

**RENCONTRES  
MATÉRIAUX  
ET SOCIÉTÉ  
2023**

**SF2M**  
— Société Française —  
de Métallurgie et de Matériaux

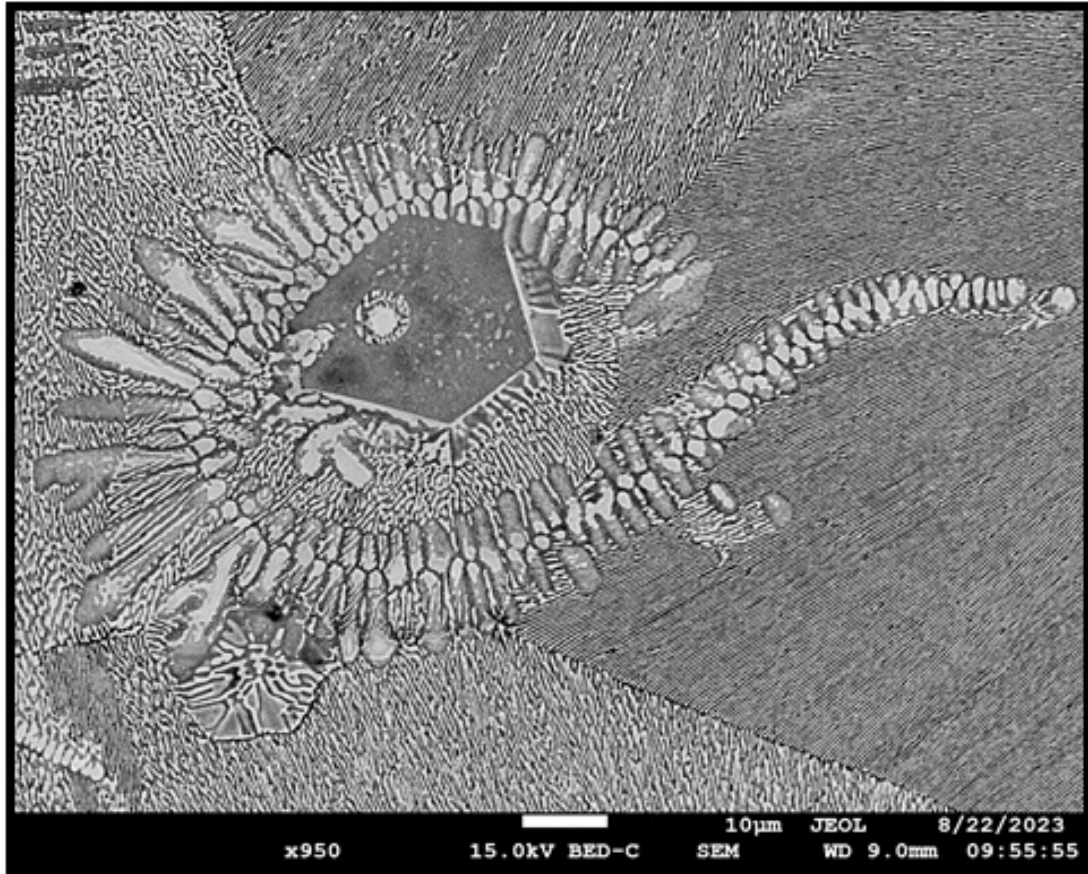
**Livret JACQUET  
2023**

**30 NOVEMBRE  
1ER DÉCEMBRE  
FIAP, Paris**

## LISTE DES PHOTOGRAPHIES

India BAGARD.....	3
<i>In the eye of the Nautilus</i>	
India BAGARD.....	4
<i>Zinc-spinal column</i>	
Natacha BESSOUET.....	5
<i>L'écorce et l'enfer 2 mondes parallèles</i>	
Valérie DAESCHLER.....	6
<i>Jeu de dés</i>	
Valérie DAESCHLER.....	7
<i>Le papillon bleu</i>	
Frédéric FOSSARD.....	8
<i>Parchemin elfique</i>	
Ulysse GAUMET.....	9
<i>Bogue de châtaigne chaude en oxyde de cuivre</i>	
Denis LAGADRILLERE.....	10
<i>Compression de building</i>	
Denis LAGADRILLERE.....	11
<i>En route vers l'infini et au-delà !!</i>	
Jean-Philippe MONCHOUX.....	12
<i>Tissage de dislocations dans un alliage intermétallique TiAl</i>	
Enrico SAGGIONETTO.....	13
<i>Diving into additive waves</i>	
Hervé STROZYK.....	14
<i>Boule de Noël cristalline</i>	
Jean-Charles VERCUCQUE.....	15
<i>Ghost of metal</i>	
Wafa ALIMIM.....	16
<i>High-Bright Nova (h-BN)</i>	

## India BAGARD



### *1 - In the eye of the Nautilus*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Le revêtement Magnelis peut présenter une variété de défauts. Celui-ci a la particularité d'avoir résulté d'un étrange motif de microstructure, notamment par la présence de longues dendrites Zn, qui sont parfois enroulées sur elles-mêmes. L'objectif de cette observation est de comprendre la cause du défaut, et ce qui a conduit à cette microstructure inhabituelle.

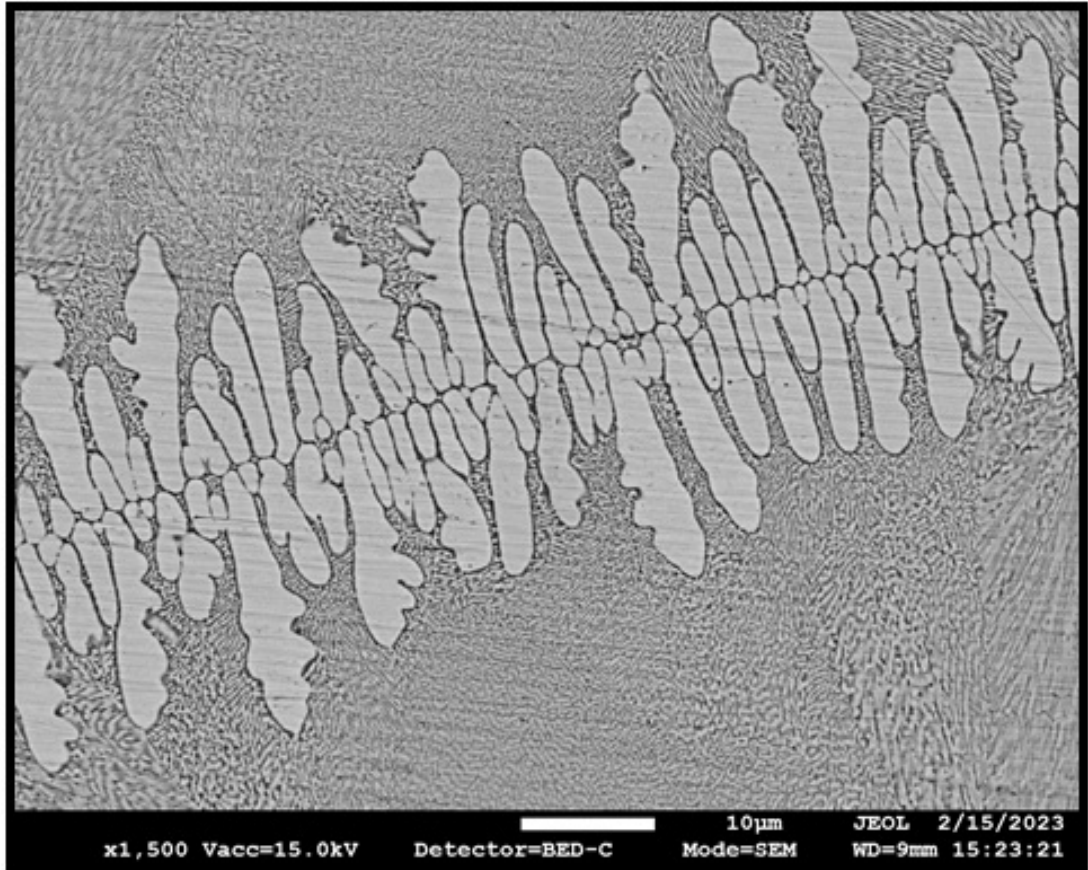
#### **Descriptif technique**

Image au microscope FEG MEB (x 950)

#### **Provenance**

ArcelorMittal Maizières

## India BAGARD



### *2 - Zinc-spinal column*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Le revêtement Magnelis peut présenter une variété de défauts. Celui-ci a la particularité d'avoir résulté d'un étrange motif de microstructure, notamment par la présence de longues dendrites Zn, qui sont parfois enroulées sur elles-mêmes. L'objectif de cette observation est de comprendre la cause du défaut, et en particulier l'origine de cette dendrite.

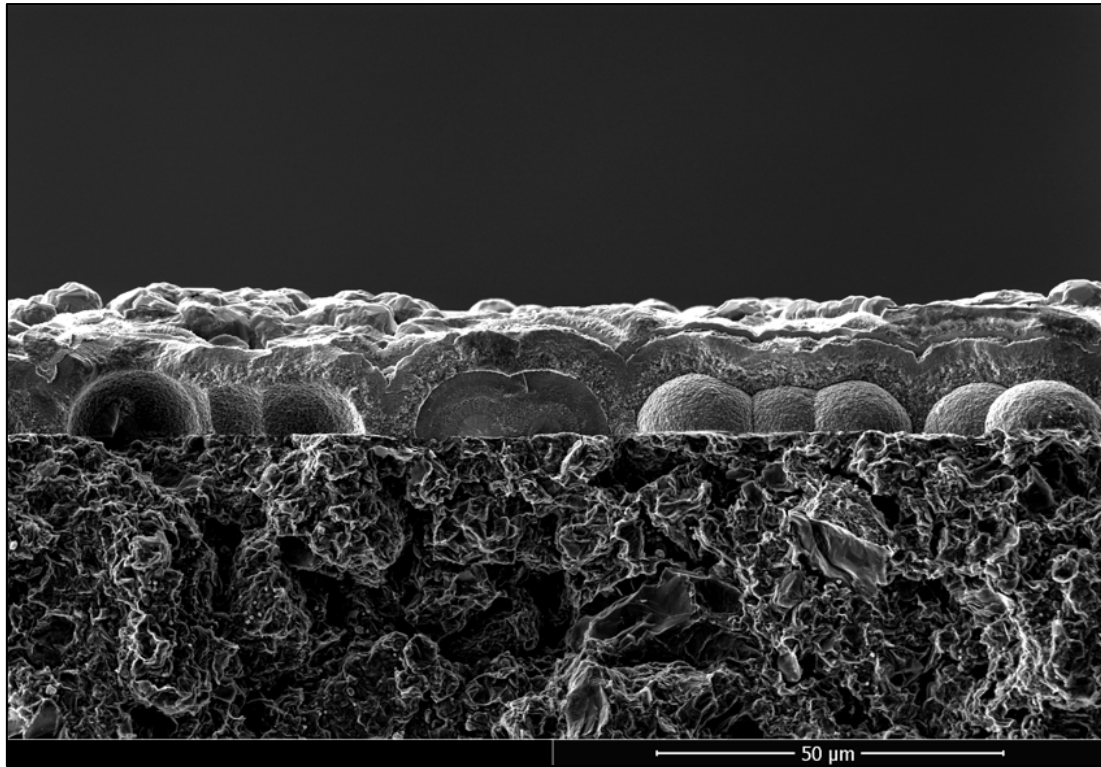
#### **Descriptif technique**

Image au microscope FEG MEB (x 1500)

#### **Provenance**

ArcelorMittal Maizières

## Natacha BESSOUET



### *3 - L'écorce et l'enfer : 2 mondes parallèles*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Cette micrographie représente une succession de couches de carbure de silicium déposées sur un substrat en graphite. Ces couches ont été déposées sous différentes conditions par réaction de dépôt en phase vapeur (CVD). On réalise des dépôts successifs sur un même échantillon lorsque l'on étudie les cinétiques des réactions chimiques de dépôt. L'observation des dépôts fournit des informations sur la structure de chacune de ces couches.

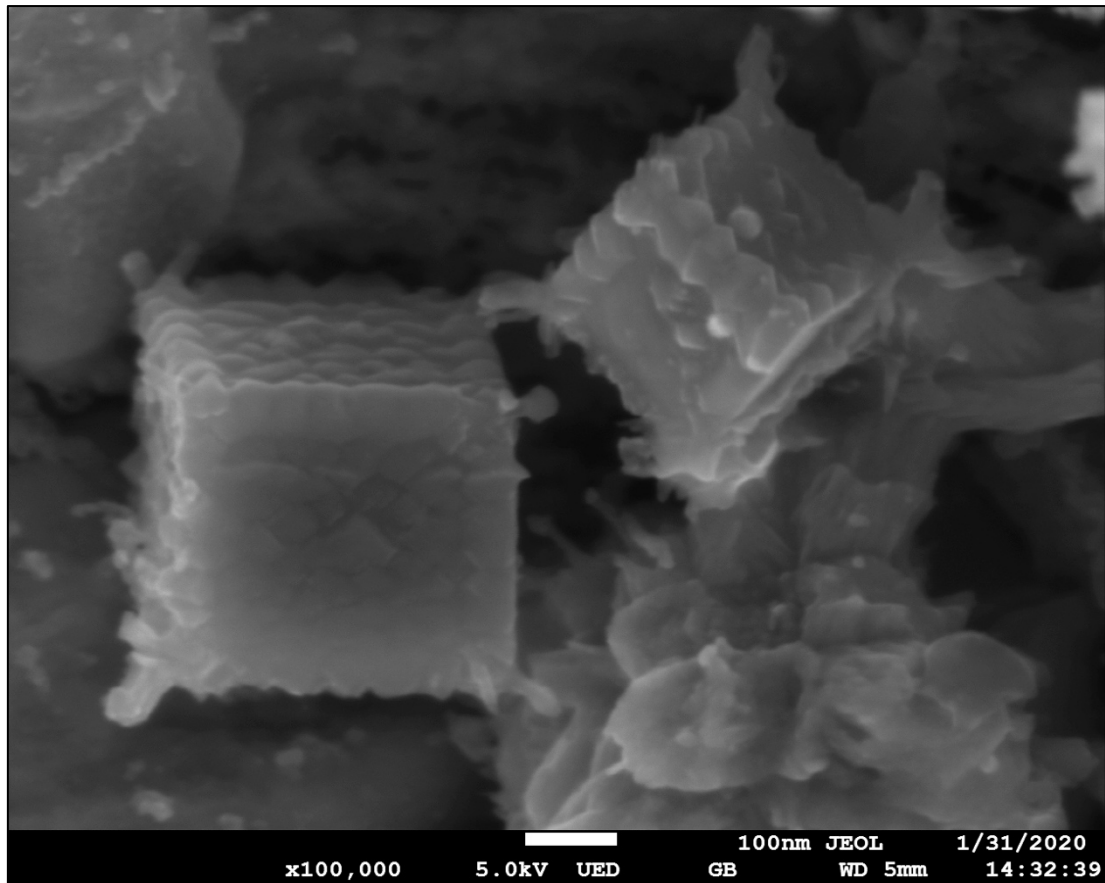
#### **Descriptif technique**

Ce cliché a été réalisé par microscopie électronique à balayage (MEB) à électrons secondaires avec un grossissement x800.

#### **Provenance**

Laboratoire des Composites Thermostructuraux (Pessac)

## Valérie DAESCHLER



### *4 - Jeu de dés*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Un exemple de ce que l'on peut observer dans une structure d'acier à haut module en fabrication additive utilisant la méthode par projection de poudre. Utilisation de l'attaque Niteau pour dissoudre la matrice, qui permet de révéler les précipités et les inclusions en 3D pour mieux comprendre la microstructure observée.

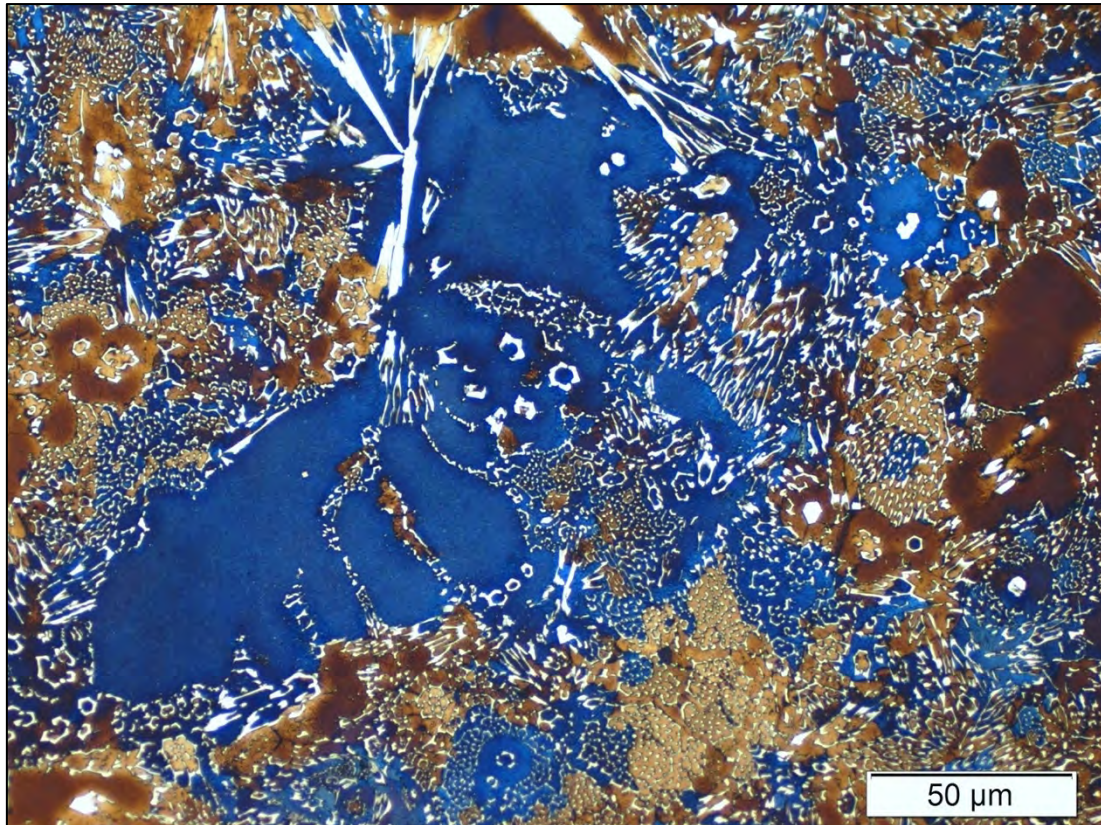
#### **Descriptif technique**

Grandissement x 100 000 sur un microscope à balayage JEOL JSM-7800.

#### **Provenance**

ArcelorMittal Maizières

## Valérie DAESCHLER



### *5 - Le papillon bleu*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Structure eutectique d'un matériau composite à matrice métallique renforcée par des particules de céramique. L'attaque Klemm colore les grains ferritiques selon leur orientation cristalline ; les particules de renfort apparaissent en blanc.

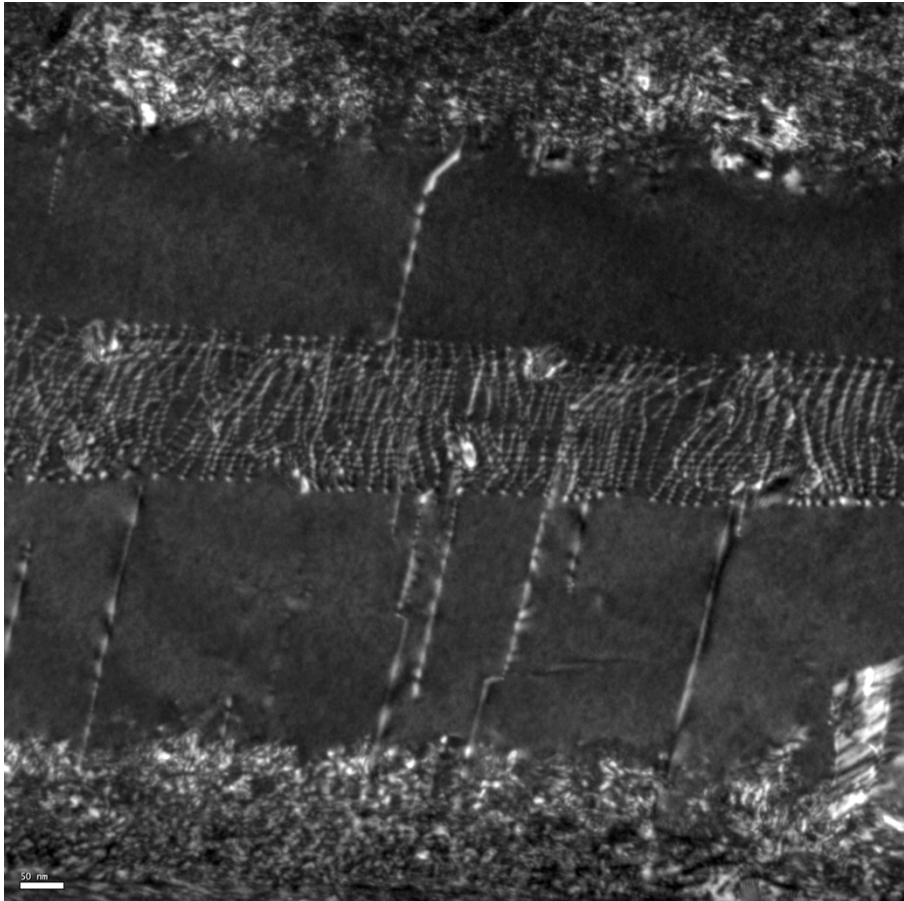
#### **Descriptif technique**

Grandissement x 500, micrographie obtenue au microscope optique, après une attaque Klemm 2.

#### **Provenance**

ArcelorMittal Maizières

## Frédéric FOSSARD



### *6 - Parchemin elfique*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Dans les alliages de titane quasi-alpha (ici : Ti6244S2), les relations d'orientation entre la phase alpha (haut et bas), hexagonale, et la phase bêta (centre) cubique centrée, donnent lieu à l'apparition de réseaux de dislocations aux interfaces. La technique de champ sombre en faisceau faible (WBDF) consiste à générer un contraste au cœur des dislocations, ce qui permet d'étudier leur vecteur de Burgers. L'image montre la propagation des dislocations, issues du mode de préparation de la microstructure, entre la phase alpha et la phase bêta.

#### **Descriptif technique**

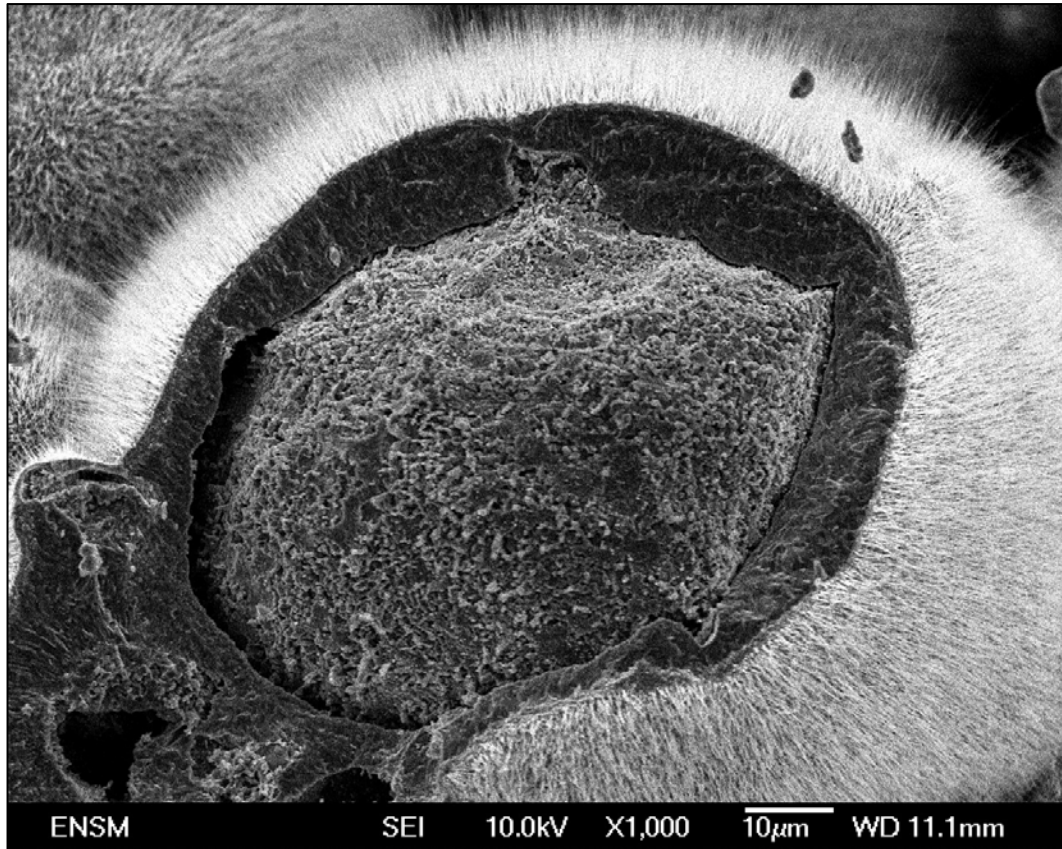
Micrographie en MET (Thermofisher CM20) en faisceau faible (200 kV, x20 000)

#### **Provenance**

ONERA



## Ulysse GAUMET



### *7 - Bogue de châtaigne chaude en oxyde de cuivre*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

L'image représente l'oxydation d'une poudre de cuivre après un cycle de déliantage sous air. Cette poudre a été mise en suspension pour l'élaboration d'une pièce réalisée via le procédé de fabrication additive par Robocasting. Lors du déliantage à 400°C, la poudre de cuivre s'oxyde, formant une épaisse couche de Cuprite ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) ainsi qu'une fine couche de Ténorite ( $\text{CuO}$ ). Il apparaît alors des nanofils de  $\text{CuO}$  en surface par diffusion atomique du cuivre à partir des joints de grains jusqu'à la surface de la poudre. Ce phénomène de croissance de nanofils s'étend alors sur toute la surface de la poudre qui s'apparente à une bogue qui, lorsqu'elle est ouverte dévoile la poudre de cuivre non oxydée pouvant représenter une châtaigne.

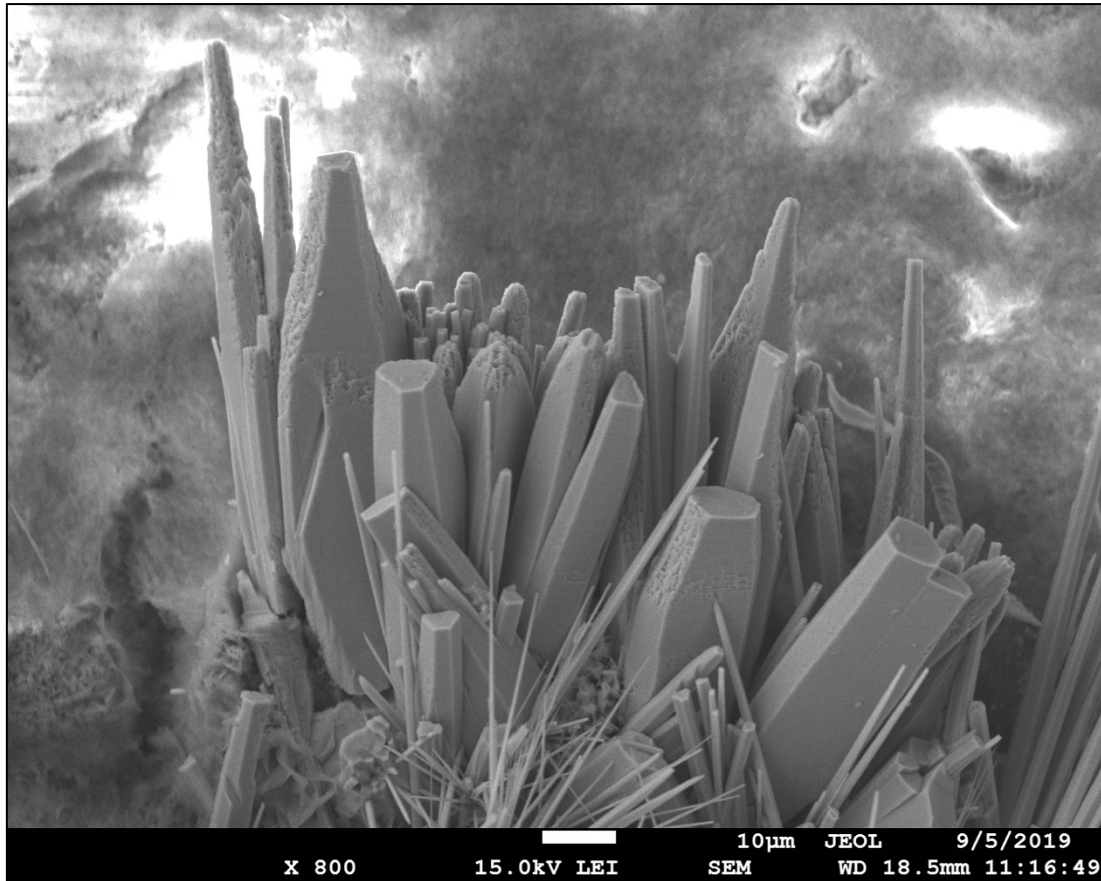
#### **Descriptif technique**

Cliché SE par MEB FEG JEOL 6500F à un grandissement x1,000.

#### **Provenance**

Ecole des Mines de Saint-Etienne (EMSE) – Lab. George Friedel (LGF) - UMR 5307 LGF

## Denis LAGADRILLERE



### 8 - Compression de building

*En ces temps de surpeuplement des mégapoles, un jeune architecte propose de densifier à l'extrême en compactant les constructions d'immeubles ! Gain de place, économie d'énergie et facilité pour se passer le sucre entre voisins !*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Pour faire suite à la photo désignée gagnante au concours 2022, ce sont à nouveau des cristaux d'oxyde de zinc qui se sont développés dans des zones confinées d'un compteur d'eau en laiton CuZn39Pb2.

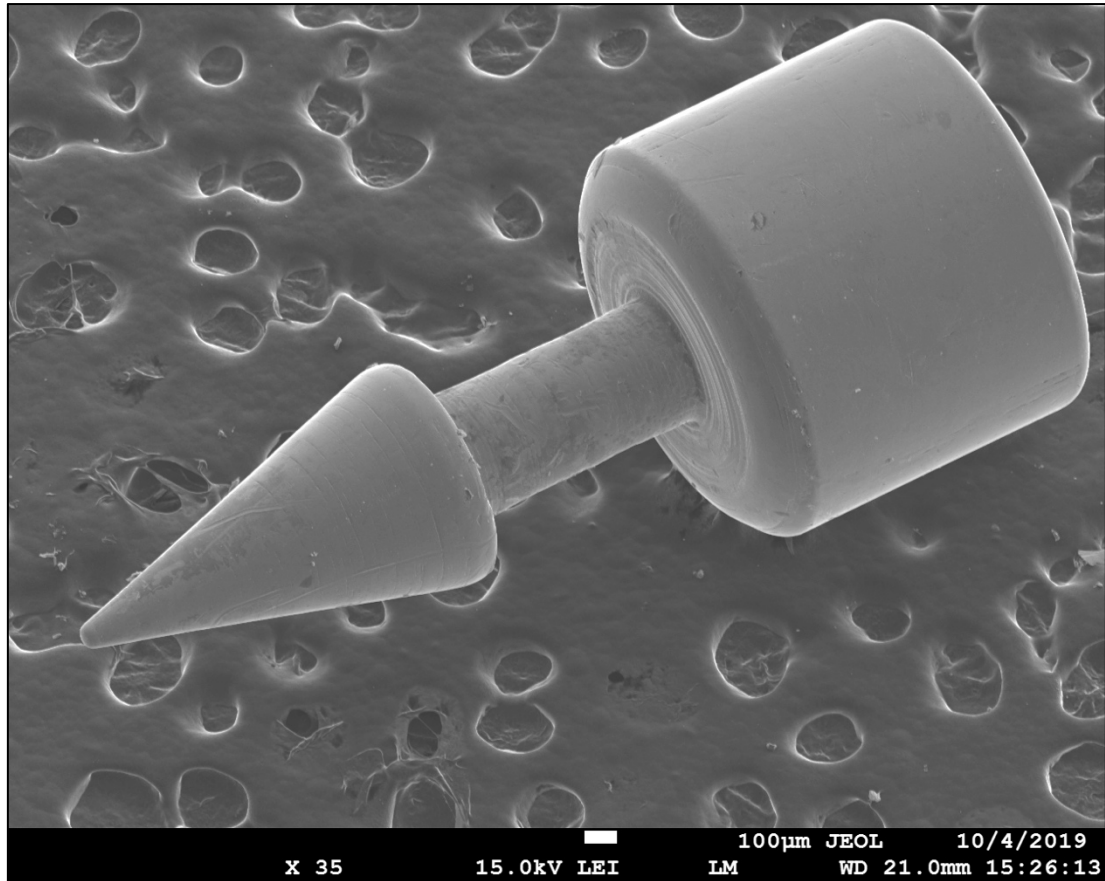
#### **Descriptif technique**

Imagerie par microscope JEOL FEG 7610 F et grandissement x 800.

#### **Provenance**

LABOMAP – Arts et Métiers / Cluny

## Denis LAGADRILLERE



### ***9 - En route vers l'infini et au-delà !!***

*Quand nous aurons réussi à miniaturiser l'être humain, il pourra s'affranchir très facilement de l'attraction terrestre avec ces mini fusées parfaitement adaptées au voyage intergalactique !*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Cette pièce est une aiguille pour l'acupuncture pratiquée en auriculothérapie. Sa forme en harpon permet de rester accrochée à la peau pendant 2 bonnes semaines afin d'agir sur des points spécifiques en relation avec les organes du corps humain.

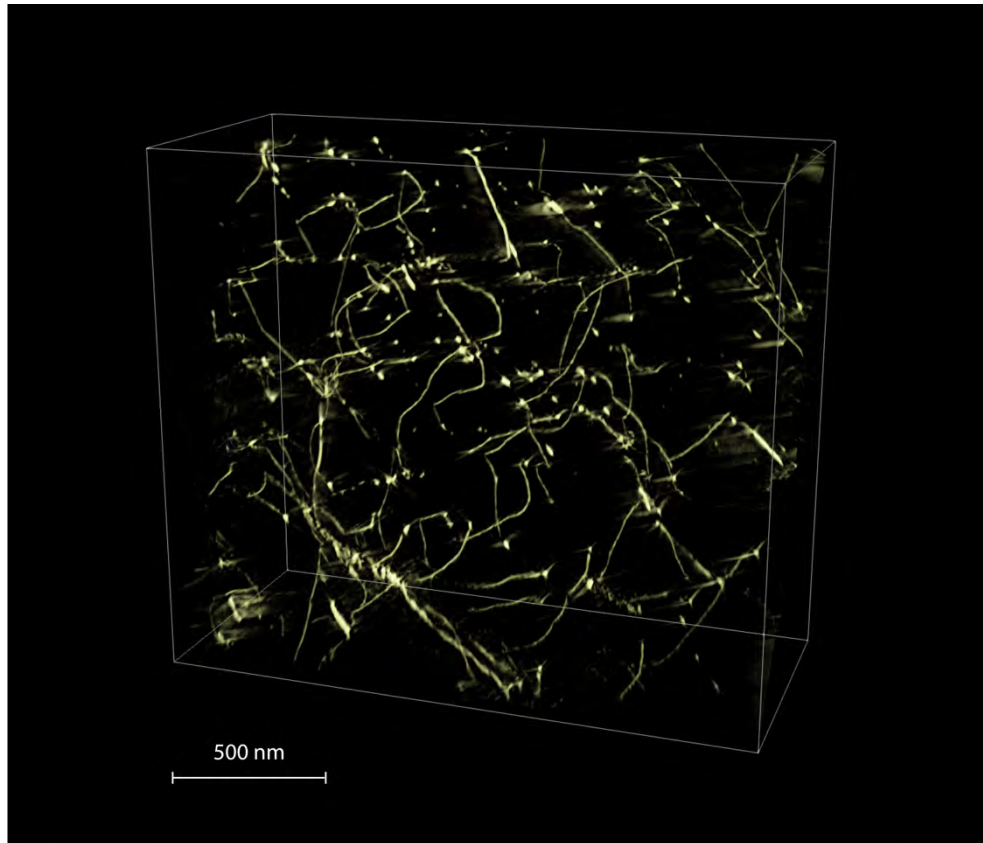
#### **Descriptif technique**

Imagerie par microscope JEOL FEG 7610 F et grandissement x 35.

#### **Provenance**

LABOMAP – Arts et Métiers / Cluny

## Jean-Philippe MONCHOUX



### ***10 - Tissage de dislocations dans un alliage intermétallique TiAl***

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

La déformation des matériaux cristallins résulte de la propagation de défauts linéaires dans le réseau atomique : les dislocations. La vision en trois dimensions, à l'échelle nanométrique et sur 360°, s'avère extrêmement précieuse pour déterminer avec précision les plans cristallins dans lesquels se propagent ces défauts, et pour identifier ainsi les mécanismes de déformation.

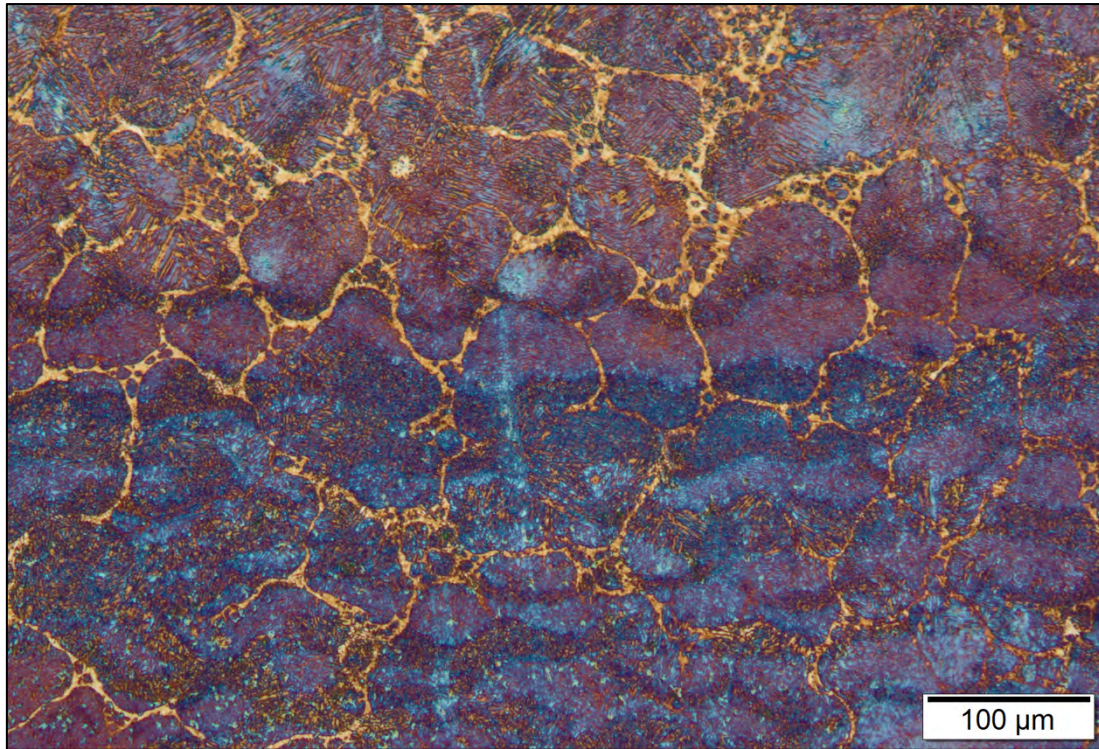
#### **Descriptif technique**

Reconstruction tomographique en trois dimensions à partir d'images de dislocations obtenues par microscopie électronique en transmission, dans le cas d'un alliage intermétallique TiAl déformé à 800°C (grandissement :  $\times 50\,000$ ).

#### **Provenance**

CEMES Toulouse, CINaM Marseille

## Enrico SAGGIONETTO



### *11 - Diving into additive waves*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Microstructure d'un nouvel alliage métallique obtenu par fabrication additive avec la technique de fusion laser sur lit de poudre, à partir d'un mélange de poudre d'acier à outils et de carbure de silicium. Les bassins de fusion et les zones affectées par la chaleur de chaque piste et couche sont visibles, créant un effet de « vagues » recouvert d'un réseau lumineux correspondant aux phases aux joints de grains. Les couleurs (du bleu au violet) dépendent de la composition chimique et de la nature des phases.

#### **Descriptif technique**

Échantillon attaqué avec du picrate de sodium alcalin à 90°C. Image prise avec le microscope optique Olympus BX60M.

#### **Provenance**

Aerospace & Mechanical Engineering Dpt, Université de Liège / Liège

## Hervé STROZYK



### *12 - Boule de Noël cristalline*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Goutte de cuivre (nuance électrique ETP) suspendue à un fil du même alliage. On observe à la surface de la goutte des dendrites d'oxyde de cuivre  $\text{Cu}_2\text{O}$  en cours de croissance. Ce phénomène est obtenu en réduisant la puissance du laser utilisé pour faire fondre la matière. L'oxyde ayant une température de solidification légèrement supérieure à celle de son métal, les dendrites progressent à la surface de ce dernier qui est encore liquide. Cette configuration est obtenue dans le cadre de mesures de viscosité et tension de surface par des méthodes vibratoires pilotées à l'aide d'ondes ultrasonores stationnaires. Ces mesures permettent de constituer des bases de données de grandeurs physico-chimiques, indispensables pour alimenter des modèles de simulation numérique, dans le domaine des procédés d'élaboration métallurgique.

#### **Descriptif technique**

Observation par caméra CCD couleurs modèle Moticam S6 + objectif macro Omabeta de longueur focale 170 mm. L'image obtenue est issue d'une vidéo (50 images/s) permettant la caractérisation des phénomènes dynamiques. Le grossissement résultant est de 45 X.

#### **Provenance**

Institut Jean Lamour, Equipe Procédés d'Elaboration, Chaire Industrielle « Métal liquide », Nancy.  
Auteurs : Hervé STROZYK, Jonathan MARTENS, Svetlana TSAREVA, Thibault QUATRAVAUX.

## Jean-Charles VERCUCQUE



### ***13 - Ghost of metal***

*En cette période d'Halloween... ! un fantôme vient de se faire prendre en photo en train de se balader sur du fer blanc !*

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Refus de vernis sur fer blanc sur lequel le vernis a été déposé sous forme de gouttelettes. L'objectif était de vérifier s'il s'agissait de refus ou « pseudo refus » (refus partiels de vernis) et de contrôler si ces refus étaient « propres », c'est-à-dire sans pollution exogène.

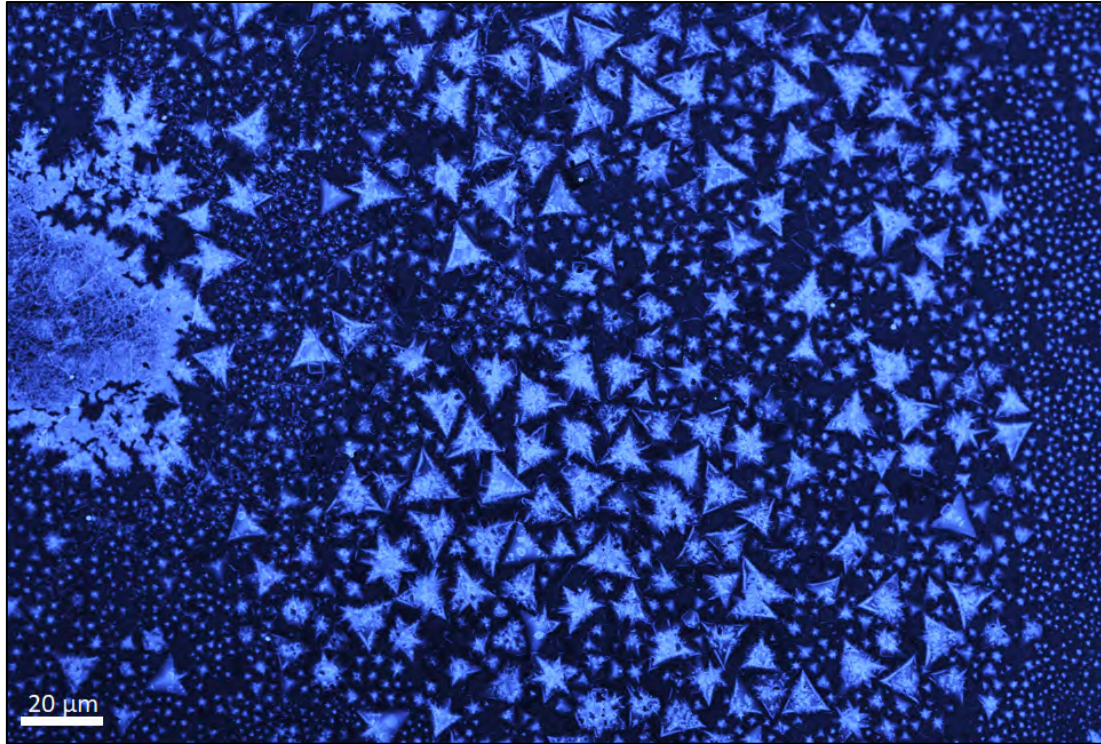
#### **Descriptif technique**

Image réalisée au Microscope électronique à balayage à effet de champ HITACHI SU5000 : Grandissement X10 000, 10kV, électrons secondaires.

#### **Provenance**

ArcelorMittal Maizières

## Wafa ALIMI



### ***14 - High-Bright Nova (h-BN)***

#### **Technique de réalisation / apport scientifique**

Monocristaux bidimensionnels de nitrure de bore hexagonal (h-BN), ou « graphène blanc », obtenus par dépôt chimique en phase vapeur CVD. La forme triangulaire est attribuée aux bords des domaines de h-BN terminés N, plus favorisés sur le plan énergétique que ceux terminés B. Ces triangles fusionnent pendant la croissance pour aboutir à des étoiles. Lorsqu'ils sont excités par un faisceau d'électrons, ces cristaux émettent une lumière avec une intensité inhabituellement élevée.

#### **Descriptif technique**

Image prise par microscope électronique à balayage (MEB) en électrons secondaires (Carl ZEISS, FEG GEMINI S360, HT 5kV, WD 2.6mm, x380)

#### **Provenance**

LSPM Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux – CNRS – Villetaneuse