

cetiminfos

Osez le futur



Sommaire

ZOOM

2 Environnement - Un programme stratégique dédié à la transition écologique

RENCONTRE

3 Philippe Herbert - Président de la mission 5G industrielle de la DGE

DÉCRYPTAGE

4 Caractérisation - L'EBSO va plus loin dans l'observation des microstructures

6 Soudage, décarbonation, innovation - Trois études et veilles pour préparer l'avenir

APPLICATION

8 Universal Hydrogen - La numérisation au service du retrofit d'avions

C AU CETIM

10 Numérisation 3D - Une offre packagée complète

11 Projet thématique transversal - Focus sur les impacts des substances

12 Formations

Environnement

Un programme stratégique dédié à la transition écologique

Avec la mise en place du programme Cedre, les industries mécaniques renforcent leur position dans les chaînes de valeur qui contribueront à relever les grands défis socio-économiques.

Par conviction ou pour satisfaire des obligations (contractuelles, réglementaires, normatives), les industries mécaniques sont au 1^{er} rang des contributeurs de la transition écologique. Et cette mutation peut devenir une chance pour les industriels : selon la commission de l'Environnement, de la Santé publique et de la Sécurité alimentaire du Parlement européen, le Plan d'action économie circulaire (PAEC 2.0) pourrait créer 700 000 emplois dans l'ensemble de l'Union européenne d'ici à 2030 avec une croissance du PIB de l'UE de 0,5 % (PIB 2021 : 14 500 milliards d'euros). « Cette transition nécessite des transformations à la fois aux niveaux des activités de production, moins carbonées, de la conception des produits et services mis sur le marché, plus durables, et également des Business Models des entreprises de la mécanique, pour se démarquer de la concurrence. Et c'est là que le programme stratégique Cedre - pour Circularité de l'économie, décarbonation, résilience – a un rôle capital à jouer », souligne Viet-Long Duong, son directeur.



Répondre aux enjeux et accompagner les entreprises

Dans un premier temps, ce programme stratégique lancé par le Cetim doit permettre aux entreprises de répondre aux exigences actuelles et à venir, en élaborant des solutions méthodologiques et des outils. Dans un second temps, il va permettre d'accompagner les entreprises dans la sécurisation de leurs sites de production, pour plus de résilience, en développant de nouvelles solutions technolo-

giques permettant une meilleure utilisation des ressources (énergétiques, matières premières, eau) pour plus de sobriété, d'efficacité et de circularité. Autrement dit, pour consommer moins de ressources, mieux, en privilégiant les ressources renouvelables, et récupérer et valoriser celles non utilisées. Sensibilisation, conseil, essais, formation : il s'agit d'un appui sur l'ensemble du cycle de vie, jusqu'à l'industrialisation. Enfin l'industrie mécanique doit aussi être une partie de la

solution pour assurer la transition environnementale et énergétique de notre société. Cedre doit ainsi permettre aux entreprises d'identifier des opportunités de diversification et de création de valeur : en proposant des procédés, équipements et produits positionnés sur la thématique de l'économie circulaire et de la décarbonation, et ainsi contribuer à la transition environnementale et énergétique de la société.

Le programme contribuera à renforcer et à développer une offre française de solutions pour répondre aux enjeux de l'économie circulaire et de la décarbonation, notamment des filières telles que la réparation/réutilisation/recyclage des produits en fin de vie, les énergies renouvelables et la capture de CO₂. Les industriels pourront ainsi monter en compétences pour développer ces nouvelles solutions. ■

Contact : Viet-Long Duong
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr

cetiminfos

CETIM -52 avenue Félix-Louat - CS 80067 - 60304 Senlis Cedex
Tél. : 09 70 82 16 80 - sqr@cetim.fr - cetim.fr

Directeur de la publication : **Daniel Richet** - Rédacteur en chef : **Jean-Sébastien Scandella** (06 08 77 45 01) - Rédacteur en chef délégué : **Akim Djouadi** - Maquette/Infographie : **Magali Aït Mbark** (03 44 67 30 55), **Guilbert Gabillot** (03 44 67 47 08) - Ont participé à ce numéro : Christophe Duprez, Youssef Belgnaoui

Pour joindre vos correspondants par mail : prenom.nom@cetim.fr

Diffusion : 09 70 82 16 80 ; Prix du n° : 16,53 € TTC (15,67 € HT)





© Ludovic Laude

Philippe Herbert, président de la mission 5G industrielle de la DGE

« Foncez : c'est maintenant que tout se joue ! »

En septembre 2023 doivent être lancés les deux fablabs français dédiés à la 5G industrielle, dont celui du Cetim à Cluses. L'enjeu est central pour l'industrie. Explication du président de la mission de la Direction générale des entreprises.

Cetim Infos : En quoi consiste la mission 5G industrielle que vous présidez ?

Philippe Herbert : C'est un sujet crucial pour l'industrie française. La 5G industrielle offre en effet des fonctionnalités inédites et une nouvelle étape dans la gestion des données. L'industrie 4.0, centrale avec la numérisation, la robotique et l'Intelligence artificielle (IA), notamment, nécessite un réseau de communications des données plus robuste et plus performant, tant du point de vue de la sécurité que des fonctionnalités, des temps de latence... Il fallait alerter les industriels et faire en sorte que les entreprises, les opérateurs, les intégrateurs et les offreurs de solutions collaborent.

Je ne suis pas spécialiste des télécommunications : ingénieur de formation, j'ai travaillé pendant 14 ans chez Dassault Systèmes, une entreprise au cœur de la numérisation et de la digitalisation des process industriels, avant de devenir investisseur. Le véritable enjeu de la mission se situe au niveau des cas d'usage et je dispose d'une vue globale avec une valeur ajoutée sur comment faire bouger le secteur *via* les nouvelles technologies.

En 2021, 21 plateformes 5G étaient mises en place dans des secteurs variés, auxquelles viennent de s'ajouter deux spécifiques à l'industrie 4.0 et à la production. Il m'a été demandé de les animer. De plus, j'ai démarré un dialogue spécifique autour de la 5G avec l'automobile, l'aéronautique et le ferroviaire. C'est ainsi que le Cetim, porte ouverte vers ces secteurs de production mécanique et d'industrie manufacturière, s'est retrouvé en tête de liste.

CI : Quels étaient les critères de sélection des projets ?

PH : Le fablab 5G de Cluses et celui de Rennes, Excelcar, ont été officiellement désignés cet hiver. Ils présentent tous deux l'avantage d'être des lieux fédérateurs au cœur de bassins industriels où peuvent collaborer entreprises, opérateurs, intégrateurs et offreurs.

Or, faire la démonstration de la 5G industrielle nécessite de déployer des cas d'usage le plus vite possible. Cluses, comme Rennes, proposent une capacité de formation, de démonstration, de mise en œuvre des nouvelles technologies, et permettent de mobiliser sur des cas pratiques. On est dans le concret. Le fait que Cluses repose sur un atelier « réel » adossé à Quatrium, accessible depuis partout en France, et qu'il compte dans son consortium un opérateur privé de la 5G a aussi fait pencher la balance pour sa labellisation. Il est en effet important de mettre le doigt sur cet aspect hybride qui permet le recours à un réseau public et privé.

CI : Les AMI sont terminés. Où en est-on ?

PH : Quand j'ai remis mon rapport en avril 2022, j'espérais « naïvement » que les actions préconisées seraient mises en place pour la fin de l'année... Certes la mission a permis de donner une dynamique. Mais on commence à être en retard par rapport à d'autres pays, notamment l'Allemagne, ce qui n'était pas le cas alors. A Cluses comme à Rennes, le réseau 5G ne sera lancé qu'en septembre, avec des premiers cas d'usage en fin d'année... Il faut accélérer !

La réticence des industriels est compréhensible : on leur demande de modifier avec de nouvelles technologies un process qui tourne. Néanmoins, la dizaine de sociétés qui ont déjà franchi le pas en France vont désormais très vite. Par exemple, Alcatel Submarine Networks, qui s'est lancée en septembre 2022, a déjà 30 cas d'usage effectifs et encore une vingtaine à déployer. Une fois que le déploiement est fait, il y a foisonnement des cas d'usage mais il faut compter de 12 à 18 mois pour démarrer un réseau 5G industriel. Si j'ai un message à faire passer, c'est « foncez : c'est maintenant que tout se joue ! » ■

« La dizaine de sociétés qui ont déjà franchi le pas en France vont désormais très vite. »

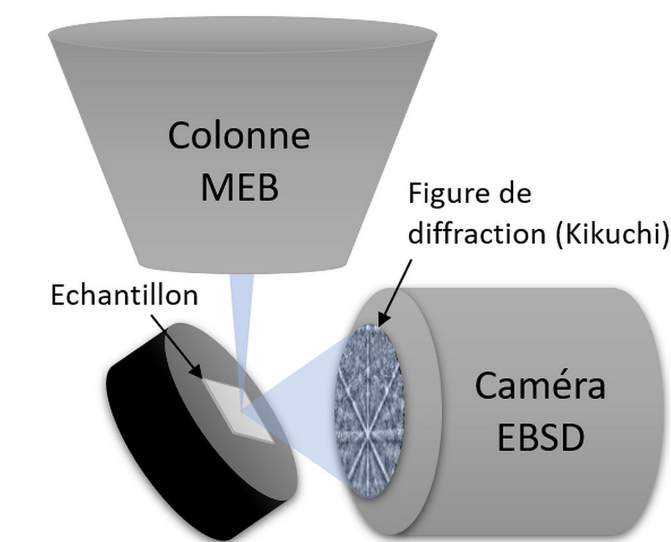
Propos recueillis par Christophe Duprez

Caractérisation

L'EBSD va plus loin dans l'observation des microstructures

L'Electron BackScattered Diffraction est une technique d'imagerie par diffraction d'électrons rétrodiffusés employée dans un microscope électronique à balayage. Elle permet de visualiser avec une grande finesse la microstructure des matériaux et fournit davantage d'éléments de compréhension de certains phénomènes métallurgiques.

Caractériser les propriétés et microstructures des matériaux métalliques est indispensable pour s'assurer qu'ils répondent aux exigences des applications visées. Diverses techniques permettent la caractérisation de matériaux à différentes échelles : de l'observation à l'œil nu jusqu'à l'utilisation d'un microscope électronique en passant par l'emploi d'un microscope optique. Elles permettent notamment d'analyser la porosité du matériau, sa microstructure, la taille des grains, l'état de surface... Alors que la vision humaine permet des observations à l'échelle centimétrique voire millimétrique, un microscope optique permet d'effectuer des analyses avec une résolution allant du millimètre à la dizaine de micromètres, un microscope électronique à balayage permet d'atteindre quant à lui des résolutions de l'ordre de la centaine de nanomètres. Ces outils fournissent des informations essentielles sur la microstructure d'un matériau pour vérifier la santé matière au regard des propriétés attendues. Pour les matériaux issus de techniques de fabrication métallurgiques bien connues, ils apportent un niveau de compréhension satisfaisant.



Fonctionnement de l' Electron BackScattered Diffraction (EBSD) : le faisceau d'électrons émis par la colonne MEB est diffracté au contact de l'échantillon et la caméra EBSD fournit les figures de diffraction traitées numériquement.

Une plus grande finesse d'observation

Cependant, « dans le domaine du soudage, de la fabrication additive ou de tout nouveau procédé qui s'éloigne de la métallurgie traditionnelle, nous avons besoin d'une plus grande finesse d'observation et d'une résolution accrue pour analyser la microstructure des matériaux. Par exemple, les procédés de fabrication additive par fusion laser entraînent une fusion à haute température très rapide de la poudre métallique, qui est ensuite brutalement refroidie. Cela conduit à la formation d'une

microstructure très fine, jamais observée sur les matériaux traités par d'autres techniques de fabrication. Pour réaliser des caractérisations approfondies et disposer de davantage d'éléments de compréhension, nous avons donc besoin d'une méthode nous permettant d'observer les matériaux avec une plus grande acuité », observe Mathilde Labonne du Cetim. C'est là qu'intervient la technique EBSD, pour Electron BackScattered Diffraction, qui permet d'atteindre des résolutions allant jusqu'à la dizaine de nanomètres.

Une technique reliant cristallographie et microstructure

L'EBSD est une technique d'analyse cristallographique locale basée sur l'exploitation des diagrammes de diffraction des électrons rétrodiffusés. Elle permet de relier la cristallographie à la microstructure de l'échantillon et ainsi de déterminer la texture de n'importe quel matériau monocristallin ou polycristallin. L'EBSD peut être appliquée à l'étude d'orientations cristallines, des défauts, des joints et de la morphologie des grains, à l'examen des hétérogénéités locales, à l'identification des phases d'un matériau ou encore à l'examen des déformations locales.

Visualisation de l'organisation cristalline

L'analyse EBSD est mise en œuvre au sein d'un microscope électronique à balayage équipé d'un détecteur spécifique comportant au moins un écran phosphorescent, un objectif compact et une caméra à faible lumière. Le faisceau d'électron balaye un échantillon dont la surface est orientée à 70° par rapport à l'horizontal. Il est diffracté au contact du matériau et le signal engendré, capté par la

caméra EBSD, renseigne sur l'organisation atomique. « On obtient après traitement numérique une image représentant, via un code couleur, l'orientation cristalline du matériau en chaque point de la surface analysée », explique Nicolas Bachelard du Cetim. Il est ainsi possible, par l'identification des phases présentes, d'effectuer des analyses approfondies de la microstructure : de relever l'orientation cristallographique des grains et grains parents, de comprendre certains mécanismes de déformation, d'évaluer les contraintes résiduelles et de mesurer la densité de dislocations.

Applications à fort enjeu

« La proportion des différentes phases présentes peut être obtenue grâce aux données de l'EBS, laquelle renseigne sur les propriétés macroscopiques du matériau, telles que sa tenue à la corrosion, ses propriétés mécaniques, sa facilité de mise en forme... », note Mathilde Labonne. Un autre avantage lié à la caractérisation cristallographique est l'observation des déformations du réseau cristallin, qui se traduisent par des désorientations locales. Cela permet

notamment d'identifier les endroits aux fortes contraintes internes, qui sont autant de zones sensibles à la fissuration préférentielle.

Si l'EBS présente d'indéniables atouts pour caractériser de manière très approfondie des matériaux, elle ne sera mise en œuvre que si les autres techniques traditionnelles n'ont pas permis de fournir suffisamment d'informations pour comprendre certains phénomènes. « Bien que cette technique se soit démocratisée ces dernières années, que les fabricants de détecteurs EBS ont amélioré leurs solutions pour faciliter leur mise en œuvre et réduire leurs coûts, et que les temps d'acquisition et de traitement d'images se sont considérablement réduits, elle reste une technique de caractérisation longue et coûteuse, qui exige une préparation soignée de l'échantillon. Pour ces raisons, elle est plutôt réservée aux applications à fort enjeu », indique Nicolas Bachelard. L'EBS peut par exemple aider à comprendre des problématiques liées aux revêtements de surface fins (de l'ordre de la centaine de nm). Elle est également très utile pour analyser la microstructure de pièces réalisées par des procédés de

Une large palette d'outils de caractérisation au Cetim

Le Cetim dispose d'une grande variété de moyens pour étudier les relations entre microstructure et propriétés mécaniques des matériaux métalliques.

Ses spécialistes peuvent proposer, suivant le besoin, un plan complet de caractérisation en mettant en œuvre des essais de traction, des mesures de dureté, des essais de flexion par choc, des essais de fatigue, des analyses métallographiques à différentes échelles par microscopie classique, électronique à balayage et EBS.

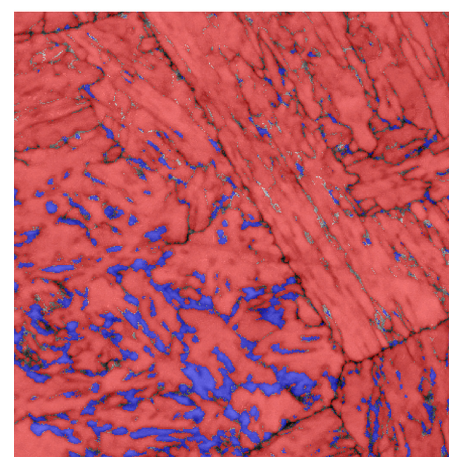
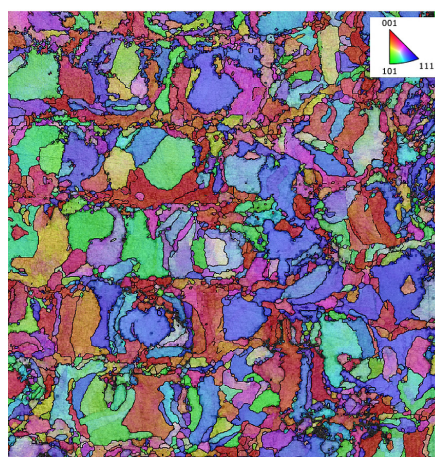
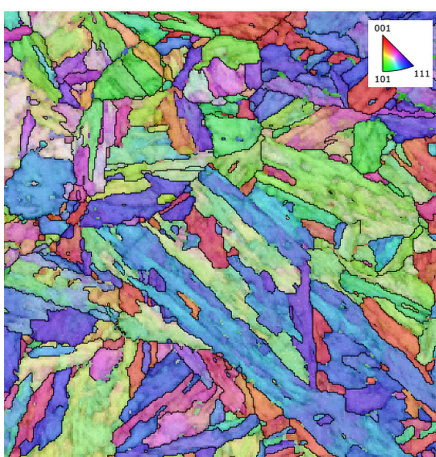
Plusieurs microscopes à balayage du centre sont en effet dotés de détecteurs EBS pour enrichir la caractérisation de la microstructure d'un matériau via l'analyse cristallographique.

À Saint-Étienne, une machine de nano-indentation instrumentée permet en outre la détermination des propriétés mécaniques locales des matériaux par la mesure du module élastique et de la dureté. Cette méthode rend notamment possible la caractérisation de couches minces.

À Bourges, un microscope électronique à balayage est quant à lui équipé d'un système d'essai de traction *in situ* permettant une analyse par EBS d'échantillons sollicités en traction.

fabrication additive afin d'optimiser le processus de fabrication. ■ YB

Contact : Mathilde Labonne
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr



L'EBS fournit des cartographies de phase et d'orientation des matériaux. De gauche à droite, les cartes d'orientation d'un acier inoxydable martensitique puis celle d'un acier à outil réalisé par fabrication additive. A droite, la cartographie de phase d'un acier inoxydable martensitique (austénite de réversion en bleu, martensite en rouge).

Soudage, décarbonation, innovation

Trois études et veilles pour préparer l'avenir

Avec la sélection de sujets de ce numéro, gardez un temps d'avance sur la question des zones affectées thermiquement par le soudage, les technologies de valorisation du CO₂ et une sélection de nouveautés repérées sur Global Industrie 2023.

1 Superpositions de zones affectées thermiquement : attention danger ?

Que ce soit en production pour éliminer des défauts ou plus tard en service, la réparation des joints soudés peut occasionner des empilements de Zones affectées thermiquement (ZAT) successives. Mais ces ZAT peuvent-elles être superposées sans dommage ? Quel en est l'impact sur le matériau ? Lors de la réparation, est-il nécessaire d'éliminer tout ou partie des anciennes ZAT ? L'aptitude à l'emploi de l'assemblage est-elle alors remise en cause ?

Autant de questions auxquelles répond l'ouvrage de la collection Performances « Soudage : réparations successives - Superposition des zones affectées thermiquement » (9Q453), qui consigne toutes les observations relevées lors des études menées par le Cetim sur six groupes de matériaux : aciers à l'état normalisé ou équivalent, aciers obtenus par laminage thermomécanique ou apparenté, aciers à l'état trempé puis revenu, aciers faiblement alliés au chrome-molybdène, aciers inoxydables austénitiques et aciers



inoxydables austéno-ferritiques.

L'étude de ces matériaux lors de protocoles d'essais variés (examens métallographiques avec mesures de dureté, caractérisations mécaniques à l'aide d'essais de flexion par choc et/ou de traction, essais de corrosion) a permis d'illustrer les impacts de réparations multiples.

Certains des groupes de matériaux étudiés sont-ils affectés par des réparations successives ? Lors des réparations, peut-on se contenter de n'éliminer que la zone soudée ? Cet ouvrage répond également précisément à ces questions.

Contact : Laurent Jubin
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr



Cliquez pour télécharger le rapport

2 Les principales voies de valorisation du CO₂

Si plutôt qu'une nuisance, le dioxyde de carbone (CO₂) constituait une source de richesse ? Tel est le principe de départ des technologies de captage et de valorisation du CO₂ qui l'utilisent comme matière première à l'origine de produits synthétiques utiles.

Composés chimiques, médicaments, matériaux de construction et carburants synthétiques sont issus de la valorisation chimique du CO₂. Valorisé par voie biologique, ce gaz sert de nutri-

ment aux organismes qui produisent par photosynthèse de la biomasse, utilisée ensuite dans l'industrie agroalimentaire, l'industrie pharmaceutique, le traitement des eaux usées ou la production de biocarburants. Enfin, valorisé directement, le CO₂ contribue à la récupération assistée de pétrole.

Les innovations sont nombreuses, les potentiels importants, mais tous les produits n'en sont pas au même niveau de maturité technologique. Le dossier de veille « Principales

voies de valorisation du CO₂ » fait le point sur toutes ces technologies qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre et offrent de nouveaux débouchés économiques pour les industries soucieuses de réduire leur empreinte carbone.

De la France (dépollution des eaux usées par 100 % du CO₂ de la méthanisation des boues) à la Chine (production de méthanol à partir de CO₂ des gaz de four à coke), en passant par la Suisse (conversion solaire du CO₂ en carburants

durables) ou l'Arabie Saoudite (récupération de 40 à 60 % supplémentaires de pétrole), ce dossier fait un tour du monde des projets dans ce domaine. ■

Contact : Hasna Ambarki
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr



Cliquez pour télécharger le dossier de veille

3 Gap sur l'innovation à Global Industrie 2023

Les chaînes de production des entreprises endurent les répercussions directes de nouvelles crises mondiales auxquelles s'ajoutent de nombreux défis énergétiques et environnementaux. À leur attention, le salon Global Industrie 2023 a réuni à Lyon une offre riche en nouveautés et en innovations.

Constructeurs d'équipements et fournisseurs de solutions misent sur l'amélioration des performances et de la productivité (machine de découpe avec technologie « Laser Beam Shaping », commande numérique intelligente, instrument de mesure avec technologie de variation focale...).

Simplicité et convivialité sont les mots d'ordre : les machines s'adaptent aux utilisateurs et non l'inverse, comme en témoigne ce système de suivi

de production qui s'aimante directement sur les machines. Logiciels et commandes numériques sont de plus en plus intuitifs et faciles à mettre en œuvre.

L'usine du futur poursuit son évolution où le duo homme-machine travaille en symbiose et en toute sécurité (système de détection-alerte - Lidar, boîtier de connexion pour automates, capteurs et Internet des objets...). Jumeaux numériques et logiciels de simulation facilitent la prise de décision et la meilleure organisation du parc machines à partir de tests complets effectués en environnement virtuel 3D.

Enfin, de nombreuses nouveautés visent à toujours plus de sobriété en énergie et en matière (chariot mobile qui stocke, distribue et recycle son absorbant, procédé de fossilisation accéléré...).



Des innovations nombreuses à retrouver dans la note de veille « Global Industrie 2023 ». ■

Contact : David Dubois
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr



Cliquez pour télécharger la note de veille

Universal Hydrogen

La numérisation au service du rétrofit d'avions

Pour mener à bien la modification d'avions afin de les faire passer du kérosène à l'hydrogène, l'entreprise américaine a besoin de modèles 3D précis de l'appareil avant modification, obtenus grâce à la numérisation sans contact.

Faire voler des avions carburant à l'hydrogène plutôt qu'au kérosène. C'est ce que propose la société américaine Universal Hydrogen, en fournissant une solution de conversion d'avions mais, aussi, une offre de services d'approvisionnement en carburant directement aux compagnies aériennes. En France, son entité installée à Toulouse est dédiée à la conversion à l'hydrogène d'avions régionaux ATR fonctionnant aux carburants fossiles. « On a aujourd'hui toutes les briques technologiques qui permettent d'attaquer le marché de l'aéronautique. On a la bonne taille d'avions et la bonne puissance au niveau électrique sur les piles à combustible qui nous permettent de motoriser ce type d'avion. Dans l'idée d'accélérer l'adoption de l'hydrogène dans ce secteur, la solution que nous avons préféré mettre en avant, c'est le rétrofit : l'adaptation d'avions existants parce que cela nous permettait d'aller très vite », commente François Le Neveu, directeur commercial Europe Afrique de Universal Hydrogen.

La solution proposée par la start-up américaine est un kit de conversion pour les avions régionaux existants, à commencer par l'ATR72 et le De Havilland Canada Dash-8. Il s'appuie sur des groupes motopropulseurs électriques alimentés par des Piles à combustible (PAC) modifiées pour s'adapter au monde de l'aviation, qui remplacent les turbopropulseurs



À voir sur la chaîne Youtube Cetim France

Universal Hydrogen a choisi deux appareils de transport régional pour sa solution de rétrofit : l'ATR72, ici à Toulouse, et le Dash-8.

existants. L'hydrogène est stocké dans des réservoirs spécifiques placés à l'arrière de l'avion une fois remplis, à l'aide d'appareils de manutention de fret classiques. La particularité de cette solution : elle n'utilise pas de batterie ; ce sont les piles à combustible qui entraînent directement les moteurs électriques. Avec à la clé un gain sur la masse et le coût de l'ensemble.

Reconstruire le modèle 3D
Si toutes les briques technologiques nécessaires sont là, la mise en œuvre d'une telle

transformation est complexe. Car il faut fixer les moteurs électriques en lieu et place des moteurs thermiques, et donc modifier la nacelle existante, et placer dans le fuselage les réservoirs et les PAC. « Un de nos défis aujourd'hui repose sur le fait de ne pas avoir accès aux données du fabricant de l'appareil. Nous devons donc comprendre l'avion tel qu'il est avant de le modifier », explique Tim Down responsable de la partie conversion d'ATR chez Universal Hydrogen. La solution : scanner l'avion, pour

créer une « maquette numérique » en 3D de l'appareil avant la modification. Pour cette tâche importante, l'Américain a fait appel aux spécialistes en numérisation du Cetim, afin de « fournir avec détails toutes les données de l'état pré-modifié de l'avion sur lequel nous allons ensuite construire notre ensemble de modifications. C'est vraiment important car cela permettra de nous démontrer que nous créons un ensemble de modifications qui, non seulement, répondra aux exigences que nous nous sommes fixées, pour l'inté-



©Cetim / Universal Hydrogen

“Cela a été vraiment essentiel de pouvoir refaire le mapping 3D de l'avion rapidement et d'avancer. C'était un véritable accélérateur dans le développement de nos solutions, spécifiquement pour l'ATR.”

François Le Neveu, directeur commercial Europe Afrique de Universal Hydrogen

gration des changements mais, aussi, de démontrer aux autorités de certification que nous avons fait une modification qui répond à leurs attentes en termes de qualité», poursuit Tim Down.

Numérisation sous contrainte

La mission des spécialistes du Cetim : numériser l'intégralité de la géométrie interne et externe de l'avion : un ATR 72, un appareil conçu pour les vols régionaux de 27 mètres de long et d'envergure et doté à l'origine de deux turbopropulseurs Pratt & Whitney, et fournir à Universal Hydrogen des fichiers 3D de certaines parties de l'appareil, en particulier celles devant accueillir les équipements de retrofit. Pour cela, plusieurs moyens sont mis en œuvre : des scanners laser d'environnement pour le fuselage, des scanners à main Handyscan et Metrascan pour les détails, et des scanners

3D Atos à lumière structurée pour l'intérieur de l'appareil. Avec une contrainte forte : « Nous n'avions qu'une semaine pour tout réaliser », raconte Lionel Lagrèze, du Cetim.

Les données récoltées avec les différentes technologies ont ensuite été traitées pour générer les éléments exigés par l'Américain : des nuages de points et des modèles CAO 3D de l'avion « tel que construit » (souvent différents des modèles « tel que conçu » que peuvent fournir les avionneurs) exploitables par la startup. « C'est une des briques de notre offre de prestation globale de rétroingénierie, qui couvre toute la chaîne : numérisation, modélisation, caractérisation des matériaux, calcul simulation et production de prototypes. Les industriels font de plus en plus appel à nous pour ce type de travaux car les enjeux sont importants, notamment sur la récupération des données numériques 3D pour aller vers le jumeau numérique, vers la réalité mixte et la réalité virtuelle et le Cetim maîtrise toute la chaîne de valeur numérique 3D », note Lionel Lagrèze.

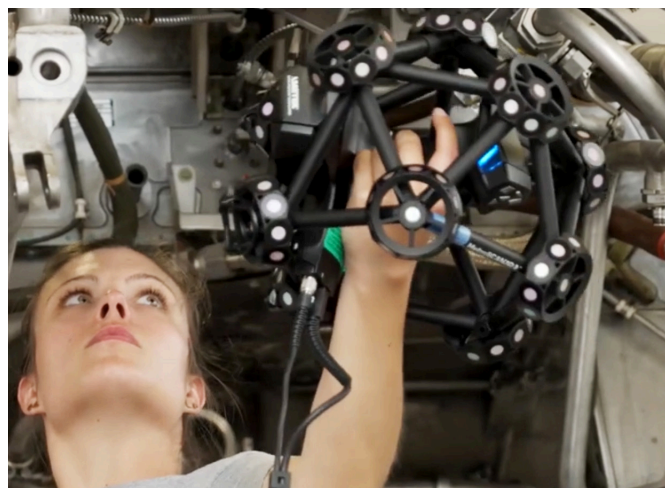
La startup prend son envol

Mission réussie ! Universal Hydrogen dispose désormais d'un ATR 72 converti à l'hydrogène. Parallèlement à la démarche en France, l'Américain a également rétrofité un Dash-8 aux Etats-Unis, qui a assuré son premier vol d'essai en mars 2023. « Nous avons une solution zéro émission vraiment très intéressante pour beaucoup de compagnies aériennes qui cherchent à améliorer leur empreinte carbone », annonce François Le Neveu. Pour la mise en service on vise 2025. » La startup décolle fort et les commandes commencent à tomber. Prochaine étape : préparer des solutions pour d'autres appareils.

Contact : Lionel Lagrèze
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr



©Cetim / Universal Hydrogen



©Cetim / Universal Hydrogen



©Cetim / Universal Hydrogen

Afin de permettre à Universal Hydrogen de réussir son pari au plus vite, les équipes du Cetim avaient une semaine pour numériser l'intérieur (en haut), et l'extérieur (au milieu) de l'avion, et traiter les données pour fournir des fichiers 3D exploitables.

Numérisation 3D

Une offre packagée complète

Numérisation, rétro conception, création de valeur ajoutée à partir des modèles numériques générés, le Cetim met l'ensemble de ses équipements et de son expertise au service des besoins des industriels.

Dans de nombreux secteurs industriels et non industriels, la numérisation 3D devient un incontournable. Et pour répondre aux besoins très divers des industriels, le Cetim a construit une offre complète autour de ces technologies.

Réponse à des besoins variés

« Les besoins des industriels liés à la numérisation sont très variés et présents dans tous les domaines », commente Vincent Barbier, responsable de l'activité Métrologie du Cetim. Les bureaux d'études sont ainsi concernés pour la reconstruction et la reconception de pièces. En production, ces techniques permettent de numériser une chaîne de production afin de simuler son fonctionnement ou de construire une extension. On peut également numériser une partie d'une usine pour anticiper l'installation d'un équipement. Des travaux de maintenance, dans l'aéronautique notamment, peuvent aussi nécessiter de disposer de modèles 3D des équipements « tels que construits » et non « tels que conçus ». La liste est longue... Et dans ce domaine, « le Cetim bénéficie d'une grande expérience. Nous avons fait de la numérisation d'usines pour des grands acteurs de l'industrie agroalimentaire et pharmaceutique. Dans l'Oil&Gaz, nous avons participé à des travaux de rétroconception pour des donneurs d'ordres majeurs. Dans l'aéronautique, Universal Hydrogen a fait appel à nous pour numériser un ATR 72 en vue de son retrofit pour l'intégration d'une motorisation ali-



mentée à l'hydrogène (lire notre article Application page 8). Auparavant, nous avons déjà numérisé des moules de coques pour le yachting de luxe... », note Lionel Lagrèze, en charge de promouvoir l'offre numérisation du Cetim.

Équipements et expertise

L'atout majeur du Cetim ? « Nous avons la capacité de scanner des objets du plus grand au plus petit, de la centaine de mètres au micromètre », commente Vincent Barbier. Pour cela, le Cetim dispose d'un arsenal particulièrement large, des scanners portatifs, de type Handyscan et Metrascan, aux scanners optiques à lumière structurée, en passant par des scanners d'environnement longue portée, installés sur trépied ou embarqués sur drone.

Les données générées par ces matériels d'acquisition tous nomades sont ensuite traitées pour les transformer en fichiers

exploitables : des nuages de points, des données métrologiques, des modèles 3D aux formats CAO, des fichiers de type STL pour la fabrication additive... « Nous pouvons aussi proposer en complément de ces fichiers des supports de réalité virtuelle ou réalité augmentée », précise Vincent Barbier. Les équipes du centre ont par exemple entièrement numérisé les ateliers du Cetim à Cluses, dans le but de réaliser un outil de visite virtuelle des lieux. « On peut coupler les scans avec des informations fournies par une caméra thermique pour identifier des zones chaudes sur un équipement, y associer des éléments d'informations comme des Taux de rendement synthétique (TRS) ou des fiches techniques, ou encore créer des modèles 3D dynamiques utilisés pour l'amélioration des processus, la simulation de flux dans un atelier, en vue d'une réorganisation industrielle par exemple », ajoute Vincent Barbier.

Rapide et nomade

Autre atout du centre, son expertise : « nous sommes présents sur toute la chaîne de valeur de la numérisation et nous avons l'expertise d'ingénierie, l'expertise métrologique et la connaissance des métiers mécaniciens », déclare Vincent Barbier. En outre, le Cetim est actif sur la R&D dans ce domaine. La numérisation 3D constitue ainsi le sujet d'un de ses projets thématiques transversaux menés avec les industriels et qui aborde entre autres, la problématique de la robotisation de la numérisation mais aussi les aspects du reverse engineering : Process, Design, innovation, éco-conception, analyses de défaillances... ■

Contact : Lionel Meleton
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr



Cliquez pour en savoir plus en vidéo

Projet thématique transversal

Focus sur les impacts des substances

Successeur du PTT « substances réglementées », un nouveau projet thématique transversal vise en particulier à poursuivre et élargir le travail de veille réalisé et à alimenter la base de données BDSR Web.

La réglementation des produits chimiques s'intensifie d'année en année et cela affecte régulièrement les entreprises de la mécanique, qui ont besoin d'être accompagnées pour identifier les impacts de ces réglementations sur leurs activités. Des impacts plus ou moins forts en fonction des activités de l'entreprise, qui peuvent aller jusqu'à la rupture d'approvisionnement ou la recherche de substitution de certaines matières ou de certains procédés. Pour ne pas subir ces impacts, un seul mot d'ordre : anticiper ! C'est la

vocation du Projet thématique transversal (PTT) « études d'impact substances », qui vient d'être lancé.

Ce nouveau projet vient à la suite du PTT « substances réglementées », qui a permis d'identifier une cinquantaine de textes réglementaires, de déterminer leurs exigences et d'identifier au maximum les utilisations des substances, et est à l'origine d'un nouvel outil informatique à la disposition des industriels : BDSR Web, une base de données sur les substances réglementées.

Il est structuré en 3 axes. D'abord réaliser une veille réglementaire

sur les substances et les textes pour les présenter au groupe de travail et mettre à jour BDSR Web. L'élargissement du périmètre réglementaire de l'outil, notamment vers certains pays hors de l'UE, sera discuté et étudié. Chaque nouveau texte identifié sera intégré dans BDSR Web et sa fiche « exigences réglementaires » sera créée. Troisième axe : cartographier les impacts potentiels des substances réglementées des activités de la mécanique *via* notamment des études d'impact. Cet axe permettra également de créer une grille d'évaluation des pistes de substitutions. Ces derniers travaux seront en

lien avec le Projet stratégique sectoriel (PSS) « traitement de surface et environnement ».

La formule des PTT et des PSS se veut simple : un projet, un groupe de travail, un pilote ! Ces projets sont ouverts à tous les industriels ressortissants du Cetim souhaitant être acteurs des enjeux technologiques de leur secteur industriel.

Pour participer, demandez à rejoindre le groupe de travail. ■

Contact : Laëtitia Benoist
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr



Cliquez pour rejoindre le groupe de travail

Avançons ensemble sur les thématiques phares de la mécanique !

Avec les projets thématiques transversaux et les projet stratégiques sectoriels :

- Anticipez les changements pour faire les bons choix technologiques
- Gagnez du temps en bénéficiant d'études et de travaux concrets
- Investiguez, testez, évaluez les solutions
- Echangez et interagissez grâce à notre plateforme collaborative

Participer, c'est gagner !

Rejoignez les 900 industriels déjà présents



CONTACT Service Question Réponse
Tél.: 09 70 82 16 80
sqr@cetim.fr



L'analyse de défaillance, quel que soit le type de matériau



©Cetim

Les composants mécaniques font appel en grande partie aux matériaux métalliques.

Mais pas seulement. Et lorsqu'une avarie survient, il convient donc de maîtriser l'univers des matériaux métalliques et celui des non métalliques. Le Catalogue des formations Cetim Academy regroupe un ensemble de modules permettant de couvrir ces deux domaines. Pour les matériaux métalliques, on y retrouve ainsi « Pratique de l'analyse de défaillances : méthodologie, études de cas de rupture de pièces métalliques » (M11) et « Analyse de défaillances matériaux métalliques » (ADE01), mais aussi des modules dédiés à la métallurgie et à la métallographie des aluminiums (ALF016) et des fontes (FTF043). Dans ce domaine, les modules « Analyse chimique par spectrométrie sur produits métalliques » (TMF056) et « Contraintes résiduelles : influence sur durée de vie et la sécurité des pièces » (M43) peuvent également apporter des compétences précieuses aux industriels.

Pour les matériaux non métalliques, quatre modules sont conseillés, à commencer par « Pratique d'analyse d'avaries sur plastiques, élastomères, composites » (M13), ainsi que les deux formations focalisées sur l'analyse de la défaillance des pièces en caoutchouc (1EADP) et de celles en élastomères (SPOC 3SADF). Les industriels peuvent également suivre « Caractérisation mécanique et physico-chimique des composites » (M84), qui vise à maîtriser les principes des essais mécaniques et physico-chimiques, leur utilité et leur interprétation pour déterminer les propriétés des matériaux composites.



Cliquez pour retrouver ces formations

Contact : Patrick Gacek - 09 70 82 16 80 - sq@cetim.fr

Analyse d'avaries sur les plastiques et polymères

Effectuer l'analyse d'avaries d'une pièce plastique, polymère ou composite avec méthode depuis l'enquête préliminaire. C'est le but de la formation Cetim Academy « Analyse de défaillance » (M13). Plus précisément, les stagiaires y apprennent comment appliquer la démarche suivie en analyse de défaillances, à lister les différentes hypothèses de défaillances à partir des informations recueillies, à nommer les moyens employés dans ce domaine, à lister les principaux outils (techniques) utilisés en analyse de défaillances de pièces polymères et composites et à interpréter les événements caractéristiques visibles sur les faciès de rupture de pièces à base de polymères. Au programme de ce module qui s'appuie sur des études de cas réels, d'abord une présen-

tation générale des matériaux et procédés, puis des focus sur la méthodologie à suivre pour remonter aux causes de défaillance, sur le principe et les applications des contrôles non destructifs dans le cadre d'une expertise, ainsi que sur la fractographie des polymères et composites. Sont également présentées les possibilités offertes par les moyens de caractérisation physico-chimique, mécanique et par les calculs (analyse mécanique). Cette formation s'adresse aux ingénieurs et techniciens en contrôle qualité ou fabrication. Elle est disponible en mode intra-entreprise et est réalisable en anglais. ■



Cliquez pour découvrir cette formation

Maîtriser la peinture sur pièces métalliques



La formation Cetim Academy « Peintures sur pièces métalliques » (M52) vise à appréhender les paramètres influents (conception des pièces, préparation de surface, choix des peintures et des procédés de mise en œuvre, suivi qualité, reprise de défauts, etc.) et à maîtriser la sous-traitance pour obtenir des pièces répondant à ses critères qualité. Types de supports, préparation des surfaces avant peinture selon le métal à traiter (produits, procédés), types de peintures disponibles... les principaux aspects sont abordés dans ce module, sans oublier les notions de qualité et de réglementation, notamment sur le volet Hygiène et

sécurité dans les ateliers de peinture. A noter, chaque thème est abordé au travers de travaux pratiques sous forme de quiz, d'études de cas, de recherches en groupe, et d'exercices. Les personnels concernés par ce module : les responsables et techniciens d'atelier de peinture, mais aussi les ingénieurs et techniciens de bureaux d'études et des services méthodes ou contrôle qualité et environnement. Cette formation est disponible en mode intra-entreprise et est réalisable en anglais. ■



Cliquez pour découvrir cette formation