

**CONSTRUISONS LE FUTUR**

AVEC DES MATÉRIAUX DE HAUTE PERFORMANCE

EN REDUISANT

LES EMISSIONS

**Construisons le futur** avec des produits respectueux de l'environnement.

Notre approche durable est de réduire les émissions tout en augmentant l'efficacité de nos produits. Avec notre portefeuille de produits nous vous soutenons d'une manière environnementale et respectueuses de vos salariés, sans sacrifier votre performance et votre profitabilité.

[www.ask-chemicals.com](http://www.ask-chemicals.com)

ASKCHEMICALS 



[www.gnr.it](http://www.gnr.it)

**GNR Industries**

## SPECTROMÈTRES ÉTINCELLES



**BG 90**

**RECTIFIEUSE**  
avec plateau magnétique  
ou mandrin  
Sec ou Arrosage



**Minilab 150 / 300  
S1/S3**

**SPECTROMÈTRE À  
ÉMISSION OPTIQUE**  
pour métaux ferreux  
et non ferreux



**Metallab Plus  
S7**

**SPECTROMÈTRE À  
ÉMISSION OPTIQUE**  
pour métaux ferreux  
et non ferreux



**Atlantis  
S9**

**SPECTROMÈTRE À  
ÉMISSION OPTIQUE**  
pour métaux ferreux  
et non ferreux

FOURNITURE - INSTALLATION - FORMATION - MAINTENANCE - ETALONS - RAYONS X  
Site Web : [www.gnr-industries.com](http://www.gnr-industries.com) / Tél : +33 (0)381 590 909 / Mail : [doc@gnr-industries.com](mailto:doc@gnr-industries.com)

**34**<sup>N°</sup>  
OCTOBRE  
2022

FONDERIE

# TECH NEWS

ASSOCIATION  
**MONNAIE MONNAIE MONNAIE**  
**MUST BE FUNNY**  
**IT'S THE RICH MAN WORLD**

PAGE 14

HISTOIRE & PATRIMOINE  
**NOUVELLES CONCEPTIONS DE MASSELOTES EN**  
**SABLE PAR IMPRESSION 3D PERMETTANT**  
**D'AMÉLIORER LES PERFORMANCES DE COULÉE**

PAGE 25

UNE PUBLICATION DE



ASSOCIATION  
TECHNIQUE DE FONDERIE



# Pièces moulées économes en énergie : Nos solutions pour les fonderies



L'escalade des coûts de l'électricité et du gaz exige de nouvelles solutions pour les fonderies.

Il est plus important que jamais pour les fonderies de contrôler et de minimiser leurs coûts de consommation d'énergie afin de rester compétitives. La guerre en Ukraine a entraîné une augmentation drastique des coûts énergétiques. Par rapport à l'année dernière, les prix de l'électricité ont presque triplé et ceux du gaz ont plus que doublé, et la fin de cette évolution des prix n'a pas encore été atteinte. Les industries à forte consommation d'énergie, comme l'industrie de la fonderie, sont particulièrement touchées par cette explosion des coûts.

C'est pourquoi les technologies et les solutions permettant de réduire la consommation d'énergie revêtent une importance croissante. La bonne nouvelle est qu'il existe aujourd'hui de nombreuses façons d'y parvenir grâce à l'utilisation de consommables de dernière génération.

Dans notre e-book, nous souhaitons vous montrer comment nos solutions pour les fonderies de fonte, d'acier et d'aluminium permettent d'économiser de l'énergie et de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dans les différents secteurs de la fonderie.

[TÉLÉCHARGER LE E-BOOK](#)

**CONTACTEZ-NOUS**  
[INFO.FRANCE@FOSECO.COM](mailto:INFO.FRANCE@FOSECO.COM)

**VESUVIUS**

[foseco.com](https://foseco.com) Think beyond. Shape the future.

## Les tendances du marché des pièces en fonte

*Le marché mondial de la fonte a été évaluée à 101 milliards USD en 2021 et devait croître à un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 6,1 % de 2022 à 2030, avant que le conflit Ukrainien ne vienne perturber les enjeux géopolitiques et économiques. Il est toutefois intéressant de jeter un coup d'œil sur la feuille de route envisagée dans le contexte présent et d'analyser les tendances structurelles comparées aux attentes incontournables des marchés.*

*Un grand espoir était donné à la mutation brutale du transport et principalement aux impacts pouvant être générés par les investissements dans les infrastructures ferroviaires sensées propulser la transition des échanges de produits manufacturés.*

En raison de l'augmentation de la demande d'amélioration de la connectivité ferroviaire, les gouvernements du monde entier investissent dans des projets d'amélioration de l'infrastructure ferroviaire. En octobre 2021, le gouvernement français a annoncé un plan d'action visant à doubler le fret ferroviaire d'ici 2030. Il prévoit d'investir 1 milliard d'euros (1,1 milliard de dollars) pour renforcer la concurrence entre les opérateurs de fret ferroviaire et devrait investir 170 millions d'euros (187,9 millions de dollars) chaque année jusqu'en 2024 pour alléger les voies. Assumons que ces transformations seront approuvées par le nouveau parlement sous la poussée des besoins écologiques. Les infrastructures sont de tout temps, considérées comme un moyen de relance de l'économie locale et un facteur déterminant de croissance. Tous les pays semblent courir après cette démarche de dépense à la fois écologique et économique.

L'industrie automobile est l'un des principaux utilisateurs finaux de pièces en fonte et domine le marché en termes de revenus et de parts de volume. Cependant, la production mondiale de véhicules a connu un déclin constant au cours des dernières années, ce qui constitue un défi permanent pour le marché.

### “ Les produits

**La fonte grise** a détenu la plus grande part de revenu de plus de 64,0 % en 2021 du marché mondial. C'est un produit largement utilisé en raison d'avantages tels que son faible coût, sa grande solidité, sa durabilité, sa résistance élevée à la compression, sa capacité à résister aux cycles thermiques, sa résistance élevée à la traction et sa résistance à la déformation. Elle est utilisée dans l'industrie automobile pour la fabrication de composants de moteurs et de freins en raison de son excellente capacité d'amortissement des vibrations.

**La fonte ductile** devrait connaître le taux de croissance le plus rapide, soit 6,4 %, en termes de revenus, au cours de la période de prévision. Ce produit offre divers avantages, notamment celui de pouvoir être tordu, plié ou déformé sans se fracturer. Le produit est largement utilisé pour la fabrication de pièces de tracteurs et d'outils, de vilebrequins, de culasses, de boîtes de commutation, de raccords électriques, de châssis de moteurs, etc. La demande croissante de fonte ductile dans les tuyaux et les raccords devrait aider à la croissance du segment.

**La fonte malléable** possède une microstructure qui la rend adaptée aux applications nécessitant une usinabilité et une résistance. Elle est largement utilisée dans de nombreuses industries, notamment l'agriculture, les outils et équipements, l'automobile, les métaux et les mines. Elle est utilisée pour la fabrication de raccords et d'équipements électriques, de rondelles, de supports, d'outils à main, de matériel minier, de raccords de tuyaux, d'équipements agricoles et de pièces de machines.

### “ Les applications principales

- **L'automobile** détenait une part de revenu de plus de 29,0 % en 2021 sur le marché mondial. Le déploiement des pièces en fonte dans l'industrie automobile est préféré en raison de facteurs tels que la durabilité, la capacité à résister à une pression interne élevée, une plus grande solidité, une plus grande puissance et la rentabilité. Cependant, malgré une utilisation élevée dans l'industrie automobile, les pièces en fonte sont confrontées à la substitution des pièces en aluminium, ce qui a un impact négatif sur la demande.
- **Les machines-outils** sont l'un des plus grands segments d'application du marché.



# édito.

(suite)

Les pièces moulées sont largement utilisées dans la fabrication d'outils et de machines en raison de leur bonne résistance à l'usure, de leur grande solidité et de leurs bonnes propriétés d'usinabilité. La hausse des investissements dans les installations de fabrication d'outils et de machines devrait également augmenter la consommation de produits au cours de la période de prévision.

- **Le chemin de fer** est un autre segment d'application vital du marché, et il devrait enregistrer le taux de croissance annuel moyen le plus élevé au cours de la période de prévision. Les pièces moulées en fer sont largement utilisées dans l'industrie ferroviaire pour la fabrication de composants, en raison de leur grande résistance et de leur faible usure. Ainsi, l'augmentation des investissements dans les infrastructures ferroviaires devrait avoir un impact positif sur la croissance du marché.

## “ Une évolution mondiale est en route

L'Asie-Pacifique détenait une part de revenu de plus de 65,0 % en 2021, sur le marché mondial. La demande croissante de pièces en fonte dans les secteurs des chemins de fer, des énergies renouvelables et des machines et outils devrait stimuler la demande au cours de la période de prévision. Par exemple, en octobre 2021, le gouvernement vietnamien a annoncé qu'il investirait 10,5 milliards de dollars pour construire et moderniser les infrastructures ferroviaires du pays d'ici 2030.

L'Amérique du Nord a représenté la deuxième plus grande part, en termes de revenus, du marché mondial en 2021. Les pays de la région investissent dans les énergies renouvelables, ce qui devrait profiter à la demande de produits. Par exemple, en juin 2021, le gouvernement canadien a annoncé son intention d'investir 964 millions USD dans les énergies renouvelables et de moderniser ses infrastructures.

TÉLÉCHARGEZ LA VERSION INTÉGRALE

## A USAGES MULTIPLES, PARFAITEMENT ADAPTÉES –

Unités de coulée HWS pour des moules en sable.

## MACHINES DE COULÉE PAR PILOTAGE SEMI-AUTOMATIQUE OU AUTOMATIQUE

- La coulée s'effectue par le basculement de la poche de coulée via des actionneurs basculants pilotés par des variateurs de fréquence. Le contrôle de niveau est basé sur un système de caméra et la régulation dépendante de la masse permet la répétabilité de la coulée, sous réserve d'un temps de coulée théorique donné.
- La machine de coulée de série P peut être livrée avec changeur rotatif de poches de coulée mobile (de type W) ou stationnaire (de type S).
- La série P est pilotée par un API Siemens S7-300 et possède son propre système de contrôle, appelé G.L.S 2010.



Rendez-nous  
visite  
au GIFA



12.–16. juin 2023  
Düsseldorf, Allemagne



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@laempeschfer.fr  
www.laempeschfer.fr



# Sommaire.

## 03 / EDITO

Les tendances du marché des pièces en fonte

Article de Gilbert RANCOULE - ATF

## 06 / AGENDA

### PROFESSION

07 /

Review of French Foundry for 2021 and tendency for first part of 2022

Article de Lionel ALVES - ATF



### CARROUSEL DES PARTENAIRES

10 /

### PUBLI-REPORTAGE

12 /

COVERAL 12 pour les fonderies d'aluminium

Article de Foseco

### ASSOCIATION

14 /

Monnaie Monnaie Monnaie

Must be funny

It's the rich man world

Article de Patrice MOREAU - ATF



17 /

Bulletin d'adhésion



### FORMATION

18 /

L'agenda des formations



19 /

L'agenda 2023 des formations

21 /

CYCLATEF® Sables à vert

Article de Patrice MOREAU - ATF

24 /

CYCLATEF® Sables à prise chimique

Article de Bernard TARANTOLA - ATF

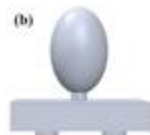
### TECHNIQUE

25 /

Nouvelles conceptions de masselottes en sable par impression 3D permettant d'améliorer les performances de coulée

Article de Md Moinuddin Shuvoa and Guha

Manogharana



### 32 / HISTOIRE & PATRIMOINE

Histoire des fontes : la naissance de la métallurgie moderne en France

Article de Gilbert RANCOULE - ATF

### 37 / ANNONCEURS

### 37 / MEDIAKIT 2023

### 38 / EMPLOIS



Revue professionnelle  
éditée par l'ATF.

Association Technique de Fonderie

14 avenue de l'Opéra • 75001 Paris

Téléphone : +33 1 71 16 12 08

E-mail : atf@atf-asso.com

<http://atf.asso.fr/>

#### Directrice de la publication

Mélody SANSON : Secrétaire Générale de

l'Association Technique de Fonderie

#### Comité de rédaction

Guillaume ALLART, Pierre Marie CABANNE,

Patrice DUFÉY, Fernand ECHAPPE, Gérard LEBON,

André LE NEZET, Yves LICCIA, Xavier MENNUNI,

Patrice MOREAU, Denis NAJJAR, André PIERSON, Gilbert

RANCOULE, Jean Charles TISSIER, Alexis VAUCHERET

#### Publicité

ATF - Gérard LEBON - Tél. : +33 6 19 98 17 72

ATF - Mélody SANSON - Tél. : +33 1 71 16 12 08

E-mail : regiepubtnf@atf-asso.com



Suivez-nous sur LinkedIn :

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

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

# agenda.

## NOVEMBRE 2022

- >>> **22 au 24 à Grenoble (France) :** SEPEM CENTRE-EST  
<https://grenoble.sepem-industries.com/fr>
- >>> **23 au 25 à Bombay (Inde) :** METEC INDIA  
<https://www.metec-india.com/>
- >>> **24 au 25 à Hagen (Allemagne) :**  
40<sup>TH</sup> SYMPOSIUM SUR LA MÉTALLURGIE DES POUDRES  
<https://www.pulvermetallurgie.com/>
- >>> **27 au 29 à Guangzhou (Chine) :**  
INTERNATIONAL METAL AND METALLURGICAL  
INDUSTRY EXHIBITION  
<http://www.julang.com.cn/>

## DÉCEMBRE 2022

- >>> **1<sup>er</sup> au 3 à Chennai (Inde) :** ALUCAST 2022  
<https://www.alucastexpo.com/>

## JANVIER 2023

- >>> **24 au 26 à Douai (France) :** SEPEM NORD  
<https://douai.sepem-industries.com/fr>

## MARS 2023

- >>> **7 au 10 à Lyon (France) :** GLOBAL INDUSTRIE 2023  
<https://global-industrie.com/fr>
- >>> **29 au 30 à Clausthal-Zellerfeld (Allemagne) :**  
FORMSTOFF-FORUM 2023  
<https://www.vdg-akademie.de/veranstaltungen/grossveranstaltungen/formstoff-forum/4-formstoff-forum-2023/>
- >>> **29 au 31 à Bologne (Italie) :** METEF  
<https://www.metef.com/en/>

## AVRIL 2023

- >>> **19 au 21 à San Luis Potosi (Mexique) :**  
MEITECH - DIE CASTING EXPO MEXICO - MOULAGE SOUS PRESSION  
<https://meitechexpo.com/>

## MAI 2023

- >>> **7 au 10 à Bregenz (Autriche) :**  
30<sup>ème</sup> CONFÉRENCE EICF (EUROPEAN INVESTMENT  
CASTER/FEDERATION) Thème : conduire la transformation  
numérique dans le moulage de précision  
<https://members.eicf.org/events/EventDetails.aspx?id=1536986>
- >>> **8 au 11 à Tianjin (Chine) :**  
METAL CHINA & DIECASTING CHINA 2023  
<http://www.expochina.cn/en/index>

- >>> **8 au 11 à Détroit (Etats-Unis) :**  
AISTECH2023 - STEEL'S CONFERENCE AND EXPOSITION  
<https://www.aist.org/conference-expositions/aistech>

## JUIN 2023

- >>> **7 au 8 à Martigues (France) :** SEPEM SUD EST  
<https://martigues.sepem-industries.com/fr>
- >>> **12 au 16 à Düsseldorf (Allemagne) :**  
GIFA / METEC / THERMPROCESS / NEWCAST  
<https://www.gifa.com/>
- >>> **21 au 24 à Bangkok (Thaïlande) :** INTERMOLD THAILAND  
<https://www.intermoldthailand.com/>

## JUILLET 2023

- >>> **5 au 7 à Shanghai (Chine) :** ALUMINIUM CHINA  
<https://www.aluminiumchina.com/>

## SEPTEMBRE 2023

- >>> **13 au 14 à Paris (France) :** 3D PRINT  
<https://www.3dprint-exhibition.com/>
- >>> **19 au 22 à Joinville (Brésil) :** METALURGIA  
[https://www.metalurgia.com.br/en\\_us/home-en-fair-foundry-brazil/](https://www.metalurgia.com.br/en_us/home-en-fair-foundry-brazil/)

Retrouvez toutes les dates sur le site ATF

*Cliquez ici*

## Événements de l'ATF et l'AAESFF

### NORD ÎLE-DE-FRANCE

La Journée d'Actions Régionales ST-ELOI se déroulera :  
**le vendredi 27 novembre 2022**  
Visite de **MANOIR INDUSTRIES PITRES**

*Pour en savoir plus >*

### FONDERIALES 2023

se dérouleront à Doucy-Valmorel  
**les 28 et 29 janvier 2023**  
pour la 10<sup>ème</sup> édition

# Review of French Foundry for 2021 and tendency for first part of 2022

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 5 billion euros and employ more than 28 275 talented men and women passionate about their job.

## Focus on : Casting industry in France in 2021

### >>> FRENCH FOUNDRY ASSOCIATION NETWORKS



making shop, remoulding, fettling, are a typical example!

The foundry organisation in France is still organised around 3 associations-federation: ATF - FFF & AAESFF. ATF ([www.atf.asso.fr](http://www.atf.asso.fr)), representative of France at the WFD, 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 ([www.forgefonderie.org/en](http://www.forgefonderie.org/en)), is the official representative of Foundry Industry to the French governmental institutions and federates a certain number of French foundry 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 Academy of past graduated Foundry Technicians and Engineers from "ESFF": the French foundry engineer school, one of the rare foundry engineer schools in the world: (<http://www.esff.fr/>)

For the education and for foundry training & "foundry refreshment", ATF with a new, strong, and qualified partner CPE organises different training courses which cover the different foundry processes and metallurgies.

And to finish this French overview, ATF is publishing an e-revue: "TECH News FONDERIE" which proposes 7 times per year, a national, local, international, technical and scientist

review of the foundry and metallurgy: <http://atf.asso.fr/wordpress/tech-news-fonderie/>

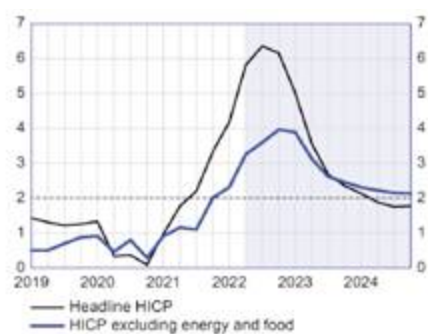
### >>> FRANCE: GENERAL ECONOMIC INFORMATION'S

GDP in France decreased strongly in 2020 but the figures of 2021 show a good response and great recovery of the French economy which has been buffeted by the pandemic and the lockdowns. The GDP increased according Insee and Banque de France from -7,9 to +6,8. Despite of the war between Ukraine and Russia, the "specialists" of economy show us very encouraging projection figures for this and for the next years. These estimated figures are expecting to vary according to the political situation between Ukraine and Russia which makes the economy and the activities evolution uncertain for most of the industries: For inflation rate, after a huge increase in 2021 of around 2,1% (HICP was at a level at only 0,5% in 2020) this factor is expected to be higher and reach a level of 5,6% in 2022. This increase is due to the very quick evolution of the Brent and the gas prices coming from the political crisis with Russia.

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 specifically for foundry, robots for any domain as core

But 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 60 foundries in France went to bankrupt due to

HICP and HICP excluding energy and food (year-on-year percentage change, quarterly)



Sources: INSEE data up to the first quarter of 2022. Blue-shades area shows Banque de France projections.

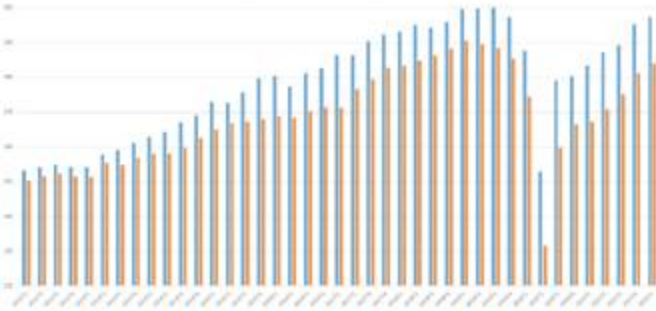
## KEY PROJECTIONS FOR FRANCE

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Real GDP	1.9	-7.9	6.8	2.3 (2.7)	1.2	1.7
HICP	1.3	0.5	2.1	5.6	3.4	1.9
HICP excluding energy and food	0.6	0.6	1.3	3.3	3.0	2.2
ILO unemployment rate (France and overseas departments, % of labour force)	8.4	8.1	7.9	7.4	7.7	7.9
Government debt (percentage of GDP)	97	115	113	112	109	109

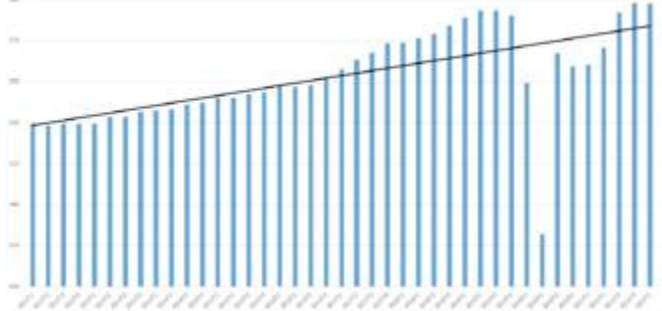
Sources: INSEE data for 2019, 2020 and 2021 (quarterly national accounts published on 31 May 2022). Blue-shaded columns show Banque de France projections. Regarding annual GDP growth for 2022, the 2.3% projection takes account of the mechanical revision following the publication of the national accounts on 31 May 2022. The 2.7% projection shown in brackets is based on the national accounts published on 29 April 2022 which were the only ones available at the cut-off date for the Eurosystem projections. Figures are adjusted for the number of working days. Annual percentage change except where otherwise indicated.



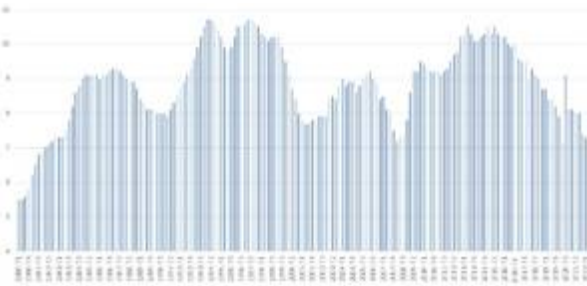
Importation and Exportation in billion €



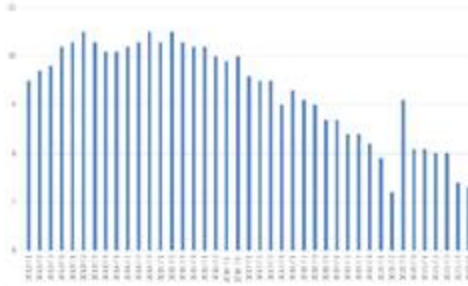
GDP in billion €



Unemployment rate in% from 1980 to 2022



Unemployment rate in% from 2012 to 2022



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

the pandemic situation (380 foundries in activity in 2019 and there is still 320 in activity in 2022 in France).

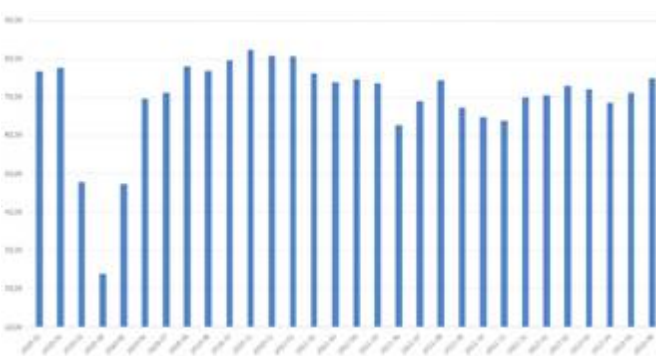
Unemployment: this parameter takes in consideration all people who is looking for a job and receive a subsidiary from the government. This data may not have the same perimeter than in other countries ... so the comparison must be moderated. The tendency was looking for a decrease un-

til 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. 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

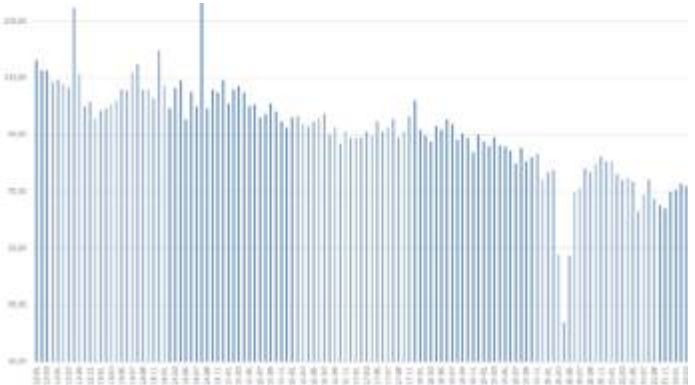
more frequently for "technical expert" job". Some foundries are also complaining about the impossibility to grow and increase their turnover due to the lack of people wishing to work in the foundry industry.

If the French Industrial Production index (all manufacturing industries) presented a general positive increase from 2014, but the last 24 months show a decrease before and after the lockdown of April 2020 due to the

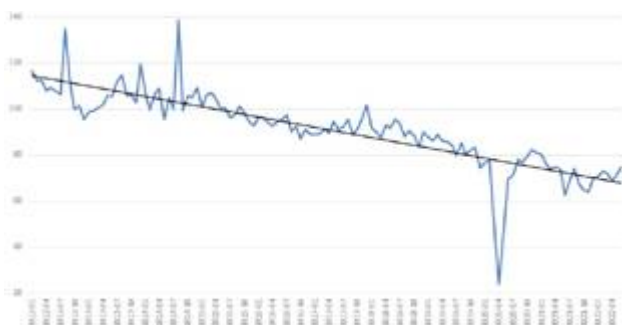
French industrial production index from 2020 to 2022



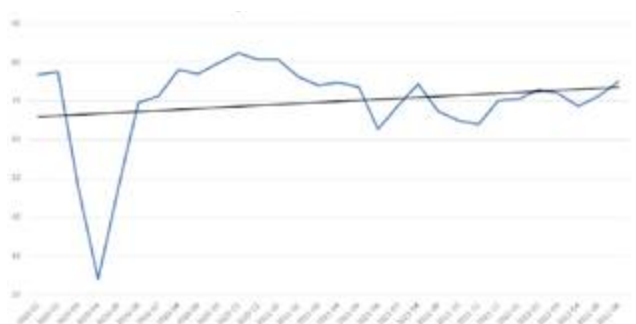
French industrial production index from 2012 to 2022



Casting production index from 2012 to 2022



Casting production index from 2020 to 2022



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

Covid pandemic and some issues to restart the production and the economy for reaching the values prior the Covid. 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.

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 - June 2022 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 no "efficient foundries" (for an economic aspect) were closed (about 60 foundries closed in the 3 previous years), and others invested and invest 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 2020 is according FFF (French Foundry Federation) and the "Census of Modern Casting" at a level of 1 398 107 tons worse than 2019 a year at 1 696 000 Tons!

In detail and according to the upper charts ([www.forgefonderie.org](http://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 60% for ferrous and 40% for the non-ferrous one. Automotive continues to represent 40,1% of the orders.

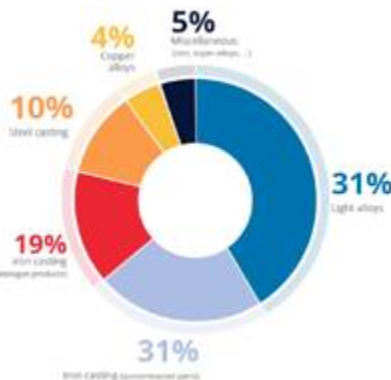
2020 Casting Production (metric tons)										
Country	Gray Iron	Ductile Iron	Malleable Iron	Steel	Copper Base	Aluminum	Magnesium	Zinc	Other Nonferrous	Total
France	431,900	593,600*	-	41,900	16,116	293,529	-	18,880	2,180	1,398,107

Figures 11 : French foundry production in 2021 (Census - Modern Casting - Dez 2021)

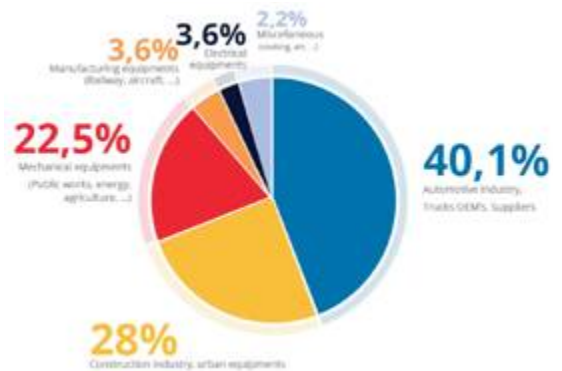
Turnover and production growth (billion € and thousand tons)



2021 market segmentation by alloys (% of turnover)



2021 market shares (% of tonnage)



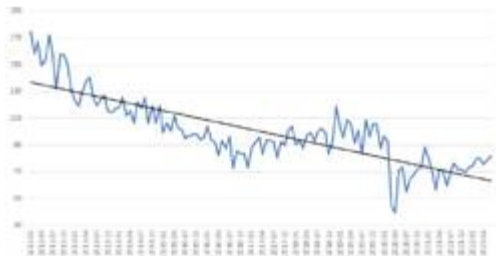
Figures 12 to 14 : French foundry production in 2021 (Fédération Forge et Fonderie)

But due to the diesel gate and the future restriction of diesel 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.

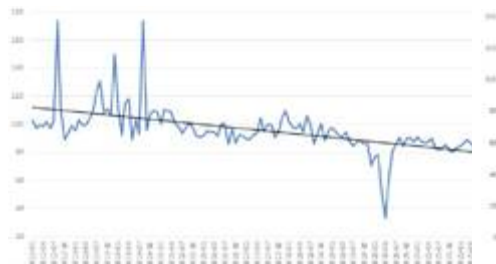
However, the next lines of this paper and analysis alloys by alloys could propose different conclusions: In the overall situation, the lockdown from April 2020 causes a brutal decrease in the production. This tendency is shown in the following figures with the crash in April 2020. After this crash, the situation came to higher figure which are close to production from 2019 for the cast iron.

Figures 15 to 18 : All the previous charts and Indices of foundry production per alloy (January 2012 - June 2022) are coming from Insee website (Insee data and charts: CVS & CJO adjustments)

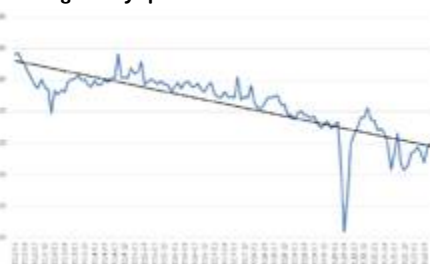
Steel



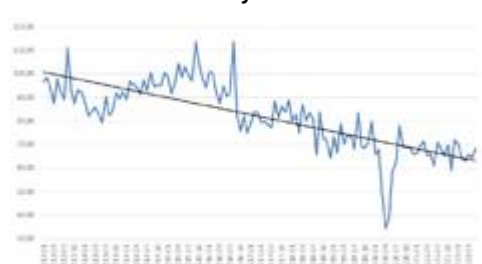
Cast iron



Light alloys production



Over non ferrous alloys



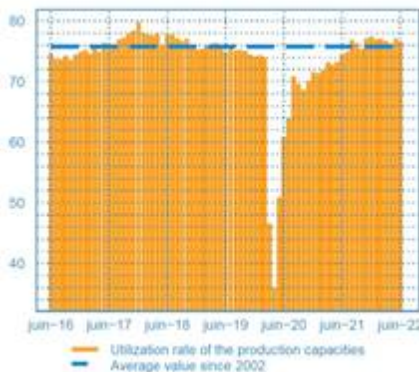
Steel foundries statistics after many years in a deflation situation showed a positive and interesting improvement until the end of 2019. The evolution has been stopped at the beginning of the Covid pandemic in France. In 2020, 2021 and 2022 the steel foundries tried to reach the level prior to the pandemic, but the uncertain situation as the crisis in Russia and the raw material/energy costs holds this industry in a low level.

Iron evolution in France is strongly depending to "pipe, street, heating parts, named "catalogue product" in the French statistics" with a level of 19%" versus 31% for "subcontracted parts" 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 "subcontracted 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 demand 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.

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

**Utilization rate in % of the productions capacities**  
(seasonal fluctuations integrated)



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 form this industry and the pandemic which will strongly reduce the demand for new planes during some months!

## >>> FRENCH FOUNDRY TENDENCIES FOR 2022

After many conflicts, lockdowns and crises, 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 to 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 2022.

## >>> CONCLUSION

France, its foundry, and its economy has recovered in 2022 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 one 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.

Lionel ALVES - ATF //////////////

### Reference:

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

## Carrousel des partenaires

**L'ATF a le plaisir de vous annoncer la prochaine tenue de son « Carrousel des partenaires » qui aura lieu le jeudi 3 novembre 2022 à Reims.**

Cette réunion a pour objet de rassembler l'ensemble des partenaires et fournisseurs de la fonderie afin de leur présenter les actions marquantes de l'année 2022 et les prévisions sur l'année 2023.

Nous profiterons également de cette réunion pour vous présenter notre MEDIKIT et les axes d'amélioration possibles de nos collaborations à partir de 2023.

Consultez sans tarder notre **MEDIKIT 2023**, vous y découvrirez les différents formats proposés dans notre magazine **TECH News FONDERIE** et sur notre nouveau site internet !

N'hésitez pas à revenir vers nous dès à présent pour plus d'informations et afin de programmer vos actions 2023 avec la Régie Pub ATF. Nous serions ravis de vous compter parmi nous à cette journée collaborative dont vous trouverez le programme ci-dessous. Nous nous tenons à votre disposition pour tout complément d'information.



### PROGRAMME

ATF – Gérard LEBON • Téléphone : +33 6 19 98 17 72  
ATF – Mélody SANSON • Téléphone : +33 1 71 16 12 08  
E-mail : regiepubtnf@atf-asso.com



ÉQUIPEMENT DE FONDERIE

# Équipement de noyautage et cellules de noyautage



FRITZ HANSBERG

Depuis le 1<sup>er</sup> août 2021, l'acquisition est officielle. JML est désormais titulaire des droits de la marque et de la propriété intellectuelle de la société FRITZ HANSBERG.

Désormais, JML a la possibilité de fournir des machines de noyautage de 12 à 400 litres capables de travailler avec des boîtes à noyaux à joints horizontales, verticales et combinées.

L'expérience de FRITZ HANSBERG de plus de 70 ans est mondialement reconnue.



Générateur de gaz pour tous les procédés



Robot d'assemblage de noyaux pour les noyaux de blocs moteurs



Unité de pose de noyaux

Ensemble d'assemblage noyaux :

- Robots
- Portique de manipulation
- Cellules de palettisation de pièces
- Intégration des systèmes de vision 2D et 3D pour le contrôle qualité
  - contrôles dimensionnels
  - des noyaux/moules
  - prise en vrac et palettisation des pièces moulées



FRITZ HANSBERG

WWW.JML-INDUSTRIE.COM



6, rue Jean-Jacques Rousseau  
F-08330 Vrigne-aux-Bois  
jml@jml-industrie.com



Ober-Ramstädter Str. 96  
Gebäude F  
jml-germany@jml-industrie.com



Via zamboni 4/C  
41011 Campogalliano (Mo)  
jml-italy@jml-industrie.com

# COVERAL 12 pour les fonderies d'aluminium

Flux d'isolation et de couverture nouvellement développé pour réduire de manière significative la consommation d'énergie pendant les périodes de maintien.



## >>> NOUVEAU PRODUIT PERMETTANT D'ÉVITER (ENRAYER) LA SURCONSOMMATION D'ÉNERGIE PENDANT LES PÉRIODES DE MAINTIEN

Les longues périodes de maintien génèrent très souvent une surconsommation d'énergie si les creusets ou les fours ne sont pas couverts et protégés du contact avec l'atmosphère.

Les coûts énergétiques sont importants surtout de nos jours en raison des prix très élevés du gaz et de l'électricité.

Pour réduire ces coûts, nous pouvons envisager l'utilisation traditionnelle de couvercles, mais ceux-ci nécessitent un certain investissement, sont la plupart du temps fragiles,

difficiles à manipuler et le contact avec l'atmosphère persiste.

L'utilisation du nouveau flux isolant de couverture COVERAL 12 permet aux fonderies d'assurer une parfaite isolation thermique des fours de maintien et un contact très limité avec l'atmosphère, évitant ainsi la création de défauts dus à la présence d'hydrogène, d'oxydes et la perte de certains éléments d'alliage. La propriété hautement isolante de ce flux entraîne une réduction significative de la consommation d'énergie et donc des économies substantielles.

## >>> DESCRIPTION DU PRODUIT

Le COVERAL 12 est une poudre noire isolante et couvrante de faible densité fournie en sacs de 15 kg.

Ce flux a été spécialement développé pour être respectueux de l'environnement. C'est un produit non classé (absence de pictogramme de danger).

L'utilisation du flux COVERAL 12 en surface de bain assure, grâce à sa très faible densité, la création d'une couche isolante et couvrante permettant ainsi une parfaite isolation thermique.

Le COVERAL 12 génère également une barrière qui empêche la perte des éléments d'alliage ainsi que l'absorption d'hydrogène et la formation d'oxydes.

La consommation d'énergie est divisée par un facteur 10 par rapport à l'absence de couvercle et par un facteur > 2 par rapport à un couvercle en céramique.

## >>> APPLICATION DU PRODUIT

Le flux COVERAL 12 est conseillé pour tous les fours de fusion/maintien, il est réparti sur toute la surface de bain.

L'épaisse couche de flux assurera une isolation et un recouvrement du bain de métal.

Une fois le temps de maintien terminé, le flux doit être soigneusement retiré à l'aide d'un outil d'écrémage approprié.



Après une période de maintien de 4 jours  
La température de la chambre du four a été réduite de 40 °C.



Nous recommandons de toujours soigneusement nettoyer les résidus sur les parois du creuset avant de le remplir à nouveau pour obtenir la meilleure durée de vie de ce dernier. Flux en poudre convenant à tous les types d'alliages d'aluminium.

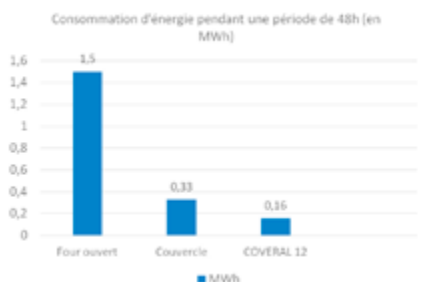
Température d'application : 670 °C et plus.  
Taux d'addition : 1,5 - 2,5 % du poids de métal selon les conditions de fonderie.

### >>> CONSOMMATION D'ÉNERGIE

La consommation d'énergie (électricité) d'un four de maintien BU 1400 pendant un week-end est d'environ 1,5 MWh.

Avec l'utilisation de 15 kg de COVERAL 12, cette consommation est considérablement réduite à 0,16 MWh, pour la même période.

En comparaison, l'utilisation d'un couvercle en fibre ou en céramique permet de réduire la consommation à 0,33 MWh seulement. Cette consommation d'énergie est donc doublée par rapport à celle de l'utilisation de COVERAL 12.



### >>> ÉTUDE DE CAS

#### PARAMÈTRES :

- Alliage :  $AlSi_7Mg_{0.3}$
- Creuset : BU 1400 ISO SPECIAL
- Four : Four de maintien électrique
- Température de maintien : 700 °C
- Temps de maintien : 48h
- Quantité de COVERAL 12 : 15 kg

#### CONDITIONS DE FONDERIE :

Fonderie française utilisant des fours de maintien électriques.  
Capacité : 600 kg à 1000 kg d'alliage fondu.  
Pendant les périodes de maintien prolongées, la température de l'alliage est abaissée à 700 °C et le four reste ouvert ou est fermé par un couvercle. Ces longues périodes de maintien génèrent une forte consommation d'énergie, des pertes d'éléments d'alliage (Mg, ...) et des opérations supplémentaires nécessitant plus de main d'œuvre (traitement supplémentaire du bain de métal, manipulation du couvercle,...).

### >>> RÉDUCTION DU COÛT DE L'ÉNERGIE

Le coût de l'électricité en France début Septembre 2022 est de 400 €/MWh.



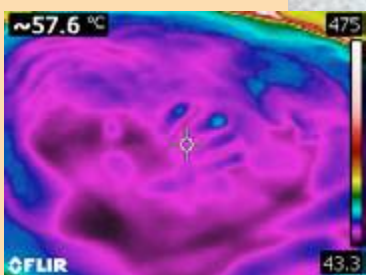
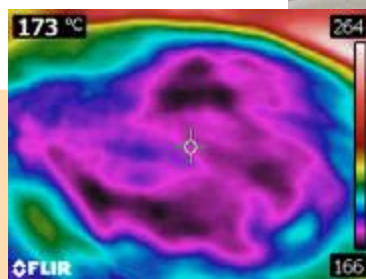
### >>> CONCLUSION

Le COVERAL 12 est la solution pour réduire significativement la consommation d'énergie pendant les périodes de maintien. Ce nouveau flux isolant de couverture présente de nombreuses caractéristiques et avantages :

#### Caractéristiques :

- Flux en poudre très facile à manipuler et à appliquer sur la surface de bain de métal.

Après une période de maintien de 4 jours à 700 °C



Après une période de maintien de 10 minutes



Four de maintien électrique

#### PRINCIPAUX AVANTAGES :

- Réduction de la consommation d'énergie > 50%. (de 1,5 (ouvert) ou 0,33 (couvercle) MWh à 0,16 MWh (COVERAL 12))
- Pas de perte d'éléments d'alliage
- Aucun investissement (couvercle en céramique ou en acier)

- Flux à haut niveau d'isolation
- Flux non classé, respectueux de l'environnement

#### Avantages :

- Réduction significative de la consommation d'énergie
- Prévention de la perte d'éléments d'alliage
- Absorption d'hydrogène et formation d'oxydes très limitées
- Pas d'investissement (absence de couvercles en céramique ou en acier)
- Flux neutre pour l'alliage, pas d'interaction avec les différents éléments de celui-ci
- Ecrémage facile. Pas de perte d'aluminium dans les crasses, crasses sèches.
- Facilité de stockage (pas de risque de casse contrairement au couvercle)
- Utilisation sécurisée avec un robot de coulée.



# Monnaie Monnaie Monnaie

## Must be funny

### It's the rich man world



**Le titre d'une chanson des années 80 pour un article technique sur notre métier, quelle étrange idée ! Pas si sorcier pour autant de faire coller les paroles de ce refrain au plaisir que l'Association Jehan Fondateurs de Beauce et d'Ailleurs (JFBA), ainsi que le nombreux public présent pour ces Journées du Patrimoine 2022 ont partagé lors des démonstrations de moulage et de coulée qui se sont déroulées dans la cour Mansart de ce haut lieu de la Capitale : La Monnaie de Paris**



**O**ui ce fut 'fun' de s'installer dès potron-minet dans la cour Mansart en passant tour à tour la cour des fondeuses puis la cour de l'or.

Oui ce fut 'fun' de faire ces démonstrations de moulage et de coulées de bronze et d'étain devant un si nombreux public, en effet 13 000 visiteurs ont poussé ce week-end là les portes du musée.

Oui ce fut 'fun' de voir le jeune public se disputer le droit de passer de l'autre côté des tables de moulage pour réaliser eux-mêmes leurs moules en sable. De voir leurs yeux briller pour solliciter les bénévoles de notre association et repartir de leur visite avec de chouettes étains coulés devant eux.

Oui ce fut 'fun' d'entendre les Waouh du nombreux public chaque fois que le creuset de bronze rougeoyant était extrait du four pour procéder à la coulée des pièces !

Oui ces journées furent celles d'un monde d'hommes et de femmes riches de découvertes, de rencontres, et d'échanges de savoir techniques et historiques !

Repartons à l'origine de cette idée folle de venir fondre du métal et de couler pièces cloches et médailles dans la cour d'un éta-

*Alexandre Behot et Armelle Chiari accompagnant les plus jeunes dans la confection de leurs moules. Ils expliquent l'usage du fouloir, de la pilette, de la soufflette, des spatules, de tous les outils nécessaires au mouleur.*



*Armelle Chiari explique notre métier passion*



*De gauche à droite : Patrice Moreau, Raymond Sorgius, Max Monet et Jean Delorme.*

blissement qui en frappe des milliers chaque année. Cette idée est certes due au hasard des rencontres passées, mais aussi à la volonté de nos associations d'aller à la rencontre des acteurs de notre métier et de mettre en commun nos actions

Nous étions venus pour l'ATF avec l'Amicale AAESFF, il y a quelques mois à la rencontre de Armelle Chiari des Compagnons du devoir et du tour de France ici Quai Conti pour parler de la Fonderie de cet établissement et du cursus que propose les Compagnons du tour de France pour former de jeunes à notre métier : La Fonderie.



DIAPORAMA DE L'ÉVÈNEMENT





Aujourd'hui ils brillent encore pour des emplois dans tous les domaines de notre industrie.

Symboliquement la dernière coulée fut l'objet de la coulée d'une cloche pour la Monnaie de Paris. Cette symbolique coulée avait été choisie, en mémoire d'un décret datant de plus de 200 ans où le gouvernement Français ordonnait par réquisition à chaque village Français de donner une cloche à destination de la Monnaie.

Le bronze de ces cloches en cette période, devenu rare, devait servir une fois refondu à la frappe de nouvelles monnaies et rassurer les Français peu ou du moins pas tous convaincus par la monnaie papier des assignats nouvellement créés.

Passé le stress créé par le travail de préparation nécessaire à l'installation de cet atelier éphémère où tout devait être là en plein milieu de la Capitale pour réussir ces démonstrations, passé le stress des premières coulées, et celle de la cloche Max Monet et ses acolytes purent souffler et savourer ce moment si délicieux où le fruit de leur travail se dévoile.

En effet une fois le moule coulé, reste à savoir si tout est bien venu, et oui tout est bien venu, cloches et médailles seront bientôt ébarbées, ciselées, polies et patinées pour être livrées aux responsables du musée.

Seules les petites grenouilles, et les chouettes en étain qui ont sauté et se sont envolées avec les jeunes visiteurs ne reviendront pas dans ce bel établissement de notre patrimoine. Notre équipe avait remarqué que l'exposition en ce mois de septembre portait un titre Monnaies & Merveilles. Un nom précurseur que nous avons facilement retenu car l'équipe JFBA réunie autour de Max Monet fit merveilles !

Merci, mille mercis, au nom de nos associations à tous ceux qui ont participé à la réussite de cet événement pour mettre en lumière notre métier : La Fonderie.

Patrice MOREAU - ATF   
Membre de Jehan Fondateurs  
de Beauce et d'Ailleurs

Nos Daft Punk Max Monet (de face) et Raymond Sorgius (de profil) se préparent pour la coulée.

#### TECH News FONDERIE n°27

- <https://atf.asso.fr/wordpress/profession-personnalites-de-la-fonderie-une-jeune-femme-la-fonderie/>
- [https://atf.asso.fr/wordpress/wp-content/uploads/2019/05/tech-news-n%C2%B027\\_2021#page=4.pdf](https://atf.asso.fr/wordpress/wp-content/uploads/2019/05/tech-news-n%C2%B027_2021#page=4.pdf)

Fort de cette première rencontre, l'idée nous est venue de solliciter Jehan Fondateurs de Beauce et d'Ailleurs pour réaliser in-situ ces démonstrations de moulage et de coulée. Sans hésitation la réponse fût oui, pour cette association menée de main de maître par son groupe de bénévoles autour de Max Monet Raymond Sorgius et Jean Delorme tous trois anciens professeurs du lycée Jehan de Beauce à Chartres.

Pour épauler l'équipe JFBA aux aurores ce samedi 17 septembre matin Alexandre Behot, ESF 2012 et Arts et Métiers 2008, tout nouveau ouvrier fondeur-ciseleur de la Fonderie du quai Conti se joignait à nous pour installer notre atelier éphémère pour deux jours de travail intensif.

Tour à tour Patrick Wibault qui prit bien souvent la parole et Armelle Chiari nous ont rejoints, Patrick pour animer, Armelle pour réaliser les moules, et les coulées. L'apport d'Armelle fut surtout comme celui d'Alexandre fort utile pour accompagner, expliquer et aider les enfants à réaliser leurs moules.

La présence de ces deux jeunes fondeurs au côté des bénévoles expérimentés de JFBA, était aussi intéressante pour démontrer au public de tous âges, que notre métier passion offre de belles filières de formation et des opportunités de carrières intéressantes. Bien entendu nos métaux les plus brillants furent utilisés pour réaliser il y a plus de 6000 ans amulettes bijoux et monnaies, mais pas seulement.



Préparation matinale avant l'ouverture au public Raymond Sorgius et Jean Delorme à gauche Alexandre Behot à droite préparent leurs moules.

Pour cette occasion unique de faire briller nos savoirs, nous avons bien entendu le support sans faille et très précieux du service culturel de l'établissement qui regroupé autour de Bibiane de Pampelonne ont été avant pendant et après aux petits soins pour nos bénévoles.



Clou et clôture du week-end, la coulée de la cloche Max à la coulée, Patrick et Alexandre aux commentaires

Le moule de la cloche est décoché. Tout est bien venu. C'est là qu'elle dévoile son premier aspect au fondeur, son aspect brut. Elle va se transformer au fil de ses futures étapes de fabrication : ébavurage, ciselure, polissage et patine. Elle va passer par les mains expertes des artisans de la fonderie pour lui donner son bel et brillant aspect final

## QUALITÉ ÉGALE LONGÉVITÉ

Votre partenaire pour des installations clé en main

- Installations de moulage à prise chimique à froid
- Malaxeurs continus
- Installations de régénération
- Systèmes de transport pneumatique (sable / poussière de filtre / etc.)
- Séparation sable chromite

Fabrication, montage et tests fonctionnels  
dans nos ateliers FAT

  
MADE IN GERMANY



SERVICE MACHINERY



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

## Réduisez vos coûts d'énergie pour la préparation du sable de 30% ou plus

Maximisez la polyvalence, la productivité, la rentabilité et l'efficacité de votre fonderie. Soigneusement conçu et proportionné pour obtenir des performances de mélange et une efficacité énergétique maximales tout en offrant une polyvalence.

Avec 8 modèles et des capacités allant jusqu'à 163 t/h avec une seule machine, il y a un malaxeur Simpson qui convient à votre fonderie.

**Technologie innovante. Des Solutions optimisées.**

[simpsongroup.com](http://simpsongroup.com)



**SIMPSON**<sup>®</sup>  
A Norican Technology



**Étudiants  
Gratuit**

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

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

**Membre  
actif  
85 €**

**Retraité  
membre  
actif  
75 €**

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.

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

**Lycée  
université  
200 €**

**Entreprise  
610 €**

**Membre  
bienfaiteur  
711 €**

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

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.

## Adhérer

**c'est donner des ailes à nos actions,  
soutenir la profession**



### DES OUTILS ET DES ACTIONS EN 2022 :

- **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, retenus dans une limite de 20% du revenu net imposable. (montant et plafonds de la réduction d'impôt 2021).

*Exemple :*

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

#### PERSONNES PHYSIQUES

Pour devenir membre  
CLIQUEZ ICI

#### PERSONNES MORALES

Pour devenir membre  
CLIQUEZ ICI

# L'AGENDA DES FORMATIONS

## Cyclatef®

FORMATION FONDERIE

INSCRIVEZ-VOUS  
DIRECTEMENT À  
UNE FORMATION

Initiation aux bases de la fonderie

du 15 au 18 novembre  
(Lyon)

RÉFÉRENCE

## Cyclatef® : Initiation aux bases de la fonderie

### Public concerné & prérequis

**Prérequis** : niveau Bac ou équivalent, connaissance générale sur le monde de l'industrie.

**Public concerné** : toutes personnes travaillant avec des fondeurs et souhaitant comprendre leur langage et leurs problématiques.

### Objectifs

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

### Méthodes & moyens pédagogiques

**Méthodes** : magistrales, interrogatives, démonstratives, interactives.

**Moyens** : tableau blanc, paperboard, vidéoprojecteur, support de cours.

### Synthèse du programme

- Généralité et vocabulaire de fonderie.
- Masselottage et remplissage d'une pièce de fonderie.
- Les propriétés des principaux alliages.
- Les différents moyens de mise en œuvre  
*Fusion, moulage et noyautage.*
- Analyse des défauts de fonderie.
- Les contrôles non-destructifs.

- Travaux pratiques : *Fabrication et coulée d'un moule.*
- Illustration concrète en entreprise.

### Suivi des formations & appréciations des résultats

Une évaluation préalable sous forme de QCM évaluation pré formative

Une évaluation post formative à chaud sous forme de QCM sera réalisée au terme de la formation.

**Avec les participants à la formation** : En fin de formation et si possible 6 mois après sous forme d'entretien individuel ou bien de façon collective en analyse des pratiques professionnelles : qu'est-ce qui a changé ? Qu'est-ce qui n'a pas changé ? Pourquoi ?

**Avec les responsables de l'entreprise** : impact de la formation dans l'activité professionnelle

DURÉE : 4 jours

LIEU : Nancy, Lyon, Creil

PRIX HT (tva 20%) : 1650 €

ANIMATEURS :

J.C. TISSIER

PROCHAINEMENT EN TÉLÉCHARGEMENT  
le Catalogue des formations 2023



# L'AGENDA 2023 DES FORMATIONS

Fours à induction

du 7 au 9 février (Beauvais)

Initiation aux bases de la fonderie

du 20 au 23 février (Lyon)

Défauts et imperfections en fonderie de fonte

du 7 au 9 mars (Châteaubriant)

Sables à prise chimique

du 21 au 23 mars (Saint-Dizier)

Utilisation des données 3D

du 4 au 6 avril (Metz)

Les aciers moulés : métallurgie,  
élaboration et traitements thermiques

du 18 au 20 avril (Maubeuge)

Usage des réfractaires en fonderie

du 9 au 11 mai (Angoulême)

Fontes à graphite sphéroïdal

du 23 au 25 mai (Nancy)

Initiation aux bases de la fonderie

du 6 au 9 juin (Nancy)

Réaliser un audit en fonderie

du 20 au 22 juin (Grenoble)

Défectologie et imperfections  
en fonderie d'aciers

du 5 au 7 septembre  
(Saint-Etienne)

Sables à vert

du 19 au 22 septembre (Le Mans)

Propriétés, élaboration et traitements  
thermiques des alliages d'aluminium moulés

du 10 au 12 octobre

Outils coquille gravité alliages d'aluminium :  
conception, remplissage, thermique, poteyage

du 24 au 26 octobre

Métallurgie et métallographie des alliages  
d'aluminium

du 7 au 9 novembre

Le moulage de précision à la cire perdue

du 21 au 23 novembre

La fonderie d'Art

du 5 au 7 décembre (Paris)

Défauts en fonderie d'alliages d'aluminium coulés  
par gravité : diagnostics et solutions

du 19 au 21 décembre

CLARIANT 

**GEKO™ LE+ | ECOSIL™ LE+**  
Partnering with you  
to mold a better future

- + Overachieving BTEX Emission Limits
- + Less Total Cost of Ownership
- + High Precision Casting
- + Sustainable Mining

»LE+ Technology helps us reduce both the BTEX emissions from green sand molding, as well as the consumption of additives. An optimization of the molding performance, the reduction of BTEX emissions and green sand molding additive are the results of partnering with Clariant.«  
PSA Groupe, Site de Sept-Fons, France



[WWW.CLARIANT.COM/LETECHNOLOGY](http://WWW.CLARIANT.COM/LETECHNOLOGY)

what is precious to you?



**EIRICH**



**Votre partenaire  
pour la préparation du  
sable de moulage.**

**Nous proposons des solutions pour préparer les sables de moulage adaptés à vos productions.**

- **Mélangeurs et sableries clé en main**  
pour toutes classes de performance
- **Modules de contrôle**
- **Mesure de température et d'humidité**
- **Mesure, contrôle et régulation en ligne de la qualité du sable avec le nouveau Qualimaster AT1**
- **Refroidisseur**

**Plus de 2500 systèmes livrés par Eirich, les meilleurs du marché en terme de performance, débit, qualité et efficacité ...**

**Eirich France**

Parc Aktiland, 1 rue de Lombardie • 69800 Saint Priest  
Tel: +33 (0) 4 78 93 11 47 • Fax: +33 (0) 4 78 89 09 21  
[eirich@eirich.fr](mailto:eirich@eirich.fr) • [www.eirich-france.com](http://www.eirich-france.com)



# Cyclatef®

FORMATION FONDERIE

## Sables à vert à Lille

du 27 au 30 septembre 2022

VISITE DE LA FONDERIE PROFERRO À YPRES



**PROFERRO**

Engineered Costing Solutions

*Nous commencerons ce compte-rendu de notre CYCLATEF Sable à vert 2022 par une conclusion, celle que les stagiaires eurent tous lors du debriefing de notre stage : "Merci à PROFERRO pour la qualité de son accueil, son professionnalisme, la qualité de sa présentation, la visite de ses ateliers"*

*La présentation de la sablerie, de ses outils de maîtrise et de contrôle du processus a tout particulièrement été appréciée. En effet celle-ci complétait de façon très pertinente par la pratique, les présentations des animateurs et intervenants du CYCLATEF.*



**N**otre premier stage interentreprises de rentrée se déroulait cette année à Lille avec la visite de la fonderie PROFERRO, fonderie intégrée du groupe PIKANOL leader mondial dans le domaine des machines textiles.

Fidèle à ses traditions l'Association Technique de Fonderie allie, sérieux, convivialité échanges et supports concrets pour illustrer ses stages interentreprises.

Comme souligné ci-dessus le support concret avec une visite dans une entreprise présentant une large expérience, nous a permis de jeter un regard assez large sur les différentes techniques et mesures mises en place dans cette fonderie pour le suivi et la maîtrise des sables de moulage.

Les stagiaires de cette année venus des différentes régions de notre hexagone, et même au-delà, ont pu apprécier l'approche de cette

fonderie pour répondre aux besoins de ses productions de fonte lamellaire et GS.

Une ligne de moulage à plat HWS de grande dimension, une sablerie dotée d'un volant de sable de près de 1000 tonnes d'un refroidisseur à lit fluidisé, de trois mélangeurs EIRICH pilotés par trois ROTOCONTROL.

Pour compléter le suivi un quatrième ROTOCONTROL en tête de ligne et un outil de contrôle laboratoire à la disposition des conducteurs de ligne de production ont particulièrement surpris les stagiaires.

Nos animateurs et intervenants expliquent, avec moult détails lors des séances de formation la nécessité de maîtriser l'ensemble 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 illustration parfaite. D'autant plus qu'ici le laboratoire central des sables est équipé de tous les outils de





contrôle pour l'analyse de la composition & de caractérisation du sable à vert, y compris la résistance à Haute humidité, ("le RHH"), toujours présent chez les producteurs des additifs de sablerie, dans certaines fonderies hors de notre hexagone mais un peu moins au sein des laboratoires de fonderie en France.

Les stagiaires ont tout particulièrement apprécié la qualité et la diversité des pièces à forte valeur ajoutée qui sont produites ici dans les ateliers de PROFERRO.

Pour vous faire une idée des capacités de cette fonderie et pour compléter les quelques photos choisies pour cet article nous vous invitons à visiter le site internet de cette fonderie.

## >>> PLUS DE 85 ANS D'EXPÉRIENCE

Dès l'ouverture des pages de ce site vous constaterez qu'à Ypres la qualité rime avec modernité. La robotisation nécessaire pour faciliter le travail des hommes et la reproductibilité des processus de production est présente à toutes les étapes du processus de fonderie, sans oublier le récent magasin d'expédition et de stockage qui gère les entrées et sorties des centaines de pièces brutes puis usinées, produites.

Pour illustrer la partie technique de ce compte-rendu quelques chiffres pour présenter PICANOL & PROFERRO.

PICANOL, c'est 7000 personnes dans le monde, un CA annuel de l'ordre de 2,7 milliards d'euros et des implantations de production en Belgique en Chine et en Roumanie.

PROFERRO la fonderie intégrée basée à YPRES emploie 625 personnes,

produit en trois équipes, et réalise 115 millions d'euros de chiffre d'affaires annuel.

En quelques années la production en volume a été fortement multipliée pour atteindre 35 000 tonnes de fonte en 2021, 35% en fonte GS & 65% en fonte lamellaire. Ces volumes de fonte sortent des cubilots vents chauds de l'atelier de fusion.

L'objectif est d'atteindre les 45 000 tonnes en 2025. Pour atteindre ces objectifs les investissements pour la fonderie ont été et seront régulièrement engagés. Depuis quelques années 25 millions d'euros ont déjà été engagés pour à la fois accroître et moderniser les capacités de production.

C'est la volonté de modernisation, la volonté d'orientation vers de plus en plus de clients externes à PICANOL, la volonté de produire des pièces complexes et souvent fortement noyautées qui anime les dirigeants de PROFERRO.

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

Nous devons et tenons bien entendu à renouveler nos remerciements à nos hôtes de la fonderie PROFERRO, à sa directrice Cathy Defoor qui a permis cette visite, à Jan Gombert et à Christophe Delamotte son adjoint.

Il faut le souligner au-delà de la visite ils ont su consacrer de leurs temps et pu répondre aux nombreuses questions pratiques que nos stagiaires ont pu poser.

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



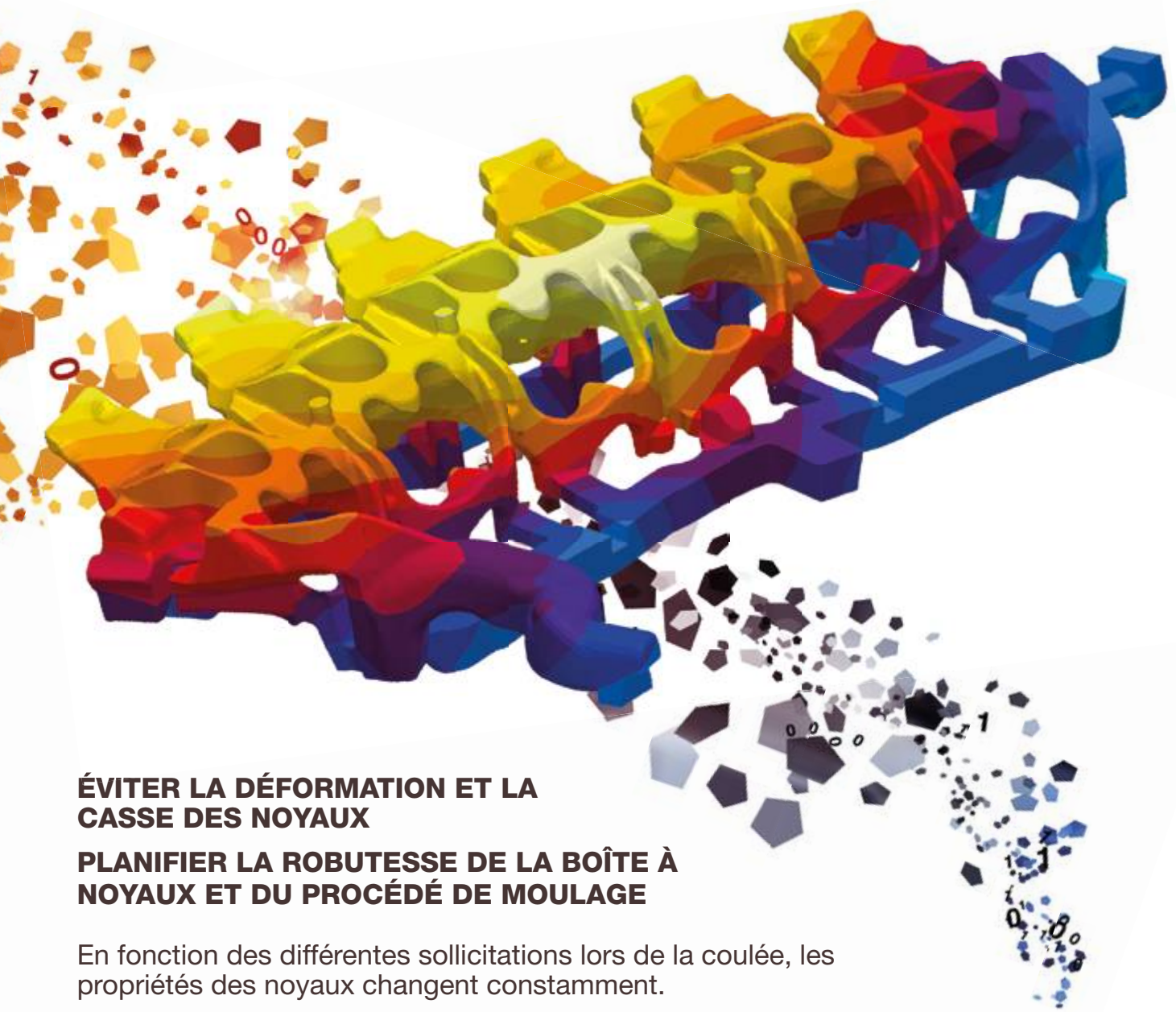
## RENDEZ-VOUS EN SEPTEMBRE 2023

A ceux qui par manque de temps, par les incertitudes causées par la pandémie, et toutes autres raisons, n'ont pas pu s'inscrire en 2020 et 2021. Les CYCLATEF L'Association Technique de Fonderie vous attendent pour de très riches séances de formation et d'échangés techniques !

**JE M'INSCRIS**



# LE NOYAU DÉFORMÉ



## ÉVITER LA DÉFORMATION ET LA CASSE DES NOYAUX

## PLANIFIER LA ROBUTESSE DE LA BOÎTE À NOYAUX ET DU PROCÉDÉ DE MOULAGE

En fonction des différentes sollicitations lors de la coulée, les propriétés des noyaux changent constamment.

Les déformations résultantes des noyaux peuvent conduire au dépassement des tolérances dimensionnelles requises, à une casse du noyau et finalement au rebut de la pièce.

Avec MAGMASOFT®, dès la conception de la boîte à noyaux, vous maîtrisez les déformations et évitez la rupture du noyau.



**EN SAVOIR PLUS!**

5

**MAGMASOFT®**  
autonomous engineering

**Sables à prise chimique à Moulins du 11 au 13 octobre 2022**

VISITE DE LA FONDERIE STELLANTIS  
USINE DE SEPT FONTS

Objectifs du stage :

- **Mieux connaître les produits** qui servent à la fabrication des moules et noyaux de fonderie.
- Quels moyens pour **améliorer la finition des pièces ?**
- **Trouver une méthode de fabrication** des moules ou noyaux **dans un contexte industriel.**
- Contrôles adaptés permettant **d'assurer une fabrication industrielle.**
- Recherche **de la méthode et des outillages les plus adaptés.**
- Différents **contrôles sur la fabrication.**

L'activité a été soutenue principalement par et avec les stagiaires qui avaient beaucoup d'exemples propres à leur fonderie. Nous avons développé la formation en suivant leurs besoins et ils ont été très actifs dans leurs différentes demandes.

Nous avons pu développer les différentes actions et essayé d'apporter des solutions à leurs besoins.

Cela a permis aussi de faire vivre l'ensemble des ateliers et d'impliquer tous les participants. Les échanges étaient très enrichissants.



© Fonderie Stellantis - Sept Fons



© Fonderie Stellantis - Sept Fons



© Fonderie Stellantis - Sept Fons



La coulée de ces pièces est assurée par un cubilot de grosse capacité, adapté à ce type de fabrication. Trois chantiers de moulage assurent la production : un vertical et deux horizontaux.

Les pièces de freinage sont usinées sur place et expédiées sur les sites de montage de la marque.

Ce stage a fait découvrir aux différents participants des possibilités d'améliorations sur leurs fabrications actuelles et futures.

Une session très intéressante pour l'ensemble des stagiaires et des formateurs.

Merci à la direction de la Fonderie de Sept Font d'avoir permis au Cyclatef - Sables à prise chimique de pouvoir visiter ses locaux.

*Bernard TARANTOLA - ATF* //



Les techniciens présents ont apprécié la visite de la fonderie Stellantis de Sept Fons, et ont été très impressionnés par le niveau technique des installations.

Les stagiaires ont aussi apprécié l'accueil que leur a réservé Gaël Laronde (technicien méthodes spécialiste sable à vert, noyautage, moulage et régénération sable) qui a pris le temps d'une présentation détaillée alors que dans le même temps se déroulait un audit sur l'ensemble de l'usine.

La visite portait sur l'utilisation de la prise chimique pour la fabrication des noyaux de disques de frein ventilés, pièces essentielles au développement de l'usine, et des noyaux des carters moteurs.



© Fonderie Stellantis - Sept Fons





# Nouvelles conceptions de masselottes en sable par impression 3D

## permettant d'améliorer les performances de coulée

Md Moinuddin Shuvoa and Guha Manogharana,\*

\*Department of Mechanical Engineering, The Pennsylvania State University, State College, PA<sup>a</sup>, 16802, United States

L'impression 3D (3DSP) a ouvert une nouvelle ère pour les applications de moulage en sable en introduisant des moules et des noyaux de sable 3D complexes fabriqués de manière additive. Elle a également permis la conception et la fabrication de systèmes complexes de connections (entrée et alimentation) en utilisant des règles de conception non conventionnelles qui n'étaient pas réalisables auparavant. Dans cette recherche, deux nouvelles conceptions de masselottes, les masselottes elliptiques et sphériques, ainsi que les masselottes cylindriques traditionnelles sont étudiées pour comprendre leurs effets sur le temps de solidification et la fraction volumique de l'air entraîné dans les pièces moulées en alliage d'aluminium (A319).

Des simulations par ordinateur sont présentées pour comprendre la viabilité de formes complexes de masselottes en comparant des paramètres critiques tels que la température du fluide pendant le remplissage, la solidification et le refroidissement. En outre, la fraction solide (SF) et la fraction volumique de l'air entraîné sont également étudiées pendant le remplissage et la solidification. Les résultats pour les performances de la masselotte sphérique ont montré une augmentation de 7% du temps de remplissage pendant la solidification ainsi qu'une réduction de 47,27% de la fraction volumique de l'air entraîné. La masselotte elliptique étudiée dans cette recherche a également montré un temps de solidification identique à la moitié du volume de la masselotte cylindrique conventionnelle. Cela implique une augmentation de 26,5 % du rendement de la coulée. Ces conceptions de masselottes faciliteront non seulement l'optimisation de la conception du moulage, mais amélioreront également les performances du moulage (alimentation, solidification) pour les matériaux et les géométries difficiles à mouler.

### >>> INTRODUCTION

Le moulage des métaux est l'une des plus anciennes techniques de fabrication présentant des avantages significatifs par rapport aux autres techniques en raison de sa capacité à produire rapidement des pièces à géométrie complexe à partir de n'importe quel alliage. Le procédé de moulage le plus courant est le moulage sable, qui représente plus de 60 % de la part de marché du moulage des métaux [1]. Bien que la coulée en moule sable

existe depuis des milliers d'années, la physique sous-jacente du moulage du sable en 3D est restée largement inchangée jusqu'à récemment. Les chercheurs ont récemment établi des lignes directrices pour la conception de connections 3D et ont réussi à couler des pièces métalliques présentant des défauts nettement moins importants et des propriétés mécaniques améliorées [2-5]. Bien que le moulage en sable soit une technique bien établie, elle a été révolutionnée par de nouveaux développements, notamment l'impression 3D sur sable (3DSP) [6].

La 3DSP est un procédé de fabrication additive par jet de liant qui consiste à imprimer des moules et des noyaux de sable couche par couche (par exemple, utilisant un liant à base de résine furanique pour traiter le sable de silice de fonderie). Le procédé 3DSP offre de nouvelles possibilités pour la production de moules très complexes, à faible volume, aux formes, tailles et caractéristiques complexes [7,8].

Sama et al. ont présenté une étude comparative entre la technologie 3DSP et la technologie traditionnelle de moulage en moule sable [2,3]. Alors que le moulage en sable traditionnel nécessite un outillage permanent pour les réalisations, 3DSP élimine ces exigences et peut produire rapidement des moules et des noyaux en utilisant un modèle «virtuel» [9]. Cela réduit le nombre d'étapes requises dans le processus de moulage, réduisant le délai d'exécution pour les petits nombres de moules. En outre, les consommables de fonderie commercialement disponibles peuvent être intégrés dans les impressions 3D sur

sable [10,11]. Le procédé 3DSP ne réduit pas seulement le délai d'exécution du moule, mais également les émissions de CO<sub>2</sub> et peut intégrer des optimisations liées à la conception des moules et noyaux [12].

Le processus de moulage sable est principalement divisé en deux étapes, le système d'entrée et le système d'alimentation. Alors que le système de coulée comprend les éléments et les conduits qui permettent au métal en fusion de pénétrer dans la cavité du moule, le système d'alimentation fournit le métal après le remplissage du moule au cours de la solidification [13,14]. La figure 1 introduit une représentation schématique du système de coulée et d'alimentation conventionnel en 2D. L'un des aspects essentiels du système d'alimentation reste la masselotte. Les masselottes sont principalement intégrées dans les opérations de coulée de métaux pour contrer le retrait pendant la solidification. Elles agissent comme des réservoirs de métal fondu en fournissant du métal pour éliminer la porosité et les défauts dus au retrait. Bien que les masselottes soient bien acceptées en tant qu'élément intégral du système d'alimentation, il existe un manque de connaissances fondamentales dans les méthodologies de conception des masselottes complexes en 3D pour différents métaux et alliages, la mise en place des masselottes et des manchons. En outre, les masselottes servent également de passage à l'air entraîné pour évacuer la pièce coulée si celles-ci sont ouvertes à l'atmosphère. Les paramètres de conception cruciaux qui régissent l'efficacité d'une masselotte, sont la géométrie de la masselotte, son placement, le nombre de masselottes et manchons, la distance d'alimentation, la

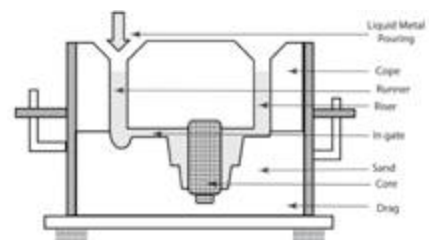


Fig 1. Schéma des composants du système conventionnel d'entrée et d'alimentation dans le processus de moulage en sable.

Si	Fe	Mn	Cu	Mg	Ti	Zn	V
5.78	0.43	0.29	3.75	0.05	0.03	0.06	0.011

forme et la taille du col de la masselotte ainsi que les protocoles de remplissage de la pièce moulée [13,15].

Selon la règle de Chorinov pour la conception des masselottes et manchons, celles-ci doivent avoir un rapport volume/surface (également connu sous le nom de module thermique) plus élevé que la coulée qu'elles alimentent afin d'avoir un temps de solidification plus élevé [16]. D'après l'analyse géométrique, on sait déjà que les sphères ont le rapport volume/surface le plus élevé par rapport à toute autre forme de volume similaire [17]. Les masselottes sphériques sont donc la forme la plus efficace et la plus optimale pour toute coulée. Cependant, jusqu'à présent les masselottes sphériques ne pouvaient pas être incorporés dans les moules conventionnels en raison de leur forme complexe. Comme le 3DSP peut produire des moules en sable complexes, il est maintenant possible de créer des masselottes sphériques ainsi que d'autres formes difficiles. En outre, les études antérieures sur les masselottes se sont concentrées exclusivement sur l'industrie de l'acier [15]. Comme de nouveaux matériaux sont introduits avec des propriétés mécaniques différentes, il est important d'établir le cadre de conception pour une conception optimale des systèmes d'entrée et d'alimentation pour tous les alliages.

Dans cette recherche, deux nouvelles masselottes ont été analysées, les masselottes elliptiques et sphériques, et comparées aux masselottes cylindriques traditionnelles. Une analyse quantitative a été présentée pour ces masselottes à deux endroits importants d'intérêt dans la coulée sur la température de la matière fondue pendant le remplissage, la solidification et le refroidissement. En outre, la fraction solide, la fraction volumique de l'air entraîné pendant la solidification et le remplissage ont également été étudiées sur la base des résultats des simulations. Le matériau utilisé dans cette étude était un alliage d'aluminium A319. Les résultats de cette recherche ont indiqué que la masselotte sphérique était supérieure avec un temps d'alimentation plus long (augmentation de 7%), une fraction volumique d'air entraîné plus faible (diminution d'environ 48%) et une fraction solide plus faible (diminution de 4%) par

**Tableau 1.** Composition chimique (% en poids) de l'alliage d'aluminium A319 utilisé dans cette étude [18].

**Fig. 2.** Dessins CAO et dimensions (mm) des masselottes traditionnelles cylindriques (a, d), ellipsoïdales (b, e) et sphériques (c, f), et des moulages de référence (g).

Parameter	Value
Pouring temperature	735°C
Surface tension coefficient	0.914 kg/s <sup>2</sup>
Solidus temperature	504°C
Liquidus temperature	617°C
Latent heat of fusion	4e+05 J/kg
Furan Sand	
Specific heat	1.763e+06 kg/m/s <sup>2</sup> /°C
Furan Sand Thermal conductivity	0.511 W/m/°C
Metal flow velocity at in-gate	0.5 m/s

**Tableau 2.** Propriétés de la coulée du métal et du moule.

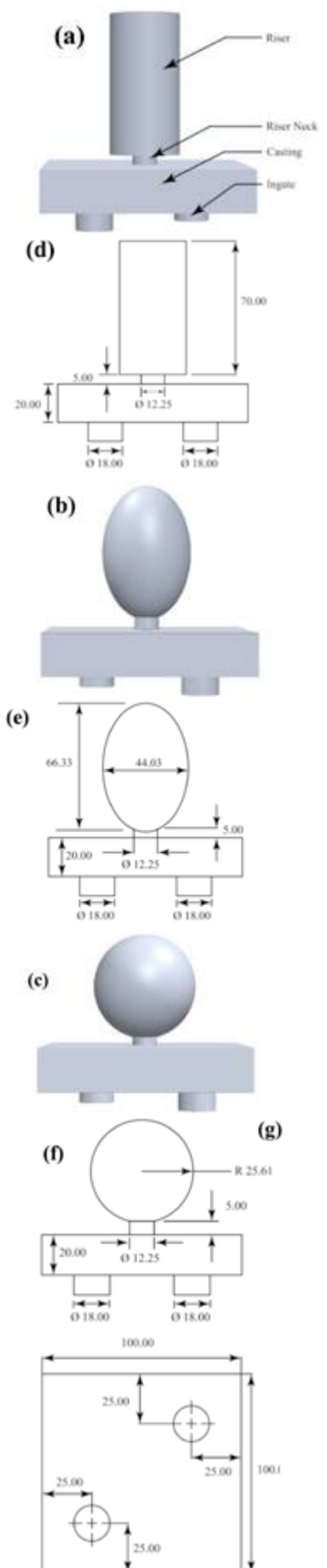
rapport à la masselotte cylindrique traditionnelle. En outre, une augmentation de 26,5 % du rendement de la coulée a été constatée dans le cas de la masselotte elliptique. La masselotte sphérique a également permis de réduire les turbulences à l'emplacement des sondes lorsque la fonte remplit la masselotte. Cette recherche attire également l'attention sur une étude plus approfondie du changement instantané de la géométrie effective de la masselotte dû au retrait de solidification et de la façon dont il affecte le module thermique de la masselotte.

## >>> MATÉRIAUX ET MÉTHODES

### Matériaux

Le métal utilisé dans cette étude est un alliage d'aluminium A319 avec une température de coulée de 737°C. La composition de l'alliage est indiquée dans le **tableau 1** [18]. Le moule en sable utilisé pour la simulation était du sable de silice lié au furane.

Pendant les simulations de solidification, les paramètres par défaut pour les propriétés du métal ont été utilisés pour l'A319 et sont listés dans le **tableau 2**.



Shape of the riser	Area (mm <sup>2</sup> )	% Area Reduction	Volume (mm <sup>3</sup> )
Cylindrical	9621.13	-	67347,89
Ellipsoïde	8231.71	14,44	
Sphérique	8005.10	16,80	

**Tableau 3.** Surfaces et volumes des masselottes.

### Conception CAO

La **figure 2** représente les dessins CAO de la pièce moulée. Les dimensions de la pièce ont été déterminées à partir d'une étude bien établie sur les masselottes par Nandi et al [19]. Le volume de tous les modèles a été maintenu constant et seule la surface a été modifiée entre les modèles de masselottes. Le volume des masselottes pour tous les modèles était de 67347.89 mm<sup>3</sup>, tandis que la surface des masselottes était différente pour les trois éléments. La surface et le volume des trois formes différentes sont indiqués dans le **tableau 3**.

### Configuration de la simulation

Le logiciel de simulation utilisé dans cette étude était FLOW-3D Cast v5.0 (Santa Fe, NM) avec une taille de maille de cellule de 1 mm. Trois simulations par modèle de masselotte ont été effectuées. Les équations de base utilisées par le logiciel sont l'équation de continuité de la masse, l'équation de quantité de mouvement et l'équation d'énergie. Un modèle de transport scalaire généralisé a été utilisé qui comprend le traçage des particules, l'entraînement de l'air et le temps de résidence du fluide. Flow-3D utilise la méthode «Fractional Area/Volume Obstacle Repre-

sentation (FAVOR)» qui offre une génération de maillage et des algorithmes numériques plus efficaces en termes de calcul [20]. Le transfert de chaleur convectif et radiatif du fluide vers les régions vides a été incorporé dans les simulations en utilisant le modèle de refroidissement de Newton et la loi de Stefan-Boltzmann. La chaleur latente du fluide est prise en compte en spécifiant les températures de solidus et de liquidus. La chaleur latente est éliminée linéairement avec un changement de la température de solidification [21]. La densité du matériau a été définie en fonction de la température avec la région gazeuse adiabatique pour le mode gazeux. Les conditions aux limites ont été définies comme une température constante de 25°C et la limite y-max (ouverte à l'atmosphère) était une pression de gaz atmosphérique de 101325 Pa. Le pas de temps dans la simulation a été automatiquement défini par le logiciel allant de 0,001s au début du remplissage à 0,149s vers la fin de la solidification. Comme le montre la **figure 2(a)**, deux attaques de coulée ont été positionnées au fond du moule avec une vitesse d'entrée constante de 0,5m/s pour que le métal s'écoule à l'intérieur de la cavité, ce qui est le critère pour remplir le métal par le biais d'un montage 3D qui peut être réalisé par impression 3D de sable [14,22]. Deux sondes ont été placées à deux endroits différents de la masselotte pour enregistrer les conditions opératoires (température, volume d'air entraîné, fraction solide, etc.) pendant toute la durée de la simulation, comme le montre la **figure 3**.

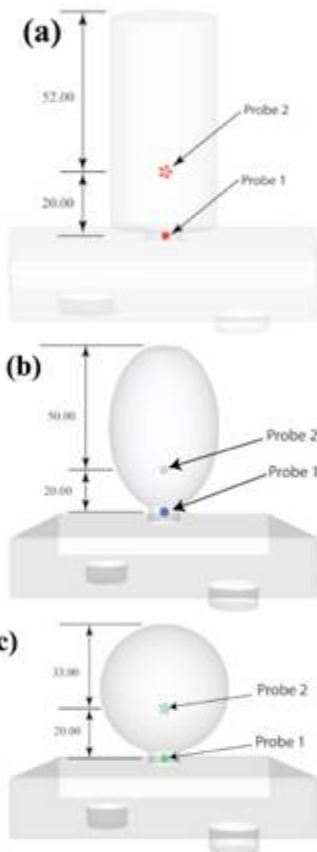
Comme le col de la masselotte a une section transversale inférieure à celle de la masselotte, dans la plupart des cas, il se solidifie plus tôt dans le processus. La sonde 1 a donc été placée dans le col de la masselotte. La sonde 2 a été placée à 20 mm au-dessus de la sonde 1, là où le métal fondu est attendu après que le

retrait de solidification se soit produit à l'intérieur de la masselotte

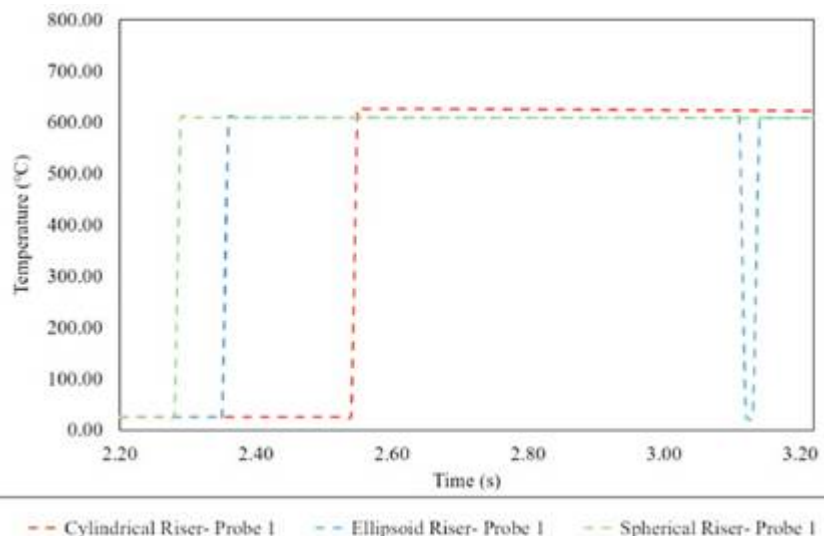
### >>> CONCLUSIONS ET COMMENTAIRES

#### Remplissage du liquide

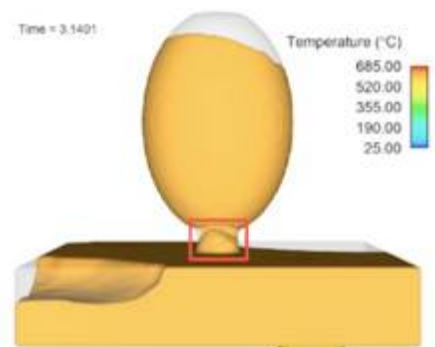
La **figure 4** montre le profil de température à la sonde 1 (col de la masselotte). Le métal fondu atteint la masselotte sphérique plus rapidement que les deux autres cas. La sonde lit une température de 610°C dès que le métal fondu atteint la région du col. Le temps d'entrée du métal fondu à l'emplacement de la sonde 1 est de 2,29s, 2,36s et 2,55s pour les masselottes sphérique, elliptique et cylindrique, respectivement. La chute soudaine de la température à 3,14s pour la masselotte elliptique est due à la séparation de l'écoulement créée dans la région du col en raison de la turbulence qui a été observée dans les trois parcours. La **figure 5** montre la distribution de la température à partir de la simulation d'écoulement avec la région du col en surbrillance où la séparation s'est produite.



**Fig. 3.** Emplacements des sondes dans : (a) les masselottes cylindriques, (b) les masselottes elliptiques et (c) les masselottes sphériques.



**Fig. 4.** Température à la sonde 1 pendant le remplissage.



**Fig. 5.** Distribution de la température de la coulée au temps 3,14s pendant le remplissage dans la masselotte elliptique.



Le profil de vitesse aux deux emplacements de la sonde pendant le remplissage est présenté à la **figure 6**. Au niveau de la sonde 1, qui se trouve dans la région du col, la vitesse maximale est enregistrée pour la masselotte elliptique et la vitesse minimale est observée dans la masselotte sphérique. La revue de la littérature a montré qu'une vitesse d'entrée supérieure à 0,5 m/s entraîne des turbulences et la création d'un bi-film dans le métal liquide [23]. Cependant, comme les masselottes ne font pas partie de la coulée finale, ce critère doit être évalué dans notre cas. Il est évident qu'une turbulence et une vitesse de fusion plus faibles pendant le remplissage des masselottes sont souhaitées pour améliorer l'alimentation des métaux pendant la coulée. Dans le cas de la masselotte sphérique, à 2,75s, les deux sondes indiquent la même vitesse de 0,65 m/s et restent inchangées jusqu'à 3,22s lorsque la masselotte est complètement remplie. Pour la masselotte cylindrique, à 2,93s la sonde 1 indique une vitesse de 0,67 m/s, tandis que la sonde 2 indique une vitesse de 0,77 m/s. La masselotte elliptique connaît des vitesses similaires aux deux sondes avec une magnitude de 0,74 m/s. La masselotte sphérique subit le moins de turbulences, ce qui se traduit par la plus faible vitesse globale au niveau

des sondes. La **figure 7** représente la distribution de la vitesse de la fonte au temps 3,14s pendant le remplissage dans les masselottes elliptiques.

La **figure 8** représente la fraction volumique d'air entraîné pendant le remplissage. Dans ce cas, la masselotte sphérique présente la plus faible fraction volumique d'air entraîné (0,4%). À 3s, la fraction volumique d'air entraîné pour la masselotte cylindrique est de 0,95% et de 0,50% pour la masselotte sphérique. Cela indique une réduction de 47,26% de la fraction volumique d'air entraîné pour la masselotte sphérique. La **figure 9** montre que la turbulence dans la masselotte elliptique connaît la plus grande fraction de volume d'air à 3,14s. La turbulence initiale se produit lorsque le métal fondu entre dans la cavité par le col de la masselotte, ce qui augmente la fraction de volume d'air entraîné entre 2,3s et 2,4s pour toutes les masselottes.

## Solidification

La **figure 10** représente le profil de solidification dans les masselottes. La solidification commence juste après la fin du remplissage de la pièce et, en raison des différences de vitesse de remplissage, elle commence à des moments différents (avec une différence moyenne de 3,5 secondes) entre les différentes masselottes étudiées dans cette étude. La température de solidus (la plus haute température à laquelle un alliage est complètement solide) pour l'aluminium A319 est de 504°C et la température de liquidus (la température à laquelle un alliage est complètement fondu) est de 610°C. La solidification commence avec les sondes 1 et 2 qui rapportent toutes deux une température de 610°C, ce qui indique qu'elle est remplie de métal fondu. Les valeurs de température de la sonde 1 indiquent que la région du col de la masselotte cylindrique se solidifie plus rapidement que les masselottes elliptiques et

sphériques. Au niveau de la sonde 1, il faut 62,97s, 65,12s et 74,23s pour atteindre la température de solidus dans les masselottes cylindrique, elliptique et sphérique, respectivement. Cela représente une amélioration de 3,41% et 17,88% dans les masselottes elliptiques et sphériques, respectivement, par rapport aux masselottes cylindriques. À la sonde 2, les durées pour atteindre la température de solidus sont de 122,87s, 112,47s, et 145,61s pour les cavités cylindriques, elliptiques, et sphériques, respectivement.

Bien que la masselotte elliptique doive prendre plus de temps que la masselotte cylindrique, l'écart par rapport à cette règle est dû à une réduction significative du métal fondu dans la cavité elle-même au début de la solidification, comme le montre la **figure 11 (a) et (b)**. Près de la moitié du métal fondu retourne dans le moule à partir de la masselotte elliptique et sphérique pour remplir l'espace vide créé pendant le remplissage du moule. Il en résulte une forme dont le rapport volume/surface est comparativement plus faible que celui de la masselotte cylindrique, ce qui entraîne une réduction du temps de solidification de 8,5 %. En outre, une réduction de 0,0499 kg de métal fondu dans la cavité elliptique a lieu au cours de ce proces-

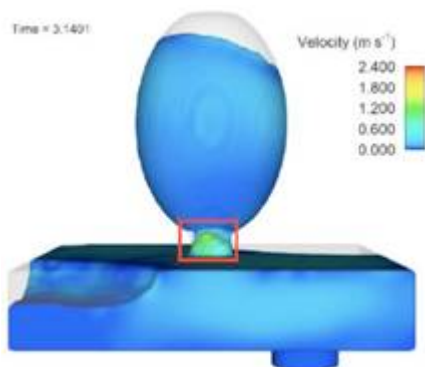


Fig. 7. Distribution de la vitesse de la matière fondue au temps 3,14s pendant le remplissage dans la masselotte ovale.

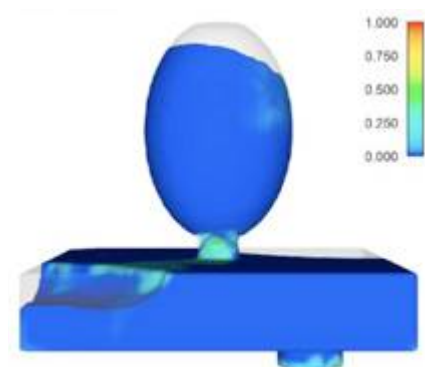


Fig. 9. Volume d'air entraîné dans une masselotte elliptique.

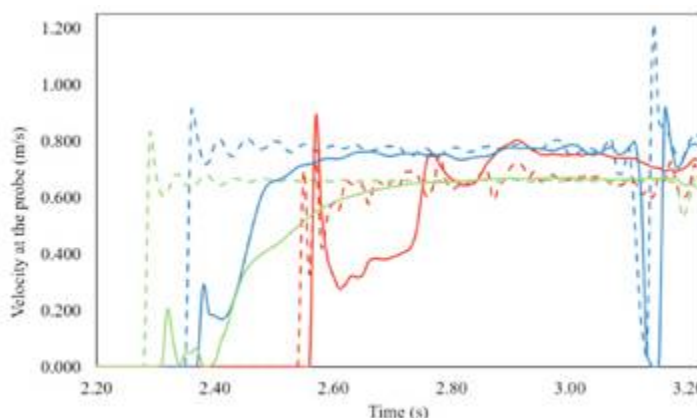


Fig. 6. Mesure de la vitesse aux sondes 1 et 2 pendant le remplissage.

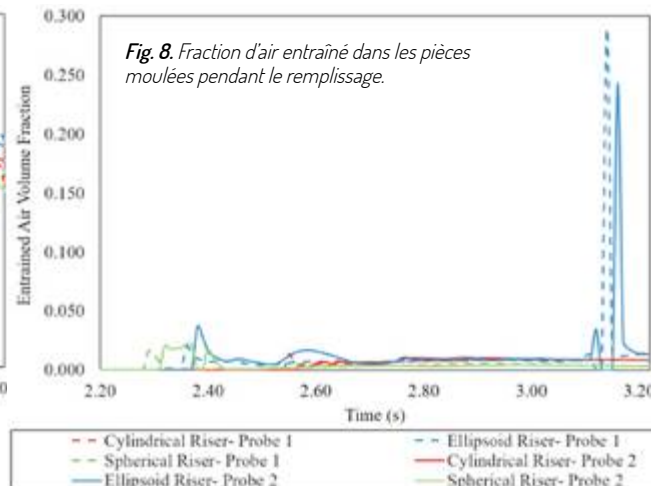
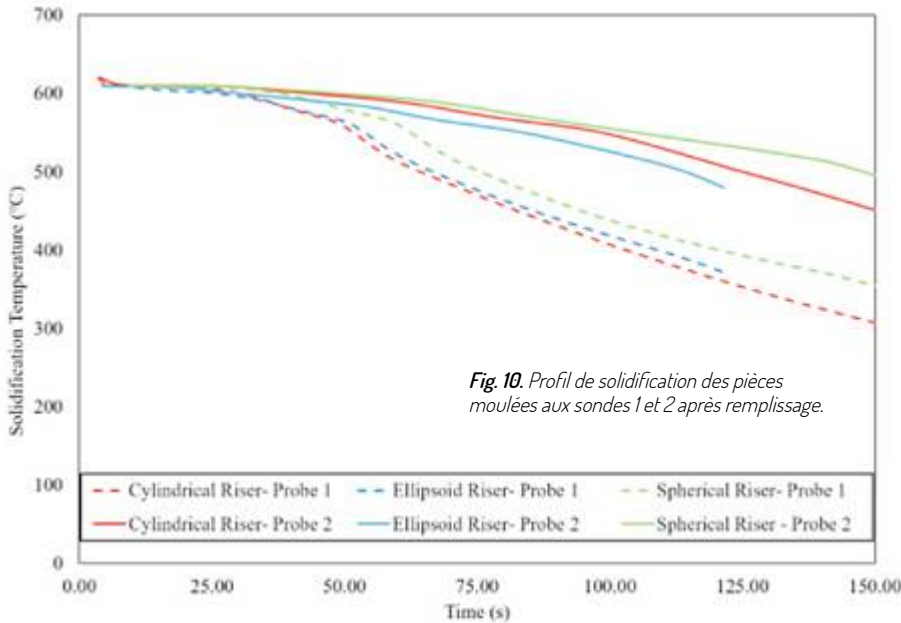


Fig. 8. Fraction d'air entraîné dans les pièces moulées pendant le remplissage.



sus, ce qui entraîne une augmentation de 26,5 % du rendement de la coulée, car moins de matériau est nécessaire au cours de la phase de remplissage initiale.

à partir de son état liquidus initial. La masselotte sphérique nécessite le plus de temps pour atteindre la valeur SF de 1 pour les deux sondes. La *figure 14* montre les contours SF pour les différentes cavités. Bien que les valeurs SF rapportées par la sonde 2 atteignent 1 pour toutes les masselottes, il existe toujours du métal fondu sur la partie supérieure des masselottes avec une valeur SF allant de 0,75 à 0,9 dans la cavité cylindrique.

### Refroidissement

La période de refroidissement commence après que la solidification ait été achevée et que le métal fondu ait atteint la température de solidus. Le phénomène de refroidissement se poursuit jusqu'à ce que l'ensemble de la pièce moulée et la masselotte atteignent la température ambiante de 25°C. Toutes les sections coulées ainsi que les masselottes atteignent la température ambiante dans

l'heure qui suit le remplissage, mais le refroidissement initial jusqu'à 100°C suit un profil de température différent, comme le montre la *Figure 15*. Il faut 429s, 375s et 459s pour que les masselottes cylindriques, elliptiques et sphériques refroidissent à 100°C à la position 2 de la sonde. Comme pour la solidification, le temps de refroidissement de la masselotte elliptique est également inférieur à celui de la masselotte cylindrique en raison de sa forme rapidement modifiée juste après le remplissage de l'espace vide.

La *Figure 16* représente le profil de température à 100°C pour l'emplacement de la sonde 2 pour les trois masselottes. Il est évident d'après ces résultats que même avec une quantité réduite de métal fondu dans masselottes, les cavités elliptiques et sphériques sont capables d'alimenter avec succès le métal coulé pendant la période de solidification et de refroidissement. En outre, la masselotte sphérique est capable de fournir un temps de refroidissement supplémentaire de 22,7 secondes et une amélioration de 7% du temps d'alimentation pendant la solidification par rapport aux masselottes cylindriques traditionnelles.

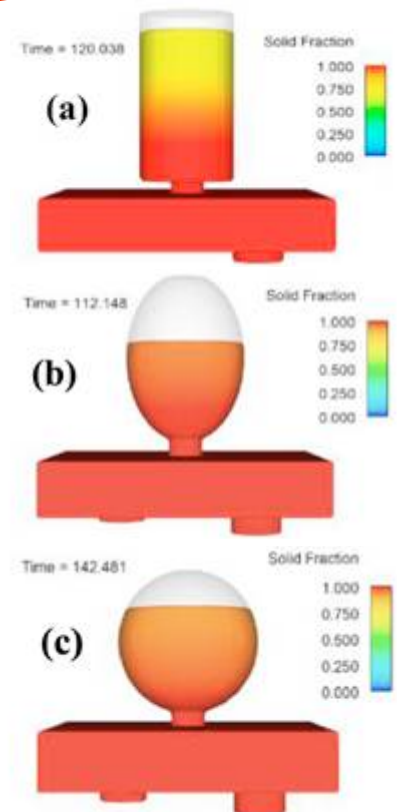


Fig. 11. illustre la forme modifiée de la colonne montante avec la forme réelle en contraste grisé pour les trois différents types de la masselotte avec la température de la sonde 2 à 504°C.

Dans cette recherche originale, deux nouvelles conceptions de masselottes qui ne sont réalisables que par impression 3D sable ont été étudiées et comparées à des masselottes cylindriques traditionnelles qui est couramment utilisé dans le moulage conventionnel. Les résultats des simulations ont été analysés pour identifier l'impact des modèles de masselottes sur le remplissage, la solidification et le refroidissement de l'alliage d'aluminium A319. Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

- Les masselottes sphériques et elliptiques ont réussi à alimenter la pièce moulée tout au long de la solidification.

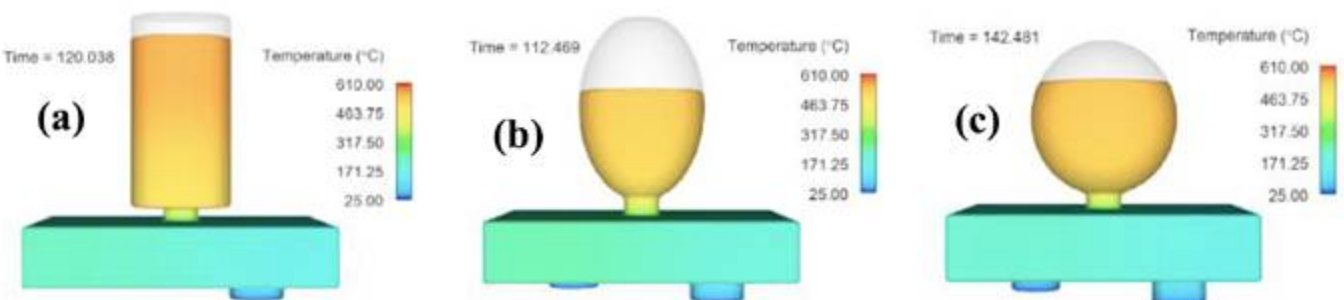
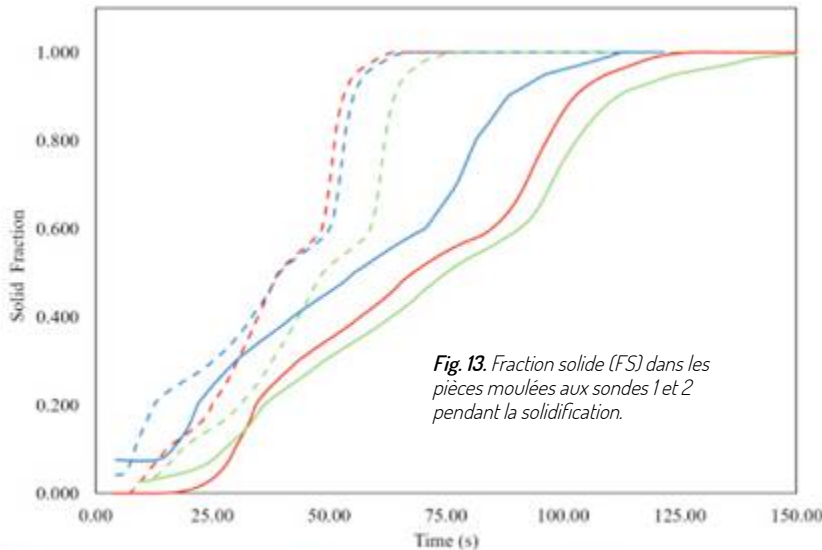


Fig. 12. Remplissage réussi d'une pièce moulée à la température de liquidus de 504°C. (a) Cylindrique (b) Elliptique (c) Sphérique.



-- Cylindrical Riser- Probe 1    -- Ellipsoid Riser- Probe 1    -- Spherical Riser- Probe 1  
-- Cylindrical Riser- Probe 2    -- Ellipsoid Riser- Probe 2    -- Spherical Riser- Probe 2

- Une amélioration de 7% du temps d'alimentation pendant la solidification peut être obtenue par l'utilisation de masselottes sphériques.
- Les masselottes sphériques entraînent une réduction de 47,26 % de la fraction volumique d'air entraîné par rapport à des masselottes cylindriques.
- Les masselottes elliptiques entraînent une augmentation de 26,5 % du rendement de la coulée.
- La masselotte elliptique a pu alimenter efficacement le métal liquide dans la pièce coulée avec un temps de solidification comparable à celui de la masselotte cylindrique, même après une réduction significative de son module thermique en raison du remplissage entraîné dans la phase initiale.
- La masselotte sphérique a fourni des résultats supérieurs en termes de

vitesse au niveau des sondes et de fraction volumique d'air entraîné.

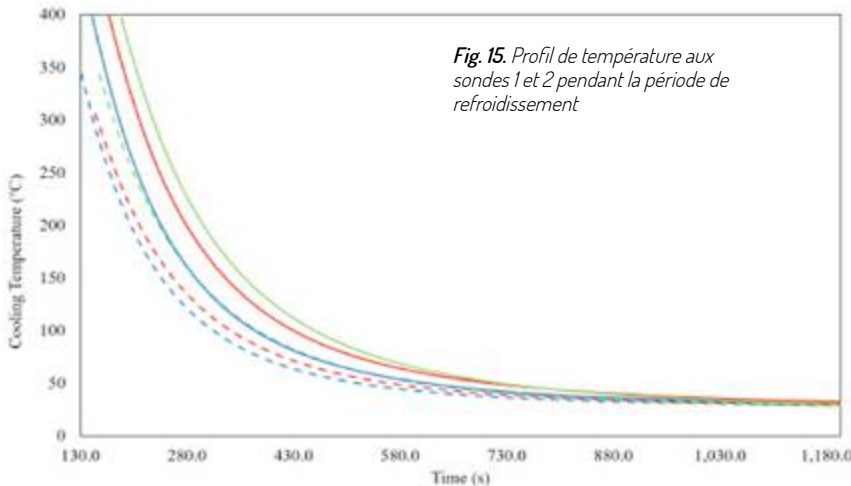
Cette recherche attire également l'attention sur une étude plus approfondie du changement de forme instantané de la masselotte dû au retrait de solidification et de la façon dont il affecte le module thermique de la masselotte. Bien que cette étude soit limitée à l'analyse informatique, les efforts continus des auteurs comprennent la validation expérimentale, y compris des capteurs intégrés pour mesurer le remplissage de la masse fondue et le profil de solidification. Une caractérisation supplémentaire par micro-tomographie sera également effectuée.



TÉLÉCHARGEZ L'ARTICLE EN ANGLAIS



TÉLÉCHARGEZ LES SOURCES



-- Cylindrical Riser- Probe 1    -- Ellipsoid Riser- Probe 1    -- Spherical Riser- Probe 1  
-- Cylindrical Riser- Probe 2    -- Ellipsoid Riser- Probe 2    -- Spherical Riser- Probe 2

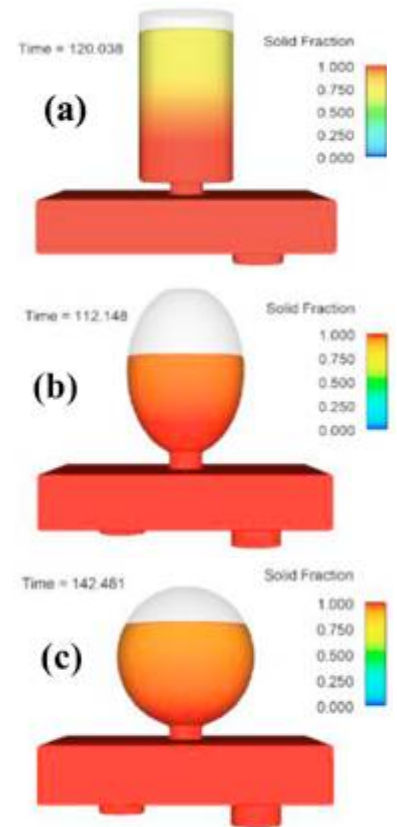


Fig. 14. Fraction solide (SF) = 1 à la sonde 2 dans les pièces moulées avec (a) des masselottes cylindriques (b) elliptiques (c) sphériques.

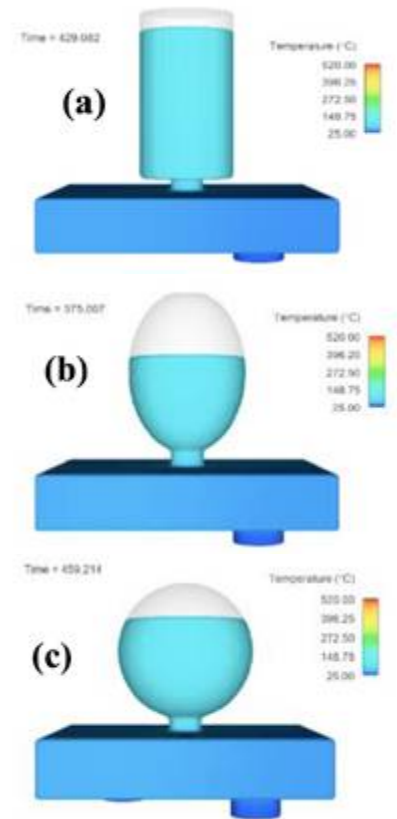


Fig. 16. A 100°C, la simulation montre un refroidissement réussi dans les masselottes (a) Cylindriques (b) Elliptiques (c) Sphériques.





FRANCAISE  
D'INDUCTION

## L'EXPERTISE DU CHAUFFAGE PAR INDUCTION

CONCEPTION

FABRICATION

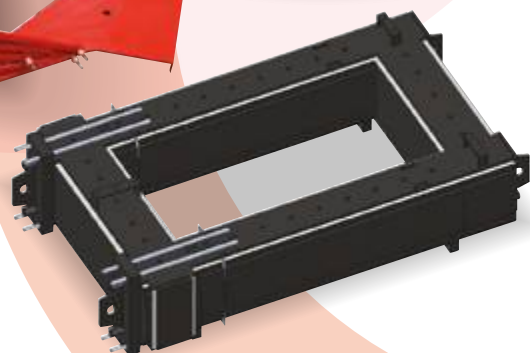
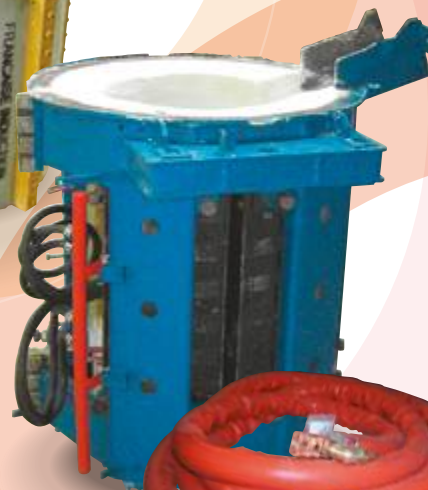
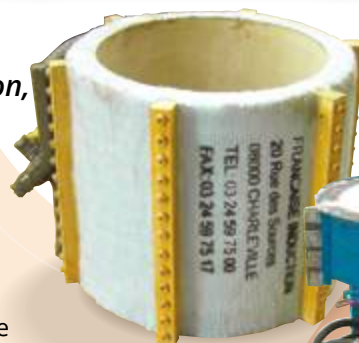
MAINTENANCE

RÉPARATION

*La société Française d'Induction, se spécialise dans l'entretien, la réparation, la conception et la fabrication de fours à induction. Elle met à disposition son savoir-faire et une solide expérience au service des fondeurs.*

Des techniciens se déplacent dans toute la France pour la maintenance préventive des fours et faire de démontage/montage de creuset.

Dans le cas d'intervention plus lourdes, les fours à induction peuvent également nous être envoyés dans nos locaux à Charleville-Mézières. Soit pour le remplacement d'éléments mis en cause, soit par pour leetrofit de la bobine et son remontage, voire la reconstruction complète de certains éléments à partir du four d'origine, four à creuset ou four à canal, lorsque celui-ci n'est pas réparable.



**03 24 59 75 00**

20 rue des Sources • 08000 Charleville-Mézières

[www.francaise-induction.fr](http://www.francaise-induction.fr)

# Histoire des fontes

## La naissance de la métallurgie moderne en France

PARTIE 2

TÉLÉCHARGEZ LA PREMIÈRE PARTIE

### FONTES ET NAISSANCE D'UNE CLASSIFICATION

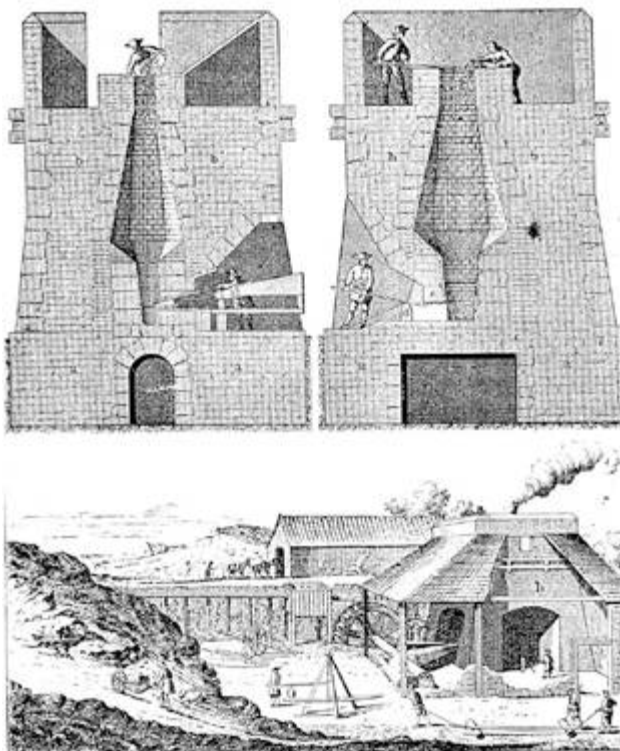
La fonte est un alliage de fer (Fe) et de 3 à 5% de carbone (C), plus éventuellement d'autres éléments d'addition. Elle est produite par réduction du minerai au haut-fourneau actuel ou autrefois au « fourneau à mine », selon l'expression de Réaumur. Le combustible était alors le charbon de bois ; aujourd'hui, c'est le coke. Autrefois, on ne savait pas que le charbon, au-delà de son rôle de combustible nécessaire au chauffage et à la fusion des produits, jouait également un rôle chimique majeur de réducteur du minerai.

La classification actuelle se fait entre fontes d'affinage, destinées à la conversion en acier et fontes de moulage, destinées à la fonderie de pièces diverses et, comme au XVIII<sup>e</sup> siècle, on classe encore les fontes en « blanches, grises et truitées », à partir de l'aspect des surfaces de rupture du matériau. Le langage n'a pas changé, mais le contenu des mots a été fortement modifié.

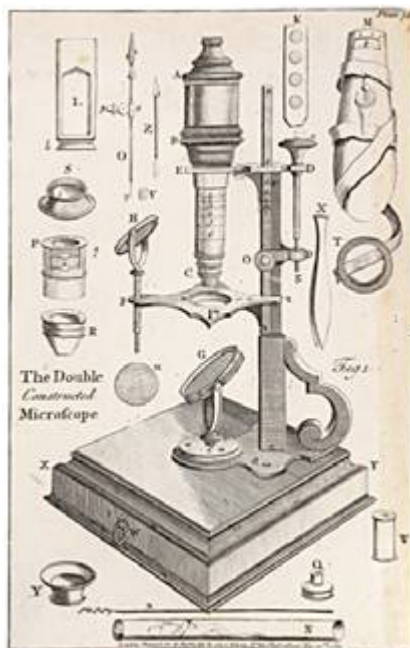
En basant son analyse sur les propriétés de malléabilité du métal, Réaumur a décrit la fonte comme un état intermédiaire entre le minerai et le métal, c'est-à-dire un état où la fonte (fusion ou traitement) du minerai n'a pas permis d'éliminer assez de sulfures et de sels pour que le produit soit forgeable, et c'est pour améliorer les propriétés d'emploi de ce fer de gueuse qu'il faudra l'affiner ultérieurement. Réaumur constate que la différence entre les fontes blanches et grises peut venir du minerai, ou des conditions de fonctionnement du fourneau, mais aussi que l'on peut transformer une fonte grise en fonte blanche en la refondant et en la refroidissant rapidement.

L'origine de ce phénomène est connue aujourd'hui : dans la fonte blanche, le carbone est combiné au fer sous la forme de cémentite (Fe<sub>3</sub>C), alors que dans une fonte grise (ou noire), le carbone est en partie sous forme de graphite (noir)<sup>2</sup>.

La nature du minerai et la conduite du fourneau prédéterminent la structure probable



*Fourneau du début du XVIII<sup>e</sup> siècle, d'après Ledebur. « Un fourneau est vraiment un estomac qui veut être rempli avec égalité, uniformité & sans relâche ; sujet à des altérations par le défaut de nourriture, à des indigestions & crudités par la qualité ou l'excès, & veut des remèdes prompts ». E.J. Bouchu Article Forges de L'Encyclopédie.*



blanche ou grise de la fonte, par les teneurs en carbone et silicium, mais ce sont les conditions de solidification qui imposent la couleur, c'est-à-dire la microstructure.

Ce point n'a été compris qu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, lorsque les méthodes d'observation métallographiques au microscope se sont répandues dans les laboratoires. Cependant, au XVIII<sup>e</sup> siècle, Réaumur, suivi par l'ensemble des scientifiques de l'époque, décrivit les structures des fontes à partir de surfaces de ruptures et identifia des « lames » ou « parties hétérogènes » responsables à ses yeux de la fragilité de ces matériaux.

### Conditions d'obtention des fontes blanches et grises au 18<sup>e</sup> siècle

Sans connaître le rôle du silicium (Si) et du carbone (C), les forgerons et les scientifiques du XVIII<sup>e</sup> siècle savaient que le rapport minerai sur

charbon et la température de fonctionnement du fourneau avaient une importance primordiale dans la nature, blanche ou grise, de la fonte. Ces deux paramètres ont des rôles très imbriqués, puisque la température est évidemment plus élevée lorsqu'il y a plus de charbon dans le fourneau, à condition que les tuyères fonctionnent à plein. Par ailleurs, la nature du minerai a été mise en avant, mais de façon accessoire. La reconnaissance de l'importance du fourneau dans la formation, de l'acier est un sujet de débat qui va durer au moins un siècle, avec des contradictions et des avancées qui relèvent plus de parti pris « politique » que de science. La description de la conduite du fourneau sera une condition de

<sup>2</sup> La composition chimique en carbone, silicium, phosphore et manganèse a une importance notable sur la formation du carbure ou du graphite, mais on sait qu'elle ne suffit pas à définir le caractère blanc ou gris de la fonte, car la sélection de la structure se passe au moment de la solidification. Le paramètre décisif est, en effet, la vitesse de solidification : lorsqu'elle est rapide, il se forme une fonte blanche, et lorsqu'elle est lente, c'est une fonte grise. C'est la vitesse critique de refroidissement qui varie avec la composition.



l'avancée technique et de la reconnaissance de la possibilité de maîtriser les conditions opératoires :

*« . de la conduite du feu et de la manipulation (préparation) de la mine que dépend la bonne ou la mauvaise qualité de la fonte, du fer et de l'acier »*

(Buffon)

*« Parvenu à acquérir quelques connaissances sur le mélange le plus avantageux pour la fusion des mines, je suis obligé d'avouer qu'on n'est point parvenu à savoir ce qui, à travail égal, distingue les fers entre eux. On se contente de dire en général que les mines sont de différentes espèces, & que conséquemment leur produit doit être différent. »*

(Bouchu)

*« Les fontes blanches sont plus pures que les fontes grises, elles contiennent plus de fer [...] dans les forges, on retire plus de fer forgé d'un certain poids de fonte blanche, que du même poids de fonte grise »*

(Réaumur)

On peut ainsi considérer en première approximation, que les vitesses de solidification des saumons et gueuses sortant des fourneaux étaient voisines dans les différents ateliers européens. De ce fait, la notion de fonte naturellement blanche du XVIII<sup>e</sup> siècle avait de bonnes chances de caractériser essentiellement la composition du métal en Si, C, Mn, P, etc., elle-même fonction de la nature du minerai et de la température de marche du fourneau.

## Pureté et « parties hétérogènes » dans la fonte

Un grand sujet de discussion en ce 18<sup>e</sup> siècle, sera dans la compréhension de la mine mélangée au métal, l'état intermédiaire entre le minerai et le métal. Cette approche pouvant déterminer la capacité de traitement pour l'obtention d'un métal de qualité, notion essentielle dans la recherche d'un métal capable de concurrencer les métaux provenant

de l'étranger. La notion de « parties terreuses » et de leur élimination du fer sera au centre de la tentative de générer des fontes de qualité. En se basant sur l'aspect des cassures du métal, Réaumur explique les pertes en fer par la présence dans la fonte de « parties hétérogènes » ou « parties terreuses non métallisées » : *« Il y a plus de matières étrangères dans les fontes grises, & surtout, probablement, plus de matière terreuse, plus de matière vitrifiée, de ce qu'on appelle, dans les fourneaux à mine de fer, du laitier »*

*« . la fonte de fer n'est point encore un métal, ce n'est qu'une matière mêlée de fer & de verre, qui est bonne ou mauvaise, suivant la quantité dominante de l'un ou de l'autre. Dans toutes les fontes noires, brunes & grises, dont le grain est fin & serré, il y a beaucoup plus de fer que de verre ou d'autres matières hétérogènes ; dans toutes les fontes blanches, où l'on voit plutôt des lames et des écailles que des grains, le verre est peut-être plus abondant que le fer ; c'est par cette raison qu'elles sont plus légères et très cassantes. »*

(Buffon)

*« . le fer qui est dans la fonte n'est pas parfaitement réduit. il conserve une portion de l'air dé-phlogistiqué (oxygène) dont il était pour ainsi dire saturé dans l'état de chaux (oxyde). »*

Les explications avancées à l'époque reposent sur le plus ou moins grand degré de réduction

supposé du minerai, en fonction de la quantité de charbon, donc de la température atteinte et de la vitesse de passage du minerai dans la « zone de fusion »

Au démarrage des « fourneaux à mine » d'après Réaumur, on produit d'abord de la fonte grise, avant d'obtenir de la fonte blanche :

*« ...après la première fusion [...] on ne retire que des fontes grises ou brunes, des mêmes mines qui en donneront par la suite des blanches ».*

Réaumur attribue ce résultat à l'effet de la température et à la proportion de charbon qui est plus élevée au démarrage : *« c'est un principe, parmi les fondeurs de mine, que plus on met de charbon, par rapport à la même quantité de mine, et plus on rend la fonte grise ».*

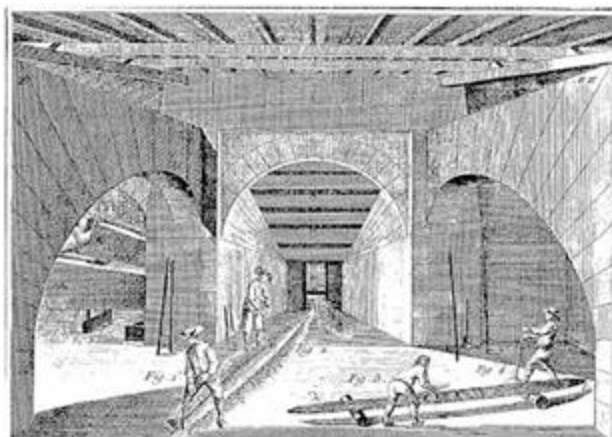
L'augmentation de température favorise la fonte grise, mais un refroidissement rapide à la coule »e favorise la fonte blanche :

*« la couleur de la fonte, sa dureté & sa fragilité ne dépendent que du degré de fusion (température) qu'elle a éprouvé, et de son refroidissement plus ou moins prompt. »*

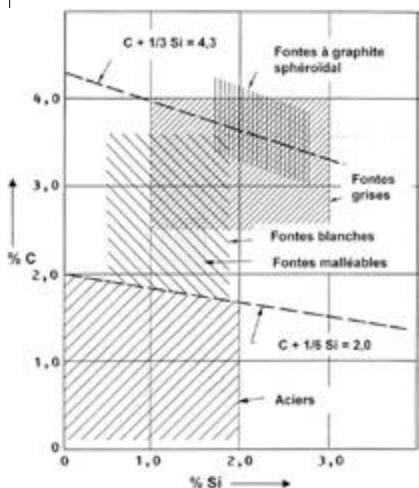
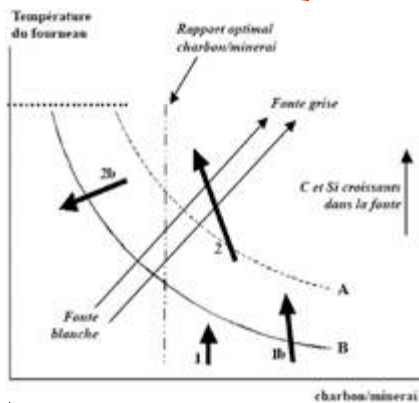
À la fin du 18<sup>e</sup> siècle :

Des approches transmises par Jars, Réaumur et Buffon il est possible de dégager une connaissance capable de décrire de manière synthétique le fonctionnement du haut-fourneau et de sa conduite dans l'élaboration de la fonte reliant le pouvoir réducteur et la température même si la connaissance chimique des caractéristiques des minerais pouvait encore manquer à fournir les éléments essentiels de l'approche scientifique. La pertinence des observations pourra conduire à mieux piloter le haut-fourneau dans son chargement ainsi que dans son régime de production. La pureté et la présence des impuretés ou « parties hétérogènes » de la fonte sont abordées du point de vue expérimental renforcé par les premières analyses structurales.

Quoiqu'elle soit masquée dans la linéarité du discours métallurgistes par la multiplicité des procédés décrits, et qu'elle ne soit pas théorisée scientifiquement, faute d'une chimie adéquate, la distinction entre « filière à masse » (réduction en phase solide) et « filière à gueuse » (réduction en phase liquide) structure le champ de la métallurgie pré-industrielle. La chaîne opératoire globale est



**Coulée d'une gueuse de fonte d'après l'article « forges »** La notion de fonte naturellement blanche du XVIII<sup>e</sup> siècle avait de bonnes chances de caractériser essentiellement la composition du métal en Si, C, Mn, P, etc., elle-même fonction de la nature du minerai et de la température de marche du fourneau.

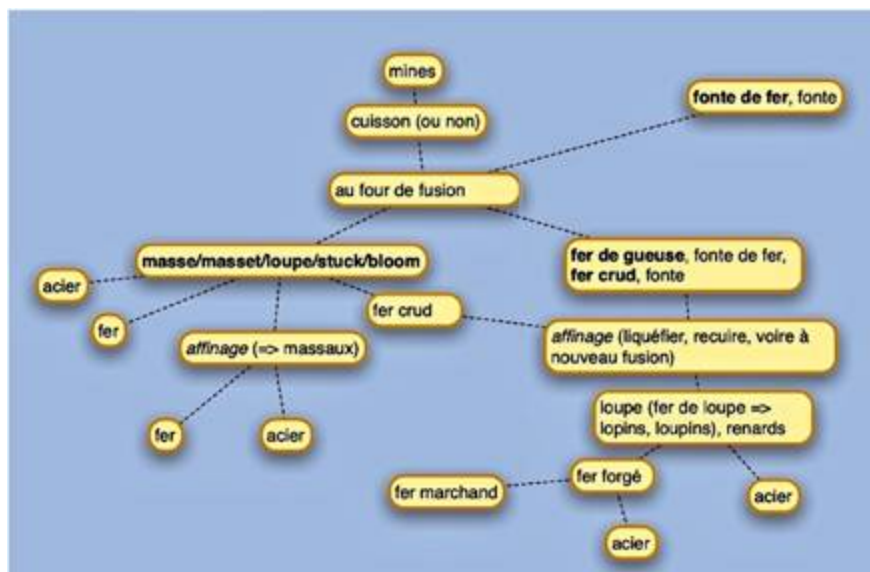


Nature des fontes à la sortie du « fourneau de fusion » en fonction de la température de fonctionnement et de la composition de la charge.

identique pour les deux filières, avec la succession des deux grandes phases de fusion (réduction) et d'affinage. Dans l'espace technique français, l'accent est mis, pour l'acier, sur la production d'acier naturel. La technique de cémentation (espace technique allemand) est mal maîtrisée, et la technique de production d'acier fondu (Grande-Bretagne) totalement incomprise.

Il n'était pas question, à l'époque, d'éléments chimiques en solution tels que carbone, silicium, manganèse ou phosphore. La fonte était décrite comme un « état intermédiaire » entre le minerai et le métal, un mélange de métal et de parties terreuses, ce terme désignant des résidus de minerai ou des « lames vitrifiées » supposées incluses dans le métal. Le rôle attribué à l'affinage était d'extraire par fusion ces parties que l'on voyait apparaître liquides avant que le métal ne s'écoulât. Il ne s'agissait pas de former un laitier par réaction de Si, Mn, P, Fe avec l'oxygène de l'air, et la « fusion du laitier » n'était qu'une « liquation », c'est-à-dire une séparation entre une scorie à bas point de fusion et un métal infusible dans les conditions opératoires.

La description des fontes n'a fait que se compliquer au cours du XVIII<sup>e</sup> siècle, à partir de



« Les fontes blanches sont plus pures que les fontes grises, elles contiennent plus de fer [...] dans les forges, on retire plus de fer forgé d'un certain poids de fonte blanche, que du même poids de fonte grise »

(Réaumur)

celle de Réaumur fondée sur les « souffres & sels », suivie par l'arrivée du phlogistique, puis d'analyses chimiques qui montrèrent faussement la présence d'une forte teneur en oxygène dans la fonte.

L'affinage au bas foyer, a présenté les recommandations concernant le choix du type de fonte, blanche ou grise en fonction du produit visé, fer malléable ou acier : la fonte blanche, ou fonte « facile à traiter », est préférée pour l'affinage en fer et, généralement, la fonte grise est destinée aux pièces de fonderie, à moins qu'on ne la transforme en fonte blanche par mazéage.

De nombreux procédés d'affinage au bas foyer ont proliféré dans les centres métallurgiques d'Europe. Entre les deux extrêmes, le procédé wallon et l'affinage rivois, se situent de multiples variantes destinées chacune à chercher un rendement optimum du dispositif particulièrement difficile à piloter. Mise à part l'orientation de la tuyère, qui ne faisait pas l'unanimité, la différence entre affinage en fer et en acier se situait essentiellement dans le rôle accordé au laitier. Dans l'affinage en fer, on décarburaient le plus possible, en exposant le métal fondu au vent de la tuyère, avec un ou plusieurs « soulèvements » de la loupe selon la difficulté d'affinage, c'est-à-dire selon qu'il s'agissait d'une fonte blanche ou grise ou très grise. Le laitier était évacué en cours d'opération et on ajoutait des scories riches en fer pour fluidifier les « parties terreuses » sortant du métal. Dans l'affinage en acier, on maintenait le métal fondu sous une couche de laitier, le vent soufflait sur le laitier et non sur le métal liquide, ce qui produisait un brassage activant les réactions d'oxydation

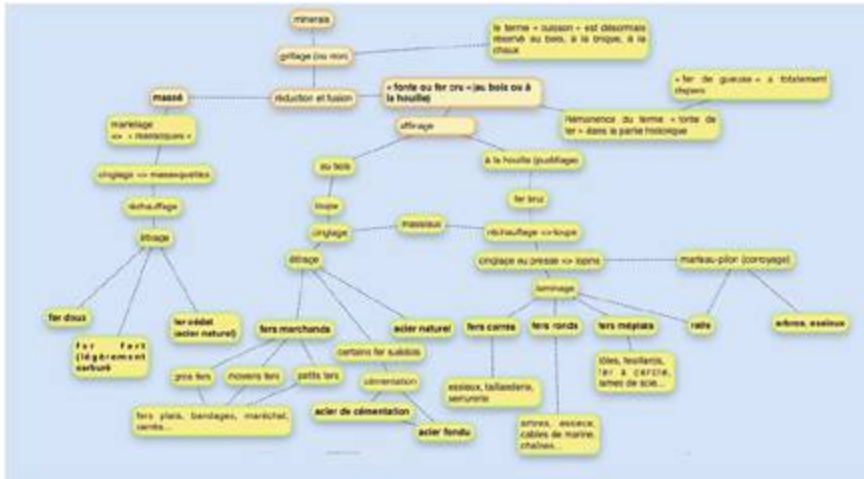
du silicium et du carbone. Grâce à la couche de laitier, la décarburation de la fonte était ralentie, et donc plus facilement contrôlable. Dans certains cas, comme à Rives, le métal liquide restait plusieurs heures sous le laitier, dans une « fusion tranquille ».

Finalement, l'objectif essentiel du forgeron, qui est de produire des fers et acier sains, non cassants à chaud ou à froid, a été exposé en liaison avec les recherches récentes sur ce sujet.

C'est seulement dans la deuxième partie du XX<sup>e</sup> siècle que certaines questions anciennes ont trouvé des réponses satisfaisantes.<sup>3,4</sup>

<sup>3</sup> En cinquante ans, la carte mentale des sidérurgistes s'est considérablement étoffée. Sa structure repose toujours sur l'opposition entre « filière à masset » et « filière à gueuse ». Mais on voit clairement que l'industrialisation s'est portée d'une part sur le dédoublement de la filière à gueuse, en « fonte à bois » et « fonte à coke », et d'autre part sur la phase d'affinage, avec le puddlage, le laminage, et toutes les possibilités offertes par le four à réverbère. La production de fonte à coke bat son plein. En regard, l'industrie produit très peu d'acier. La crise technique provoquée par ce goulet d'étranglement sera résolue avec l'invention, à partir des années 1860, des procédés Bessemer, Martin, puis Thomas-Gillchrist. Mais le coût de ces procédés incitera les sidérurgistes à industrialiser le « procédé direct », a priori plus économique puisqu'il fait l'impasse sur la fonte, en tant que produit intermédiaire.

<sup>4</sup> Voir le schéma en haut de page suivante.



Réaumur a traité cette question de façon catégorique :

- Pour affiner la fonte blanche (« facile à traiter »), il faut l'exposer le plus possible au vent des soufflets afin d'obtenir du fer malléable. La transformation de la fonte blanche en acier est possible, mais délicate, puisqu'elle se décarbone rapidement au moment de la fusion. La meilleure voie est d'affiner la fonte blanche en fer que l'on pourra cémenter en acier, comme l'affirme le titre du neuvième mémoire : « Pourquoi il est plus aisé de porter les aciers de fer forgé au point de perfection où on les veut, que ceux qui viennent des fontes » ;
- Pour l'affinage de la fonte grise en acier, Réaumur propose une première fusion pour épurer les matières terreuses (affinage par mazéage).

Selon les auteurs du XVIII<sup>e</sup> siècle, la décarburation de la fonte blanche est généralement trop rapide pour qu'on puisse maîtriser son affinage, c'est-à-dire l'arrêter à une teneur en carbone correspondant à la composition d'un acier. Le vent est dirigé sous la gueuse couverte de charbon, jamais directement sur la gueuse ou la loupe à fondre. La décarburation se produit déjà pendant la chute des gouttes fondues devant la tuyère. Mises à part les fontes blanches sans Si, P ni Mn, qui s'affinent très rapidement, en général on remonte la loupe au-dessus de la tuyère et, pour refondre le métal moins chargé en carbone, on augmente la température et on évacue le laitier.

« L'acier n'est autre chose qu'un fer très pur, et dans lequel, par différents moyens, on a fait entrer le plus de phlogistique qu'il est possible »

À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, le fer commence à être employé pour la charpente : le premier pont métallique, celui de Coalbrookdale en Angleterre (1773-1779) comporte 370 tonnes de fonte pour une arche unique. Paris voit l'inauguration de deux ponts métalliques à péage (piétons), celui des Arts en 1803 en fer, celui d'Austerlitz en fonte.

À l'époque des Lumières, l'alchimie industrielle en France (sous couvert du secret) tente d'acquiescer une crédibilité avec l'accord tacite de l'État. Car c'est l'État qui est le dispensateur des autorisations de créations d'entreprises métallurgiques, accordant quelques fois aussi les aides et subsides. La recherche et l'expérimentation n'attirent pas les investisseurs.

Abraham Darby, un ancien fondeur de laiton, a découvert que le charbon

Si au cours du 18<sup>ème</sup> siècle, l'économie française était encore basée principalement sur l'agriculture. Les moulins ont été construits principalement pour augmenter le rendement des forêts. La plupart des propriétaires de moulins étaient des propriétaires terriens, plus intéressés par les aspects financiers de leur entreprise que par le fonctionnement technique qui était généralement laissé entre les mains de contremaîtres sans éducation travaillant selon la tradition et peu enclins à faire des changements. Il y a eu quelques exceptions, comme Bouchu, maître de forge à Vauxheulle, qui a fait l'éloge du travail de Réaumur mais n'a pas mis ses recommandations en pratique. En France, les difficultés d'approvisionnement en charbon de bois ne sont pas suffisantes pour promouvoir les nouvelles technologies comme en Angleterre. Elles étaient cependant telles qu'il était difficile d'augmenter la production de fer et de développer le procédé de cémentation qui consomme tant de charbon de bois. La production d'aciers de qualité inférieure ou « aciers à terre » était suffisante pour répondre à la demande de l'agriculture. On produit suffisamment de fer coulé et de fer forgé pour répondre aux besoins des marchés militaires et domestiques. La demande d'aciers de qualité est limitée aux outils de coupe, à la coutellerie et aux « armes blanches ». Ces aciers sont très coûteux et sont donc utilisés avec parcimonie. En outre, deux facteurs économiques découragent toute augmentation de la production d'acier. Le taux d'intérêt est élevé (plus du double de celui de l'Angleterre), ce qui limite les nouveaux investissements. Les taux de change étaient tels que les aciers de qualité importés étaient relativement bon marché. Par conséquent, leur production locale était moins rentable que la vente de produits en fer ordinaires.

Les travaux de Réaumur n'eurent pratiquement aucune incidence sur la fabrication de l'acier en France. Réaumur étant plus intéressé par la recherche d'explications aux phé-

nomènes naturels que par les applications pratiques. Les Maîtres de Forge n'étaient pas incités à produire des aciers de qualité dont la demande était très faible et qui, en raison du prix relativement bas des produits importés, n'augmentaient pas leurs bénéfices déjà importants. Les maîtres de forge utilisant des aciers de qualité étaient fermement convaincus que leur réputation dépendait principalement de l'acier qu'ils achetaient et, par conséquent, ils étaient très réticents à changer de fournisseur. Lorsque la demande française d'acier et la nécessité d'une production indigène ont augmenté, le procédé de cémentation est devenu obsolète, à l'exception de certains produits très spéciaux.

*Dans ses Mémoires sur la transformation du fer forgé en acier, Réaumur n'a pas inventé un nouveau procédé, il a réussi à faire une étude systématique des paramètres contrôlant une technologie existante. Ses objectifs étaient d'améliorer une méthode connue de fabrication de l'acier par un suivi scientifique du processus, et l'introduction d'un contrôle de la qualité des matières premières et des produits finis. Il a ainsi innové et a été un pionnier de la science appliquée dans le monde moderne.*

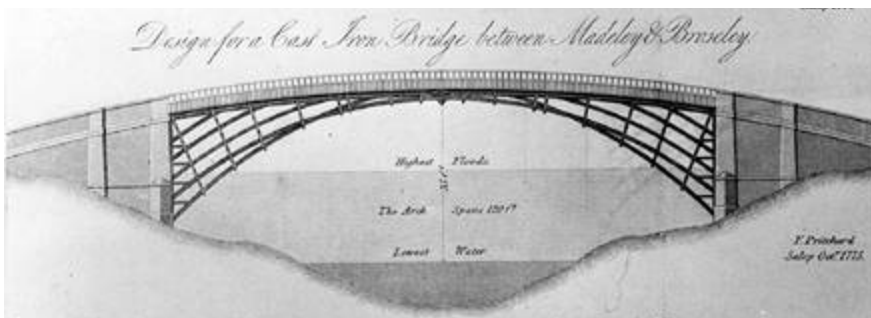
## CONCLUSIONS

Le choix du type de fonte, blanche ou grise en fonction du type de produit visé, fer malléable ou acier : la fonte blanche est préférée pour l'affinage en fer et, généralement, la fonte grise est destinée aux pièces de fonderie, à moins qu'on ne la transforme en fonte blanche par mazéage. Cependant, cette préconisation n'apparaît bizarrement qu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Entre-temps, les termes utilisés ont été plutôt vagues : fontes faciles à traiter ou fontes intraitables, etc. était-ce une façon de dissimuler un savoir-faire ou une simple ignorance ?





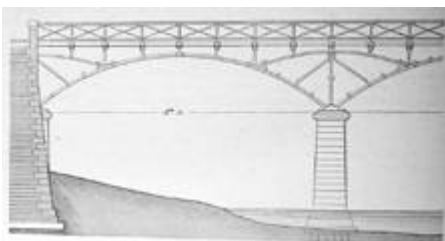
Abraham Darby (1750-1791) troisième du nom d'une dynastie de Maîtres-Forgerons et Les hauts-fourneaux d'Abraham Darby, à Coalbrookdale, dessin du XVIII<sup>ème</sup> siècle.



Iron Bridge long de 60 mètres.



Le Pont des Arts à Paris



Les forges royales de Cosne-sur-Loire en 1840



Site du Creusot fonderie royale, fournisseur des armées du Roi

de Coalbrookdale pouvait être utilisé pour fondre le fer. Cela a permis la production de masse économiquement viable de la fonte. Donnant le coup d'envoi de la révolution industrielle, la fonderie produisait de grandes quantités de produits en fonte en l'espace de quelques années. 70 % des composants du pont - y compris toutes les grandes pièces moulées - ont été fabriqués individuellement pour s'adapter, ce qui explique qu'ils diffèrent tous légèrement les uns des autres. Les ouvriers de Darby ont utilisé des techniques d'assemblage utilisées en menuiserie, telles que

les assemblages à queue d'aronde et à épaulement, en les adaptant à la fonte.

« L'acier n'est autre chose qu'un fer très pur, et dans lequel, par différents moyens, on a fait entrer le plus de phlogistique qu'il est possible »

La description des fontes n'a fait que se compliquer au cours du XVIII<sup>ème</sup> siècle, à partir de celle de Réaumur fondée sur les « soufres & sels », suivie par l'arrivée du phlogistique, puis d'analyses chimiques qui montrèrent faussement la présence d'une forte teneur en oxygène dans la fonte.

L'affinage au bas foyer, a présenté les recommandations concernant le choix du type de fonte, blanche ou grise en fonction du produit visé, fer malléable ou acier : la fonte blanche, ou fonte « facile à traiter », est préférée pour l'affinage en fer et, généralement, la fonte grise est destinée aux pièces de fonderie, à moins qu'on ne la transforme en fonte blanche par mazéage.

La nouvelle définition de l'acier proposée par Réaumur aurait pu bouleverser la métallurgie du fer. Elle l'arrache en effet à toute une tradition où l'alchimie avait joué un rôle important et remplace la « quête » de l'acier, fer « parfait », par la recherche d'un état intermédiaire, au fond très banal. Trop, sans doute, pour alimenter comme il convenait les rêves et les secrets « de fabriquer un excellent acier » qui fleurissaient dans les pratiques des fondeurs. Au contraire, la théorie récente du phlogistique faisait mieux l'affaire. En considérant l'acier comme un fer « surchargé de phlogistique » et en s'avérant incapable de donner une définition cohérente de ce « principe inflammable », elle autorisait toutes les spéculations.

Les travaux de Réaumur métallurgiste ne sont pas intéressants pour les seuls historiens des techniques et de la métallurgie. Réaumur ouvre une voie à la métallurgie en tentant de mettre son intuition au service d'une industrie basée sur le savoir-faire. Il faudra bien des acteurs pour convertir son approche et rendre ses lettres de noblesse à ses hypothèses et découvertes. Une étape sera donnée avec des

tentatives industrielles autour des principes définis dans son discours, même si nécessitant encore beaucoup de travail de compréhension et le développement de la chimie minérale et la mise au point de moyens de

fusion plus appropriés (haut-fourneau) pour enfin voir la métallurgie moderne et de la révolution industrielle prendre son essor au siècle suivant.

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

SOURCES SUR LE SITE ►

<b>ASK</b> .....	4 <sup>e</sup> de couverture	<b>GNR Industries</b> .....	4 <sup>e</sup> de couverture
<b>CLARIANT</b> .....	P 20	<b>HUTTENES ALBERTUS</b> .....	3 <sup>e</sup> de couverture
<b>EIRICH</b> .....	P 20	<b>JML</b> .....	P 11
<b>FAT</b> .....	P 16	<b>MAGMA</b> .....	P 23
<b>FOSECO</b> .....	2 <sup>e</sup> de couverture	<b>SCOVAL</b> .....	P 38
<b>FOSECO</b> Publi-reportage .....	P 12	<b>SIMPSON</b> .....	P 16
<b>FRANCAISE D'INDUCTION</b> .....	P 31	<b>SINTO</b> .....	P 04



## **MEDIAKIT 2023**

*Consultez sans tarder notre MEDIAKIT 2023, vous y découvrirez les différents formats d'annonces publicitaires proposés dans notre magazine **TECH News FONDERIE** et les différentes formules sur notre nouveau site internet.*

VERSION FRANÇAISE ►



VERSION ANGLAISE ►

### **Vos contacts :**

Gérard LEBON - ATF : +33 6 19 98 17 72  
 Mélody SANSON - ATF : +33 1 71 16 12 08  
 e-mail : [regiepubtnf@atf-asso.com](mailto:regiepubtnf@atf-asso.com)

**ON ACCÉLÈRE ET NOUS AVONS BESOIN DE VOUS !**

**COMMERCIAL(E)**

**CDI OU FREELANCE**

vous pourrez attendre de nous de :

- Travailler avec une équipe motivée,
- Être écouté(e) pour vos suggestions ou propositions
- Une ambition de développement continu

nous attendrons de vous :

- De prendre des décisions
- D'être force de proposition, innovant, créatif afin de détecter les opportunités d'amélioration

- Expérience dans une position similaire
- 5-10 ans en fonderie (si possible)
- Anglais

**NOUS CONTACTER**

Email: [atf@atf-asso.com](mailto:atf@atf-asso.com)  
Tel: +33 (0)1 71 16 12 08



**AUTRES OFFRES D'EMPLOI**

Pour TRB  
**Technicien Chantier Réfractaire** (F/H)  
[VOIR L'ANNONCE](#)

**Responsable Production Services** (F/H)  
[VOIR L'ANNONCE](#)

**Chef de chantier** (F/H)  
[VOIR L'ANNONCE](#)

Pour Fonderie Vincent Industrie  
**Conducteur de Machine de moulage automatique** (F/H)  
[VOIR L'ANNONCE](#)

**Mouleur Main** (F/H)  
[VOIR L'ANNONCE](#)

Pour AFS Sedan  
**Contremaître** (F/H)  
[VOIR L'ANNONCE](#)

Pour Scoval  
**Technicien études mécaniques** (F/H)  
[VOIR L'ANNONCE](#)

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

**Maîtrisez la qualité de votre sable de moulage**

avec :

**Le ROTOCONTROL** en production  
**Le ROTOLABO 5M** en laboratoire

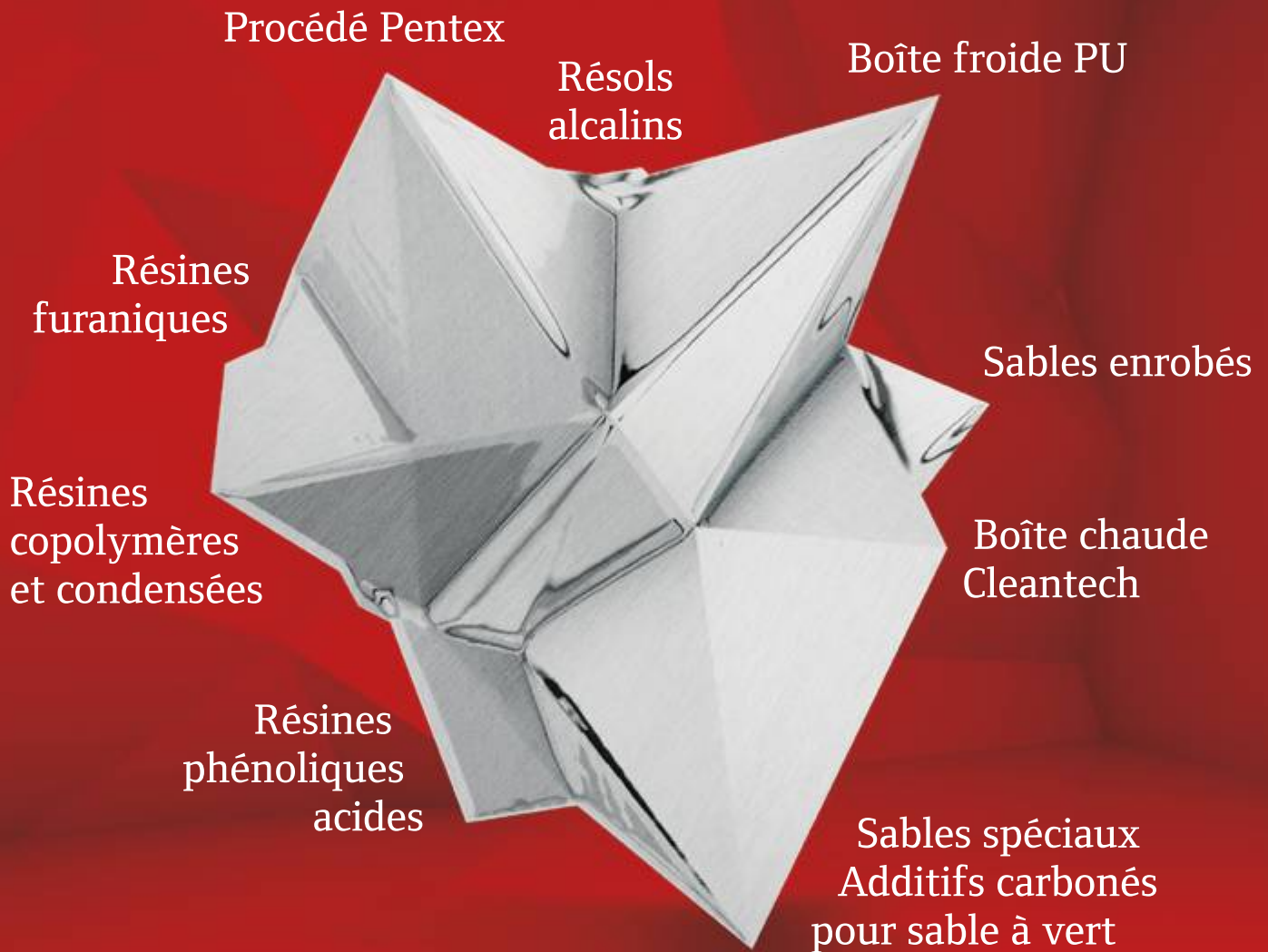
- Mesure de l'aptitude au serrage, de la résistance à la compression, au cisaillement\*, de l'humidité\* et de la perméabilité\* (\*seulement pour le RTL 5M)
- Amélioration de la régularité du sable,
- Traçabilité complète du process,
- Diminution du coût d'exploitation de la sablerie,
- Augmentation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



**33 (0)2 38 22 08 12 • [www.scoval.fr](http://www.scoval.fr)**

Représentant officiel :  Vibrants  Grenailleuses





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