



- > techno | outils de métrologie vs outils de métallurgie, **quand deux mondes se rencontrent** > p.9
- > portrait | **Eurofeu** privilégie l'éco-conception > p.10
- > il était une fois l'alu... | Quand la France a découvert l'**aluminium** > p.11

dossier

Intérêts et avantages de la fabrication additive

La fabrication additive, vulgarisée sous l'intitulé "impression 3D", se révèle médiatiquement en 2013, en France. Mais le concept n'est pas récent, il est né trente ans plus tôt en Lorraine.

Dès le milieu des années 80, dans les laboratoires de l'École Nationale de Chimie de Nancy, l'équipe du Professeur Jean-Claude André, travaille sur la photopolymérisation de résines. Elle pose les premières bases et brevets de la stéréolithographie. Dans le même temps, le Professeur Claude Barlier, qui travaille sur le tranchage numérique et le micro fraisage rapide, initie la Stratoconception® et dépose les premiers brevets. Il crée une équipe de recherche à l'École Supérieure des Sciences et Technologies de l'Ingénieur de Nancy pour mettre au point le procédé, développer l'interface numérique, une station de prototypage et

les premières applications industrielles. L'engouement médiatique est certes intéressant, il permet de communiquer sur les potentiels de ces technologies. Mais de nombreux abus et raccourcis de langages sont à déplorer.

Divers procédés de fabrication additive

La terminologie normative (ISO 17296.2 / NF E 67-001) décrit la fabrication additive comme un "ensemble des procédés permettant de fabriquer, couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique." En outre, derrière le terme "impression 3D", se cachent en réalité plusieurs procédés de fabrication additive à base de transformation de liquides, de poudres, ou de solides, principalement :

■ Les procédés de transformation liquide/solide :

- La photopolymérisation de résines point par point par laser : stéréolithographie

- Le flashage de couches de résines entières par lampe UV

■ Les procédés de transformation poudre/solide :

- Le "frittage laser" de poudre : Selective Laser Sintering (SLS)
- La fusion directe de poudre métal, par laser ou par faisceau d'électrons

"on ne produit plus un ensemble de composants, on conçoit et fabrique une fonction, au bon endroit"

■ Les procédés de transformation solide/solide :

- La découpe et collage de papier : Laminated Object Manufacturing (LOM)
- La découpe et assemblage de matériaux en plaques : Stratoconception®
- Le dépôt de fil fondu : Fused Depositing Modeling (FDM)

Vers l'intégration industrielle

Ces dernières années, les fabricants de machines ont développé, pratiquement à partir de tous les procédés de fabrication additive, des solutions dites "d'impression 3D", accessibles à des



>> TPE, voire au grand public. Il n'y a pas un seul procédé d'impression 3D mais des machines qui utilisent l'un ou l'autre des 7 procédés de prototypage rapide de base. Le modèle marketing économique devient le consommable comme dans le domaine de l'impression papier classique.

Enfin, s'il est communément accepté que la fabrication additive permet de réaliser des maquettes et des prototypes de géométries complexes et personnalisées, il n'en reste pas moins que de nombreux développements

favorisent d'ores et déjà l'intégration industrielle de la fabrication additive pour :

- La fabrication rapide, c'est-à-dire la fabrication directe de pièces techniques "bonnes matières"
- L'outillage rapide et intelligent, avec de nouvelles fonctionnalités internes, permettant d'obtenir très rapidement des pièces série "bonne matière et bon procédé" et avec des gains de productivité importants

La fabrication d'outillages à partir des techniques de fabrication additive

présente un intérêt réel. Elle apporte des avantages techniques et économiques majeurs, à même de pouvoir relocaliser en France ces activités délocalisées dans les pays low cost ces 10 dernières années.

De nombreux secteurs d'activités industrielles s'intéressent fortement au potentiel d'innovation qu'offrent ces technologies : on ne produit plus un ensemble de composants, on conçoit et fabrique une fonction, au bon endroit.

Philippe Morin

Directeur du Cetim-Certec



De l'impression 3D à la fusion laser : une **journée technique riche** en échanges

Le 10 octobre dernier, le Cetim-Certec organisait un rendez-vous technologique en partenariat avec l'Agence de Développement du Tourisme et des Territoires du Cher (Ad2T) et l'Association de Traitement Thermique et de Traitement de Surface (A3TS). La journée a été l'occasion de faire un état des lieux des différentes composantes de la fabrication additive par fusion laser.

Les technologies novatrices suscitent un intérêt extraordinaire. L'amphithéâtre de l'IUT de Bourges était comble avec 160 participants dont plus de 130 industriels, de nombreux chercheurs, universitaires, acteurs du développement économique et représentants de l'État (DGA, DGCS). Si de nombreuses PME régionales étaient présentes, de grandes entreprises avaient également fait le déplacement (Air France Industries, Air Liquide, Astrium, Aubert & Duval, Bodycote, Daher Socata, EADS, MBDA, Michelin, Nexter, Renault, Safran, St-Gobain, Seco Tools, Thalès, Zodiac, entre autres).

Les dix intervenants (Lerms, Cetim, Phenix Systems, Thalès, Zodiac, MBDA, Thyssen et Cetim-Certec) appartenant à des laboratoires de recherche, centres techniques industriels, fabricants et entreprises, se sont succédés pour présenter et partager leur connaissance du sujet. Ils ont abordé toutes les composantes de la chaîne de valeur de la fabrication additive :

- Changement de paradigme en phase de conception "on ne retire plus de

matière mais on en positionne autour de la fonction du produit à fabriquer"

- Formulation de poudres et caractéristiques éprouvées, recyclabilité
- Procédés et limites techniques des équipements commercialisés (parc existant, développements en cours : capacité et puissance machines)
- Compréhension des normes internationales
- Transferts technologiques et applications industrielles

Ce rendez-vous technologique a été marqué par des partages d'expériences francs entre participants. Plusieurs sujets ont donné lieu à des échanges vifs : la commercialisation de poudres aux caractéristiques sujettes à caution ; l'acquisition de machines dites fermées pour lesquelles sont imposées des poudres et paramètres qui rendent l'acquéreur totalement dépendant de son revendeur de machine et qui ne permettent pas



de développer des matériaux hors standard ; la sécurisation des sources d'approvisionnement de poudres ; les interrogations sur les vitesses et coûts d'équipement et de fabrication ; les aspects d'hygiène, de sécurité et d'environnement de travail ; la formation des concepteurs ; la vision des donneurs d'ordres, entre autres.

Les chercheurs ont apporté leur vision de spécialistes en métallurgie. Ceux-ci ont démontré que l'on était encore loin d'une exploitation simple "presse bouton" où l'on assurerait une production par un simple clic à partir d'un fichier CAO. Il en va de même pour l'appropriation d'une telle technologie et sa déclinaison sur des gammes de produits critiques, comme le rappelle le retour d'expérience du projet piloté par le Cetim en Région Rhône-Alpes (cf. projet Fadiperf en p.2).

Le point d'orgue de cette journée a été pour les dirigeants de PME mécaniciennes présents, d'entendre l'un des leurs expliquer son choix d'investir dans cette technologie. Son témoignage en soi a été une synthèse plus que démonstrative (cf. interview Cyrille Chanal en p.7).



> Laurent Debraix (A3TS) a présenté les enjeux industriels et prestations associées de la fabrication additive

L'impression 3D made in France

L'engouement est tel que les médias présentent l'impression 3D comme une "nouvelle révolution industrielle". Deux informations relevées dans la presse nous le confirment.



LA POSTE

La Poste a signé un partenariat avec Sculpteo, société spécialiste de l'impression 3D, pour lancer une expérimentation. Elle a décidé de mettre en place un service d'impression 3D dédié aux particuliers et aux professionnels pendant six mois dans trois bureaux franciliens avant un éventuel déploiement sur le territoire.



sculpteo



GROUPE GORGÉ

Le Groupe Gorgé a fait l'acquisition de la majorité du capital de la société Phidias Technologies, aujourd'hui Prodways, pour assurer le renforcement du développement de

solutions industrielles françaises d'impression 3D. Ce rachat a bénéficié du soutien du ministère du Redressement productif d'Arnaud Montebourg.

Sans cette acquisition, cette technologie aurait été cédée à une société américaine, comme l'a été cette année Phenix Systems, le dernier fabricant français de machines de frittage laser, par 3D Systems.

Un FabLab Cetim

Rassemblant des industriels des implants orthopédiques de la Région Rhône-Alpes et des centres de recherche, le projet Fadiperf, piloté par le Cetim, vise à accompagner les fabricants d'implants orthopédiques dans l'appropriation des technologies de fabrication par fusion laser. Il a également pour objectif de mettre à disposition un équipement de fabrication additive partagé.

Les améliorations visées concernent la personnalisation des implants, la fonctionnalisation des surfaces qui améliorent l'efficacité du dispositif et la réduction des coûts de fabrication et d'intervention.

Labellisé par les pôles de compétitivité ViaMéca et i-Care, Fadiperf est réalisé avec le soutien de l'ARD Rhône-Alpes. Il a pour partenaires :

Aston Medical, ENSMSE, Enise, Evolutis, Serf, Tornier. Il est financé par le Conseil Général de la Loire, la Région Rhône-Alpes et l'Union Européenne.

Franck Barnu

Cetim



ViaMéca

Des applications industrielles du procédé français de **Stratoconception®**

Stratoconception® est le procédé breveté de fabrication additive de type solide/solide développé par le CIRTES. Il permet la fabrication couche par couche d'un objet dessiné en CAO, sans aucune rupture de la chaîne numérique. Le procédé consiste en la décomposition automatique de l'objet en une série de couches appelées strates. Chacune de ces strates est fabriquée par micro-fraisage rapide, découpe laser, découpe au fil, ou tout autre moyen de découpe à partir de tous matériaux en plaques. Les strates sont ensuite positionnées par des inserts, des pontets ou des éléments d'imbrication et assemblées afin de reconstituer la pièce finale.

Le procédé trouve de nombreuses applications industrielles dans les domaines du prototypage, de l'outillage et de la fabrication rapide. Les secteurs d'activités tels que l'aéronautique et la fonderie, entre autres, proposent de nombreuses applications auxquelles répond particulièrement bien le procédé de Stratoconception®.

Prototypage rapide par Stratoconception® dans le secteur de l'aéronautique

Grâce à ses capacités d'obtention de pièces de grandes dimensions dans des matériaux très divers, le procédé de Stratoconception® est, aujourd'hui, plébiscité dans le domaine aéronautique ; et ceci pour des applications autant en prototypage qu'en outillage rapide. Ainsi, la

société C&D Adder du groupe Zodiac Aerospace utilise la Stratoconception® pour la validation de la plupart des meubles installés dans les airbus de différentes compagnies aériennes. Ces maquettes permettent de valider le design ainsi que des fonctionnalités très variées qu'offrent aujourd'hui ces meubles de luxe.

Outillage rapide par Stratoconception® en fonderie

Le principe de l'outillage rapide, apparu à la fin des années 90, consiste en la réalisation d'outillages par les procédés de fabrication additive. Ces outillages sont ensuite utilisés classiquement par les procédés traditionnels de mise en forme afin de réaliser des préséries ou des séries de pièces.

Depuis le début du concept d'outillage rapide, le CIRTES a travaillé dans le cadre de projets de R&D avec de nombreuses fonderies françaises et européennes. Des outillages rapides réalisés par Stratoconception® ont été développés et testés pour la majorité des procédés de fonderie (voir tableau ci-dessous).

La réalisation par Stratoconception® d'outillages dédiés à la fonderie sable est maintenant industrialisée et de plus en plus utilisée dans l'industrie. Il est maintenant possible pour les fonderies et les ateliers de modelage d'intégrer cette technologie. C'est ce qu'a réalisé la société Ferry

Capitain de Joinville (52), en décembre 2012, après une faisabilité réalisée avec succès dans les ateliers du CIRTES. Cette entreprise est spécialisée dans la réalisation de pièces de fonderie en fonte et en acier de grandes dimensions, jusqu'à 10 m de diamètre, notamment pour les secteurs de l'énergie, la cimenterie, la sidérurgie, l'aéronautique et la construction navale. Ferry Capitain a dû faire face à la nécessité de réduire les délais de réalisation des modèles de très grandes dimensions pour maintenir et acquérir de nouveaux marchés. Pour atteindre cet objectif, elle a décidé de passer en interne d'un modelage traditionnel à un modelage "numérique". Elle s'est orientée vers le procédé de fabrication additive de Stratoconception® en particulier pour des raisons de simplicité d'utilisation du logiciel Stratoconcept®III, de rapidité de réalisation, de bonne précision obtenue, de coût limité de la station, de réalisation de modèles de très grandes dimensions, de bonne ergonomie de travail, d'une grande diversité de matériaux... Grâce à l'acquisition du procédé, la fonderie a pu réduire en moyenne de trois à une semaine le délai d'obtention de ces grands modèles et le retour sur investissement est estimé à une année et demie.

Claude Barlier
Directeur SRC CIRTES



> Prototype Zodiac Aerospace réalisé en Stratoconception® par CIRTES : meuble en business class sur Airbus A321.



Notre FabLab est la **première marche** vers **l'innovation produit.**



Vincent Marcé,
chargé d'études prospectives à
Orléans Val de Loire Technopole

Qu'est-ce qu'un FabLab ?

Le FabLab est un espace de prototypage d'objets qui permet de concrétiser une idée à travers la réalisation d'un démonstrateur. Il met à la disposition d'une communauté des machines et une plate-forme d'outils dédiées à la fabrication de pièces mécaniques et électroniques et de fonctions intelligentes. Dans cet espace, on partage l'envie de découvrir des technologies, d'expérimenter, de se réapproprier des objets et de fabriquer de nouveaux concepts. Depuis le lancement de notre site internet, notre communauté compte environ 70 membres qui sont aussi bien des entreprises, des particuliers que des étudiants.

Qu'est-ce qui vous a incité à créer un FabLab ?

Je suis chargé d'études prospectives, je fais de la veille afin d'apporter des réponses concrètes au développement économique du territoire. J'ai découvert le concept FabLab il y a 3 ans ; la Technopole, avec le soutien de ses partenaires, a souhaité le décliner pour créer de la valeur économique. L'objectif est de bénéficier des synergies et des possibilités qu'offre un tel espace pour aider très en amont les porteurs de projets, les créateurs d'entreprises, les entreprises existantes, les universités.



Le FabLab est donc un atout pour le développement économique du territoire.

Oui. Notre étude de marché confirme son intérêt : nos cibles ont besoin de ressources intelligentes, d'une plate-forme de machines et d'outils pour valider plus facilement et rapidement leurs concepts. Notre FabLab est la première marche vers l'innovation produit. Il s'inscrit en amont et complément des dispositifs déjà existants. Nous allons mettre à disposition des logiciels, des machines, des connaissances pour que les entreprises puissent développer et optimiser leurs produits. Nous avons monté une première imprimante 3D à FDM qui gère les matières plastiques

(PLA, ABS, Nylon). Notre parc machines inclura la découpe laser, la fraiseuse numérique et diverses plates-formes électroniques. Nous comptons acquérir pour 100 000 € d'équipements professionnels performants.

Comment va fonctionner cet espace ?

Pour sensibiliser nos cibles, nous organiserons des moments de découverte appelés OpenLab. Dans un deuxième temps, les entreprises et les porteurs de projets pourront, pour un prix modique, venir concevoir leurs objets à composants mécaniques et électroniques. Grâce aux partenariats avec le Cetim-Certec (Centre de Ressources Technologiques en conception mécanique et matériaux) et le Cresitt (Centre de Ressources Technologiques en électronique et instrumentations) nous pourrions accompagner les utilisateurs du FabLab au mieux. Nous n'allons pas produire à leur place ; ils bénéficieront de conseils en conception et développeront eux-mêmes leurs projets.

Quand le FabLab sera-t-il opérationnel ?

Nous ouvrons notre espace au premier semestre 2014. Après une période d'incubation de 2 ans qui nous aidera à mieux évaluer les besoins, nous ferons de nouveaux investissements (imprimantes à poudre et couleur par exemple).

Les différents types d'outillages de fonderie réalisables par le procédé de Stratoconception®

Fonderie en moule non permanent (fonderie sable et à modèle perdu)		Fonderie en moule permanent (moule métallique)
Modèle permanent	Modèle non permanent	
Modèle nature	Modèle en cire	Modèle pour la fonderie gravité
Plaque modèle	Modèle en PS	Modèle pour la fonderie basse pression
Boîte à noyau		Modèle pour la fonderie sous pression

■ Industrialisé
■ En phase actuelle de R&D



> Station de Stratoconception® installée par le CIRTES dans l'entreprise Ferry Capitain (capacité de 6 m x 2 m) : exemple de modèle réalisé (1/8 de couronne de 8 m de diamètre)

Il y a un impact significatif sur les méthodes de conception...

Qu'est-ce qui vous a incité à vous intéresser de plus près à la fabrication additive ?

Le Cetim-Certec est l'un de nos partenaires depuis de nombreuses années, il connaît donc bien nos produits et nos contraintes. Le CRT, dans le cadre d'un de ses développements, recherchait un partenaire industriel apte à introduire la fabrication additive sur des composants mécaniques. C'est tout naturellement qu'il nous a incité à découvrir cette technologie la pensant bien adaptée aux spécificités de nos produits. Nous avons pu apprécier et comprendre l'intérêt pour l'aéronautique puisque nous avons deux contraintes : le poids et la complexité des pièces. La fabrication additive peut être une solution pertinente pour la production de pièces complexes et nobles telles que les corps de servovalves.

Quel est l'intérêt de la fabrication additive pour une entreprise comme la vôtre ?

Je retiendrai les trois facteurs suivants : le gain de masse, élément important pour l'aéronautique, la possibilité de développer des formes jusque-là irréalisables et l'aspect écologique puisque la fabrication additive permet de consommer le strict nécessaire en matériau.

En conception, cette technologie nous a permis d'optimiser les formes tant d'un point de vue mécanique, en répartissant

la matière autour des champs de contraintes, que d'un point de vue hydraulique, en définissant les canaux en fonction des calculs d'écoulement. Il nous est maintenant possible de réaliser des canaux de distribution contournant les volumes. Avec les techniques conventionnelles, nous devons multiplier les perçages droits et faire du bouchonnage, ce qui entraîne toujours une augmentation du volume afin de maîtriser les zones de contraintes et l'emploi de composants mécaniques supplémentaires.

On présente la fabrication additive comme une nouvelle révolution industrielle. Est-ce le cas selon vous ?

Certainement. Pour notre part, il y a un impact significatif sur les méthodes de conception. Nous devons concevoir différemment, en pensant à introduire et exploiter les nouveaux avantages qu'offre le procédé, en envisageant des formes évolutives, des imbrications de géométries ou des fonctions annexes. Nous devons également oublier les modes de fabrication conventionnels et leurs limitations qui nous obligent à cumuler les assemblages de plusieurs composants pour aboutir à une pièce. Avec la fabrication additive, nous obtenons une pièce presque directement à partir d'un fichier CAO.

Avez-vous déjà intégré la fabrication additive à votre process de production ?

Non, et son intégration n'est pas prévue à court terme. Cette technologie est encore en phase d'étude chez nous, nous sommes en apprentissage. Avant

Emmanuel Doyen,
Responsable du bureau d'études de
Zodiac Hydraulics (Zodiac Aerospace)



"Nous devons oublier nos modes de fabrication conventionnels et leurs limitations..."

toute intégration, et c'est d'autant plus vrai dans notre secteur d'activité, nous devons nous approprier le procédé, l'évaluer avant de le valider. Ce processus passe obligatoirement par la fabrication de démonstrateurs que nous testerons et pousserons à leurs limites afin de déterminer les marges. Ces marges nous permettront d'éliminer les risques de défaillance. C'est l'étape que nous abordons aujourd'hui. Nous disposons des premières pièces et espérons obtenir des résultats physiques sur servovalves en 2014.

A moyen terme, nous souhaitons multiplier les démonstrateurs pour acquérir les justifications nécessaires à l'introduction du procédé sur un développement commercial : nous prévoyons aujourd'hui de fabriquer des éléments moteurs pour une exploitation en 2025. D'ici là, le réseau industriel se sera développé et la normalisation mise en place.



Chaîne de valeur de la conception additive appliquée au corps de servovalve

Construire l'architecture fonctionnelle

Construire l'enveloppe fonctionnelle

Connecter les chambres hydrauliques

Construire la structure

Ajouter les fonctions techniques annexes

Prendre en compte les surépaisseurs d'usinage

La fusion laser va nous aider à accroître notre potentiel.



Cyrille Chanal,
PDG d'Estève SA

Quelle est l'activité de votre entreprise ?

Estève SA est spécialisée depuis 40 ans dans l'usinage, le fraisage et le tournage de pièces de précision pour l'aéronautique, l'aérospatiale et la Défense. Elle a su réactiver sa croissance externe, à partir de 2004, en intégrant de nouvelles compétences en outillage et équipements telles que la chaudronnerie et la mécano-soudure dans l'environnement de ses clients. Aujourd'hui, l'entreprise compte de grands noms parmi ses clients : Airbus, Safran, Latécoère, Thalès, EADS, Nexter...



Nous acquérons avec la fusion laser une plus grande souplesse de production.

Fusia

Comment avez-vous fait le choix de la fabrication additive par fusion laser de poudres métalliques ?

La veille technologique mise en place avec le Cetim et l'IREPA Laser du Bas-Rhin m'a permis de découvrir les progrès de la fusion laser. En 2010, j'ai bénéficié de deux journées techniques à Strasbourg dédiées à la transformation du métal par procédé laser. Je me suis aperçu que la fusion laser avait atteint un niveau de maturité pour être compétitive... Grâce au benchmarking des fournisseurs de machines, nous avons pu choisir des solutions adaptées à notre production, l'usinage de petites

et moyennes pièces. Nous avons profité d'un projet collaboratif avec l'Aerospace Valley de Midi Pyrénées Innovation et le Cetim pour le montage financier et l'évaluation des capacités des machines.

La fusion laser a dû bouleverser l'organisation de l'entreprise...

Nous avons choisi d'implanter la machine dans un espace différent de notre site de production pour éviter les amalgames. Il y a d'une part la pollution liée à notre activité qui est incompatible avec la fragilité de ce type d'équipement. Nous ne voulions pas, d'autre part, associer cette technologie à l'image vieillissante de l'usinage. Au contraire, nous voulions valoriser la dynamique de progrès de notre société. C'est pourquoi nous avons créé la start-up Fusia. Nous avons dû adapter nos savoir-faire et nos process d'usinage à la fusion laser. Nous avons appris à faire une pièce par fusion, la réuser, la contrôler et garantir sa qualité.

Avez-vous conçu un plan de formation spécifique pour vos salariés ?

Aucun opérateur n'était formé à cette technologie. Du coup, mon épouse -qui dirige Fusia aujourd'hui- et moi avons choisi de nous former afin de juger de la pertinence de cet investissement à 500 000 €. Nous avons donc consacré nos fins de journées et nos week-ends à nous former. C'était notre petite danseuse en quelque sorte. Nous avons démarré ensuite la formation des collaborateurs.

Qu'en disent vos clients ?

Nos clients historiques sont avant tout des logisticiens, ils ne sont pas encore au fait de cette technologie. Par contre,

les bureaux d'études de certaines structures nous ont réservé un accueil très chaleureux. Ils savent que nous pouvons réduire les délais de fabrication de certaines pièces et les coûts tout en garantissant la performance et la fiabilité.

Qu'apporte concrètement la fusion laser à une entreprise comme la vôtre ?

Nous acquérons avec la fusion laser une plus grande souplesse de production. Elle permet d'aller très vite, c'est une technologie complémentaire à la fonderie et l'usinage. Nous pouvons compenser les délais et la production en faibles quantités que les fondeurs ne gèrent pas toujours aisément. Cette technologie permet d'intégrer en amont des fonctions de prototypage et de design de pièces en métal qui aident les bureaux d'études à valider rapidement leurs concepts. Nous pouvons intervenir aussi en aval de la fonderie pour fabriquer en faibles quantités des pièces en fin de vie ou soutenir des programmes qui se terminent.

La prise de risque est en fait une vraie success story...

La fusion laser va nous aider à accroître notre potentiel. Notre deuxième machine laser est opérationnelle depuis 15 jours. Nous passons petit à petit du prototypage à la production de pièces. Nous comptons aller plus loin en faisant de la R&D. Nous allons investir dans de nouvelles machines et nous lancer dans de nouveaux alliages tels que l'inox et le titane.



Quand le groupe régional SIS Ile de France rend visite à FMC Technologies

Le 26 septembre 2013, le groupe régional SIS* Ile de France et le Cetim-Certec, avec l'appui du Cetim et de l'Institut de Soudure, ont organisé une journée technique à Sens (Yonne) sur le site de FMC Technologies SA, leader mondial en systèmes de chargement et acteur majeur en équipements de têtes de puits.

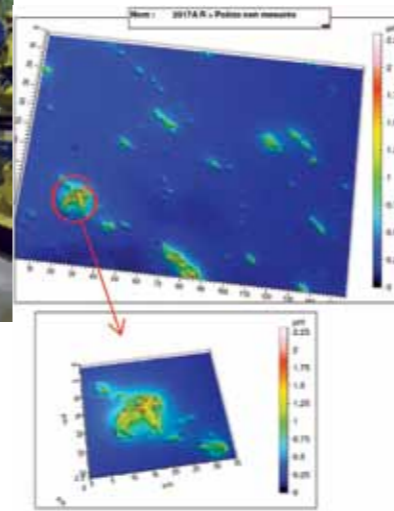
Après avoir accueilli les participants, Catherine Defreville (Cetim) et Yves Colot (SIS Ile de France) ont présenté le programme de la journée technique qui devait alterner exposés en salle et visite des ateliers.

Les participants ont pu parfaire leurs connaissances techniques en découvrant les savoir-faire de FMC Technologies, fournisseur référent dans le secteur pétrolier et gazier. Robert Roca, responsable de la production, a présenté la société et les types de matériels qu'elle fabrique : systèmes de chargement et de déchargement de navires, barges, poids lourds ou wagons citernes, transporteurs de produits pétroliers, chimiques, gaz liquéfiés ou réfrigérés et têtes de puits. Fabien Tocchini, technicien Méthodes, a fait le tour des différents procédés de soudage mis en œuvre au sein de l'entreprise tels que le soudage plasma, le soudage à l'arc submergé, le soudage TIG et le soudage à l'arc avec électrodes enrobées. La technique utilisée dépend du type de joint et de la nature des matériaux assemblés. Frédéric Ladoue, responsable du service Méthodes Loading System, a exposé les dispositions prises pour améliorer les conditions technico-économiques du soudage des aciers

Duplex, principalement dans le cadre d'un projet installé en Alaska. Eric Morilhat, ingénieur R&D, s'est quant à lui attardé sur le projet Olaf, consacré à la réalisation d'un bras de chargement offshore à pantographe rigide sans embase.

Des animateurs extérieurs sont également intervenus pour compléter l'information et les connaissances techniques des participants. Laurent Jubin, expert soudage au Cetim, a présenté un panorama de la recherche et du développement du soudage des aciers Duplex. Il a insisté sur les précautions particulières qui doivent être prises durant l'opération de soudage pour conserver les caractéristiques mécaniques et physico-chimiques lors de l'assemblage.

Daniel Chauveau, directeur Innovation et Expert contrôle non-destructif à l'Institut de Soudure, a fait le point sur les nouvelles techniques de contrôle non-destructif (CND) qui permettent de gros progrès dans la définition et la précision de positionnement des défauts. Il a rappelé que leur application est freinée par les règlements et codes qui ne suivent pas toujours les progrès techniques.



> Outil du métrologue : interféromètre lumière blanche

FMC Technologies



Après les exposés, les 25 participants ont visité les ateliers, les plates-formes dédiées à la réception des prototypes de bras de chargement réalisés à l'échelle 1/4 et à 1/5 ainsi que le tunnel réservé à la gammagraphie des éléments de grande longueur de FMC Technologies.

Outils de métrologie vs outils de métallurgie : quand deux mondes se rencontrent...

La métrologie regroupe un ensemble de techniques permettant de faire des mesures avec précision et de les interpréter. Elle est essentielle à l'industrie soucieuse de maîtriser ses processus de fabrication et de garantir la qualité de sa production. Cette science des mesures et ses applications participent à la compétitivité des entreprises. Aujourd'hui, la métrologie se rapproche de l'observation microscopique voire nanométrique de nos alliages et métaux. Les progrès récents des outils métrologiques (technique d'interférométrie laser ou lumière blanche) conduisent à des mesures micrométriques voire sub-micrométriques. Mais peut-on révéler une microstructure de matériaux métalliques ou autres par un autre moyen que le microscope optique ou électronique ?

Grâce à Gilles Jalabert du pôle Expertise Métrologie Etalonnage du Cetim, nous avons pu établir, après comparaison des outils de métrologie et de nos outils de métallurgistes (microscopes optiques

et électroniques), que les constats sont identiques. Nous parvenons, avec ces deux techniques et métiers, à révéler la présence de précipités dans les alliages d'aluminium (ici un 2017A T4) ainsi que leur répartition.

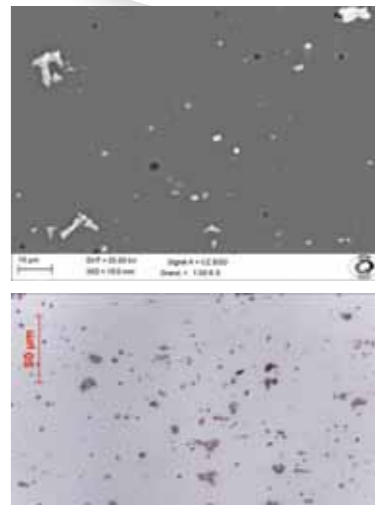
Le microscope électronique à balayage (MEB) présente l'avantage de pouvoir déterminer les principales espèces chimiques en présence par l'analyse chimique semi-quantitative (EDX). L'observation visuelle par microscope optique permet, par l'intermédiaire des différentes couleurs, de déterminer le type de précipité dont il s'agit (les bleus, les verts, les rouges). Si la métrologie ne donne pas d'information sur le type de précipité (composition), elle aide à définir toutefois les grosseurs de façon très précise, leur orientation et leur densité par cm² ou mm².

Nous allons, avec M. Jalabert, comparer les observations faites avec des capteurs sub-micrométriques par

métrologie et celles faites à l'échelle nanométrique par le MEB-FEG. Nous pourrions ainsi vérifier que nous faisons les mêmes observations et que la métrologie donne cette fois, à cette échelle, plus d'informations que l'observation au MEB-FEG. En effet, l'analyse chimique semi-quantitative restant sur 1 μm³, seule l'observation par image sera correcte, comme c'est le cas pour la métrologie qui intervient cependant sous vide. En revanche, lorsque nous travaillons sur des échantillons présentant des surfaces d'oxydes (couches anodiques sur les alliages d'aluminium notamment), l'outil du métrologue (par interférométrie) se voit perturbé par la double réflexion. Les mesures deviennent alors impossibles.

François Frascati

Responsable du Pôle Matériaux & Procédés Cetim-Certec



> Outils du métallurgiste : microscope électronique à balayage et optique respectivement.

Comment fiabiliser la qualité des pièces en optimisant la fonction soudage ? Quelles sont les bonnes pratiques ? Quelles sont les qualifications et certifications requises pour le personnel de soudage dans le secteur ferroviaire notamment ? Quelle interaction soudage/peinture ?



Lundi de la mécanique du Cetim

Les différents intervenants ont partagé leur expertise avec les 32 participants. Yves Royer, expert international en soudage du Cetim-Certec et coordonnateur en soudage sous-traitant, niveau A, des Ateliers de Joigny, s'est intéressé à l'exécution d'opérations de soudage. Il a notamment insisté sur les normes, les paramètres d'influence, les spécifications, les qualifications, assemblages d'essais et certifications. Régis Laurin, chef d'atelier référent soudage des Ateliers de Joigny, a présenté la procédure qualité de ses ateliers et Philippe Brunet, directeur d'InnoVe Peinture Bourgogne, a évoqué les procédés de peinture innovants appliqués aux Ateliers de Joigny et fait un retour d'expérience sur les problé-

matiques couramment rencontrées après soudage. Pascal Thobie, expert peinture au Cetim, s'est quant à lui interrogé sur les traitements de surfaces, les matériaux et les performances. Il a également parlé des essais de caractérisations en insistant sur la norme EN ISO 12944-3 qui porte sur l'anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture.

Une rencontre riche en enseignements

Plusieurs points ont enrichi la réflexion et les connaissances des participants. Une bonne tenue de peinture est souvent liée à la préparation de la pièce, notamment à la qualité du soudage. L'interaction entre soudage et revête-

ment de peinture, régulièrement éludée industriellement, est loin d'être un sujet anachronique. Il existe en effet des similitudes de comportement entre la tenue de l'assemblage aux sollicitations dynamiques (brutales et fatigue) et la tenue de la peinture.

Après les exposés, les participants ont été conviés à une visite guidée et commentée des Ateliers de Joigny, certifiés au plus haut niveau de la norme EN 15085.



Innovation : Eurofeu privilégie l'éco-conception

Depuis sa création en 1972, le groupe Eurofeu a connu un développement constant. Après s'être lancé dans la fabrication et la distribution de ses propres extincteurs il y a trente-deux ans, le groupe a peu à peu intégré de nouveaux métiers liés à la protection incendie tels que la signalisation, la formation, le désenfumage et la détection incendie. Pour pérenniser son activité, le groupe mène une politique de recherche et de développement active qui a reçu plusieurs récompenses (Prix Innovation Préventica 2011, Trophées de la performance et Les Trophées Exprotection 2012).

Eurofeu s'est inscrit depuis quelques années dans une démarche durable qui a pour objectif de réduire l'impact environnemental de ses produits. Conscient des enjeux, Aziz Mesli, responsable du bureau d'études R&D,



> Aziz Mesli, responsable du bureau d'études R&D d'Eurofeu.

Il y a eu mutualisation des connaissances, des savoir-faire et des matériels

insiste sur les risques de pollution si le recyclage des extincteurs en fin de vie n'est pas optimal. Il existe plusieurs types d'extincteurs suivant l'agent extincteur contenu : poudre, eau avec additifs et CO₂. "Le parc français représente 18 millions d'extincteurs dont 40 % sont des extincteurs contenant des additifs. Cela équivaut à environ 700 tonnes d'additifs synthétiques (fluor et chaînes fluorées non-neutres). Le recyclage des extincteurs en fin de vie demeure un problème de fond s'il n'est pas maîtrisé malgré les procédures en application."

Un nouveau projet en cours de développement avec le Cetim-Certec

Il y a un an et demi, l'entreprise avait lancé un nouvel extincteur à eau pulvérisée avec additif écologique. Fort de plus de 40 ans d'expérience et de savoir-faire, Eurofeu développe un nouveau concept innovant.



> La nouvelle gamme d'extincteurs Eurofeu avec additif écologique.



960 collaborateurs
Près de 550 000 appareils produits
340 000 clients
42 500 personnes formées
1 850 000 d'organes de sécurité en parc maintenance
CA 2012 : 80 M€



Mais concrétiser un tel projet requiert des financements, des compétences humaines et des moyens techniques. Grâce aux financements obtenus d'Oséo, Eurofeu a pu constituer une équipe dont fait partie le Cetim-Certec. "L'innovation ne vaut rien si elle demeure une étude non-validée par des essais réels. Nous avons pu associer des compétences de nos équipes internes (BE, achats, direction industrielle), des designers externes, un injecteur plastique et l'équipe du Cetim-Certec."

Le CRT a joué un rôle important dans la phase d'avant-conception, aidant Eurofeu à faire le choix de la solution finale, étudier la faisabilité technique et valider le concept par des essais de prototypage.

"L'expérience est enrichissante, nous avons travaillé avec une équipe assez jeune qui s'est investie pour la réussite de ce projet. Grâce à un suivi de qualité, chaque pilier du projet est resté actif dans l'échange. Il y a eu mutualisation des connaissances, des savoir-faire et des matériels. Sans une telle approche, de tels projets ne pourraient pas se concrétiser."



il était une fois l'alu épisode 1
par Michel Jannier

Expert international en aluminium, ex-Pechiney, ex-Fives Lille Engineering gérant d'Aluminium Finishing



Quand la France a découvert l'aluminium

Une légende raconte que des alchimistes chinois auraient fabriqué de la poudre d'aluminium deux ou trois mille ans avant notre ère. Nous pourrions penser que l'aluminium a une histoire aussi ancienne que le cuivre, le fer, l'argent et l'or, métaux connus depuis l'Antiquité. Mais il n'en est rien. La première découverte de l'aluminium remonte à 1827 seulement. Le chimiste allemand Friderich Woehler obtient une poudre grise contenant des paillettes d'aluminium après une réduction du chlorure d'aluminium par du potassium.



> Henri Sainte-Claire Deville

Ce n'est que le 20 mars 1854 que la France découvre véritablement l'aluminium. Un brillant chimiste, Henri Sainte-Claire Deville, professeur à l'École normale supérieure, présente le premier lingot d'aluminium à

l'Académie des Sciences. "L'argile transformée en argent" figure à l'exposition universelle de 1855 à Paris. L'événement accueille plus de cinq

millions de visiteurs. Cette découverte révèle au grand jour un nouveau métal aux caractéristiques exceptionnelles : faible densité (2,7), faible point de fusion (675° C), inaltérable et très bon conducteur de la chaleur et de l'électricité. Il peut aussi être allié à de nombreux éléments pour donner plusieurs centaines d'alliages différents. Rappelons que c'est grâce à l'empereur Napoléon III que l'intérêt pour l'aluminium s'est vite accru.

La fabrication d'aluminium par voie chimique

Le procédé utilisé alors est très onéreux, il nécessite la réduction du chlorure d'aluminium par le sodium. La production connaît de ce fait un faible développement. Seuls quelques kilos sont fabriqués en 1855 dans un atelier du quartier Javel à Paris. Grâce à l'installation d'une usine deux ans plus tard à Nanterre, le prix au kilo de l'aluminium est divisé par trois, passant de 1 000 francs à 300 francs. En 1860, la fabrication sera transférée à Salindres, dans le Gard, qui sera le seul site de production en France pendant trente ans.

Henri Sainte-Claire Deville poursuit ses recherches, il a l'idée en 1861 de préparer de l'alumine pure à partir de bauxite, minerai découvert aux Baux de Provence par l'ingénieur Berthier en 1820. Cette alumine est alors directement réduite par le sodium pour obtenir l'aluminium. Cette technique de fabrication par voie chimique va permettre une production de 5 000 tonnes. Si le coût au kilo passe de 1 000 francs à 10 francs, le prix de l'aluminium équivaut malgré tout à celui de l'argent.

L'origine du groupe Pechiney remonte au milieu du XIX^e siècle. Salindres, berceau de l'aluminium français, abrite la Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue (CPAC) fondée par Henry Merle. Alfred Pechiney, directeur de l'établissement, prend sa succession en 1877. En 1921, naît la



> Paul Héroult

compagnie Pechiney après la fusion de CPAC et de Froges, l'usine de fabrication d'aluminium par électrolyse de l'alumine créée par l'ingénieur français Paul

Héroult. N'oublions pas que c'est cet inventeur aussi génial que fantasque qui a découvert en 1886, presque au même moment que Charles Martin Hall aux États-Unis, comment fabriquer de l'aluminium par électrolyse de l'alumine pure.

Un an plus tard, le chimiste autrichien Karl Joseph Bayer met au point un procédé pour fabriquer de l'alumine pure en attaquant de la bauxite finement broyée avec une solution de soude à 250 °C dans des autoclaves. Il obtient un aluminate de soude qui précipite puis, après filtration pour éliminer le hydroxydes de fer (boues rouges) et par hydrolyse, il se décompose en alumine pure. La soude est recyclée.

Le procédé Bayer, mis au point par le chimiste autrichien en 1894, est encore utilisé de nos jours dans l'usine de Gardanne dans le sud de la France.

Les difficultés d'électrolyse du procédé Héroult et la mauvaise qualité de l'alumine Bayer sont les sources des conflits homériques qui opposent les deux inventeurs. Ils s'accusent mutuellement d'être la cause des contraintes rencontrées à la fabrication de l'aluminium.



> Karl Joseph Bayer



> affiche du Centenaire de l'aluminium



ALUMINIUM

Les acteurs de la filière aluminium adressent leurs recommandations au Gouvernement



Le 8 octobre a eu lieu la deuxième réunion plénière de la table ronde consacrée à l'avenir de l'aluminium en France. Les organisations syndicales et les industriels s'étaient réunis une première fois en février dernier pour lancer une réflexion et dégager les axes stratégiques communs pour l'avenir.

Après huit mois de travail, les acteurs de la filière ont remis leurs recommandations à Arnaud Montebourg, ministre du Redressement productif. Leurs propositions et leurs engagements seront intégrés aux réflexions du Comité stratégique de la filière (CSF) "Industries extractives et première

transformation" et trouveront leur expression définitive dans le contrat de filière que prépare le CSF pour le premier semestre de l'année 2014.

Les organisations syndicales, les centres de recherche et les industriels du secteur depuis l'amont jusqu'aux débouchés industriels et la transformation ont ainsi appelé à :

- Saisir les opportunités des 34 plans de la nouvelle France industrielle lancés le 13 septembre dernier (véhicule 2 litres au 100 km, TGV du futur, recyclage et matériaux verts, usine du futur...)
- Renforcer le leadership technologique de la France dans les secteurs de l'aluminium primaire et de la transformation
- Améliorer la quantité et la qualité de l'aluminium recyclé
- Saisir toutes les marges de progrès en matière d'efficacité énergétique des procédés

Le Ministre du Redressement Productif a réaffirmé sa volonté d'accompagner la structuration et le renforcement de la filière aluminium en France. Ses acteurs ont invité le Gouvernement à garantir, en contrepartie, des conditions d'accès compétitives à l'énergie, gaz ou électricité.

agenda

Les rendez-vous technologiques du Cetim-Certec

"Numérisation 3D, rétro-conception, redesign et fabrication directe"

BOURGES > 27 mars 2014

"Les matériaux métalliques pour le domaine agroalimentaire"

ORLÉANS > juin 2014

"Mécatronique", en partenariat avec le CRESITT,

ORLÉANS > octobre 2014

Toute l'équipe
du Cetim-Certec
vous souhaite de

**JOYEUSES
FÊTES**

le saviez-vous ?

Cetim-Certec & Cetim : des équipements de pointe pour le prototypage rapide et la fabrication directe

Dans le cadre de leurs missions de centres techniques, le Cetim et le Cetim-Certec mettent à disposition des entreprises leurs moyens matériels ainsi que l'expertise de leurs technologues pour les accompagner dans leurs projets d'intégration de ces technologies.

Les services proposés vont de l'aide à la reconception jusqu'à l'industrialisation. Le Cetim et le Cetim-Certec participent aux comités de normalisation "fabrication additive" UNM920 et TC ISO261.

Frittage thermoplastique

> Machine (Cetim-Certec) :

EOS Formiga P 100

Capacité de fabrication :

200 mm x 250 mm x 330 mm

Puissance du laser : 30 W

Épaisseur de couche : 0.1 mm

Matériaux disponibles : PA type 12



Fusion laser

> Machines (Cetim-Certec) :

2 PHENIX PM100 - Laser 100 W et 200 W

Volume utile Ø 100 mm

Matériaux disponibles : 904L, Co-Cr,

17-4PH, AlSi10Mg



> Machine (Cetim) : **EOS M280**

Capacité de fabrication :

250 mm x 250 mm x 325 mm

Puissance du laser : 400 W

Matériaux disponibles :

Ti6Al4V ELI, Co-Cr

Des moyens associés

- > Analyses métallurgiques
- > CND – Tomographie, thermographie,...
- > Essais mécaniques
- > Essais de fatigue
- > Contrôle dimensionnel

Certec Infos, lettre d'information et de contact du Cetim-Certec

■ Décembre 2013 ■ Dépôt légal : décembre 2013 ■ n°ISSN : 2117-3842

■ Directeur de la Publication : Philippe Morin ■ Rédaction : Jef d'Argent |

Moklé ■ Conception réalisation : Quadrilatère Communication

■ Photos : Cetim-Certec, Wikipedia, Ateliers de Joigny, FMC Technologies, Estève, Zodiac Aerospace, CIRTES, OLV, Eurofeu, Sculpteo, Viaméca.

