



FOSECO



www.foseco.com



Foseco vous souhaite
un *joyeux Noël* et un
excellent début d'année
2025 !



VESUVIUS

A VESUVIUS GROUP COMPANY



50^{N°}
JANVIER
2025

FONDERIE

TECH NEWS

NEWS

**LA RÉINDUSTRIALISATION
PASSERA T'ELLE PAR LES AMBITIONS
COMMERCIALES DES CONSTRUCTEURS CHINOIS ?**

PAGE 20

TECHNIQUE

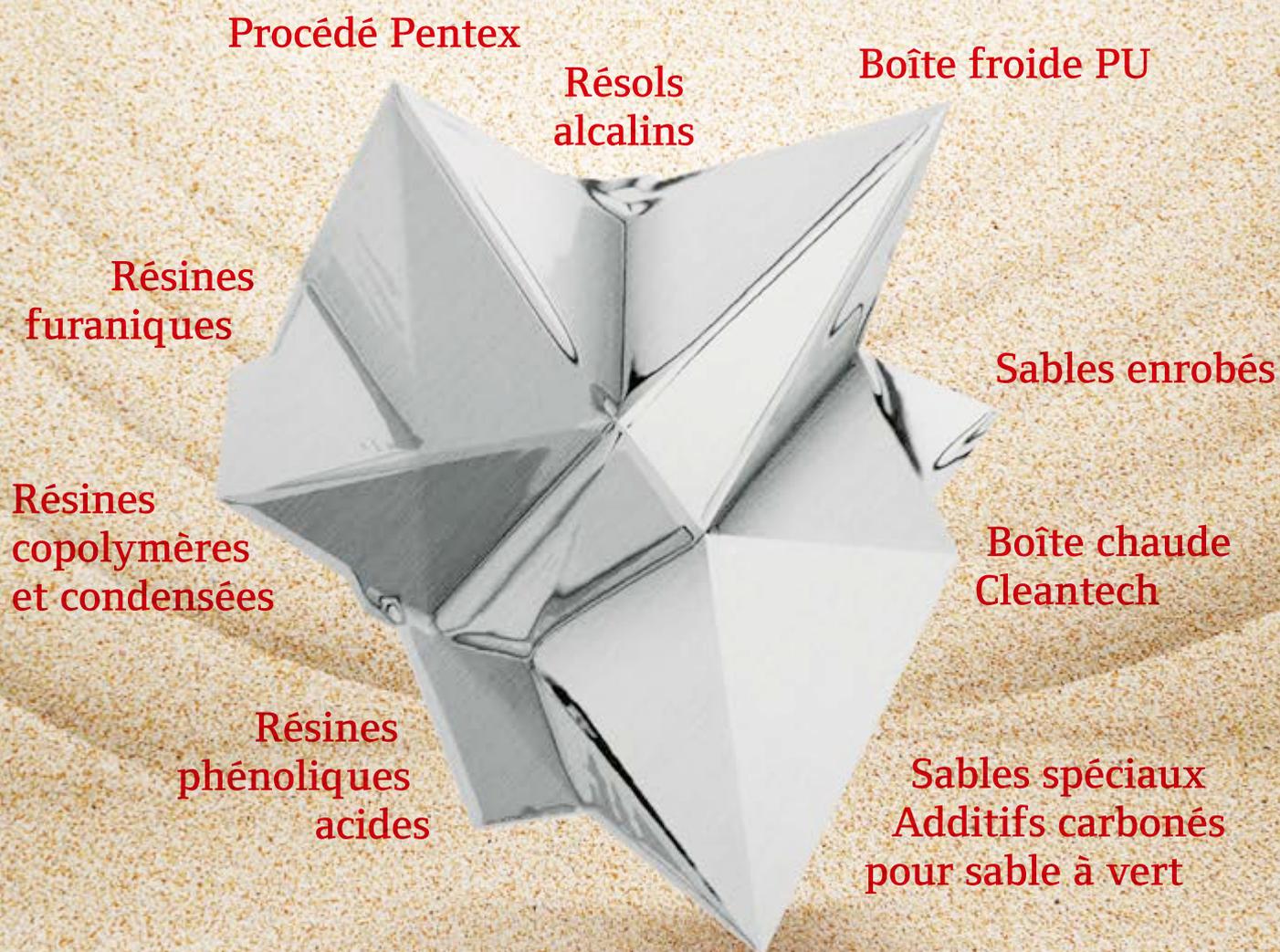
**OPTIONS POUR L'UTILISATION DES DÉCHETS
ÉLECTRONIQUES COMME RESSOURCE D'ALLIAGE :
DILUTION AVEC DES DÉCHETS D'ALUMINIUM**

PAGE 22

UNE PUBLICATION DE



ASSOCIATION
TECHNIQUE DE FONDERIE



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

ha-group.com/fr

édito.

Chers membres, partenaires et amis de l'industrie de la fonderie

Alors que nous entamons cette nouvelle année 2025, nous ne pouvons ignorer les défis qui pèsent sur notre secteur. Le contexte économique mondial demeure incertain et les évolutions profondes dans l'industrie automobile, un de nos principaux secteurs d'activité, ne facilitent pas notre quotidien. Toutefois, c'est dans l'adversité que notre secteur a toujours su faire preuve de résilience et il est plus que jamais nécessaire de mobiliser cette force pour avancer.

L'année 2024 a été marquée par une dynamique complexe, entre des prix des matières premières plus ou moins volatils et certaines difficultés d'approvisionnement aux fluctuations de la demande. Mais au cœur de cette turbulence, l'industrie de la fonderie fidèle à son esprit d'innovation et de robustesse continue de faire preuve d'une adaptabilité remarquable.

Un des défis majeurs qui se profile devant nous concerne l'industrie automobile.

Autrefois pilier incontournable, celui-ci se transforme sous nos yeux comme une grande bâtisse dont les fondations tremblent sous les coups des réformes écologiques plus ou moins cohérentes et des innovations technologiques. L'électrification des moteurs, la quête effrénée d'une réduction des émissions de carbone, la recherche incessante d'une mobilité alternative — tout ceci secoue l'édifice sur lequel s'appuyait notre secteur depuis des décennies.

De l'acier, de la fonte, de l'aluminium, du cuivre, nous voilà à redéfinir nos contours, à ajuster nos productions aux nouvelles exigences d'un monde qui ne cesse de changer. Comment, dès lors, concilier cette évolution rapide avec l'essence même de notre métier si ce n'est par une réinvention constante. Le secteur automobile, certes en transformation, demeure un partenaire privilégié, mais c'est aux côtés des autres industries que nous devons aujourd'hui forger notre avenir en puisant dans nos savoir-faire et nos innovations les ressources nécessaires à cette évolution.

La fonderie qui a toujours su se réinventer à travers l'histoire doit une fois encore faire preuve de flexibilité. **En 2025, l'heure sera à la résilience et à la transformation** : transformation des process, des méthodes de travail et des relations avec nos clients. Nous devons renforcer notre présence dans des secteurs en croissance tels que l'aéronautique, la mécanique de précision, ou encore l'énergie renouvelable, tout en continuant à répondre aux exigences toujours plus fortes du secteur automobile.

Néanmoins, il va de soi que l'instabilité politique ne nous aide pas dans ce contexte à nouveau anxiogène. Messieurs les dirigeants, quand prendrez-vous vos réelles responsabilités... ?

L'incertitude économique appelle également à une réflexion sur la gestion des risques. Une vigilance accrue sur la diversification de nos approvisionnements, la gestion des coûts et l'optimisation des processus devient primordiale pour garantir notre compétitivité et notre pérennité. C'est ensemble, en cultivant notre esprit de solidarité, d'innovation et de partenariat, que nous réussirons à naviguer à travers ces eaux incertaines.

Le rôle de notre association en ce début d'année doit plus que jamais être essentiel pour **créer les synergies nécessaires à notre avenir**. Nous devons continuer à partager nos expériences à travers nos événements, à diffuser les bonnes pratiques à travers nos formations premium et à travailler main dans la main pour adapter nos méthodes face aux bouleversements de l'industrie. Notre collectif est notre force, et c'est cette force qui nous permettra de transformer les défis en nouvelles opportunités.

Au nom de l'ATF, je souhaite à chaque acteur de notre secteur une année 2025 marquée par la résilience, l'innovation et, surtout, l'adaptabilité. C'est ensemble que nous forgerons l'avenir de la fonderie, en dépassant les incertitudes pour bâtir une industrie plus forte, plus durable et plus diversifiée.

Bonne année 2025 à toutes et à tous !

Bien à vous,



Guillaume ALLART
Président de l'ATF



SimLink[®]

Notre solution logicielle révolutionnaire au service des fonderies

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

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

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

www.gtp-schaefer.com/simlink

Votre contact :

Didier Legrand

+33 (0) 6 07 66 47 63

didier.legrand@gtp-schaefer.de

www.astea-consulting.fr



www.gtp-schaefer.com



SCHAEFER
THE RISER COMPANY

sommaire.

03 / EDITO

Les vœux du Président

Article de Guillaume ALLART - Président de l'ATF

06 / AGENDA

ASSOCIATION

08 /

Saint-Eloi Grand-Ouest

Article de Marie GLACET et Denis ROUSIÈRE

09 /

Saint-Eloi Est au lycée Henri Loritz

Article de Bernard TARANTOLA - ATF

11 /

Journée d'Action Régionale Nord Île-de-France
Journée moulage pour petits et grands
au Lycée Gustave Eiffel à Armentières !

Article de Patrick VERDOT et Laurent TAFFIN - ATF

PROFESSION

15 /

European Foundry Industry Sentiment, November 2024:
FISI reflects persistent challenges amid global instability

Article de European Foundry Federation

16 /

Projet à grande échelle pour Eirich : une technologie de fonderie
de pointe pour Atik Metal en Turquie

Article de Nicolas JASINSKI-EIRICH

SALONS

18 /

GIFA Mexico 2024

Article de Guillaume ALLART - Président de l'ATF

NEWS

20 /

La réindustrialisation passera-t-elle par les ambitions commerciales des constructeurs chinois ?

Article de Gilbert RANCOULE - ATF

TECHNIQUE

22 /

Options pour l'utilisation des déchets électroniques comme ressource d'alliage : dilution avec des déchets d'aluminium

Article de Iman El-Mahallawi, Mahmoud Tash, Mohamed A. H. Gepreel, Shaza Raji, Mai Mhamoud, Mayar M. Ali, Tarek Aly ElMeligy



FORMATION

Cyclatef[®]
FORMATION FONDERIE

28 /

L'agenda 2025 des formations



31 / HISTOIRE & PATRIMOINE

Aix-en-Provence, ville d'eau, ville d'arts...
et métiers (Quatrième partie)

Article de Yves LICCIA - ATF et George MORARU - ENSAM

39 / ANNONCEURS

40 / EMPLOIS

41 / ADHÉRER EN 2025

agenda.

FÉVRIER 2025

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

>>> **7 au 9 à Calcutta (Inde) : IFEX 2025**
Salon international des technologies, équipements, fournitures et services pour la fonderie
<https://www.ifexindia.com/>

MARS 2025

>>> **5 au 7 à Bologne (Italie) : METEF 2025**
Salon des technologies à façon pour l'industrie de l'aluminium et des métaux innovants
<https://www.metef.com/en/>

>>> **11 au 14 à Creil (France) : INITIATION AUX BASES DE LA FONDERIE** 
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=wCpHGcgYoYBgBj5CEjfl>

>>> **11 au 14 à Lyon (France) : GLOBAL INDUSTRIE 2025** - Le lieu de rassemblement de tout l'écosystème industriel
<https://www.global-industrie.com/fr/accueil-visiteur>
A.T.F. - APÉRITIF DES FONDEURS (le 13) - Au Salon Global Industrie 2025 sur le stand de la société FONTREY N° 6H83 suivi de l'**ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DE L'A.T.F.** et d'un dîner à Lyon (Hôtel & Spa de Chassieu - 82 route de Lyon - 69680 Chassieu)
MIDEST 2025 - Le plus grand réseau international en sous-traitance
<https://global-industrie.com/fr/midest>

>>> **11 au 14 à Séoul (Corée du Sud) : INTERMOLD KOREA 2025**
Salon coréen international des équipements pour les moules et la fonderie
<https://www.intermoldkorea.com/off/2025/en/>

>>> **18 au 20 à Metz (France) : UTILISATION DES DONNÉES 3D POUR LA MISE AU POINT EN FONDERIE** 
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=kl.0BbakpASswHE7hJ7c>

AVRIL 2025

>>> **1 au 3 à Rouen (France) : LES ACIERS MOULES METALLURGIE, ELABORATION ET TRAITEMENTS THERMIQUES** 
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=5mtJNtOH2QICIXsrhGtn>

>>> **1 au 4 à Minsk (Biélorus) : LITMETEXPO 2025**
Salon international des technologies de la fonderie et de la métallurgie
<https://www.minskexpo.com/english/litmetekspo>

>>> **2 au 3 à Brno (République Tchèque) : STAINLESS**
Salon international et conférence sur l'acier inoxydable
<https://www.bv.cz/en/stainless>

>>> **16 au 18 à Tokyo (Japon) : INTERMOLD**
Salon international des technologies de travail des matrices, des moules et des métaux au Japon
<https://www.intermold.jp/english>

>>> **23 au 25 à Albufeira (Portugal) : TRIBOLOGY 2025**
Conférence internationale de tribologie
<https://www.setcor.org/conferencias/tribology-2025>

MAI 2025

>>> **10 au 12 à Guangzhou (Chine) : CHINA INTERNATIONAL DIE-CASTING, FOUNDRY & INDUSTRIAL FURNACE EXHIBITION 2025** - Salon international spécialisé dans la fonderie, les moules et la coulée à haute pression ainsi que les fours industriels
<https://www.julang.com.cn/>

CHINA INTERNATIONAL EXHIBITION OF CASTING PRODUCTS & TECHNOLOGY SYMPOSIUM - Salon international des produits de fonderie et symposium des technologies afférentes
<https://www.julang.com.cn/>

>>> **13 au 15 à Châteaubriant (France) : SABLES A PRISE CHIMIQUE** 
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=05hGVhKl3uyvxnQaRsTN>

>>> **14 au 16 à Osaka (Japon) : METAL JAPAN - HIGHLY-FUNCTIONAL METAL EXPO** - Salon des matériaux métalliques (aluminium, cuivre, titane, magnésium, métaux nobles, acier, etc.), des machines de traitement, de l'équipement d'analyse / l'inspection, des technologies de recyclage de métaux
<https://www.material-expo.jp/hub/en-gb.html>

>>> **21 au 23 mai à Toulouse (France) : USAGE DES REFRACTAIRES EN FONDERIE** 
<https://atf.asso.fr/formation/inscription?id=Va3MZl7eo010MdNE07ml>

OCTOBRE 2025

>>> **2 au 3 au Vineuil-Saint-Firmin (France) : WORLD FOUNDRY SUMMIT** - En partenariat avec l'A.T.F. (sur invitation uniquement) au Grand Pavillon Chantilly 4, route de Senlis - 60500 Vineuil Saint-Firmin
WorldFoundrySummit.120241.WFO

Association Technique de Fonderie APÉRITIF DES FONDEURS

le jeudi 13 mars à 12h00

Au salon Global Industrie de Lyon
sur le stand de FONTREY N°6H83
suivi à 17h00 de

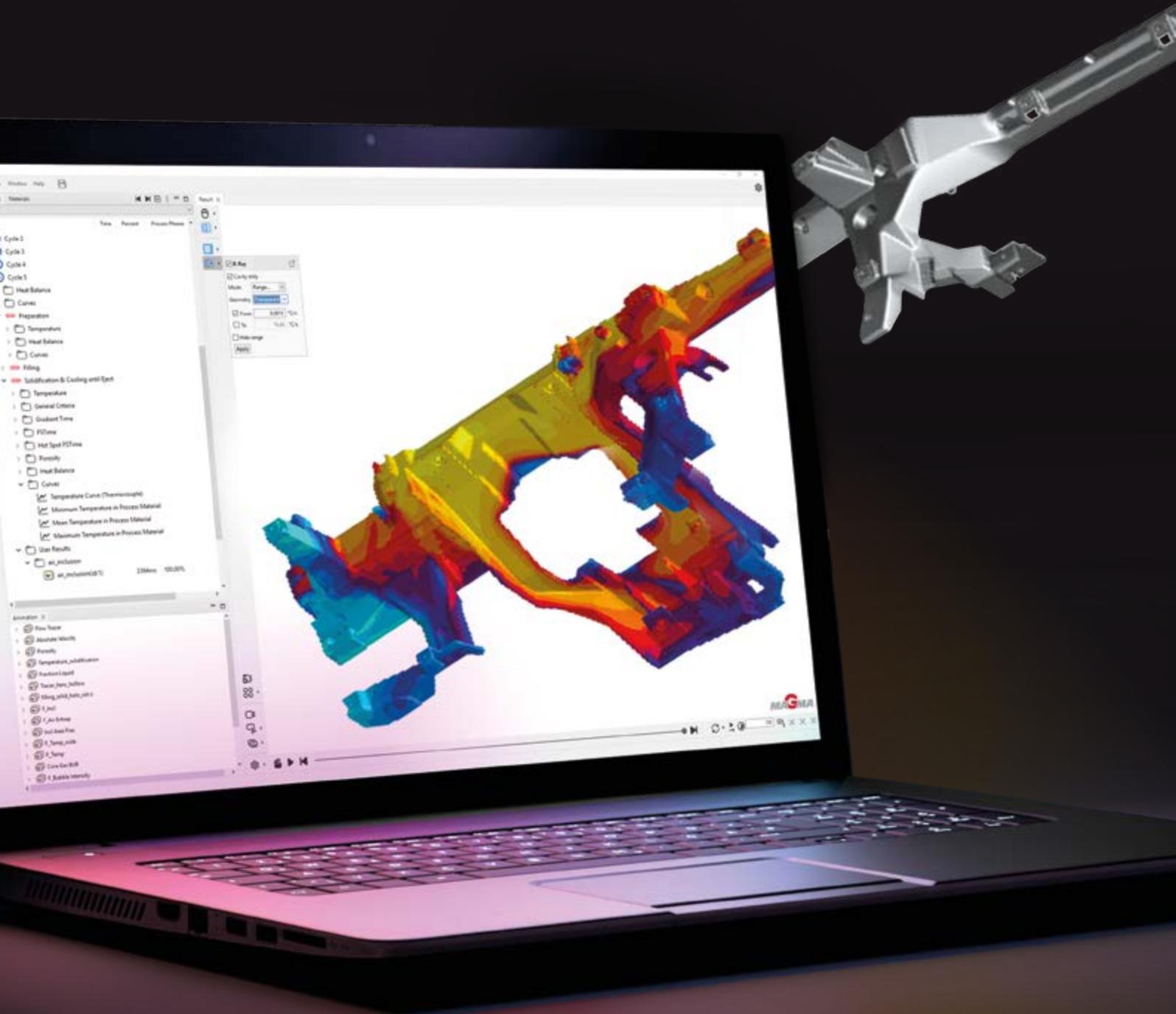
L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DE L'A.T.F.

et d'un dîner à :

Best Western Plus Hôtel & Spa de Chassieu
82 route de Lyon - 69680 Chassieu

Casting Knowledge. In a Software.

MAGMA
Committed to Casting Excellence



Curieux?



MAGMASOFT[®]
autonomous engineering



C'est dans la ville de réputation mondiale grâce à son circuit automobile que nous nous retrouvons le 30 novembre 2024 à plus d'une vingtaine de personnes pour cette sortie de la Saint Eloi 2024 du Groupe Grand-Ouest. Mais c'est par le machinisme agricole que nous débutons cette journée en rejoignant le Techno-Park de l'entreprise CLAAS TRATOR du Mans.

➤ VISITE DE L'USINE CLAAS

Après un accueil et remerciements vis-à-vis de Claas par notre président de l'Ouest, notre guide, Thierry MARIN, responsable de la gestion des pièces projet, nous reçoit très aimablement dans son entreprise. Il commence par nous faire une présentation de l'évolution de sa société.

Il revient sur les grandes dates de la vie de la société en partant de l'origine, à savoir le Noueur, produit emblématique de la marque créé entre 1913 par 4 frères CLAAS et qui a perduré jusque 1929. Auparavant Renault agriculture détenait ce site qui a été racheté par Claas dans les années 2000.

L'origine du groupe est une famille allemande qui reste toujours une société familiale.

Entre 1930/1945, les premières moissonneuses batteuses voient le jour, puis en 1953 la première moissonneuse batteuse automotrice.

En 1962, création de la première usine Claas en France, à Metz, puis nous arrivons en 1970, ère de la moissonneuse batteuse.

Entre 2003 et 2013, rapprochement de Renault et de Claas au travers d'une alliance entre Renault agriculture et l'usine du Mans, validé par Helmut CLAAS et Patrick FAURE.

De 2014 à aujourd'hui transformation totale de l'usine après des investissements colos-

saux de l'ordre de 40 millions d'euros, et ce sans jamais stopper la production.

Aujourd'hui Claas est le numéro 4 du tracteur après John Deere / Massey Ferguson et New Holland.

La production est d'environ 10 000 tracteurs par an, dont 75% à l'export.

- N°1 mondial en ensileuse, et N°1 européen en moissonneuse.
- Spécialisé dans le Full liner tracteur et moissonneuse.
- Implantée dans 19 pays et possède 34 sites et emploi plus de 12 000 collaborateurs.

Des pièces de tracteur usinées proviennent entre autres de la fonderie Focast St Dizier.

De 62 tracteurs par jour il y a deux ans la production est aujourd'hui entre 25 et 30. Cette production est uniquement sur commande, avec un délai moyen de deux à trois mois entre commande et livraison

Sur le site que nous visitons travaillent plus de 1000 personnes.

Claas a le label excellence de la « French Fab ». La formation est assurée par une seule boîte d'intérim Adecco qui forme des opérateurs avant le besoin. Claas, de son côté, possède deux académies de formation à Imerais et Le Mans

Au cours de la visite, nous avons eu la chance de voir en action le rangement automatisé

des pièces détachées, impressionnant en vitesse et précision. Cette visite de Claas Le Mans a intéressé autant les enfants que les adultes, fondeurs ou autres.

En même temps que les remerciements d'usage, notre président Denis ROUSIÈRE, en présence du vice-président de l'ATF, Patrice MOREAU, remet la médaille de l'ATF à notre guide Claas. Frédéric TRITZ, ancien président de l'Ouest et ancien président de l'Amicale des Anciens Elèves de l'Ecole Supérieure de Fonderie et de Forge (AAESFF) nous quitte, ne pouvant participer au reste de la journée.

➤ REPAS AU BRITT HOTEL COTTAGE DU MANS

Nous nous installons autour d'une belle table. Notre président, Denis, profite de l'apéritif pour souhaiter la bienvenue aux participants de cette Saint-Eloi au nom des membres du bureau présents, Christian, Didier et Marie. Estelle, malheureusement n'a pu se libérer. Il remercie vivement Marie GLACET pour sa participation active à l'organisation de cette journée et lui remet la médaille de l'ATF en présence du VP de l'ATF Patrice MOREAU. Denis présente rapidement les fidèles participants et salue les nouveaux, en particulier Patrice MOREAU, qui nous fait l'honneur d'être parmi nous. Des nouvelles des deux associations sont fournies par Denis concernant l'Amicale ESFF (en particulier l'année du centenaire) et par Patrice concernant l'ATF. Le repas s'est poursuivi dans une ambiance chaleureuse entre jeunes et anciens.

➤ VISITE DES COULISSES DU MANS

C'est malheureusement sous un temps particulièrement maussade que nous nous dirigeons vers le circuit automobile du Mans.

Hervé GUYOMARD, notre guide, a régné en maître, comme directeur, sur le circuit des 24 Heures du Mans pendant quarante ans, de 1971 à 2006. Désormais à la retraite, il se déplace sur les circuits et fait partager sa passion durant des visites guidées du circuit. Hervé nous raconte de nombreuses anecdotes qu'il a vécu



Quelques informations :

- La création du circuit date de 1932.
- La reconstruction date de 1949 après les bombardements.
- Le circuit est né d'un accord entre Pompidou et Lagardère pour effectuer les premières courses Matra.
- Le circuit est qualifié comme association sportive, ce qui lui évite la TVA,

- Les 24 heures du Mans rassemblent 1 milliard de téléspectateurs et pour la manifestation près de 4 000 Gendarmes sont dépêchés pour dérivation et contrôle des accès durant les 24 heures du Mans, et gèrent 186 pilotes avec 62 voitures au départ.
- Un ratio impressionnant : 1 euro dépensé représente 15 euros de gain.

Le groupe a eu la chance de visiter la salle des caméras de surveillance du circuit, la salle des commissaires et la salle de presse, avec en prime l'estrade du podium.

Ce fut une visite impressionnante et particulièrement passionnante, compte tenu de la personnalité de notre guide qui a su nous présenter de belle manière la vie du circuit et toutes ses petites histoires qui ont fait et font vivre ce célèbre circuit.

Les participants se sont ensuite regroupés au Musée automobile ou Denis en a profité pour distribuer des petits cadeaux offerts par l'ATF. Nous nous sommes ensuite dispersés ravis de cette journée au programme attractif.

Marie GLACET // // // // //
Denis ROUSIÈRE - ATF // // // // //

sur le circuit : « Le Président Hollande allait donner un départ quand un sniper annonce un danger et un garde du corps l'a évacué immédiatement. Il n'a pas assisté au départ de la course ». Il a eu la chance de rencontrer autant de chefs d'états que de mafieux (« parfois les mêmes ! » dit-il), que des artistes tels que Coluche, adorable, ou Johnny, très simple, contrairement au jeune Schumacher de l'époque. Il nous présente quelques particularités telles que la formation des chauffeurs anti attentats, ou la création du double-rétroviseurs pour surveiller la pose éventuelle de bombes sur les voitures...

il appartient aux collectivités locales, et est aux normes pour les 24 heures du Mans. L'événement est très lucratif pour la ville, la région, la France et l'Europe.

- Pour comprendre la rentabilité du circuit il faut savoir par exemple que pour la formule 1, c'est le circuit qui doit payer les équipes au contraire des 24 h du Mans qui invite les équipes à participer financièrement. De ce fait, les équipes de formule 1 ne sont plus conviées au Mans.
- Il y a 45 personnes qui travaillent sur le circuit en permanence.



Saint-Eloi Est au lycée Henri Loritz



Ensuite Didier KECK nous a fait une présentation sur l'ensemble des formations post baccalauréat et nous a expliqué comment fonctionnait le recrutement des étudiants. Les professeurs de fonderie Philippe BEITZ, Laurent HENRIOT et Yvon ARZUR étaient présents et nous ont donné des informations sur le moyen de recruter des apprentis et des étudiants après leur formation.

Ensuite nous avons pu visiter les différents ateliers, contrôles non destructifs, tomographie, radiographie, ultra-sons et autres contrôles plus courants. Nous avons aussi visité les moyens de productions additives, la partie strato-conception qui permet de faire des modèles et enfin l'atelier de fonderie fine qui permet de fabriquer des objets en lien avec les métiers de la bijouterie.

Nous avons terminé la journée par un repas convivial et très sympathique.

Bernard TARANTOLA // // // // //

Le lycée a fêté ses 180 années d'existence et nous faisons honneur à notre passage sur ses bancs de formation de la fonderie. Nous avons été accueillis le 13 décembre 2024 par Madame Marie-Christine KURASIAK Cheffe de l'établissement, Didier KECK Directeur Délégué aux Enseignements Technologiques et Professionnels et Laurence LOCHE Coordinatrice pédagogique apprentissage chez GRETA Lorraine Centre UFA Loritz. L'accueil a été très convivial autour d'un café de bienvenue.



APÉRITIF DES FONDEURS

JEUDI 13 MARS 2025
DE 12H00 À 15H00

L'équipe de l'ATF sera ravie de vous accueillir et de vous rencontrer lors de son traditionnel apéritif des fondeurs organisé sur le stand de :

FONTREY, HALL 6H83

La participation à ce dernier ne nécessite aucune pré-réservation.



OÙ SE RETROUVER ?

- SALON GLOBAL INDUSTRIE - EUREXPO À LYON
- STAND FONTREY - HALL 6H83

FONTREY

GLOBAL
INDUSTRIE **GI**

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

JEUDI 13 MARS 2025
À PARTIR DE 17H00

17h00 : ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'ATF À L'HÔTEL & SPA DE CHASSIEU
Lieu : 82 Route de Lyon, 69680 CHASSIEU

19h00 : APÉRITIF

19h30 : DINER AU RESTAURANT DE L'HÔTEL

Un courrier contenant les documents nécessaires à la participation à cette AGO va être envoyé à tous les adhérents de l'ATF pour l'année 2024 mais seuls les adhérents à jour de leur cotisation 2025 participeront au vote.

Nous vous attendons nombreux pour cette AGO où les idées développées et validées par le bureau seront présentées dans le cadre des actions menées au cours de l'année.





Journée d'Action Régionale Nord Île-de-France



Journée moulage pour petits et grands au Lycée Gustave Eiffel à Armentières !

Les membres du bureau ATF et AAESFF Nord et Île-de-France remercient tous ceux qui ont contribué à la réussite de la dernière Journée d'Actions Régionales qui a eu lieu le samedi 30 novembre, au sein du lycée Gustave Eiffel d'Armentières.

Un grand merci au lycée Gustave Eiffel d'Armentières qui nous a accueillis magnifiquement ce samedi matin. Merci pour l'implication des équipes du lycée lors de cette journée.

Nous adressons nos remerciements aux participants, ainsi qu'à Benoît SANTRAINE et Elie DELAETER pour leur disponibilité et le partage de leur savoir-faire. Merci aussi à leurs élèves qui sont venus renforcer l'expertise en enfin merci à Nicolas ARMINGAUD, Chef des travaux du lycée qui nous a permis cette visite.

Cette journée moulage et coulée au lycée Gustave Eiffel a été très ludique et conviviale et suscitera fort probablement des vocations fonderie pour les plus jeunes participants, ravis de découvrir ces métiers concrets, fascinants et indémodables.

➤ RÉSUMÉ DE LA JOURNÉE

Une petite trentaine de personnes, fondeurs ou novices en fonderie, adultes et enfants se sont réunies ce samedi 30 novembre au lycée Gustave Eiffel d'Armentières pour la Journée d'Actions Régionales Nord Ile de France ATF-AAESFF.

Ils ont goûté au plaisir du moulage en sable à l'huile, dirigés par les spatules et fouloirs de Benoît SANTRAINE et Elie DELAETER, 2 professeurs passionnés de la fonderie. Les artistes ont pu repartir avec leurs œuvres en alliage d'aluminium, ce qui restera pour eux sans aucun doute un souvenir impérissable de cette belle demi-journée.

Nous nous sommes ensuite retrouvés au Café de la Grand'Place de Ploegsteert qui est un excellent restaurant de spécialités locales (poulet au maroilles, potjevleesch, carbonade flamande...) où la convivialité et la bonne ambiance ont perduré jusqu'en milieu d'après-midi.

Nous avons enfin terminé cette journée avec une note un peu plus culturelle et toujours



Présentation du lycée Gustave-Eiffel d'Armentières

Nous sommes dans un cadre exceptionnel où se côtoient des élèves, des apprentis, des étudiants, dont certains sont internes. C'est un lieu chargé d'histoire puisque ce lycée a été fondé il y a 130 ans pour former les professionnels d'élite dont l'industrie avait besoin.

Le lycée Gustave-Eiffel est un lieu de culture ouvert sur la ville. Il propose une option théâtre, une semaine culturelle avec un thème annuel : l'Europe, la transition écologique et le développement durable, l'écologie... Il propose également un atelier de formation à l'esprit critique dès la classe de première. C'est un lycée où l'on réussit, quelle que soit sa voie de formation et un lycée où il fait bon vivre dans un cadre spacieux et agréable.

Tradition d'excellence

« Cette tradition d'excellence reste inscrite dans la culture du lycée et dans son projet d'établissement. Il s'agit d'accompagner et de conduire chaque élève dans une voie de réussite vers le plus haut niveau de diplôme possible, en fonction de ses capacités et de son projet. »



Les chiffres

Le lycée accueille 1400 élèves.

C'est d'abord un lycée général de 600 élèves avec une identité scientifique affirmée.

Il prépare aussi 300 élèves au baccalauréat technologique, soit en STI 2D, soit en STL.

Le lycée Gustave-Eiffel propose également un enseignement professionnel pour lequel il possède des plateaux techniques de qualité et des formations rares dans le domaine industriel.

Chaque année, il forme 200 élèves de bac professionnel et 200 étudiants de BTS, dont certains en apprentissage.

Il accueille enfin une centaine d'étudiants en classe préparatoire, qui préparent les concours d'entrée aux grandes écoles et les réussissent, notamment le concours d'entrée à l'École nationale supérieure des arts et métiers.



aussi sympathique en visitant le musée de la Ruralité de Steenwerck. Nous y avons côtoyé les métiers passionnant de l'aire industrielle des 19^e et 20^e siècles qui permettaient aux villageois de vivre en toute autonomie grâce aux richesses locales.

> LE LYCÉE GUSTAVE-EIFFEL D'ARMENTIÈRES

Un lycée avec une histoire

L'École est construite en 1887 avec pour objectif la formation et l'enseignement des futurs ouvriers, contremaîtres et chef d'atelier dans les usines. Elle est construite par Charles CHIPIEZ, architecte du gouvernement et ancien élève de VIOLLET LE DUC. L'ensemble est constitué d'une vingtaine de bâtiments Ateliers généraux pour le travail du bois et du fer, ateliers spéciaux pour le travail du tissage et de la filature, gymnase, l'économat, infirmerie et maison du directeur. L'École est même dotée de sa propre cheminée et de son propre château d'eau. La symétrie des bâtiments et l'utilisation des briques vernissées du verre et du fer en font un ensemble architectural remarquable.

Pendant la première guerre mondiale, l'école est réquisitionnée par l'armée anglaise et reconvertie en usine de guerre fabrication d'armes, hôpital militaire, recherches sur les gaz de combat et même salle des fêtes pour remonter le moral des troupes. L'École entière est militarisée à partir de 1917. L'École est désertée, car trop souvent visée par les tirs d'obus allemands. En ruine au lendemain de la guerre, l'école est reconstruite à l'identique et rouvre ses portes en 1921. Même si elle connaît d'autres dommages pendant la seconde guerre mondiale. Plus tard, l'école devient un lycée technique régional, puis lycée scientifique et technique et enfin lycée Gustave-Eiffel.

> ZOOM SUR LE BTS FONDERIE

Voie scolaire & voie par apprentissage

COMPÉTENCES DÉVELOPPÉES

- CONCEVOIR et DÉFINIR des pièces à produire par un procédé de fonderie.
- MAÎTRISER et SUIVRE des process de fonderie.
- ANALYSER et INTERPRÉTER des résultats d'essai.

PRÉ-REQUIS :

- Bac général.
- Bacs technologiques.
- Bacs professionnels industriels.
- Qualités attendues : Créativité, esprit d'analyse, travail en équipe, organisation, communication.

ATELIER

- 400 M2 d'atelier industriel.
- Unité de production.
- Laboratoires d'analyses.

SALLE

- 1 salle de conception assistée par ordinateur.

LOGICIELS

- Solidworks, TopSolid, CES, NovaFlow, Office.

POURSUITES D'ÉTUDES

- École d'ingénieurs (École Supérieure de Fonderie et de Forge).
- Prépa ATS.
- Licence PRO.
- Formations complémentaires (technico-commercial, design, ...).

> LES POINTS FORTS DE CETTE JOURNÉE

Une mise en route de la journée autour de viennoiseries et de boissons matinales a permis à chacun de faire connaissance et de lancer les discussions entre les différents participants qui n'ont pas tardé à s'équiper des EPI nécessaires pour attaquer le moulage.



FAIT MARQUANT

Accueil cérémonie de remise des diplômes MOF « Meilleurs Ouvriers de France »

La cérémonie de remise des diplômes « Un des Meilleurs Ouvriers de France » s'est tenue au lycée Gustave Eiffel le mercredi 10 juillet sous la présidence de Luc CHATEL, président du COET-MOF (Comité d'Organisation des Expositions du Travail et de l'examen « Un des Meilleurs Ouvriers de France ») et ancien ministre de l'Éducation Nationale, et en présence de Valérie CABUIL, rectrice de la région Hauts-de-France et de l'Académie de Lille.

Cette cérémonie est une ode à l'excellence et au savoir-faire artisanal français, célébrant ceux qui perpétuent avec passion et dévouement les traditions tout en s'adaptant aux défis contemporains. Chacun a été encouragé à continuer à innover et à transmettre leur savoir-faire aux générations futures.

Nos hôtes avaient tout anticipé en préparant les tables de moulage où des équipes de mouleurs se sont rapidement formées.





Des moules de toutes natures ont vu le jour. Les classiques tortues, salamandres, médaillons, têtes d'animaux, ou encore des statuette et même des Play-mobils ont créé l'émerveillement de tous et surtout des jeunes mouleurs !

Les moules étant terminés, la phase de coulée a été prise en charge par nos hôtes, devenus couleurs pour l'occasion.

Les jolies œuvres réalisées avec le plus grand succès n'avaient plus qu'à être ébarbées et polies dans la bonne humeur générale.

Pour conclure la matinée et ces travaux pratiques « fonderie », un apéritif a permis à chacun d'échanger encore et de parler de ses œuvres.

Merci encore à tous les participants et à notre hôte le lycée Gustave Eiffel !

➤ LA SUITE AU RESTAURANT...

Après cette magnifique matinée de moules, coulées, décochages et ébarbage, une bonne partie du groupe est restée pour le déjeuner.

Nous nous sommes donc ensuite rendus au Café de la Grand'Place du Ploegsteert pour poursuivre ce moment de convivialité autour



d'une bonne table riche en spécialités locales succulentes et où les assiettes étaient généreusement garnies.

Outre le fait que nous en avons profité pour lever notre verre en l'honneur de notre Saint patron Eloi, le moment était propice à revenir sur nos expériences de la matinée et de nourrir de nombreuses discussions autour de nos professions et autres passions.

> ... ET AU MUSÉE

Après le plaisir des papilles, celui de l'esprit. Quelques-uns parmi nous ont terminé cette journée avec une note un peu plus culturelle et toujours aussi sympathique en bénéficiant d'une visite privée du musée de la Ruralité de Steenwerck. Nous y avons côtoyé les métiers passionnants de l'aire industrielle des 19^e et 20^e siècles qui permettaient aux villageois de vivre en toute autonomie grâce aux richesses locales.

Ce musée est d'une richesse incroyable ! Tant de métiers et tellement d'objets pour en témoigner. Nos yeux ne savent plus où regarder et notre esprit s'évade dans d'autres temps !

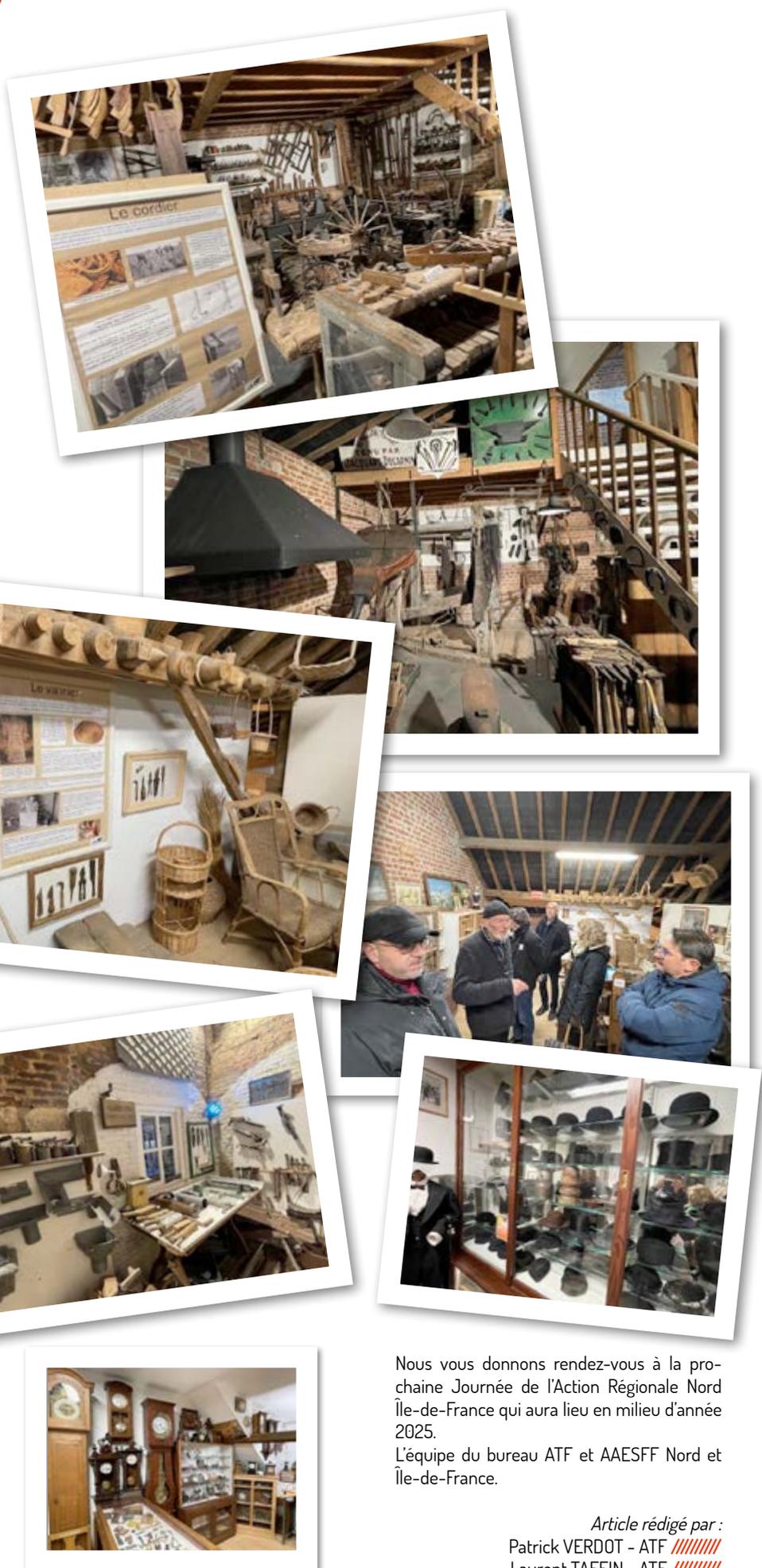
Un voyage au cœur de votre mémoire

Ouvert au public depuis 1987, grâce au syndicat d'initiative de Steenwerck, le Musée de la Vie Rurale présente aux nouvelles générations les activités de la ferme, les activités du village et les aménagements des habitations du début du 20^e siècle. Le Musée de la Vie Rurale est le lieu idéal pour vos sorties en famille. Dans un cadre ludique et enrichissant, les anciens transmettent leur savoir aux plus jeunes. Rien ne manque : les machines agricoles, l'habitation, les artisans, les commerces, l'école...

Plus de 30 reconstitutions, disséminées dans une vaste ferme datant du début du 18^e siècle, vous font voyager dans le temps jusqu'en 1950.

De la cave au grenier, tout se visite, en passant par le potager, la pâture et l'arboretum. La promenade dans le temps se termine à l'estaminet « A la gaieté », où de nombreux jeux traditionnels attendent petits et grands.

Le Musée est aussi un lieu à vocation culturelle, il accueille régulièrement des spectacles : concerts, contes, théâtre, poésie, expositions (peinture, sculpture, photo).



Nous vous donnons rendez-vous à la prochaine Journée de l'Action Régionale Nord Île-de-France qui aura lieu en milieu d'année 2025.

L'équipe du bureau ATF et AAESFF Nord et Île-de-France.

Article rédigé par :
Patrick VERDOT - ATF
Laurent TAFFIN - ATF

PRESS RELEASE • 12 DECEMBER 2024

**European Foundry Industry Sentiment,
November 2024:
FISI reflects persistent
challenges amid global instability**

In November 2024, the European Foundry Industry Sentiment Indicator (FISI) edged down slightly, moving from 90.0 in November to 89.6. This decline underscores the ongoing challenges within the foundry sector, exacerbated by economic and geopolitical turbulence. Meanwhile, the Business Climate Indicator (BCI) displayed a modest improvement, rising from -0.93 to -0.77, indicating cautious optimism in broader industrial expectations.

Key client industries such as construction and automotive remain under strain. The construction sector continues to grapple with high interest rates, limiting investment in infrastructure projects and reducing orders for cast components. The automotive industry, still adapting to the transition towards electric vehicles, faces sluggish demand for specialized castings, further dampening production outlooks. Adding to these challenges is the election of Donald Trump as U.S. president-elect, a development that has introduced new uncertainties into the global economic landscape. Trump's policies, which historically emphasized protectionism and aggressive trade measures, have raised concerns over potential new tariffs, trade disruptions, and supply chain realignments. For European manufacturers, this could translate into higher costs and restricted market access, particularly if his administration follows through on proposed tariffs targeting Chinese and European goods.

The ongoing Russia-Ukraine conflict continues to pose challenges for global trade and supply chains, but its impacts have evolved. Traditional supply routes remain disrupted, particularly in the Black Sea region, complicating logistics for energy and agricultural commodities. However, businesses have increasingly adapted through regionalizing supply chains and securing alternative sources. Despite these adjustments, energy costs and inflationary pressures persist, influenced by sanctions and market volatility. The war has underscored the importance of supply chain resilience, prompting shifts such as "friend-shoring" and enhanced inventory strategies to mitigate risks. These developments also reflect broader geopolitical shifts, as nations reevaluate dependencies on critical raw materials from conflict zones.

As the year concludes, the foundry sector faces a volatile mix of risks and opportunities. While cautious optimism exists in some areas, overall sentiment suggests that many players are bracing for continued uncertainty into 2025.

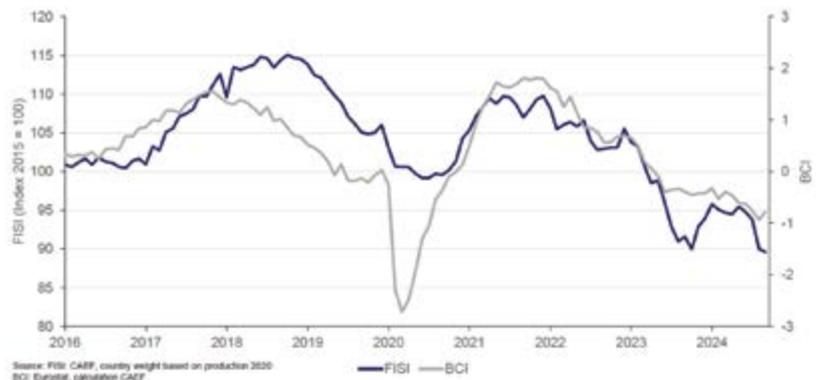
The **Business Climate Indicator (BCI)** reversed its prior decline, improving from 0.93 to 0.77 in November. This modest rise suggests slight optimism in Europe's manufacturing outlook despite persistent challenges. Critical sectors such as automotive, construction, and machinery continue to face headwinds from sluggish global demand and high production costs, exacerbated by geopolitical uncertainties.

Additionally, manufacturers are increasingly implementing efficiency measures and digital transformation strategies to counteract cost pressures and position themselves competitively for 2025. This improvement in the BCI, though tentative, reflects a recognition that with strategic adjustments and resilience, Europe's industrial base can weather the uncertainties of a challenging global environment.

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

The **BCI – Business Climate Indicator** – is an indicator published by the European Commission. The BCI evaluates development conditions of the manufacturing sector in the euro area every month and uses five balances of opinion from industry survey: production trends, order books, export order books, stocks and production expectations.

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



EFF contact:

Johannes KAPPES

Secretary Commission for Economics & Statistics
phone: +49 211 68 71 – 291
e-mail: info@eff-eu.org



Projet à grande échelle pour Eirich : une technologie de fonderie de pointe pour Atik Metal en Turquie

Atik Metal, entreprise leader dans l'industrie de la fonderie en Turquie, collabore avec Eirich avec succès depuis plus de 40 ans. Aujourd'hui, Eirich démontre une nouvelle fois son expertise dans le cadre d'un projet de construction de l'une des plus grandes et modernes fonderies de Turquie, à Aliaga. La mise en service d'une sablerie ultramoderne, comprenant la technologie de mélange sous vide et un système de contrôle innovant, a été achevée dans les temps avec un client entièrement satisfait.

➤ DÉFI DANS LA PRÉPARATION DU SABLE

Atik Metal avait pour objectif de construire une fonderie ultra-moderne, qui non seulement offrirait la plus haute qualité de pièces

en fonte, mais établirait également de nouveaux standards en matière de flexibilité et d'efficacité énergétique. Avec une capacité de traitement de **616 m³ de sable par heure**, la nouvelle usine devait être en mesure de répondre aux exigences très différentes de deux lignes de moulage avec une qualité de sable parfaite et régulière. Une des tâches particulièrement difficiles serait de garantir un approvisionnement en sable flexible, avec un niveau de disponibilité élevé.

➤ LA SOLUTION D'EIRICH : LA TECHNOLOGIE EVACTHERM® ET CONTRÔLE INTELLIGENT DES PROCESSUS

Pour ce projet d'envergure, Eirich s'est appuyé sur sa technologie EVACTHERM®, qui avait déjà obtenu des résultats impressionnants par le passé chez ce client. Au cœur de ce système, Eirich a fait le choix d'installer **quatre grands malaxeurs RV32Vac** (150 t de sable préparé par heure et par malaxeur), avec

tourbillons équipés de moteurs haut couple garantissant efficacité énergétique optimale et réduction des émissions sonores. Pour cette sablerie ultra-moderne, Eirich a décidé d'intégrer le moyen de contrôle le plus complet jamais commercialisé, son **Qualimaster AT1 Profiplus**, ainsi que son système d'analyse de données intelligent, le logiciel SandExpert. Cet ensemble, à la pointe de la technologie du sable à vert, calcule de manière prédictive, la juste régénération nécessaire du sable de retour afin de délivrer une qualité de sable de moulage optimum et ce de manière constante.

En détail, le Qualimaster mesure l'aptitude au serrage et le cisaillement sur chaque malaxée produite (en seulement 40 secondes). Ensuite, le logiciel SandExpert compile ces données avec la qualité de sable nécessaire pour réaliser les prochaines séries de moules. Il en déduit les corrections à faire au malaxeur (sable neuf, bentonite, noir, fines, eau). De cette façon, lors d'un changement de production, le logiciel calcule automatiquement

la composition idéale du sable de moulage. En procédant ainsi, la qualité du sable de retour reste identique indépendamment des pièces produites. Atik dispose donc d'un système de gestion très efficace offrant une flexibilité maximale dans la planification de la production, ainsi que des processus stables et des résultats reproductibles. En plus des contrôles d'aptitude au serrage et de cisaillement, le QualiMaster AT1 offre également la possibilité de mesurer d'autres données clés du processus telles que la perméabilité, l'élasticité et la déformabilité.

> DU PROJET À LA MISE EN SERVICE

Le projet a débuté en 2019 avec la phase de planification. La commande a été passée en juillet 2021 et la sablerie a été mise en service avec succès à l'automne 2023. Grâce à l'étroite collaboration entre Eirich et Atik Metal, notamment par le biais de l'équipe de direction autour de Mehmet ATIK, le projet a été livré dans les délais prévus, et sans aucune complication. Les experts d'Eirich ont fourni un soutien étroit tout au long du projet, de la

planification à la mise en service, en se coordonnant régulièrement avec tous les autres fournisseurs impliqués.

> SUCCÈS MESURABLES : PEAU DE PIÈCE PARFAITE ET PEU DE REBUTS

Les résultats parlent d'eux-mêmes : Atik Metal profite aujourd'hui des avantages d'une sablerie parmi les plus modernes au monde. La qualité constante du sable de moulage a permis d'éliminer les défauts de surface. Mehmet ATIK est ravi : « C'est un système de tout premier ordre, et nous obtenons une peau de pièce parfaite. Grâce à la technologie du vide, les problèmes que nous avions avec les défauts de surface depuis 50 ans disparaissent désormais au passé. Les premiers clients à nous rendre visite ont également été impressionnés. La fiabilité de la gestion du sable est la clé de voûte de notre système qualité, car sans elle, toute la fonderie s'arrête. Les nouveaux systèmes de contrôle et l'ensemble de la technologie Eirich nous permettent d'être bien préparés pour l'avenir. » La flexibilité du système, qui permet à chaque

mélangeur d'alimenter n'importe quelle machine de moulage, aura également un impact significatif et aidera à améliorer l'efficacité de la production.

> FAIRE CONFIANCE À SES PARTENAIRES EST LA CLÉ D'UN GRAND PROJET

Le succès de ce projet est le résultat de plusieurs années de partenariat entre Atik Metal et Eirich. La combinaison de technologies de pointe, de solutions personnalisées et d'une collaboration étroite tout au long du projet, a permis d'aller encore plus loin que les attentes de notre client. La nouvelle fonderie d'Atik Metal établit de nouveaux standards dans l'industrie et peut être considérée comme un exemple de la force d'innovation et de l'expertise d'Eirich.

« Grâce à notre technologie, les fonderies peuvent réduire leur taux de rebut global, réduire leurs coûts énergétiques de 10 % et réduire le besoin d'aspiration des poussières de 40 %. La réduction significative de 50 % du poste de parachèvement est particulièrement remarquable, car elle est largement due à la qualité constante du sable de moulage. Ces possibilités d'optimisation ont une influence considérable sur l'efficacité et la rentabilité d'une fonderie dans son ensemble - un succès qui montre à quel point les technologies modernes de préparation du sable peuvent être pointues », déclare Georg SANS, chef de projet chez Eirich.

Ce projet à grande échelle en Turquie offre une démonstration chiffrée, de la façon dont on peut atteindre un succès durable grâce à l'utilisation d'une technologie de pointe et d'une planification intelligente. Atik Metal est désormais dans la meilleure des positions pour répondre aux exigences croissantes du marché de demain.

Nicolas JASINSKI // // // // //
EIRICH





GIFA Mexico 2024

Le salon GIFA Mexico 2024 fête ses débuts réussis : une participation internationale record et un enthousiasme dans les halls d'exposition assurent un rayonnement mondial.

Le salon GIFA Mexico, qui s'est tenu du 16 au 18 octobre 2024 en parallèle avec le salon FUNDEXPO, déjà bien établi, au Centro Citibanamex de Mexico, s'est terminé avec un succès retentissant, attirant plus de 4 700 visiteurs professionnels du Mexique, d'autres pays d'Amérique latine, des États-Unis et du Canada. En tant que nouveau salon du portefeuille « Bright World of Metals » de Messe Düsseldorf, GIFA Mexico a ainsi établi de nouvelles normes pour le secteur de la fonderie en Amérique latine.

➤ 344 EXPOSANTS

344 exposants de 16 pays ont présenté des innovations technologiques en matière de fonderie sur plus de 15 000 m² de surface d'exposition. Qu'il s'agisse de machines et d'équipements pour la coulée au sable et en coquille, l'usinage des métaux, le fraisage ou la coulée sous pression, presque tous les fabricants concernés ainsi que les prestataires de services et les consultants étaient représentés. Outre les fournisseurs d'Amérique latine, des entreprises internationales, notamment de Chine, d'Italie, d'Espagne, d'Allemagne et des États-Unis, y ont participé. Pour la première fois, des entreprises de Turquie et d'Inde étaient également présentes, deux États qui découvrent de plus en plus le Mexique comme un marché attractif. Cela souligne l'importance internationale croissante du salon.

Malte SEIFERT, directeur des métaux et des technologies autonomes de Messe Düsseldorf,

a résumé avec enthousiasme les impressions des trois jours du salon : « *Le premier GIFA Mexico est derrière nous et nous sommes encore sans voix. Le nombre de retours positifs et les nombreuses opportunités commerciales qui en ont résulté ces derniers jours ont largement dépassé nos attentes. Ce n'est que le début et nous sommes impatients de soutenir le développement futur du marché mexicain (...). En collaboration avec notre partenaire FUNDEXPO, nous poursuivons l'objectif de faire de GIFA Mexico/FUNDEXPO l'un des 4 meilleurs salons mondiaux de l'industrie de la fonderie à moyen terme.* »

Bruno JARAMILLO, directeur de FUNDEXPO, a également exprimé sa grande satisfaction : « *Nous sommes très satisfaits des résultats de FUNDEXPO/GIFA Mexico 2024, la réaction des exposants et des visiteurs a été unanime et a souligné la pertinence du salon pour le secteur. Nous travaillons déjà sur le prochain événement qui se tiendra à Monterrey, Nuevo León en 2026, où nous donnerons de nouvelles impulsions au développement de l'industrie de la fonderie et de la métallurgie au niveau international.* »

Le GIFA Mexico a également rencontré un vif succès auprès du public international. Patricio GIL, ancien président de l'AFS et entrepreneur dans le secteur de la fonderie, a fait l'éloge de l'événement : « *On peut s'attendre à un bon événement (...) je suis agréablement surpris. Le Mexique a un énorme potentiel et ce lancement s'est avéré extrêmement réussi.* » De nombreux exposants ont partagé cet enthousiasme et ont salué la grande qualité des

visiteurs professionnels. Jürgen LAMPARTER, directeur des ventes chez Oskar Frech GmbH, a également rendu un verdict positif : « *Nous nous sentons très à l'aise au Mexique et FUNDEXPO GIFA Mexico nous offre une plate-forme exceptionnelle.* »

➤ PROGRAMME DE SOUTIEN AVEC UNE FORTE PARTICIPATION

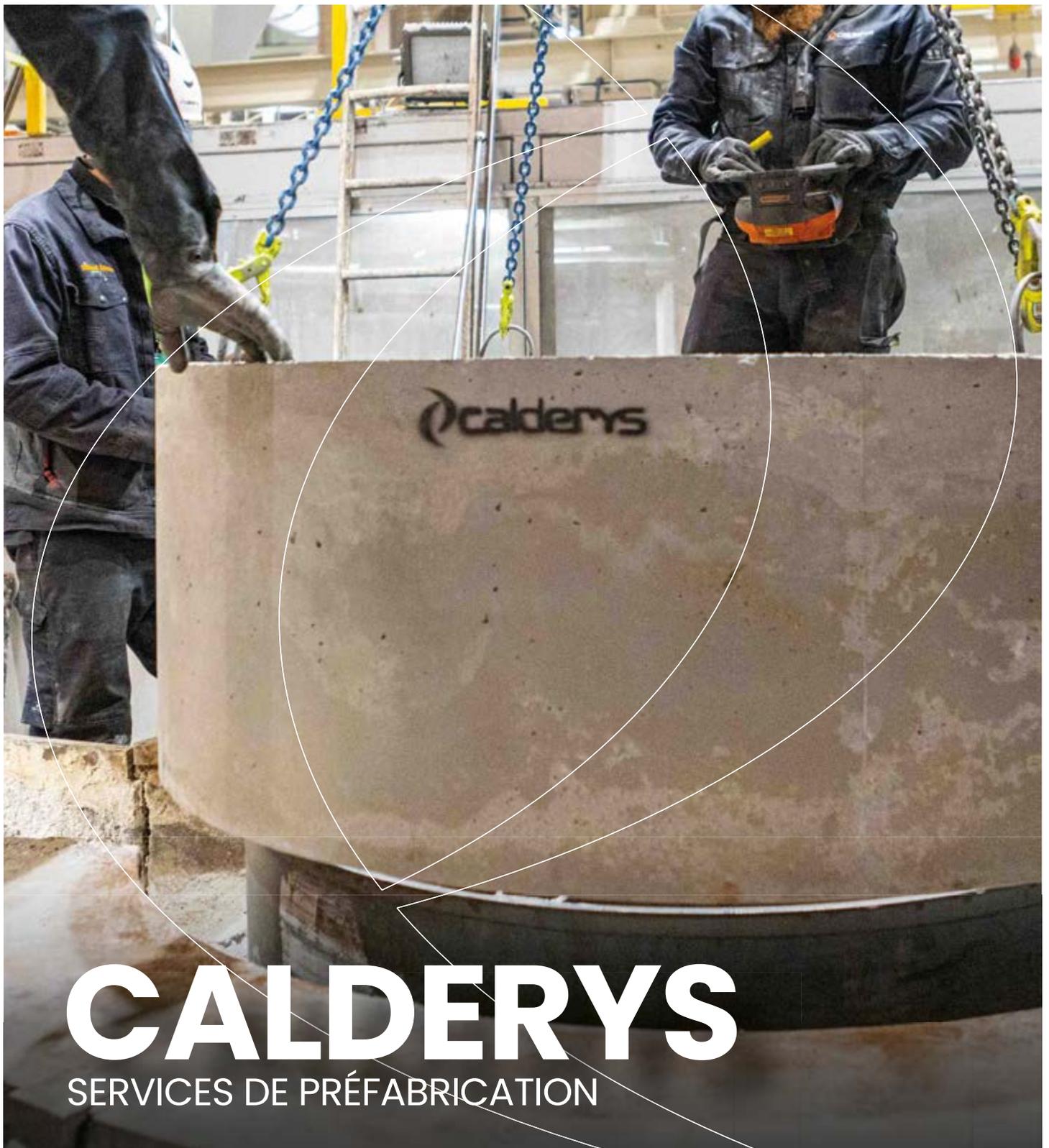
Les points forts du programme de soutien avec plus de **80 conférences** et événements comprenaient le Global Foundry and Metallurgy Summit et le panel « *Women in Metalcasting* ». En plus du salon, diverses visites d'usines et séminaires ont été organisés en amont, ce qui a permis aux participants d'avoir un aperçu plus approfondi du secteur de la fonderie au Mexique.

À la demande de l'industrie, le prochain GIFA Mexico/FUNDEXPO se tiendra du 28 au 30 octobre 2026 à Monterrey (nord du Mexique).

FUNDEXPO – le 28 Octobre 2024

FUNDEXPO est depuis un demi-siècle le principal salon et forum de l'industrie de la fonderie au Mexique. Il est organisé par l'association mexicaine des fonderies « *Sociedad Mexicana de Fundidores, A.C. (SMFAC)* » en coopération avec Messe Düsseldorf.

Guillaume ALLART – Président de l'ATF //



CALDERYS

SERVICES DE PRÉFABRICATION

- Un gain de temps et une simplification pour le regarnissage de vos fours, poches et autres unités de production
- Un large éventail de pièces, géométries et dimensions
- Un service d'étude et d'ingénierie adapté à vos procédés
- Une production variée : de la pièce unitaire aux pièces en série
- Un service rapide et flexible grâce notamment aux techniques de moules imprimés en 3D



www.calderys.com



La réindustrialisation passera-t-elle par les ambitions commerciales des constructeurs chinois ?

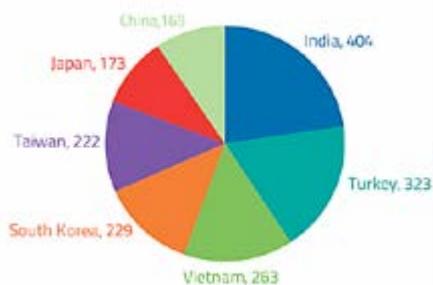
Une question qui marque les esprits : **que sera la France (et l'Europe) dans 20 ans ?** Le tissu industriel s'est replié depuis bientôt 50 ans à la faveur des consolidations et restructurations qui avaient pour but d'orienter le pays vers des industries moins polluantes mais plus demandeuses de main d'œuvre qualifiée. L'usine du monde s'est éloignée vers l'est qui ne demandait que de pouvoir assimiler les technologies et volumes nécessaires à se développer. Mais aujourd'hui ces mêmes pays qui sont devenus nos fournisseurs de produit de consommation, sont à leur tour devenus surproducteurs en bien de consommation et s'orientent vers nos marchés dans une volonté de répondre à nos besoins sophistiqués.

Nous voyons en particulier dans les transports naître cette stratégie de remplir nos marchés avec l'aide des changements environnementaux qui prennent tout le monde à la gorge. L'économie chinoise est en fort ralentissement, ses usines souvent largement subventionnées débordent, ses produits sont écoulés à l'exportation, à des prix imbattables mettant à mal de nombreux secteurs industriels en Europe. Nouvelles technologies qui demandent des matériaux que nous n'avons pas, des usines adaptées et des investissements colossaux que nous hésitons à faire. Il n'est plus question de protéger nos acquis mais de marcher vers un futur qui sera avec ou sans notre production. La production est indispensable et la pression financière toujours plus persistante. Nous avons des concurrents avides de dépasser leurs frontières pour poursuivre leur croissance, nous avons un tissu industriel largement endommagé qui lutte pour sa survie.

Total Exports to third countries
Finished Steel Products
(metric tonnes)



EU Finished Steel Imports by country
Finished Steel Products
(monthly '000 metric: tonnes)



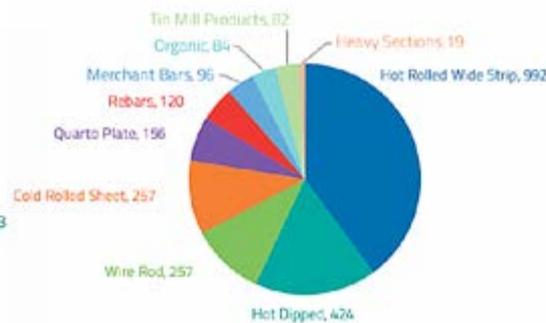
Les symboles en manquent plus, de l'énergie aux transports les produits manufacturés envahissent nos marchés, mais les taxes d'importation peuvent-elles encore infléchir le flow des productions ? Avons-nous les moyens de limiter les importations aux biens courants et forcer l'industrialisation locale des produits lourds ou techniques. Seul le futur saura nous dire si le « made in Europe » saura créer des opportunités de fabrication vers nos usines et forcer une collaboration plus vertueuse que la concurrence brutale sur les prix. Des usines de construction automobiles doivent voir le jour en Europe : Italie, Pologne, Serbie) à même temps que les réseaux pré-existants de nos constructeurs sachent incorporer les produits importés dans leur gamme de production, vente et maintenance.

Une lutte technologique et commerciale sous perfusion ?

Nous sommes dans une dépendance importante pour les matières premières, mais toujours compétitif en innovation. Les importations européennes sont passées de zéro à 12 milliards d'euros en cinq ans, avec des marques comme BYD et MG soudain découvertes par le grand public. Il y a aussi les importations européennes de chimie organique (+ 34 % en cinq ans) ou celles des matières plastiques, qui ont presque doublé. En un an, les investissements dans la métallurgie ont bondi de 10 %, de 18 % dans le VE et de 34 % dans les équipements électriques.

En 10 ans le déficit commercial de l'union européenne avec la Chine a

EU Finished Steel Imports by product
Finished Steel Products
(monthly '000 metric: tonnes)



triplé, et rien n'indique que parviendrons à infléchir cette situation malgré les annonces sur la politique industrielle à se développer pour reprendre un tant soit peu nos marchés intérieurs. Si les volontés sont là pour voir la menace nous prenons toujours trop de temps à définir notre stratégie : santé, bien de consommation, industrie lourde, chimie, énergie... bien des domaines que nous avons délaissé pour profiter de la manne bas coût proposée par l'Asie qui ne demandait qu'à développer sa propre infrastructure.

Parviendrons-nous à nous maintenir comme pays de producteurs ou céderons-nous à la pression de la fabrication asiatique, plus que toujours la décision ne sera pas simplement technologique mais devra aussi passer par la moulinette politique. L'Europe est attractive par son marché intérieur mais aussi par son retard en investissement de production, investissement que nous avons laissé partir au gré des restructuration financières et sociale ; Tout n'est pas qu'un problème d'inflation, d'environnement, de coût de l'énergie, de transition écologique.

Et maintenant pouvons-nous influencer sur notre futur ?

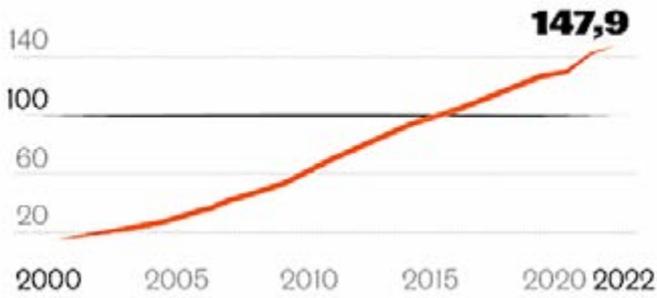
Entre opportunité et menace, prendre position et avancer vers un modèle économique qui protège notre société, maîtriser nos décisions, peser sur notre industrie et reconstruire un futur que nous avons tendance à négliger, voilà la question.

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

Le « Made in China » tourne à plein régime

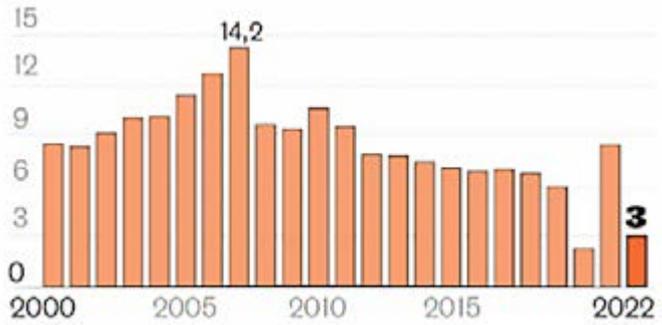
Les usines chinoises accélèrent la cadence

Evolution de la production industrielle de la Chine, base 100 en 2015



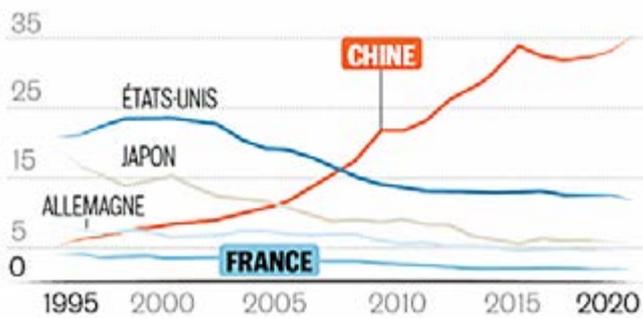
L'économie au ralenti a du mal à absorber le surplus

Evolution du PIB de la Chine, en %



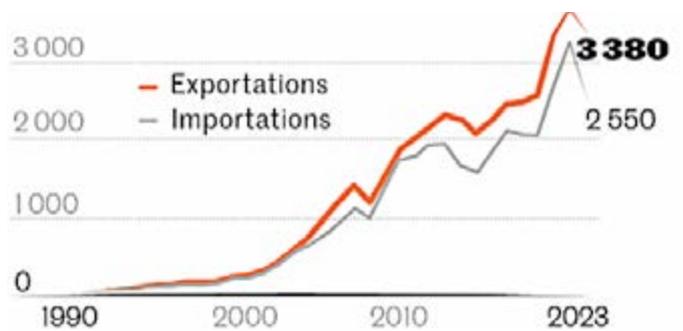
La Chine pèse de plus en plus lourd dans la production mondiale

Part dans la production manufacturière mondiale, en %



Des exportation en forte hausse pour écouler la production

Valeur des exportations et importations chinoises, en milliards de dollars



Infographies *Le Monde*

Sources : Banque mondiale, Bureau national des statistiques chinoises, Statista, OCDE, Wind, China Association of Automobile Manufacturers, Eurostat, BNEF.

Fondeurs,
projetez votre entreprise
dans le futur

INTÉGREZ UN ROBOT
dans votre outil de production

33 (0)2 38 22 08 12 • www.scoval.fr

Représentant officiel :

Options pour l'utilisation des déchets électroniques comme ressource d'alliage : dilution avec des déchets d'aluminium

Iman El-Mahallawi^{1,2,*}, Mahmoud Tash², Mohamed A. H. Gepreel³, Shaza Raji⁴,
Mai Mhamoud¹, Mayar M. Ali¹, Tarek Aly ElMeligy¹
(Mechanical Engineering, University, Egypt)

Les échantillons étudiés ont été préparés en diluant les déchets (constituants métalliques) dans des alliages à base d'aluminium (Al). Les microstructures, la caractérisation des phases et les analyses chimiques ou élémentaires des échantillons préparés ont été étudiées. Les résultats de l'analyse chimique ont montré une augmentation de la teneur en certains éléments tels que le silicium (Si), le fer (Fe), le chrome (Cr), le cuivre (Cu) et le nickel (Ni) par rapport au constituant principal de la charge initiale à base d'Al, ce qui prouve la formation de solutions solides complexes. Tout au long de l'étude, les analyses microstructurales et de phase ont montré la formation d'une phase primaire α -AlFeCrSi en forme de dodécaèdre rhombique au lieu de la phase β -Al₅FeSi en forme d'aiguille. Cela peut s'expliquer par la présence de Cr (ajouté à partir de déchets) qui peut éliminer les effets nocifs des phases intermétalliques primaires riches en Fe en les transformant en solutions solides.

>>> INTRODUCTION

Au cours des 50 dernières années, le monde a connu une croissance technologique considérable. Des versions améliorées et mises à jour des appareils électriques sont développées chaque jour ; ainsi, de nouveaux modèles sont disponibles sur le marché, rendant les anciens modèles obsolètes. En conséquence, d'énormes quantités d'appareils empilés, obsolètes et hors service, connus sous le nom de déchets électroniques, se sont accumulées. Les déchets d'équipements électriques et électroniques (WEEE), ou déchets électroniques, sont bien connus pour leur nature controversée parmi tous les types de déchets, car ils contiennent plus de 1 000 substances [1]. D'une part, ils sont considérés comme une mine d'or car ils contiennent des quantités appréciables de métaux précieux tels que l'or (Au), l'argent (Ag), le cadmium (Cd), le cuivre

L'utilisation croissante d'appareils électroniques a entraîné la production de millions de tonnes d'appareils obsolètes et de déchets électroniques, dont un faible pourcentage est recyclé.

Ce travail vise à ouvrir de nouvelles voies en utilisant les déchets électroniques comme source d'alliage pour produire d'importants alliages industriels plutôt que d'utiliser des éléments purs, ce qui entraîne l'épuisement des ressources terrestres et des risques pour l'environnement.

(Cu), le fer (Fe) et l'aluminium (Al), ainsi que des plastiques et des verres. D'autre part, les appareils électroniques lixivient et émettent des substances extrêmement dangereuses telles que des métaux lourds, des plastiques, des retardateurs de flamme et des gaz appauvrissant la couche d'ozone (fréons), qui affectent la structure et la fonction microbiennes [1] des organismes présents dans l'eau et le sol. Il a également été rapporté que des pourcentages élevés de métaux sont trouvés dans l'urine, le sang et les cheveux des personnes vivant à proximité des sites de recyclage des WEEE [2-4]. Aujourd'hui, les WEEE sont devenus les déchets ménagers dont la croissance est la plus rapide au monde. On estime que la production annuelle de déchets électroniques augmente de 2,6 millions

de tonnes par an, pour atteindre 82 millions de tonnes d'ici 2030, soit une nouvelle augmentation de 33 % par rapport au chiffre de 2022 [5]. Cependant, seuls 15 à 25 % de ces déchets sont recyclés et ce pourcentage est encore plus faible en Égypte, à savoir à peine 5 %. Le reste est jeté dans les décharges ou s'entasse dans les maisons ou dans les bennes à ordures [6]. Le recyclage des déchets électroniques est donc devenu une nécessité.

Il est bien connu que le recyclage des produits électroniques, en particulier des pièces de téléphones et d'ordinateurs portables, est un défi en raison des quantités diverses d'éléments présents. La figure 1 illustre le déroulement général du processus de recyclage des déchets électroniques, qui comprend généralement le démantèlement manuel, le déchiquetage et le broyage pour la réduction de la taille. Vient ensuite la séparation physique des pièces broyées à l'aide d'aimants ou de courants de Foucault pour séparer la poudre métallique des plastiques et des fibres. Ces poudres sont ensuite triées en vue d'un traitement ultérieur et de la récupération des métaux purs [7, 8].

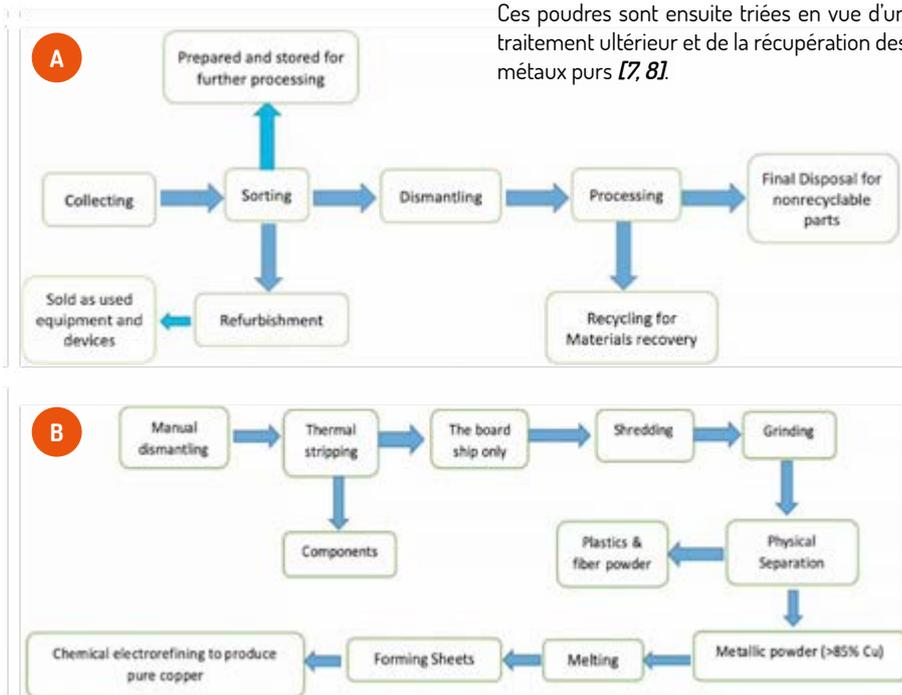


Fig. 1. Schéma illustrant les étapes (a) du recyclage des WEEE et (b) du recyclage des circuits imprimés [7, 8].

Keywords: e-waste, dilution, recycling, aluminum alloys, sustainable

Les études et les statistiques montrent que la plupart des procédés industriels de récupération des métaux utilisent des procédés hybrides qui combinent des méthodes hydro et pyrométallurgiques pour récupérer les métaux précieux non ferreux [9, 10]. Ces procédés utilisent généralement des températures élevées et/ou des solutions aqueuses acides ou alcalines et sont associés à une forte consommation d'énergie et au rejet de fumées toxiques, d'eaux usées très acides et de polluants [11, 12], constituant une menace sérieuse pour la santé publique et l'environnement. Un autre problème grave affectant l'environnement est la production massive d'aluminium. L'époque actuelle est communément appelée « l'ère de l'aluminium » [13] en raison de l'augmentation exponentielle de sa production et de son utilisation dans les produits quotidiens. L'aluminium est rarement trouvé sous sa forme élémentaire en raison de sa forte réactivité, en particulier avec l'oxygène. Différents procédés sont donc utilisés pour obtenir de l'aluminium métal, notamment l'extraction des minerais, le raffinage de l'alumine et la production de fonte. Ces procédés requièrent souvent de grandes quantités d'énergie et en libèrent davantage dans l'atmosphère sous forme de chaleur dissipée [14].

Le monde évolue vers un environnement durable et plus propre pour une meilleure planète. La capacité attrayante d'un métal à être recyclé une infinité de fois sans perdre sa résistance ou sa durabilité répond à ce critère. Au cours de la dernière décennie, quelques études de recherche ont été publiées sur des stratégies alternatives pour traiter le grave problème des déchets électroniques [11, 15-18]. Ces études portaient principalement sur les approches visant à capturer certains des éléments potentiellement toxiques (PTE), d'autres particules et émissions pendant le traitement thermique des déchets électroniques à l'aide d'adsorbants d'alumine. Ces travaux suggèrent que ces approches pourraient jouer un rôle important dans la réduction des émissions toxiques provenant du traitement des déchets électroniques afin d'atteindre des limites sans danger pour l'environnement [15]. Il a été démontré que l'impact des prétraitements mécaniques sur la récupération des ressources, la valorisation de matériaux et l'accumulation d'éléments dangereux se traduisent par des impacts sociaux et environnementaux contraignants tout en améliorant l'efficacité et la rentabilité de la production de ressources à partir des déchets électroniques [11].

Dans une étude sur le **recyclage des smartphones** [16], les auteurs soulignent le manque d'études sur les méthodes pré-extractives, la chimie verte, la récupération des métaux critiques et précieux, la détermination des



Fig. 2 : Pièces métalliques démontées de téléphones portables : (a et b) pièces de maintien en acier inoxydable et (c et d) pièces à base de cuivre du circuit imprimé.

Parts	Weight gram/ elemental %	Si	Cr	Al	Ni	Zr	Sn	Zn	Mn	Cu	Fe	Others
A	13.44	0.4	18.01	-	8.25		0.03	0.19	1.12	0.2	Bal.	-
B	1.79	0.37	18.25	-	7.87		1.09	0.08	1.08	-	Bal.	V 0.08
C												P=9.92
	1.376	0.65	0.92	5.99	19		0.03	0.11	-	Bal.	-	Au=1.50 Pb= 0.04
D												P=4.4
	13.10	5.19	0.08	1.7	10.3	0.01	0.64	0.11	0.1	Bal.	1.02	P=0.7 V=1.57

Tab. 1 : Valeurs de concentration en métaux (% en poids) dans les pièces de téléphones portables utilisées dans cette étude

matériaux prioritaires pour la récupération et les solutions pour les appareils entiers. Ils ont proposé six lacunes dans les études de composition et sept lacunes dans les études de recyclage, qui peuvent être considérées comme des opportunités pour la recherche future. Des études nationales ont également été publiées sur la Chine et la Turquie, qui ont toutes deux démontré qu'il était possible de sélectionner et de mettre en œuvre des stratégies de recyclage et de valorisation appropriées [17, 18].

Il a été démontré que les **cartes de circuits imprimés (PCB)** contiennent plus de 40 éléments, dont l'argent (Ag), l'or (Au), le palladium (Pd) et surtout le Cu, que l'on peut trouver dans un téléphone portable moyen. Cela suggère que les téléphones portables usagés peuvent être une source importante d'extraction de métaux précieux pour la protection de l'environnement et la conservation des ressources [17]. Il est donc plus que nécessaire d'introduire des stratégies alternatives et non conventionnelles dans la communauté pour résoudre ces graves problèmes.

Dans ce travail, une nouvelle idée est adoptée en recyclant et en convertissant les PCB pour produire des alliages d'aluminium industriels conventionnels coulés et corroyés [19, 20] et une nouvelle génération d'alliages en fondant les constituants métalliques des PCB trouvés dans les mobiles et les ordinateurs portables avec des alliages d'aluminium de base. Cette approche repose sur la diversité des alliages d'aluminium, divisés en neuf classes, chacune

basée sur un élément d'alliage principal et une large gamme d'autres éléments d'alliage. Tout d'abord, les auteurs ont examiné plusieurs stratégies afin d'identifier une méthode sûre et durable pour le recyclage des déchets électroniques. Les processus ont été répétés jusqu'à ce qu'une dilution adéquate par les alliages Al principaux soit adoptée. Cette ligne de travail est la première étape vers l'étude de l'idée de récupérer les éléments des PCB en formant de nouveaux alliages secondaires maîtres qui pourraient être utilisés pour le traitement ultérieur des qualités standard. Les échantillons ont été préparés et fabriqués en diluant les constituants métalliques des PCB de téléphones et d'ordinateurs portables inutilisés avec des alliages d'aluminium. Le processus de fabrication vise à remplacer les méthodes dangereuses par un processus de recyclage fiable et durable. Les microstructures, la caractérisation des phases et les analyses chimiques ou élémentaires des échantillons ont été étudiées pour analyser leur nature et leurs propriétés métallurgiques. Ce travail est une première étape pour étudier la validité de la voie adoptée et évaluer les pertes par fusion et le rendement de la récupération.

>>> MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Les échantillons de cette étude ont été préparés en démontant cinq téléphones mobiles et en séparant les parties métalliques de toutes les autres parties telles que les plastiques, les batteries et autres matériaux. Les pièces

métalliques utilisées étaient principalement des pièces en acier inoxydable et des circuits imprimés (principalement en cuivre), comme le montre la **figure 2**. Le **tableau 1** énumère leurs compositions chimiques. Toutes les compositions chimiques ont été détectées à l'aide d'un analyseur à fluorescence X (NitonTM XL3t GOLDD+).

Tout d'abord, plusieurs essais de fusion ont été effectués jusqu'à ce qu'un poids approprié d'Al soit atteint pour former une charge permettant une fusion en douceur des parties mobiles diluées par l'alliage d'Al A6061. Ensuite, deux lots identiques provenant d'ensembles mobiles identiques ont été sélectionnés pour cette étude. Les pièces métalliques démontées ont été déchetées manuellement en petits morceaux. Les déchets restants d'une plaque A6061 ont également été coupés en petits morceaux. Les téléphones mobiles démontés et le poids requis calculé de 269,32 g provenant du rejet de A6061 ont été utilisés pour produire les échantillons A-1, A-2 et A-3. Chaque échantillon a été préparé en diluant les pièces déchetées avec des rejets d'aluminium 6061. La composition chimique de la charge d'entrée des pièces mobiles et l'alliage de base est présentée dans les **tableaux 1 et 2**. Outre l'analyse chimique des pièces présentée dans le **tableau 1**, il convient de noter que les PCB contenaient des puces de silicium (Si), dont l'analyse n'est pas reflétée dans les pièces. Les puces sont composées de Si, d'Al, de bismuth (Bi) et de zirconium (Zr).

La teneur théorique en pourcentage d'éléments dans la charge a été calculée à l'aide d'une balance de charge, et les résultats sont présentés dans le **tableau 3**.

Les processus de fusion ont eu lieu dans différents fours utilisant un petit creuset. L'échantillon A-1 a été préparé dans un four à résistance de fabrication artisanale avec une température atteignant 1150°C. L'échantillon A-2 a été fondu dans un four à arc électrique

(ARCAST 200, USA) sous protection d'une atmosphère d'argon réalisé à l'université égypto-japonaise des sciences et de la technologie. Il a été refondu à l'aide d'un agitateur électromagnétique pour garantir une grande homogénéité. L'échantillon A-3 est une partie de l'échantillon A-2 qui a été coupée et refondue pour la troisième fois dans un four à moufle à une température de 800°C. Les trois échantillons fondus ont été coulés dans un moule en acier pour former des échantillons cylindriques de 30 mm de diamètre et d'environ 50 mm de hauteur.

Différents fours de fusion ont été étudiés afin d'explorer les possibilités de transformation des constituants métalliques des PCB en alliages secondaires qui peuvent être utilisés ultérieurement dans le cadre de la charge pour la fabrication de nuances d'alliage d'aluminium standard. Dans ce travail, lorsque le four à résistance électrique a été utilisé en premier, la principale limitation constatée était la capacité de chauffage limitée qui empêchait d'atteindre la température de fusion nécessaire pour la formation de la nuance de l'alliage. L'augmentation du rapport masse/charge de l'alliage d'aluminium a permis, dans une certaine mesure, de résoudre ce problème. La fusion a été associée à la formation de grandes quantités de scories brûlées à la surface du métal fondu. Le même schéma a été observé dans les échantillons fondus dans le four à arc, associé à la libération d'énormes quantités de fumées et à la formation d'une grande quantité de scories à la surface de l'alliage fondu.

Caractérisation des échantillons

Les microstructures de tous les échantillons ont été étudiées à l'aide d'un microscope optique (Olympus BX41M-LED). Deux appareils SEM (Zeiss LEO Supra 55VP Field Emission et ThermoFisher Quattro S Field Emission Gun, USA) ont été utilisés pour examiner la morpho-

logie des microstructures ainsi que la spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie (EDX). L'identification des phases des échantillons a été déterminée par un diagramme de diffraction des rayons X en utilisant le rayonnement Cu-K α de $\lambda = 0,15406$ nm, 40 keV et 30 mA (Panalytical Empyrean 3, Malverin, Pays-Bas).

Modélisation thermodynamique

Des calculs thermodynamiques ont été effectués à l'aide du logiciel Calculation of Phase Diagrams (CALPHAD) du logiciel OpenCALPHAD pour étudier la stabilité de phase de l'alliage. La méthodologie suivante décrit les étapes entreprises pour modéliser le comportement et la stabilité des phases de l'alliage. La composition de l'alliage a été introduite dans le logiciel avec les concentrations élémentaires précises. Plusieurs bases de données ont été utilisées dans cette étude pour effectuer les calculs d'équilibre de phase, qui comprennent des données thermodynamiques complètes pour les alliages à base d'aluminium. Ces bases de données fournissent des informations essentielles sur les diagrammes de phase, l'énergie libre de Gibbs et d'autres propriétés thermodynamiques [21-24].

Le logiciel a calculé les diagrammes de phase de l'alliage en utilisant la méthode CALPHAD. Il s'agit d'abord de déterminer les phases d'équilibre à différentes températures et compositions, en minimisant l'énergie libre de Gibbs du système, et ensuite de générer les diagrammes de phase qui illustrent les régions de stabilité des phases pour une gamme de températures et de compositions d'alliage. L'énergie libre de Gibbs de chaque phase a été calculée pour évaluer la stabilité de la phase. Le logiciel a calculé l'énergie libre de Gibbs à différentes températures, ce qui a permis d'identifier les phases stables et métastables. Ces calculs ont été essentiels pour prédire les transformations de phase et les régions de stabilité au sein de l'alliage.

- The calculation for Gibbs free energy (G) can be given by:
 $G = H - TS$
 where H is the enthalpy, T is the temperature, and S is the entropy.
- The phase equilibrium condition can be written as:
 $\sum_i n_i \mu_i$
 where n_i is the number of moles and μ_i is the chemical potential of component i.
- The minimization of Gibbs free energy can be written as:
 $\delta G / \delta n_i = \mu_i$

Material	Weight grams/ elemental composition	Si%	Cr%	Fe%	Ni%	Cu%	Zn%	Sn%	Mn%	Mg%	Al%
A6061	269.32	0.6	0.2	-	-	0.28	-	-	-	1	Bal.

Tab. 2 : Composition chimique du métal de base en pourcentage massique

Sample	Element%	Si	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Ag	Sn	Mn	Zr	Al
Calculated elemental%	-	1.1	4.027	4.24	1.06	0.62	0.02	0.02	0.04	0.13	-	84.61
in charge												
A-1	A-1	0.9	0.8	2.71	0.47	1.4	0.19	*	0.09	0.64	-	93.481
A-2	A-2	0.7	0.95	7.46	0.71	0.74	0.08	0.013	*	*	0.93	88.417
A-3	A-3	0.65	0.92	5.99	0.89	0.95	0.11	0.012	*	*	0.91	90.47

Tab. 3 : Composition chimique des échantillons en pourcentage massique. (*) = not detected

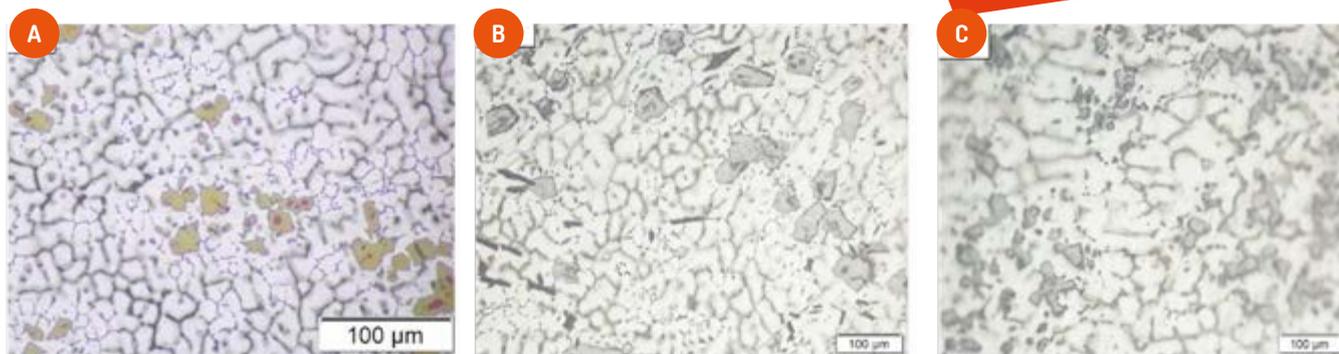


Fig. 3 : Imagerie par microscopie optique des surfaces des échantillons : (a) A-1 préparé à l'aide d'un four à résistance ; (b) A-2 à l'aide d'un four à arc ; et (c) A-3 à l'aide d'un four à arc suivi d'une fusion dans un four à moufle.

L'équilibre de phase est déterminé en minimisant l'énergie libre totale de Gibbs du système. Les diagrammes de phase et les données relatives à l'énergie libre de Gibbs ont été analysés afin de déterminer les phases stables et métastables dans différentes conditions, ainsi que les températures et les compositions auxquelles les transitions de phase se produisent. En utilisant des calculs thermodynamiques, la stabilité des phases et les transformations de phase potentielles de l'alliage d'aluminium ont été prédites efficacement, fournissant des informations précieuses sur ses performances et son comportement dans différentes conditions.

>>> RÉSULTATS

Analyse chimique

Le **tableau 3** montre la composition chimique des échantillons préparés à partir des trois lots, comparée à l'analyse calculée sur la base de la balance de charge.

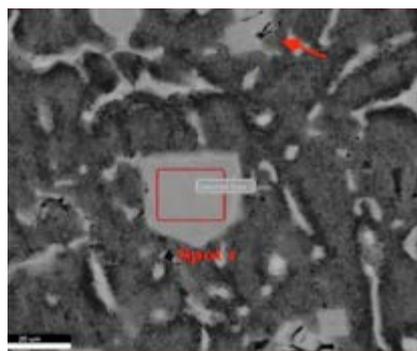


Fig. 4 : Échantillon A-1 : imagerie MEB et analyses EDX. Éléments : Si, Silicium ; Cr, Chrome ; Al, Aluminium ; Ni, Nickel ; Zr, Zirconium ; Zn, Zinc ; P, Phosphore ; Au, Or ; Pb, Plomb ; V, Vanadium ; Sn, Etain ; Mn, Manganèse ; Cu, Cuivre ; Fe, Fer

MATRIX				
Element	Weight %	Atomic %	Error %	Kratio
AlK	88.01	93.98	2.84	0.7358
CrK	1.64	0.91	6.24	0.0149
MnK	1.16	0.61	7.60	0.0105
FeK	5.39	2.78	3.54	0.0494
CuK	3.80	1.72	5.08	0.0341

Les résultats présentés dans le **tableau 3** montrent que tous les échantillons (A-1, A-2 et A-3) préparés à partir de la fusion de l'alliage A6061 avec les déchets électroniques ont donné un alliage différent par rapport aux constituants initiaux. On observe que les teneurs en pourcentage des éléments Si, Fe, Cr, Cu et Ni des échantillons traités sont plus élevées que celles de l'alliage de base A6061. Les observations les plus importantes à ce stade sont liées aux variations dans l'analyse de tous les échantillons, bien qu'ils aient été fabriqués à partir de charges identiques, en raison de l'effet du four de fusion utilisé. Alors que les fours à résistance permettent généralement la formation de scories et d'écumes dans le creuset, le four à arc favorise la formation de fumées et de vapeurs. La récupération du Fe et du Ni est plus importante dans les échantillons fondus dans le four à arc. La récupération du Cr ne varie pas significativement pour les deux fours, tandis que

SPOT 1

Element	Weight %	Atomic %	Error %
AlK	51.35	67.43	5.8
SiK	1.9	2.4	10.52
TiK	0.45	0.33	17.96
CrK	11.14	7.59	3.31
MnK	6.12	3.95	4.51
FeK	26.51	16.82	2.74
NiK	1.52	0.92	19.56
CuK	1.01	0.57	22.51

la récupération du Cu et de l'Al semble être significativement plus élevée. L'augmentation relative de leur pourcentage dans les échantillons traités, par rapport à la charge de base, est due aux pertes d'autres éléments.

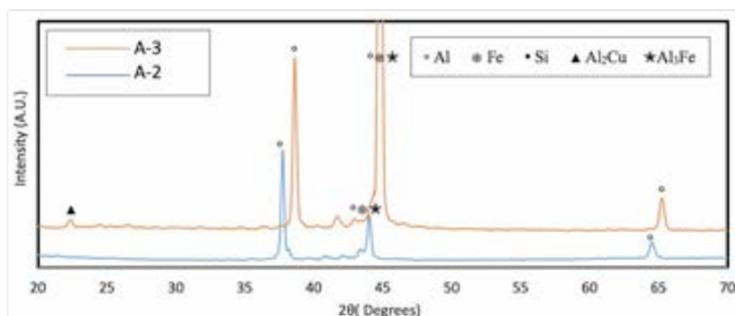
Étude de la microstructure des échantillons

La **figure 3** montre la microstructure des échantillons A-1, A-2 et A-3 obtenue par microscopie optique. La microstructure montre une matrice d'alliage d'aluminium typique avec de gros précipités. Il est intéressant de noter qu'alors que l'analyse chimique de la matrice suggère sa conformité avec le groupe Al₃xxx, les précipités en morceaux sont principalement la phase AlFeCrMnSi. Cela suggère la formation de la phase primaire α-AlFeCrSi en dodécaèdre rhombique, comme le montre la **figure 4** obtenue par l'analyse SEM-EDX. L'analyse EDX montre que cette phase rhombique est constituée d'Al, de Fe et de Cr.

Analyse de la phase des échantillons

L'analyse des phases des échantillons préparés a été caractérisée par les diagrammes XRD présentés dans la **figure 5**. Les phases représentées sur les pics XRD ont été identifiées à l'aide des cartes JCPDS. Le diagramme indique la formation de particules Al₃Fe dans les échantillons A-2 et A-3. Les résultats confirment les conclusions du MEB.

Fig. 5 : Diagramme XRD des échantillons A-2 et A-3.



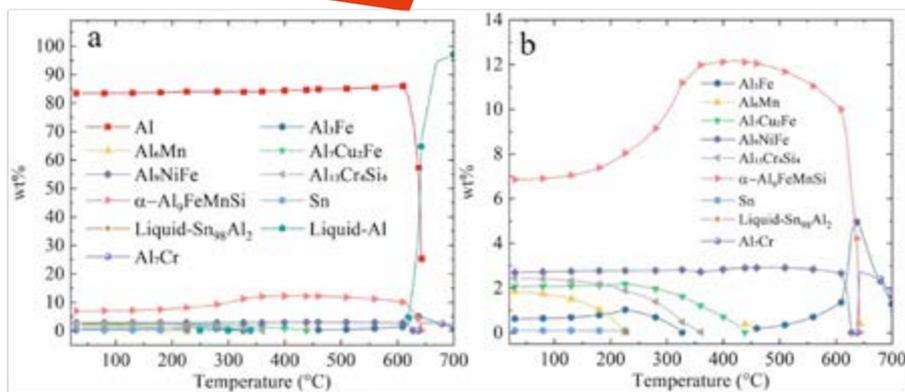


Fig. 6 : Stabilité de phase prédite par CALPHAD dans Al-1 à 40-700°C pour (a) toutes les phases et (b) les phases inférieures à 15 % en poids.

Stabilité thermodynamique et phases prédites

D'après les calculs CALPHAD présentés à la figure 6 pour la composition de l'alliage d'Al à 30°C, les phases prédominantes devraient être 83,44 % en poids pour l'Al, tandis que les principales phases intermétalliques en % en poids sont 6,85 α -Al₁₅FeMnSi, 2,69 Al₁₃Cr₄Si₄, 2,06 Al₁₇Cu₂Fe, 1,83 Al₆Mn, et 0,62 Al₃Fe. L'intermétallique prédominant est le dodécaèdre rhombique primaire α -Al₁₅FeMnSi avec une teneur minimale en Cr (0,03 % en moles). Ces résultats sont cohérents avec l'analyse des phases par EDX.

>>> DISCUSSION

Le circuit imprimé est l'épine dorsale des appareils électroniques et le principal vecteur de métaux précieux, bien qu'il ne représente que 6 % du poids total des WEEE [17, 18]. Les téléphones portables et les smartphones [25] comprennent quatre composants principaux : les écrans, les circuits imprimés, les batteries et les boîtiers. Chacun d'entre eux peut être facilement séparé et est constitué de matériaux spécifiques qui lui permettent de remplir sa fonction.

Les pratiques actuelles de recyclage ne sont pas conformes aux exigences de durabilité, car elles reposent sur des techniques mécaniques et physiques de pré-extraction axées sur des éléments spécifiques [25, 26] et sont principalement adaptées de l'industrie minière. De nombreuses activités de recyclage sont connues sous le nom de recyclage de première étape, qui implique principalement le démantèlement des WEEE pour expédier leurs composants de valeur à des recycleurs internationaux. Bien que l'idée adoptée dans ce travail soit ambitieuse, l'approche consistant à utiliser le produit de la première étape du recyclage de manière cumulative pour produire des alliages existants ou nouveaux doit être étudiée. Cette

approche permet d'économiser des efforts et a moins d'impact sur l'environnement que les techniques conventionnelles qui opèrent en séparant les éléments individuels. Ce concept est conforme au concept de « micro-recyclage » qui a été suggéré [27] pour permettre un traitement durable des déchets électroniques en convertissant les déchets en produits ou en intrants pour d'autres systèmes de fabrication. Il convient également de noter que la variation de la composition des déchets électroniques due à l'évolution technologique exige des mises à jour des méthodes et des stratégies de recyclage plutôt que de s'en tenir aux idées conventionnelles [25].

Ce travail a présenté une idée basée sur l'utilisation de différentes pièces de téléphones portables, qui contiennent plusieurs éléments (indiqués dans le tableau 1) à recycler et à convertir en alliages d'aluminium qui sont fortement nécessaires pour le développement industriel. Le cuivre est le métal le plus concentré dans les PCB et présente un intérêt économique important [25, 27]. Cependant, il est présent avec d'autres matériaux, ce qui rend difficile sa retransformation sous sa forme d'origine. La teneur en cuivre d'une tonne de PCB est 10 à 20 fois supérieure à celle du minerai de cuivre [28]. Le monde est confronté à l'épuisement des minerais de bauxite et la production d'aluminium primaire à partir de la bauxite implique une forte consommation d'énergie. Pourtant, les alliages d'aluminium sont largement utilisés dans de nombreuses applications industrielles, techniques, structurelles, automobiles et spatiales [29, 30].

Comme le montre la séquence d'événements précédente, les essais de fusion initiaux ont utilisé un four à résistance avec des limitations de température. Cela a entraîné des pertes de fusion significatives en raison d'un temps de maintien plus long (environ 3 heures). Cela peut être dû à l'oxydation des éléments, à la formation de scories et à la solubilité incomplète du fer dans l'aluminium.

L'utilisation d'un four à arc pour la fusion a donné de meilleurs résultats.

Les principes fondamentaux de la métallurgie physique pour les solutions solides concentrées multi-composants à faible entropie permettent de mieux comprendre ce travail [31, 32]. Il convient de noter que les composés primaires riches en Fe, à savoir le β -Al₁₅FeSi en forme d'aiguille et le α -Al₁₅(Fe, Mn)₃Si₂ en forme d'étoile, en présence de Mn [33], ne sont pas détectés dans le nouvel alliage développé dans le cadre de ce travail, malgré la teneur élevée en Fe. Cela peut être dû à la présence de Cr qui a un effet positif en éliminant les effets nocifs du β -Al₁₅FeSi [34]. Des études antérieures ont fait référence au rôle néfaste des composés intermétalliques riches en Fe sur les alliages d'Al et ont souligné le rôle du traitement initial de fusion dans l'amélioration de la nucléation et de la croissance des phases Fe pour former une fine dispersion de particules intermétalliques plus petites contenant du fer. Le rôle d'autres éléments dans l'atténuation de l'effet nocif des particules intermétalliques riches en fer n'a pas été étudié de manière approfondie, mais de nombreuses autres méthodes telles que la filtration, le cisaillement et le traitement à l'état fondu semi-solide ont été étudiées [30, 33].

Il a été démontré que l'Al₁₅FeSi (phase β) peut être supprimée avec des ajouts mineurs d'alliage en utilisant certains éléments selon les critères de Hume-Rothery pour la solubilité solide [35]. Le concept proposé a été validé par la méthode d'approximation de Stirling. Une étude de Cinkilic [36] a récemment montré qu'un rapport Fe-Mn de 1,65-3 peut supprimer la formation de la phase β -Al₁₅FeSi dans la microstructure de coulée sous pression des alliages coulés à base d'Al-Si-Mg. Les intermétalliques contenant du Fe dans la microstructure telle que coulée du nouvel alliage recyclé comprenaient la phase α -Al₁₅(Fe, Mn)₃Si₂ avec une morphologie polygonale et la phase π -Al₁₅FeMg₃Si en forme d'aiguille dans les régions interdendritiques. Des particules d'Al₂Cu se sont également formées au cours de la phase π en raison de la forte teneur en Cu du nouvel alliage. Dans ce travail, le rapport molaire Mn/Fe prédit est de 0,46, dépassant celui rapporté pour la morphologie de caractère chinois. À Mn/Fe > 0,12, la morphologie α -AlFeMnSi est modifiée vers une morphologie polygonale grossière, car la teneur élevée en Mn réduit l'anisotropie de la croissance [37].

Bien que les résultats rapportés dans ce travail soient à un stade préliminaire et que d'autres recherches soient nécessaires pour obtenir un bilan de charge plus concis et des études de propriétés pour les alliages nouvel-

lement développés, les résultats sont encourageants et suggèrent l'ouverture d'une nouvelle ligne de recherche dans ce domaine.

>>> CONCLUSIONS

Cette étude visait à examiner une idée nouvelle qui n'avait pas encore été abordée dans la littérature. Elle propose un nouveau concept basé sur la fusion de pièces provenant de déchets électroniques recyclés plutôt que sur la séparation des éléments individuels. En tant que produit de cette ligne de recherche, ce travail montre les observations suivantes :

1. Cette étude introduit une approche de recyclage nouvelle et sûre pour répondre aux défis posés par les pourcentages croissants de déchets électroniques et les conséquences dangereuses résultant des techniques de recyclage conventionnelles. Dans ce travail, les parties métalliques des

anciens téléphones portables ont été diluées avec de l'aluminium recyclé en utilisant des techniques de fusion et trois échantillons ont été produits.

2. Les microstructures, la caractérisation des phases et les analyses chimiques ou élémentaires des échantillons préparés ont été étudiées. Les résultats de l'analyse chimique ont montré que les échantillons produits contiennent une teneur accrue en Si, Fe, Cr, Cu et Ni par rapport à l'alliage A6061 de base, ce qui suggère la formation de solutions solides.

3. L'étude de la microstructure et les analyses de phase ont montré la formation d'une phase primaire rhombo-dodécaédrique α -AlFeCrSi au lieu de la phase β -Al₅FeSi en forme d'aiguille. Cela peut s'expliquer par la présence de Cr (ajouté à partir de rejets) qui peut éliminer les effets nocifs des phases primaires riches en Fe.

4. Ce travail ouvre la voie à une nouvelle ligne de recherche visant à réutiliser les déchets électroniques comme source d'alliage plutôt que comme éléments purs, ce qui entraîne l'épuisement des ressources terrestres et des risques pour l'environnement.

5. Il est recommandé de poursuivre les recherches en utilisant de nouveaux alliages ou en développant des alliages d'aluminium existants avec des pièces de circuits imprimés contenant du cuivre uniquement et en confirmant la répétabilité des résultats.

6. Il est également recommandé de poursuivre les essais en incluant des pièces contenant du Fe (cadres de maintien en acier inoxydable), car les résultats sont prometteurs.



W Abrasives

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

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

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

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

winoa
preparing tomorrow's surfaces



INOX



FIL COUPÉ



UFS

Planifiez votre essai
aujourd'hui !

Visitez nos centres
techniques pour essayer
votre prochain abrasif



L'AGENDA 2025 DES FORMATIONS

Cyclatef®

FORMATION FONDERIE

INSCRIVEZ-VOUS
DIRECTEMENT À
UNE FORMATION

Fours à induction

du 4 au 6 février (Laxou)

Initiation aux bases de la fonderie

du 11 au 14 mars (Creil)

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

du 18 au 20 mars (Metz)

Les aciers moulés : métallurgie, élaboration et traitements thermiques

du 1 au 3 avril (Rouen)

Sables à prise chimique

du 13 au 15 mai (Châteaubriant)

Usage des réfractaires en fonderie

du 21 au 23 mai (Toulouse)

Défauts et imperfections en fonderie de fonte

du 3 au 5 juin (Saverne)

Élaboration métallurgique et traitements thermiques des alliages d'aluminium moulés

du 17 au 19 juin (Châteauroux)

Réaliser un audit en fonderie

du 24 au 26 juin (Sablé-sur-Sarthe)

Défectologie et imperfections en fonderie d'aciers

du 9 au 11 septembre (Montbéliard)

Sables à vert

du 16 au 19 septembre (Vénissieux)

Fontes à graphite sphéroïdal

du 7 au 9 octobre (Saint-Quentin)

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

du 14 au 16 octobre (Cluny)

Métallurgie et métallographie des alliages d'aluminium moulés

du 4 au 6 novembre (Vendôme)

Fonderie sous pression

du 18 au 20 novembre (Molsheim)

Moulage de précision à la cire perdue

du 25 au 27 novembre (Rennes)

Management des ateliers

du 2 au 4 décembre (Saint-Dizier)

Fonderie d'art et d'ornement

du 9 au 11 décembre (Bordeaux)

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

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

RÉFÉRENCE

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

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

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

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

► **Suivi des formations & appréciations des résultats****Moyens de suivi :** Feuille d'émargement signée par demi-journée et attestation de fin de formation plus certificat de réalisation.**Moyens d'évaluation mis en œuvre :** la validation des acquis peut se faire via des études de cas, des quizz, tout au long de la formation et à la fin.**DURÉE :** 3 jours**LIEU :** Nous consulter**PRIX HT (TVA 20%) :** 1500 €**ANIMATEURS :**

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

TÉLÉCHARGEZ
LE CATALOGUE DES
FORMATIONS 2025

Cliquer
sur les fiches
pour les afficher.

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

RÉFÉRENCE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

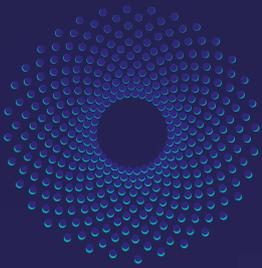
► **Suivi des formations & appréciations des résultats****Moyens de suivi :** Feuille d'émargement signée par demi-journée et attestation de fin de formation plus certificat de réalisation.**Moyens d'évaluation mis en œuvre :** la validation des acquis peut se faire via des études de cas, des quizz, tout au long de la formation et à la fin.**DURÉE :** 3 jours**LIEU :** Fonderie, salle info, salle de formation digitale à l'ENSAM de Metz**PRIX HT (TVA 20%) :** 2000 €**ANIMATEURS :** S. JUNG, C. CHARLES

Qualiopi 
processus certifié

 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

ACTIONS DE FORMATION



Laempe + Fischer

Fournisseur d'équipement pour fonderie
depuis 1982

Z.I 1 rue Bartholdi
BP 20032
F-68190 Ensisheim
+ 33 (0) 3 89 81 18 38
info@laempefischer.fr
www.laempefischer.fr

Vous avez tous les atouts en main pour réussir !

Et plus encore...



- ▶ Stockage et transport de sable
- ▶ Malaxage
- ▶ Noyautage
- ▶ Traitement amines & SO₂
- ▶ Moulage
- ▶ Fusion et machine de coulée
- ▶ Décochage et convoyage
- ▶ Refroidissement
- ▶ Tri, régénération et recyclage du sable
- ▶ Parachèvement
- ▶ Automatisation



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

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

QUATRIÈME PARTIE

TÉLÉCHARGEZ LES PARTIES

1 2 3

Dans ce dernier volet sur l'histoire de la fontaine d'Albertas sera abordé le centenaire de la coulée à l'ENSAM de la vasque en fonte en 1912. Pour commémorer ce centenaire, les étudiants de l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers d'Aix-en-Provence, sous la direction des enseignants et du personnel de la fonderie ont réalisé une réplique de la fontaine, la « petite Albertas ».

L'initiative de ce projet appartient à M. Jean-Paul KIEFFER (1946-2024) ingénieur AM Cluny directeur du campus d'Aix-en-Provence jusqu'en 2008. Le projet est repris en septembre 2008 par M. Pierre-Jean BARRE nouvellement nommé directeur. Compte tenu des moyens de fabrication disponibles, du coût global, des délais estimés, on se donne alors comme objectif de réaliser une réplique de la fontaine à l'échelle « 1/2 ». Celle-ci sera implantée dans la cour d'honneur en face du clocheton « Tap's » et à proximité du grand amphithéâtre, deux éléments emblématiques de l'architecture de l'École.

Ce travail a été réalisé par 27 étudiants de 2^{ème} année dans le cadre de plusieurs séquences pédagogiques semestrielles de type projet métier (PJM). Cet enseignement à caractère pluridisciplinaire dans sa définition et son encadrement pédagogique est le champ d'application des enseignements fondamentaux que les étudiants ont suivis précédemment. Il permet aux étudiants de développer la pratique de la conduite de projet en groupe, de s'initier aux problèmes de management, de délais, de livrables et de budget. Il fait appel au sens des responsabilités et à l'esprit d'initiative des élèves ingénieurs. Il doit conduire à une réalisation correspondant à une ou plusieurs étapes industrielles. Dans le cadre du PJM du centenaire, il permet de conjuguer savoir-faire traditionnel et techniques actuelles tels que : le « reverse engineering », la numérisation architecturale, la reconstruction numérique, la simulation

numérique, ... et bien sûr l'appel d'offres, le suivi des travaux, la réalisation des outillages, des moules, des pièces et le montage d'une exposition pour le centenaire.

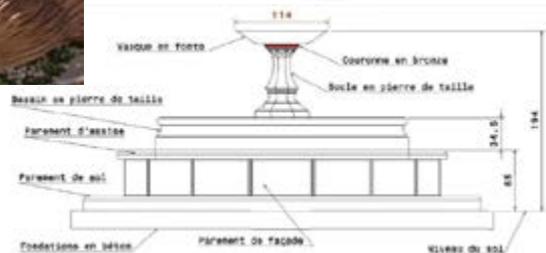
En dehors des actions et des réalisations des pièces moulées en fonte et en bronze menées dans le cadre pédagogique entre mars 2009 et juin 2012, c'est aussi par le soutien de M. André SAUZE (1931-2023) Ingénieur AM Aix 1950 et la souscription qu'il a lancée auprès des Gadz'arts, de l'École et son personnel, que le projet a pu être finalisé avec la réalisation de la structure en pierre entre septembre 2014 et mars 2015. L'inauguration de la fontaine s'est déroulée le 29 mai 2015. Les 27 étudiants de 2^{ème} an-

née (promotions 2007, 2008, 2009 et 2010) répartis en 6 groupes de 4 à 6 élèves ingénieurs :

- En 2008-2 : MM. Aurélien DUROCHER, Marc GAERNI, Simon GIRE, Mme Servane PERROT, M. Mickaël YEUNG WAI TOK,
- En 2009-1 : MM. Damien BLANC, Adrien CANONNE, Luc LEVAUX, Jean-Philippe MULLOR,
- En 2009-2 : MM. Loïc MAURIANGE, Alexis PIRIOVOLIS, Vincent QUAGLIA, Mme Auriane VERMERSCH,
- En 2010-1 : MM. Tanguy DEPARIS, Louis-Michel NICAISE, Lucas ROCHE, Julien TOUSSAINT,
- En 2011-1 : MM. Etienne GAY, Thomas GRICOURT, Felix HILLION, Julien KERNER, Corentin MARTEL, Mme Julie NURY,
- En 2011-2 : MM. Julien BROUZES, Kévin GARDEY, Mme Valentine THOMAS, M. Michael TOUSCHE.



La fontaine - Les parements de sol ; de façade ; d'assise, le bassin et le socle sont en pierre de taille, la vasque en fonte, la couronne et la frise en bronze.





25 mars 2009, prise d'empreinte en plâtre du motif extérieur sur un secteur de la vasque de la fontaine d'Albertas.

Ils ont été encadrés par : MM. Denis DUFRENE (professeur Organisation Gestion d'Entreprise), Maurice FABRE (technicien de Fonderie), Yves LICCIA (professeur de Fonderie), George MORARU (professeur de Fonderie), Julien NEGRE (technicien de Fonderie), Philippe VERON (professeur de Construction Mécanique - LSIS).

Nous vous proposons de vous présenter en quelques étapes le travail collaboratif réalisé par des étudiants fortement motivés, attachés à leur patrimoine et aux traditions.

>>> La vasque en fonte <<<

Pour la réalisation de la vasque, les étudiants étaient confrontés à plusieurs contraintes :

- Réalisation d'une pièce monobloc dont la masse brute coulée avec ses appendices ne doit pas dépasser 170 kg de fonte liquide, capacité maximale du creuset du four à induction MF de la fonderie,
- Reproduction à l'identique des motifs extérieurs et supérieurs de la vasque de la fontaine d'Albertas,
- Réduction d'échelle.

Le choix s'est porté sur le concept de la rétro-ingénierie ou ingénierie inverse. Pour cela, après la fabrication d'un coffrage capable de contenir un secteur de motifs reproductibles, la prise d'empreinte en plâtre a été effectuée sur la fontaine avec l'accord de la direction de patrimoine de la Mairie d'Aix-en-Provence.

N'étant pas équipé de scanner au sein du campus d'Aix, M. Philippe VÉRON a pu obtenir de l'Ecole d'Architecture de Luminy la possibilité de numériser le négatif de la surface de la

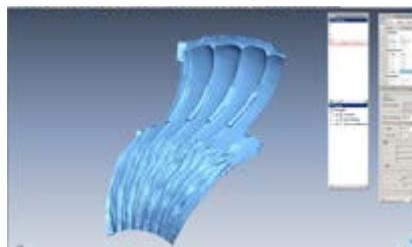
vasque. Le campus avait déjà collaboré avec cette école dans le cadre de plusieurs projets de R&D dans le domaine de l'architecture, à travers des travaux entrepris par le laboratoire de l'époque : LSIS / [Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes](#). Aujourd'hui, les membres de ce laboratoire sont regroupés dans une autre structure dédiée à l'ingénierie des systèmes complexes, le LISPEN ([Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques Et Numériques](#)).

Le 9 avril 2009, les étudiants, après numérisation du négatif en plâtre dans le laboratoire de Luminy, ont pu rentrer à Aix avec leur précieux sésame.

Les étudiants, encadrés par M. George MORARU, ont ensuite été confrontés à un travail de



9 avril 2009 - Numérisation du négatif en plâtre.

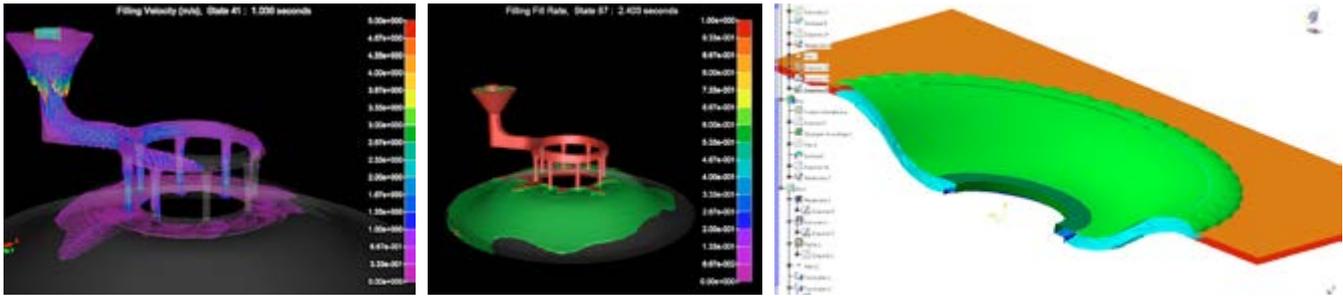


Reconstruction numérique de la vasque à l'échelle 1/2



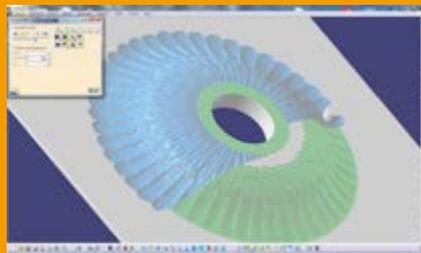
reconstruction 3D de la vasque. La difficulté majeure était de reproduire une surface complète à partir d'un seul secteur comportant des motifs qui se répètent, tout en respectant des critères de topologie de la surface finale, nécessaires pour les étapes suivantes. En effet, en raison de la corrosion extrême de la vasque, nous n'avons pu isoler qu'une seule séquence de motifs qui donnait satisfaction.

Après le travail de conception du moule prêt à la coulée, l'étude de moulage conventionnelle comprenant en outre la détermination des sections de dispositif de remplissage et son optimisation par simulation numérique, la conception numérique de l'outillage (une plaque modèle double faces) a été traitée.



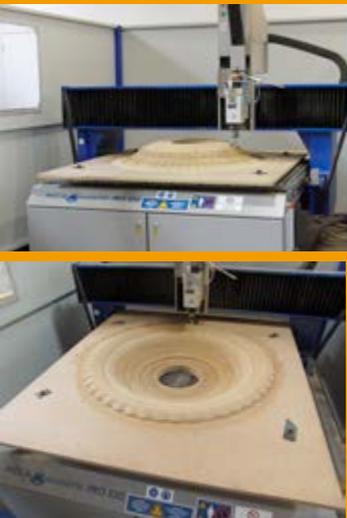
La phase suivante a concerné la préparation de l'usinage du modèle par l'utilisation d'un module du logiciel de Dassault Systèmes CATIA, permettant la synthèse et la simulation des trajectoires d'usinage et des différentes passes d'ébauche, semi-finition et finition. Après préparation du brut en MDF, la réalisation de la plaque modèle double faces a été réalisée dans l'atelier de modelage sur une machine CN de marque française MECANUMERIC.

(Gauche & Centre) Simulation numérique du remplissage et de la solidification.
(Droite) Conception numérique du moule et de la plaque-modèle double faces.



Juin 2010, fabrication Assistée par Ordinateur - Simulation des parcours d'outils et usinage à l'atelier de modelage.

Usinage CN de la plaque-modèle double face à l'atelier de modelage.



Visionnez la vidéo
« Usinage de la
plaque-modèle »

Durée : 00:00:29
© Yves LICCIA





Après finition de la plaque modèle et la réalisation de l'outillage du dispositif de remplissage, des châssis en bois, le moulage des deux parties de moule en sable à prise chimique Alphaset est effectué.

Finition de la plaque-modèle et préparation au moulage.



*16 février 2011,
quelques acteurs et le moule avant et après remmoulage.*



*8 février 2011,
moulage en sable aggloméré à
prise chimique Alphaset.*



Le 17 février 2011, en présence de M. Jean-Paul HAUTIER directeur général de l'ENSAM, M. Pierre-Jean BARRE directeur du campus d'Aix, des étudiants et du personnel de l'Ecole, la vasque est coulée.

Visionnez la vidéo
« *Coulée de la vasque en fonte* »

Durée : 00:02:51 • © George MORARU



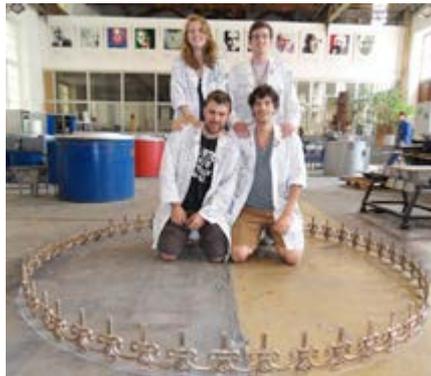
Après le parachèvement, pour limiter les altérations par oxydation, la vasque va subir un traitement de surface par thermolaquage.



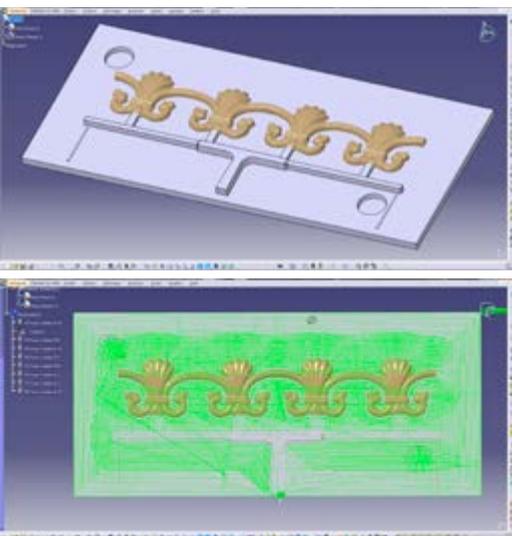
18 février 2011,
(Gauche & Centre) décochage. (Droite)
Réception de la vasque thermolaquée.

>>> La frise en bronze <<<

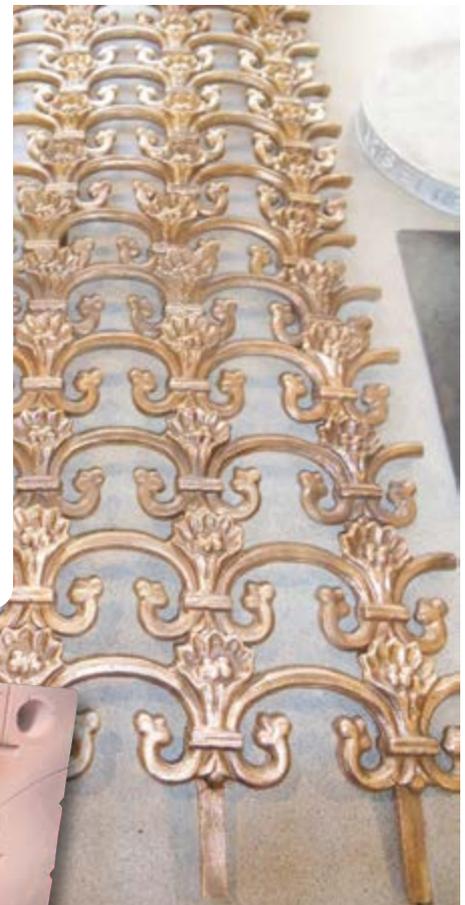
Pour la frise en bronze constituée de 12 secteurs à quatre motifs, la conception et la réalisation ont été effectuées sur le même principe avec quelques variantes : le motif de la frise originale a été numérisé entièrement en utilisant un scanner de type palpeur. Le moulage a été réalisé en mottes en sable à prise chimique sur plaque modèle double face pour une coulée en presse.



Les étudiants et leurs réalisations.
(en dessous) Parachèvement de la frise.



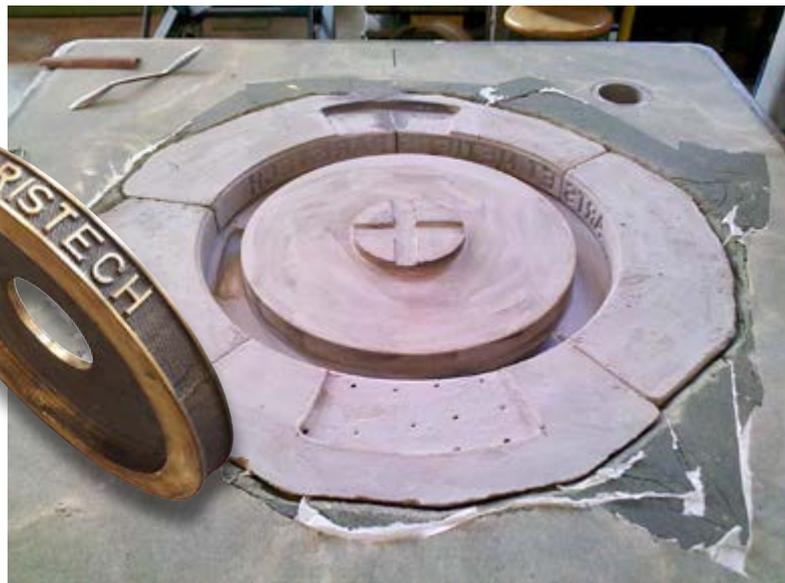
Conception numérique de la plaque-modèle, simulation d'usinage, moulage en mottes des douze secteurs en bronze.



>>> La couronne en bronze <<<

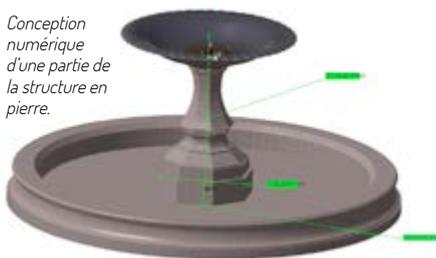
La couronne en bronze monobloc qui assure la finition à la jonction du socle en pierre avec la vasque en fonte a été fabriquée en moule en châssis avec pièces battues.

Deux des cinq pièces battues - Le remoulage de la partie inférieure du moule (à droite) et la couronne coulée.



>>> Les éléments en pierre <<<

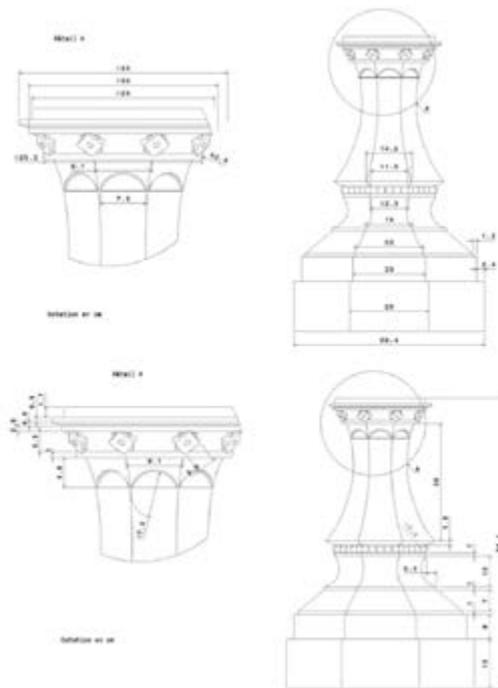
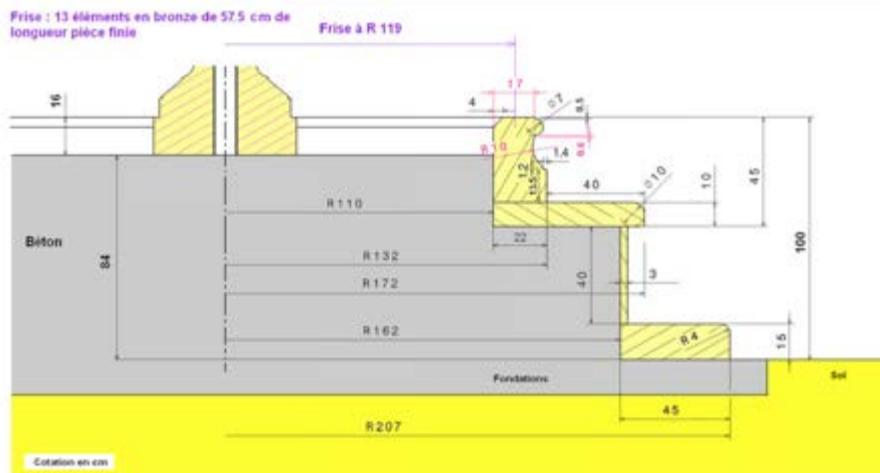
Conception numérique d'une partie de la structure en pierre.



Pour cette partie que l'École ne peut exécuter, les étudiants en relation avec les services de l'intendance et du patrimoine de l'École ont préparé un dossier technique d'appel d'offres CCTP pour la réalisation et la pose des éléments en pierre de la fontaine.

Suite au dépouillement des quatre offres reçues, la société Marchand de Cailloux de Carcès (83) est retenue. Mais ce poste budgétisé par l'École va voir son orientation financière modifiée au niveau national et local lors des changements de direction. L'adage « *Fondeur un jour, Fondeur toujours...* » va aussi se vérifier avec la communauté des GadzArts. C'est là, qu'après l'avoir contacté pour lui présenter la situation, qu'intervient M. André SAUZE Aix 1950, 84 ans, qui par le réseau des Anciens Elèves, du personnel de l'École, ... va parvenir en lançant une souscription à réunir les fonds nécessaires.

Les travaux confiés à M. David SANCELLOT, responsable de l'entreprise Marchand de Cailloux, sculpteur varois de Carcès, sont alors lancés. Durant quatre vingt-dix jours, assisté de deux compagnons, il va travailler les sept tonnes de pierre nécessaires pour arriver aux cinq tonnes utiles.



Extraits des planches du Cahier des Clauses Techniques Particulières.



Travail de la pierre
du socle
© David Sancelot.

Travail de la pierre
du bassin
© David Sancelot.



>>> Le bâti en pierre <<<

Les travaux débutent sur le site le 10 septembre 2014 et se termineront le 13 mars 2015. La « petite Albertas » était née.

Visionnez la vidéo
« Le tailleur de pierre :
véritable créateur minéral »



Durée : 00:03:16 • © David SANCELLOT



(Gauche) Le 11 septembre 2014, pose du parement de sol. (Centre) le 15 septembre, pose du parement de façade et coulée en béton de la dalle de la fontaine. (Droite) Le 16 septembre, pose du parement d'assise.



(Gauche) Le 18 septembre 2014, pose du bassin. (Droite) Le 20 septembre, la première phase de construction est terminée.





Le 6 mars 2015, réception et pose du socle - Le 9 mars, pose de la vasque. (En médaillon) M. André SAUZE

Le 12 mars, pose de la frise sur la margelle et assemblage par soudage au plomb.



Le 28 mai 2015, pose de la calade et des réservations pour les plaques en bronze et le 23 mai 2015 les travaux sont terminés.



>>> L'inauguration <<<

Vendredi 29 mai 2015, la fontaine est inaugurée dans la cour de l'école en présence de M. Philippe COLLOT directeur du campus de l'époque, M. Jean-Paul KIEFFER ancien directeur ayant lancé le projet, M. André SAUZE Aix 1950, M. Roger PELLENC vice-président de la Communauté du Pays d'Aix, M. David SANCELOT artisan tailleur de pierre, des anciens élèves, élèves, enseignants et personnels.

Après les discours de MM. Philippe COLLOT, Roger PELLENC et André SAUZE, les remer-

ciements aux donateurs et aux acteurs du projet, le premier jet d'eau a jailli au coup de corne de brume déclenché par M. PELLENC, marquant les esprits d'une belle histoire humaine, vécue également par nos « Anciens » il y a 112 ans.

*En mémoire de MM.
André SAUZE (1931-2023)
et Jean-Paul KIEFFER (1946-2024)*

*Inauguration le 29 mai 2015,
discours du directeur du Campus M. Philippe COLLOT,
MM. Roger PELLENC et André SAUZE.*





Pr. Fêthi BEN OUEZDOU [1] directeur du Campus d'Aix-en-Provence.
© Service Communication Campus Arts et Métiers Aix-en-Provence.

>>> Le mot du directeur <<<

Le campus s'inscrit pleinement dans la dynamique de développement de la ville d'Aix-en-Provence et dans la valorisation de son patrimoine. Fidèle à une pratique historique, nous sommes depuis toujours prêts à contribuer activement aux projets patrimoniaux développés par la Ville, alliant savoir-faire traditionnel et innovation technologique. L'ingénierie et les technologies actuelles jouent un rôle essentiel dans la préservation et la mise en valeur du patrimoine, offrant de nouvelles perspectives tout en respectant son authenticité. La Ville devient ainsi un véritable laboratoire vivant, où nos idées et nos

innovations trouvent un terrain d'application concret, renforçant les liens entre le campus et la cité.

A ce titre, nous travaillons actuellement à la réalisation de la frise de festons qui ornera le bassin de l'emblématique fontaine d'Albertas, ainsi que sur une plaque commémorative qui rendra hommage aux élèves de la promotion 1909-1912, ayant participé à la coulée de la vasque. Révélées lors de la restauration de la vasque en 2024 et actuellement invisibles depuis la calade, leurs signatures gravées sur la partie sommitale de la vasque seront ainsi mises en lumière. Cette plaque qui sera conçue dans notre atelier fonderie ainsi que la frise se verront bientôt offertes à la Ville et à ses habitants.

Par ailleurs, la « petite Albertas » présente

sur le campus sera un banc de test idéal pour accompagner la Ville dans le projet de mise en circuit fermé de plusieurs de ses fontaines. Celui-ci permettra de tester la tenue de la fonte de la vasque face aux contraintes d'usage (corrosion, évolution chimique des fluides, dégradations diverses). De plus, le campus abrite un bâtiment historique le Grand Amphi, qui a récemment fêté ses 150 ans. Nous menons un ambitieux projet de rénovation pour lui redonner toutes ses lettres de noblesse. Nous aspirons à le transformer en un haut lieu de diffusion scientifique, technologique, culturel et artistique, au service des habitants de la région. En conjuguant tradition et innovation, le campus réaffirme son rôle d'acteur majeur dans la valorisation du patrimoine et l'embellissement de l'espace urbain.

[1] Le Professeur Fêthi BEN OUEZDOU est directeur du campus Arts et Métiers d'Aix-en-Provence depuis le 1er août 2022. Ingénieur Arts et Métiers (Angers 1983), titulaire d'un doctorat et d'une habilitation à diriger des recherches (HDR) dans le domaine de la robotique appliquée

Yves LICCIA - ATF ///////////////
George MORARU - ENSAM ///////////////

Sources photographiques :
M. Yves LICCIA (hors indications), M. George MORARU,
M. David SANCELLOT, La Provence, Service Communication
Campus Arts et Métiers Aix-en-Provence.

annonceurs.

ATF	3 ^e de couverture
CALDERYS	P 19
FOSECO	4 ^e de couverture
GTP SCHAFFER	P 04
HUTTENES ALBERTUS	2 ^e de couverture
LAEMPE+R.....	P 30
MAGMA	P 07
SCOVAL	P 21
WINOA	P 27



OFFRES D'EMPLOI

Chef d'atelier Fonderie (F/H)	Fonderie NICOLAS	VOIR L'ANNONCE
Coordinateur Qualité Fonderie (F/H)	KSB	VOIR L'ANNONCE
Responsable études industrialisation (F/H) procédés de forgeage	SAFRAN	VOIR L'ANNONCE
Ingénieur de Recherche (F/H)	ENSAM	VOIR L'ANNONCE
Chef d'équipe fusion (F/H)	Fonderie GIROUD INDUSTRIE	VOIR L'ANNONCE
Technicien Méthodes (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Responsable production fonderie (F/H)	LBI	VOIR L'ANNONCE
Technicien Méthodes (F/H)	FBM	VOIR L'ANNONCE
Technicien Méthodes (F/H)	CRONITE	VOIR L'ANNONCE
Couleur (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Fondeur (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Modeleur Traditionnel (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Alternant BTS Fonderie (F/H)	FONDERIE D'ANOR	VOIR L'ANNONCE
Chef d'Atelier Fonderie (F/H)	S.I.F	VOIR L'ANNONCE
Technicien qualité (F/H)	FOCAST SAINT-DIZIER	VOIR L'ANNONCE
Technicien BE / méthodes (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur qualité (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Electromécanicien maintenance (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Commercial (B to B) (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Chef d'équipe maintenance (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Tourneur Fraiseur (F/H)	PTP INDUSTRY	VOIR L'ANNONCE
Technicien confirmé Qualité Atelier Fonderie (F/H)	FDB	VOIR L'ANNONCE
Commercial expérimenté (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Coordinateur Technique Finition (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Deviseur Usinage (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur Qualité (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Responsable usinage (F/H)	FMGC	VOIR L'ANNONCE
Chef d'équipe (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Responsable Environnement-Hygiène-Sécurité	FFF	VOIR L'ANNONCE

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

Opérateur, technicien, ingénieur, dirigeant, chercheur, etc...
L'adhésion personne physique est ouverte à tous les actifs.

Membre actif

85 €

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

Entreprise

610 €

Montrez votre attachement à la plus ancienne des organisations de la fonderie.

Membre bienfaiteur

711 €

Restez actif ! L'ATF et nos jeunes ont besoins de vous.

Retraité membre actif

75 €

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

Lycée université

200 €

L'avenir de la fonderie, ce sont nos jeunes qui se forment à nos métiers, nous croyons en eux. L'adhésion pour tous les étudiants est gratuite.

Étudiant

0 €



ASSOCIATION
TECHNIQUE DE FONDERIE

Adhérer en 2025 c'est bénéficier d'un réseau pour renforcer vos compétences et celles de votre entreprise

DES OUTILS ET DES ACTIONS EN 2025 :

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

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

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

Exemple :

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

ADHÉSION INDIVIDUELLE

TARIF DES COTISATIONS 2025
PERSONNE PHYSIQUE



ADHÉSION ENTREPRISE

TARIF DES COTISATIONS 2025
PERSONNE MORALE

