanterre. Il cherche d'autres débouchés et développe un alliage : le « bronze d'aluminium ». En 1862, il présente ses réalisations à l'Exposition universelle de Londres. Le 21 janvier 1863 il est promu **Chevalier de la Légion d'honneur**. Régulièrement mis en cause pour sa gestion de l'entreprise, il quitte définitivement en 1869 le monde de l'industrie pour celui de la politique. Au Moulin noir, le travail de l'aluminium continue encore pendant dix années, la société étant reprise par la Société anonyme de l'aluminium. Entre 1870 et 1879, il occupera les fonctions suivantes : Maire de Nanterre sur la période 1870 à 1876. Député de la Seine du 2 juillet 1871 au 15 décembre 1875, Sénateur inamovible de la Seine du 15 décembre 1875 au 23 janvier 1879.

Paul Morin décède à Nanterre le 23 janvier 1879 à l'âge de 61 ans



L'usine du Moulin noir à Nanterre Source : Musée de l'Île-de-France à Sceaux - Plan de la commune de Nanterre en 1870 - Archives départementales des Hauts-de-Seine - cote 5F1/NAN_1



➔ Source :

BnF Gallica - L'aluminium et Paul Morin au Moulin noir (1857-1890)
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9602016r/f1/item>

l'usine de la Glacière. Le matériel est déplacé à Nanterre, à l'usine du Moulin noir (ancienne usine de noir de fumée), propriété d'**Adolphe D'EICHTAL**, dont les locaux vont faire l'objet d'une location.

En juin 1857, **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** et ses associés [**MM. Emile ROUSSEAU** (fabricant de produits chimiques) ; **Jean ROUSSEAU** (fabricant de produits chimiques) ; **Henri DEBRAY** (principal collaborateur de Sainte-Claire Deville à l'ENS) ; **Isaac PEREIRE** (banquier) ; **Adolphe D'EICHTAL** (banquier) ; **Baron Florentin-Achille SEILLIÈRE** (banquier) ; **Charles Adolphe DEMACHY** (banquier) ; **Frédéric JACQUEMART** (industriel dirige une usine productrice d'alun et de sulfate de fer) ; **Louis LE CHATELIER**^[3] (1815-1873) (chimiste, ingénieur) ; **ADAM** (banquier) et **Edouard GIROD DE L'AIN** (beau-frère de Henri Sainte-

Claire, Maître des requêtes au Conseil d'Etat, député de l'Ain)] fondent une société : Paul MORIN & Cie. Au total, le monde du Crédit mobilier et de la banque participe à hauteur de 75% de l'apport. L'acte est passé dans un des principaux offices notariaux parisiens, celui d'Emile FOULD, cousin de Achille FOULD, ministre d'Etat et de la Maison de l'Empereur. M. **Paul MORIN** en sera le gérant jusqu'en 1869, année de dissolution de la société.

En ce mois de juin, tout est réuni par les pionniers de l'aluminium (cadre juridique, fonds, locaux, procédés, personnel) pour aménager et démarrer la production d'aluminium dès l'été 1857. Les appareils et fours nécessaires à ces productions ont été réalisés sur place.

Deux types de ressources sont disponibles :

- L'alun, qui est alors la principale, source d'alumine, c'est d'abord comme fournisseur d'alun avant d'être associé que Frédéric JACQUEMART a des relations avec **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** et ses collaborateurs. Frédéric JACQUEMART qui va contribuer aux importantes recherches de Louis LE CHATELIER et **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** sur la préparation et l'utilisation de l'alumine est également l'auteur de nombreuses publications scientifiques.
- La cryolithe, minéral constitué de fluorure double d'aluminium et de sodium, été connu, mais excessivement rare jusqu'en 1855, année de la découverte de gisements importants au Groenland.

La cryolithe est utilisée entre 1855 et 1860 par les frères TISSIER à Amfreville-la-Mi-Voie. De son côté, **SAINTE-CLAIRE DEVILLE**, compte tenu du mauvais rendement en aluminium et des incertitudes d'approvisionnement en cryolithe, ne retiendra pas la réduction de la cryolithe par le sodium comme procédé de production, mais il sera le premier à utiliser le spath fluor et la cryolithe ajouté au mélange comme fondant.

Il porte donc son choix sur l'alun comme ressource pour l'alumine.

Après quelques mois de fonctionnement à Nanterre, un transfert de la production sur un autre site est envisagé afin de diminuer le prix de revient, augmenter la production, les applications et les ventes. Pour cela, l'objectif est de se rapprocher des sources de matières premières. Trois sites sont envisagés : Chauny (Aisne), Decazeville (Aveyron) et Salindres (Gard). Henri **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** bénéficie d'appuis : son ami Louis LE CHATELIER, ingénieur des Mines, Jean-Baptiste DUMAS, son tuteur, mais aussi Napoléon III, son plus puissant soutien sur le plan financier et des commandes.

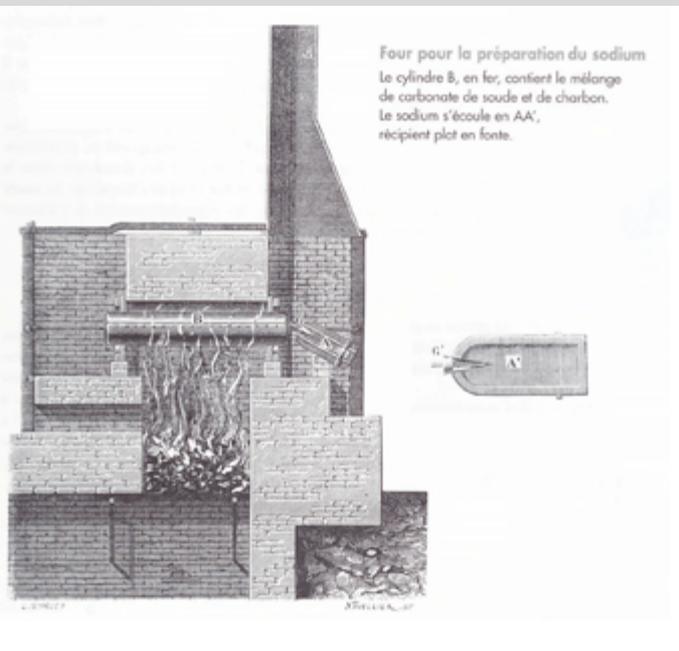
[3] Louis Le Chatelier (1815-1873) : est né à Paris le 20 février 1815. Ancien élève de l'École polytechnique (1834-1836) et de l'École des mines, inspecteur général des mines, ami de Henri Sainte-Claire Deville, il contribue activement à la mise en place de la nouvelle industrie de l'aluminium en France. Entre autres choses, il a notamment présenté, en 1857, un sextant en aluminium à l'Académie des sciences, et travaillé, avec Sainte-Claire Deville, à la mise au point de procédés pour la fabrication de l'alumine. Il a contribué à l'introduction des procédés Martin-Siemens dans la sidérurgie et à l'essor des transports ferroviaires. Ami et collaborateur d'Eugène Flachat, il est l'un des créateurs des Chemins de fer de France. Parallèlement, en 1855, il devient ingénieur-conseil du Crédit mobilier des frères Pereire qu'il convainc en 1857 de participer financièrement à la société « Paul Morin et Compagnie ». Il participe à la création de la Compagnie des chemins de fer du Midi, de la Compagnie des chemins de fer de l'État autrichien, de la Grande société des chemins de fer russes, de la Compagnie des chemins de fer du nord de l'Espagne, et de la Compagnie générale transatlantique dont il a été administrateur. Il était inspecteur général des mines, en retraite depuis le 16 juin 1872, membre de la Société des agriculteurs de France, membre honoraire du conseil de la Société d'encouragement, officier de la Légion d'honneur (13 août 1864) et de l'ordre de Léopold, commandeur du nombre extraordinaire de l'ordre de Charles III, chevalier de l'ordre de François-Joseph. Il décède à Paris le 10 novembre 1873.



Louis Le Chatelier

>>> A Nanterre, le procédé évolue selon les travaux progressivement mis au point par Sainte-Claire Deville et ses collaborateurs au laboratoire de l'ENS, à l'atelier de Javel et en fonction des résultats de la Glacière :

1 - Préparation de l'alumine - L'alumine provient de la calcination de l'alun et également de récupération dans les scories qui accompagnent la production d'aluminium. L'alumine est soigneusement purifiée par dissolution dans la soude caustique à haute température, dilution à froid de l'aluminate de soude obtenu, élimination des résidus solides et nouvelle précipitation de l'alumine par le gaz carbonique.



2 - Préparation du chlorure d'aluminium - on prépare d'abord du chlorure double d'aluminium et de sodium en introduisant en du sel marin en même temps que le charbon et l'alumine finement divisés et bien mélangés dans la cornue « A » où arrive ensuite le chlore par le tube « C ». L'ensemble est chauffé à très haute température. Le chlorure double qui se forme à l'état gazeux se condense et vient couler dans un vase en terre « E », se solidifiant vers 200°C.



3 - Préparation économique du sodium - C'est le procédé de préparation du sodium mis au point par Sainte-Claire Deville qui est utilisé : Un mélange de carbonate de sodium et de charbon est introduit dans le tube horizontal « B » de réaction en fer. Le sodium est alors obtenu par réduction du carbonate de sodium par du charbon à haute température. Le sodium, qui se produit à l'état de vapeur dans le tube, vient se condenser dans le récipient plat en fonte « A » qui refroidit le sodium qui s'écoule dans un vase en fonte où l'on a mis de l'huile de schiste. Grâce à cette méthode industrielle de fabrication, le sodium devient un produit extrêmement courant. Alors qu'il se vendait, avant Sainte-Claire Deville, près de 1 000 francs le kilogramme, son prix de revient s'abaisse à 10 francs.

4 - Préparation de l'aluminium - L'aluminium est obtenu en réduisant par le sodium le chlorure double d'aluminium et de sodium. Un mélange de 110 kilogramme de chlorure double d'aluminium et de sodium, de 40 kg de cryolithe et de 35 kg de sodium est introduit en « E » et tombe sur la sole « A » dans le four à réverbère chaud. C'est ce chlorure double, solide à la température ambiante et liquide vers 200 °C, sur lequel on fait agir le sodium, en présence de cryolithe naturelle AlF_6Na_3 , qui facilite le rassemblement de l'aluminium liquide sur la sole du four. La réaction se traduit au dehors par une série de petites explosions, qui annoncent la décomposition graduelle du chlorure et la mise en liberté de l'aluminium. Les scories en surface de l'aluminium, résidus de la réaction, protègent le bain liquide. A la fin de l'opération qui dure environ trois heures et demie, on retire la première brique en « C » laissant s'écouler la scorie en premier dans une caisse puis on ouvre le four en retirant la brique en « D », l'aluminium liquide s'écoulant alors par la goulotte en fonte « B » dans un vase en fonte « J ». L'aluminium obtenu (environ 10 kg avec les proportions du lit de fusion indiqué ci-dessus) est immédiatement versé dans les lingotières. La scorie contenant du fluorure d'aluminium est ensuite traitée pour obtenir de l'alumine qui sera réintroduite en fabrication >>>



>>> Salindres - La Compagnie des Produits Chimiques d'Alais et de la Camargue Henry Merle & Cie <<<

Le 24 août 1855, les deux chimistes MM. Henry MERLE ^[4] (1825-1877) et Jean-Baptiste GUILMET ^[5] (1795-1871), fondent à Salindres (Gard, situé à 9 km de la ville d'Alès, nommée Alais jusqu'en 1926) « La Compagnie des Produits Chimiques d'Alais et de la Camargue Henry Merle & Cie » « PCAC » pour produire de la soude.

Située à proximité des vignobles de l'Hérault, alors ravagés par le mildiou, une priorité est donnée à la production de sulfate de cuivre utilisé pour le traitement des cultures.

Dès 1858, Louis LE CHATELIER recherche dans le midi le moyen de produire de l'alumine et envisage une structure industrielle. Pour cela il rencontre les propriétaires à qui appartiennent



Les usines de produits chimiques à Salindres, berceau de la future Compagnie Péchiney

des gisements de minerai aux Baux-de-Provence et dont le projet est tout autre que l'aluminium, mais d'établir des hauts-fourneaux à Tarascon. La nouvelle organisation proposée par LE CHATELIER, remplacer l'alun par la bauxite, qui touche directement les intérêts personnels de M. JACQUEMARD, collaborateur de DEVILLE et distributeur privilégié d'alun, entraîne une attitude négative de la part de celui-ci relative à l'exploitation de la bauxite.

Henri SAINTE-CLAIRE DEVILLE qui a une entière confiance en son ami dans cette entreprise lui écrit : « Quant à l'affaire du minerai des Baux, je m'en rapporte pour tout ce que tu feras à ta sagesse et à ta prudence ».

Le 11 août 1858, le procédé de d'extraction de l'alumine de la bauxite, inventé par DEVILLE est breveté sous le nom Louis LE CHATELIER n°37682, mais aussi appelé « Deville Pechiney ».

Ce procédé, dont les points faibles étaient le coût élevé du frittage et celui de l'évaporation de l'eau pour récupérer le carbonate de sodium, va se développer jusqu'en 1886 et sera utilisé à Salindres jusqu'en 1923. Il sera remplacé sur les sites de Pechiney par le procédé Bayer.

En octobre 1958, Deville se rend à Salindres mais pas aux Baux-en-Provence afin de pas

Procédé Deville Pechiney

Après avoir utilisé au début de l'alumine obtenue par calcination de l'alun ammoniacal, Sainte-Claire Deville met au point à Nanterre puis à Salindres, entre 1858 et 1860, un procédé pour l'extraction de l'alumine contenu dans la bauxite.

Le procédé comporte trois opérations :

1- Frittage - La bauxite est broyée, mélangée avec du carbonate de sodium est chauffée, vers 900°C, dans un four. Il en résulte de l'aluminate de sodium

2- Lavage & séparation - L'aluminate de soude est dissous dans l'eau, contenant un peu de chaux. Les oxydes de fer, de titane et le silico-aluminate de sodium, insolubles, sont éliminés par décantation et filtration.

3- Traitement au CO₂ - La solution est ensuite traitée par un courant de gaz carbonique provenant du four de frittage, pour précipiter de l'alumine et générer du carbonate de sodium. Le carbonate de sodium obtenu est réutilisé pour la première opération.

attirer l'attention sur l'intérêt qu'il porte avec ses collaborateurs à la bauxite, sous peine de faire monter le prix d'achat.

A Salindres, Henry MERLE qui produit plusieurs produits chimiques dont certains entre dans le processus de production de l'aluminium, souhaite diversifier la production en démarrant la production d'aluminium sur le site. L'usine possède des infrastructures favorables : chemin de fer, proximité avec le port de Sète, les Baux et les Salins, ...

En 1860, l'accord est conclu entre Paul MORIN et Henry MERLE pour le transfert de la production d'aluminium de Nanterre à Salindres. Moyennant certains engagements financiers, SAINTE-CLAIRE DEVILLE cède ses brevets à la Société Henry Merle & Cie et abandonne ses tentatives personnelles d'industrialisation. La production d'alumine démarre dans le Gard, en même temps que celle d'aluminium. Les licences accordées à PCAC incluent la production d'alumine et la possibilité d'utiliser le brevet de LE CHATELIER. Henri SAINTE-CLAIRE DEVILLE qui visite l'usine gardoise en septembre 1860, se montre satisfait.

Les deux sites sont utilisés de la manière suivante : PCAC peut produire et vendre l'alumine et ses produits dérivés contrairement à l'aluminium qui doit être produit à Salindres et transformé et commercialisé par Paul Morin & Cie à Nanterre.

Le démarrage est difficile. Si la production ne pose pas de problème technique majeur, la commercialisation et les ventes ne sont pas à la hauteur. Une nouvelle fois l'Empereur intervient en faveur de l'industrie de l'aluminium par une commande passée de 217 aigles en aluminium doré pour les hampes de drapeaux des régiments.



Aigle de drapeau en bronze du 24^e bataillon de la Seine de la Garde Nationale, modèle 1852, 2,8 kg - Source : Rouillac



En-tête de papier à lettre Henry Merle & Cie - Liste des produits

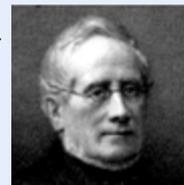
[4] Henry MERLE (1825-1877)

est né à Vienne, le 21 mars 1825. Ancien élève de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, il s'est marié en 1857 et a dirigé l'usine de produits chimiques de Salindres, qu'il avait fondée avec l'aide de capitaux lyonnais. On conserve encore, dans la maison familiale Merle, à Alès, une statue d'un mètre de haut de la Vénus de Milo exécutée à l'époque avec l'aluminium de l'usine de Salindres, valant alors 80 francs le kilo. Les productions d'Henry Merle lui valurent plusieurs médailles d'or aux expositions, notamment à celle de Paris en 1867. Décorations : chevalier de la Légion d'honneur (24 janvier 1863), officier de la Légion d'honneur (7 juillet 1874). Lorsqu'il mourut en juillet 1877, à l'âge de 52 ans, il eut pour successeur M. Alfred Rangod Pechiney.



[5] Jean-Baptiste GUIMET (1795-1871)

est né à Voiron (Isère) le 20 juillet 1795. Polytechnicien (1813 à 1816), il se spécialise dans la chimie. Il débute sa carrière comme fonctionnaire dans l'administration des poudres. Il se marie en 1826 avec Rosalie Bidauld (1798-1876), artiste peintre. En 1827, il met au point la synthèse du bleu outremer. Le bleu Guimet qui va servir non seulement aux artistes peintres, mais aussi pour l'azurage en blanchisserie et en fabrication du papier. En 1834, il présente sa démission du service des Poudres et installe son usine à Fleurieu-sur-Saône dans la banlieue de Lyon. En 1843, il est élu conseiller municipal à Lyon (maire : le docteur Terme). Sous le Second Empire, il occupe des fonctions similaires au sein du Conseil municipal de Lyon. En 1855, il participe avec Henry Merle à la création de la Société Henry Merle et Cie. Il est alors président du conseil de cette société, qui au départ produit de la soude à l'usine à Salindres. Il préside également la Compagnie de Navigation mixte, située à Marseille, et qui se charge d'exporter le bleu Guimet vers les marchés d'Afrique du Nord. À partir de 1860, il laisse à son fils, l'industriel et collectionneur d'art Émile Guimet, la gestion de son entreprise. Il cède à Lyon le 8 avril 1871.





Aigle en aluminium doré - Aigle du 5e régiment de chasseur à cheval, modèle 1860, 0,9 kg

Cette commande de 195 kg représente alors 40% de la production annuelle en 1860.

Henri Merle qui porte un grand intérêt à l'aluminium, s'intéresse également si ce n'est plus à l'alumine. Le brevet Louis LE CHATELIER ayant fait partie des négociations, les licences prévoyant la possibilité d'utiliser celui-ci, Henri MERLE voit en l'alumine de par ses propriétés, des débouchés plus importants (chimiques, abrasifs, réfractaires, ...) que ceux de l'aluminium.

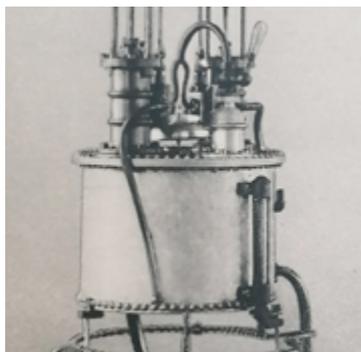
Entre 1860 et 1880, Etienne Henri SAINT-CLAIRE DEVILLE va consacrer ses vingt dernières années de sa vie à d'autres travaux sur le platine, le rhodium, le palladium, iridium, l'osmium et le ruthénium.

En 1860, il présente à l'Académie des sciences des lingots de platine et de platine iridié fondus dans un four de son laboratoire et coulés dans une lingotière en acier.

Le 25 novembre 1861, Henri Sainte-Claire DEVILLE est élu Membre de l'Académie des Sciences (section minéralogie). La même année, il est élu Vice-président de la Société Chimique de Paris, puis président en 1863.



(G) La « chère hélice ». Source : photographie de Nadar en 1863 - (C) Détail de la chaudière en aluminium. Source : Musée de l'Air - (D) Gustave de Ponton d'Amécourt



En 1861, Gustave DE PONTON D'AMÉCOURT (1825-1888), numismate et archéologue français conçoit avec son ami Gabriel de La Landelle, un petit prototype expérimental d'aérostat « chère hélice » à rotor contrarotatif à deux hélices coaxiales et moteur à vapeur bicylindre dont la chaudière fut une des premières utilisations industrielle de l'aluminium. Il invente alors le mot « hélicoptère ».

En 1863, Paul Louis Toussaint HÉROULT (1863-1914) naît le 10 avril dans le quartier Saint-Bénin, situé à 1,5 km de Thury-Harcourt, petite ville de Normandie à 26 km de Caen. Passionné dès son enfance par les travaux de recherche de SAINT-CLAIRE DEVILLE, il consacra une partie de son existence à industrialiser également la fabrication de l'aluminium, non pas par voie chimique, mais en développant le procédé par voie électrochimique qui supplantera le précédent à compter de 1889.



En 1865, paraît le roman de Jules VERNE (1828-1905), « De la terre à la lune » dans lequel le boulet, transportant l'équipage vers la lune, est construit en aluminium :

« - Eh bien ! alors, que faire ? reprit Elphiston d'un air assez embarrassé.
 - Employer un autre métal que la fonte.
 - Du cuivre ? dit Morgan.
 - Non, c'est encore trop lourd ; et j'ai mieux que cela à vous proposer.
 - Quoi donc ? dit le major.
 - De l'aluminium, répondit Barbicane.
 - De l'aluminium ! s'écrièrent les trois collègues du président.
 - Sans doute, mes amis. Vous savez qu'un illustre chimiste français, Henri Sainte-Claire Deville, est parvenu, en 1854, à obtenir l'aluminium en masse compacte. Or, ce précieux métal a la blancheur de l'argent, l'inaltérabilité de l'or, la ténacité du fer, la fusibilité

du cuivre et la légèreté du verre ; il se travaille facilement, il est extrêmement répandu dans la nature, puisque l'alumine forme la base de la plupart des roches, il est trois fois plus léger que le fer, et il semble avoir été créé tout exprès pour nous fournir la matière de notre projectile !

- Hurrah pour l'aluminium ! s'écria le secrétaire du Comité, toujours très bruyant dans ses moments d'enthousiasme

- Mais, mon cher président, dit le major, est-ce que le prix de revient de l'aluminium n'est pas extrêmement élevé ?

- Il l'était, répondit Barbicane ; aux premiers temps de sa découverte, la livre d'aluminium coûtait deux cent soixante à deux cent quatre-vingts dollars ; puis elle est tombée à vingt-sept dollars, et aujourd'hui, enfin, elle vaut neuf dollars.

- Mais neuf dollars la livre, répliqua le major, qui ne se rendait pas facilement, c'est encore un prix énorme !

- Sans doute, mon cher major, mais non pas inabordable.

- Que pèsera donc le projectile ? demanda Morgan.

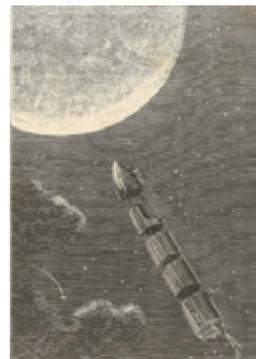
- Voici ce qui résulte de mes calculs, répondit Barbicane ; un boulet de cent huit pouces de diamètre et de douze pouces d'épaisseur pèserait, s'il était en fonte de fer, soixante-sept mille quatre cent quarante livres ; en fonte d'aluminium, son poids sera réduit à dix-neuf mille deux cent cinquante livres.

- Parfait ! s'écria Maston, voilà qui rentre dans notre programme.

- Parfait ! parfait ! répliqua le major, mais ne savez-vous pas qu'à dix-huit dollars la livre, ce projectile coûtera...

- Cent soixante-treize mille deux cent cinquante dollars, je le sais parfaitement ; mais ne craignez rien, mes amis, l'argent ne fera pas défaut à notre entreprise, je vous en réponds...».

Extrait de l'hymne du boulet
 (De la terre à la lune, Jules Verne, 1865)



En 1865 à Nanterre, la Société Paul MORIN & C^o est modifiée en société en commandite par actions. Parmi les principaux actionnaires, on trouve : le comte DE BRISSAC, Adolphe D'EICHTHAL (banquier), Louis CHEFNEUX (banquier), François BROCARD (banquier), Ferdinand de Grammont (député de Haute-Saône). La plupart des membres de la société initiale sont encore présents, mais la principale banque de la société n'est plus le Crédit



Poinçons : (G) Poinçon carré de maître représentant dans un creuset couvert, ses initiales « PM » surmontant une abeille. (M) Poinçon en forme de losange avec l'inscription « 10E » indiquant le titre en aluminium du bronze, 10%. (D) Poinçon rectangulaire marque de fabrique « P. MORIN » écrit en majuscules.

La fonderie de bronze d'aluminium à Nanterre Le Moulin noir vers 1871. Fondateurs coulant l'alliage dans un moule en sable.



mobilier mais la banque F. BROCARD. La société sera dissoute au départ de Paul MORIN en 1869 et reprise par la Société anonyme de l'aluminium de 1870 à 1890.

A Nanterre, Paul MORIN cherche à diversifier la production de ce métal semi-précieux. En cherchant des débouchés il développe un alliage « le bronze d'aluminium » composé de 90% de cuivre et 10% d'aluminium.

En 1866, soutenu par l'Evêque de Moulins, Paul MORIN est reçu personnellement en audience par le Pape et obtient l'autorisation de fabriquer des vases liturgiques en bronze d'aluminium sous condition qu'ils soient recouverts de métal précieux. L'orfèvrerie religieuse, avec l'orfèvrerie de table, sera l'un des principaux débouchés de l'aluminium au cours de la période de l'aluminium « chimique ».



Paul Morin & Cie - Orfèvrerie de table et religieuse



En 1867, à l'exposition universelle de Paris, un comité des poids et mesures et des monnaies se constitue et demande l'adoption internationale du système métrique.

Le 14 août 1868, Henri Sainte-Claire Deville est promu au grade de [Commandeur de la Légion d'honneur](#) au titre de membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

En 1869, la société Paul MORIN & Cie est dissoute. Elle prend la dénomination Société de l'aluminium. Paul MORIN quitte définitivement le monde de l'industrie pour celui de la vie publique.

En 1869, l'Empereur, suivi par plusieurs nations, propose la formation d'une commission internationale du système métrique.

Le 6 mai 1873, M. le président de la République, **Adolphe THIERS**, visite le laboratoire de chimie de **MM. DEVILLE et DEBRAY**. Il assiste en présence de **M. Pierre TEISSERENC DE BORT**, ministre du commerce ; **M. Ernest COURTOT DE CISSEY**, ministre de la guerre ; M. le général **Arthur MORIN**, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers ; **M. Henri TRESCA** sous-directeur du même établissement, à la coulée de 10 kilogrammes de platine iridié. Expérience réalisée en vue de la coulée d'un lingot de 200 kg à partir duquel seront tirées les règles internationales qui seront distribuées à tous les Etats représentés au sein de la conférence des poids et mesures.

« Ce n'est pas la première fois que M. le président de la République visite le laboratoire de l'Ecole normale, dont la vue réveille en lui de bien doux souvenirs, car il y est venu assidument, modestement, en simple travailleur, pendant plusieurs années consécutives ».

L'illustration du 17 mai 1873

6 mai 1873. Visite du président de la République à l'Ecole normale
Source : Musée national de l'éducation, numéro d'inventaire : 1979.30456 - L'illustration du 17 mai 1873



Le Pavillon de Breteuil - © BIPM

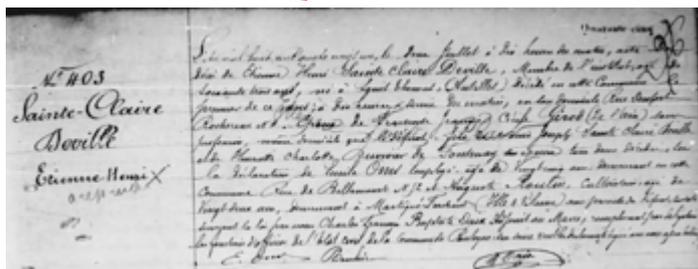
En 1874, 250 kg d'un alliage de platine à 10 % d'iridium sont coulés au Conservatoire des Arts et Métiers. Ils serviront à la fabrication du prototype du mètre étalon et du kilogramme de référence, conservés au [Pavillon de Breteuil](#) à Sèvres (siège du Bureau International des Poids et Mesures - BIPM depuis 1875).

Le 20 mai 1875, est créé l'organisation internationale, [BIPM](#) par la « [Convention du Mètre](#) », traité international visant à assurer l'unification internationale et le perfectionnement du système métrique. 17 états en sont [signataires lors de sa création](#). Actuellement, en 2024, on compte [64 états membres et 36 états et entités économiques associés](#). (Célébration des 150 ans en 2025).

A partir de 1875, ayant été soumis à des expositions répétées de vapeurs toxiques lors de ses travaux sur le platine et l'osmium, l'état de santé de **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** se dégrade.

Le 1^{er} juillet 1881, Etienne Henri **SAINTE-CLAIRE DEVILLE** décède en son domicile au n°4 rue Denfert Rochereau (Boulogne-Billancourt) à l'âge de 63 ans. Il sera inhumé au cimetière du Père-Lachaise où son savant ami **Louis PASTEUR** prononça son éloge funèbre.





Acte de décès de Henri Sainte-Claire Deville - 1er juillet 1881 à Boulogne
Source : Archives départementales des Hauts-de-Seine Cote : E_NUM_BOU303

Florence Hachez-Leroy : <https://books.openedition.org/puf/r/27062?lang=fr>

- Notice sur Henri Sainte-Claire Deville - Désiré Gernez : http://www.numdam.org/article/ASENS_1894_3_11_S3_0.pdf
- Jean-Baptiste Dumas, un scientifique au service de la science et du pouvoir - Gérard Boudet : https://www.ac-sciences-lettres-montpellier.fr/academie-edition/fichiers_conf/BOUDET-2-2014.pdf
- Henry Merle et A. R. Pechiney. La Compagnie des Produits Chimiques d'Alais et de Camargue : https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2021/05/c_2_000_000_vfx2_sav.pdf
- Alfred Rangod Pechiney, un homme hors du commun - Gérard Boudet : https://www.ac-sciences-lettres-montpellier.fr/academie-edition/fichiers_conf/BOUDET-2016.pdf
- La revue de l'aluminium n° 211 juin 1954 - Numéro spécial du centenaire : https://www.culturalu.org/biblio_numerique/pdf_lecteur/web/viewer.php?file=file/biblio_numerique/document_numerique/ih_a_rev-06.211_num02_02.pdf
- Usines de Froges & Brignoud : Les ouvriers racontent : <https://www.calameo.com/read/004651681c862b62da5c3>
- L'art en France sous le Second Empire - De Kathryn B. Hiesinger, Jean-Marie Moulin, Joseph Rishel, David Van Zanten, Jacques Chavy, Paul Peyrelevade : <https://books.google.fr/books?id=MB0BF>
- Napoléon III et l'économie - De Pierre Branda, Eric Arceau : <https://books.google.fr/books?id=c4r6FAAAQBAJ&PA0#v=onepage&q&f=false>
- L'aluminium et les métaux alcalins - MM. Charles et Alexandre Tissier - 1858 : <https://books.google.fr/books?id=dmQIAAAMAAJ&pg=PA0#v=onepage&q&f=false>
- Bureau International des Poids et Mesures - BIPM : <https://www.bipm.org/fr/>

En 1889, à l'Exposition Universelle de Paris, l'aluminium chimique est à l'apogée de son évolution, mais en fait, ses jours sont comptés. Deux nouvelles entreprises exploitant l'électrolyse viennent d'être fondées : une en France, la Société électro-métallurgique française (SEMF) à Froges (Isère), détentrice du brevet Paul Louis Toussaint HÉROULT, et l'autre aux États-Unis, la Pittsburg Reduction Company, la société de Charles M. HALL. Face à la concurrence produisant le métal électrolytique à bas coût, la production d'aluminium chimique s'arrête à Salindres en 1890.

SOURCES :

- France Archives - Henri Sainte-Claire Deville : https://francearchives.gouv.fr/fr/pages_histoire/82591590
- Archives départementales des Hauts-de-Seine : <https://archives.hauts-de-seine.fr/n/archives-en-ligne/n.89>
- Université de Franche-Comté - Historique : <https://www.univ-fcomte.fr/historique>
- Industrie entre Méditerranée et Europe - L'alumine à Salindres au XIX^e siècle - Thierry Renaux : <https://books.openedition.org/pup/46710>
- De l'aluminium : ses propriétés, sa fabrication et ses applications - Henri Sainte-Claire Deville - 1859 : <https://books.google.fr/books?id=C0KAAAAIAAJ&pg=PA0#v=onepage&q&f=false>
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k8589139/f1.item.zoom>
- L'Aluminium et Paul Morin au Moulin noir - Nanterre : Jean Plateau & Thierry Renaux : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9602016r/f1.item>
- Une grande Compagnie industrielle française : Pechiney - Monique Perières : https://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_1955_num_43_1_1169
- Menace sur l'alimentation - L'aluminium ou le surgissement d'un nouveau matériau en 1854 :

Production et prix de vente de l'aluminium à Salindres (1860-1889) *

Années	Production (en kg)	Prix (en F/kg)
1860	505	101
1863	1 000	72
1867	1 712	58
1869	545	74
1872	1 790	82
1875	920	79
1879	1 766	72
1880	1 146	69
1886	2 430	66
1889 (*)	2 959	61

(*) Prix de revient avec le procédé électrolytique de Paul Héroult
1890 = 29,6 F/kg ; 1891 = 18,1 F/kg ; 1892 = 6 F/kg.

Il ne manquait à SAINT-CLAIRE DEVILLE que les machines productrices d'énergie électrique et, à son époque, seul le procédé chimique pouvait être industrialisé. Le chimiste français Henri MOISSAN (1852-1907) dira quelques années plus tard : « Deville attendait la découverte de Gramme ». Deville avait trouvé les minerais, les conditions de l'électrolyse, la solubilité de l'alumine dans la cryolithe. On peut dire que, grâce à lui, toutes les connaissances scientifiques et techniques étaient à la disposition de Paul Louis Toussaint HÉROULT.

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

Un prochain numéro de **TECH News FONDERIE**, sera consacré à la vie, au travail et aux découvertes de Paul Louis Toussaint HÉROULT (1863-1914).

Réduisez de **80%** vos achats de sable neuf

Resand.
Recyclage thermo-mécanique sur site

06.80.28.01.69 - philippe.diaz@resand.eu

FAT P 10
 FOSECO P 07
 GNR P 19
 HUTTENES ALBERTUS 3^e de couverture
 HW SINTO P 09
 INOMETAL P 43
 JML P 27
 LAEMPE MOSSNER 2^e de couverture
 MAGMA P 04
 RESAND P 42
 SCOVAL P 10
 SIMPSON 4^e de couverture
 WINOA P 19



Resand





Every casting counts™

Logiciel de Simulation pour Fonderies

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

Système d'Analyse Thermique Avancée

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

novacast.se



VOTRE CONTACT

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



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

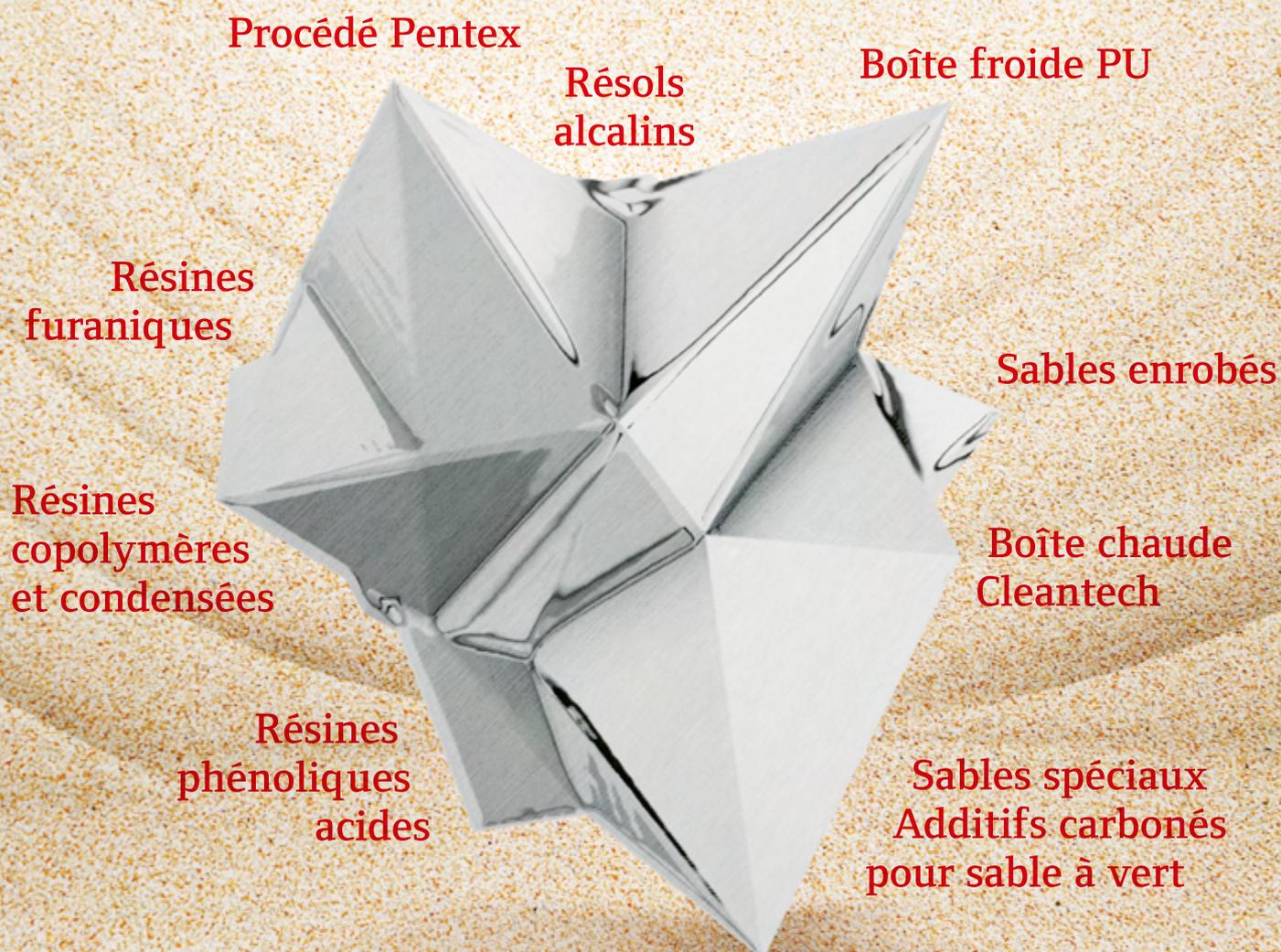
une cotisation de 85€
ne coûte finalement
que 30€.

PERSONNE PHYSIQUE

Pour devenir membre
CLIQUEZ ICI

PERSONNE MORALE

Pour devenir membre
CLIQUEZ ICI



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

ha-group.com/fr