

# SF2M

Société Française  
de Métallurgie et de Matériaux



# LISTE DES PHOTOGRAPHIES

(par ordre alphabétique des auteurs)

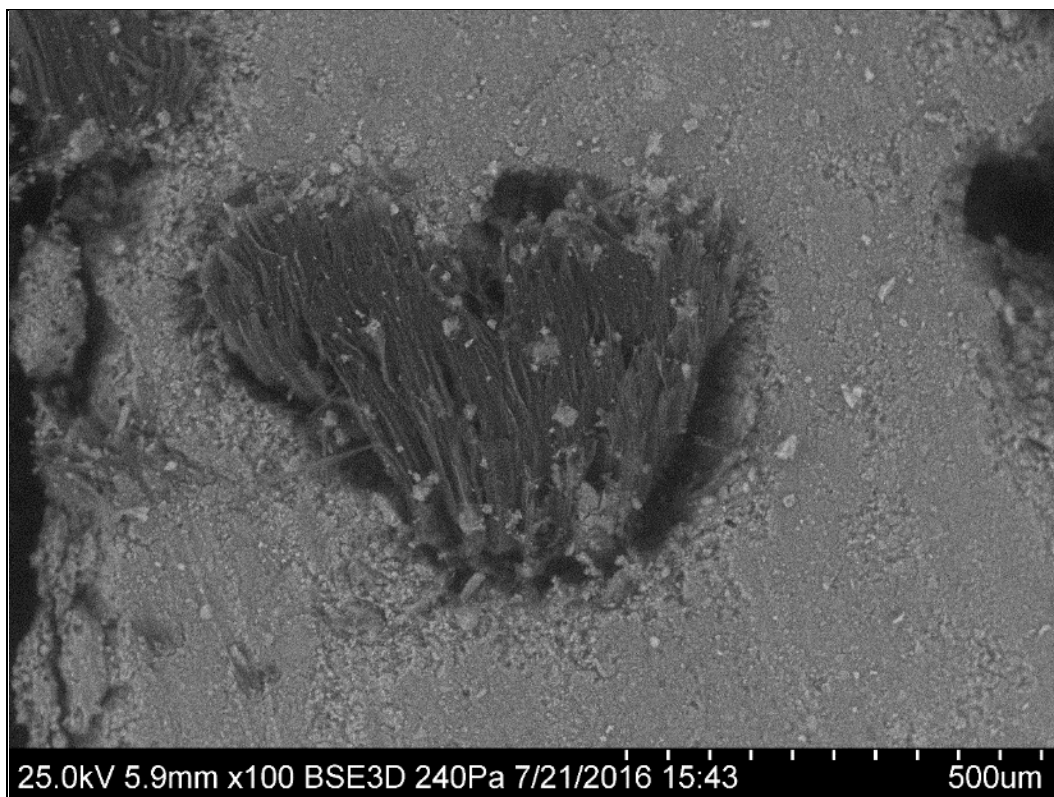
|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| Kamilia ABAHARI .....                             | 4         |
| <b><i>Cœur tendre</i></b> .....                   | <b>4</b>  |
| Catherine ANDASSE .....                           | 5         |
| <b><i>Aux champs</i></b> .....                    | <b>5</b>  |
| Catherine ANDASSE .....                           | 6         |
| <b><i>Le H de Harry</i></b> .....                 | <b>6</b>  |
| Moustapha ATTIA .....                             | 7         |
| <b><i>Le ciel orné</i></b> .....                  | <b>7</b>  |
| India BAGARD .....                                | 8         |
| <b><i>Le requin en pièces détachées</i></b> ..... | <b>8</b>  |
| India BAGARD .....                                | 9         |
| <b><i>Le dôme de Zinc</i></b> .....               | <b>9</b>  |
| Patrick BARGES .....                              | 10        |
| <b><i>The Bone</i></b> .....                      | <b>10</b> |
| Sébastien BOCQUET .....                           | 11        |
| <b><i>Fossilized fish</i></b> .....               | <b>11</b> |
| Omar BOUKIR .....                                 | 12        |
| <b><i>Tramway Atomique</i></b> .....              | <b>12</b> |
| Brice BOURDILIAU .....                            | 13        |
| <b><i>Tourbillons</i></b> .....                   | <b>13</b> |
| Brice BOURDILIAU .....                            | 14        |
| <b><i>Feuille de palmier</i></b> .....            | <b>14</b> |
| Zoé BOURGAIN .....                                | 15        |
| <b><i>Graphites en bord de mer</i></b> .....      | <b>15</b> |
| Magali BOUZAT .....                               | 16        |
| <b><i>Le champ de fleur</i></b> .....             | <b>16</b> |
| Laurent BRISSONNEAU .....                         | 17        |
| <b><i>Au cœur du corium</i></b> .....             | <b>17</b> |
| Guillaume CATTANEO .....                          | 18        |
| <b><i>Punk is not dead</i></b> .....              | <b>18</b> |
| Guillaume CATTANEO .....                          | 19        |
| <b><i>Winter is coming</i></b> .....              | <b>19</b> |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| Paul CHATRON-MICHAUD.....                                            | 20        |
| <b><i>Faune intermétallique .....</i></b>                            | <b>20</b> |
| Rémi DAUDIN .....                                                    | 21        |
| <b><i>Le refuge du bouquetin .....</i></b>                           | <b>21</b> |
| David DUSSAUSOIS .....                                               | 22        |
| <b><i>La tortue.....</i></b>                                         | <b>22</b> |
| Peggy GALLOIS.....                                                   | 23        |
| <b><i>Métier à tisser .....</i></b>                                  | <b>23</b> |
| Juan Manuel GARCIA .....                                             | 24        |
| <b><i>Unaged and broken.....</i></b>                                 | <b>24</b> |
| Thomas GHENO .....                                                   | 25        |
| <b><i>Zèbres en ribambelle .....</i></b>                             | <b>25</b> |
| Thomas GHENO .....                                                   | 26        |
| <b><i>Circuit imprimé.....</i></b>                                   | <b>26</b> |
| Oneil GOISOT.....                                                    | 27        |
| <b><i>Élastomosaïque .....</i></b>                                   | <b>27</b> |
| Kadir GOK .....                                                      | 28        |
| <b><i>Le Gekko.....</i></b>                                          | <b>28</b> |
| Sébastien JAUD.....                                                  | 29        |
| <b><i>Poisson-clown dans une anémone inter-dendritique .....</i></b> | <b>29</b> |
| François LABBÉ .....                                                 | 30        |
| <b><i>Carbures à marée basse .....</i></b>                           | <b>30</b> |
| Elise LABRUYERE.....                                                 | 31        |
| <b><i>Flocons Titanesques .....</i></b>                              | <b>31</b> |
| Pierre-Etienne LAVELATTE .....                                       | 32        |
| <b><i>Scorched forest.....</i></b>                                   | <b>32</b> |
| Benjamin LEFLON .....                                                | 33        |
| <b><i>Anémone de fer.....</i></b>                                    | <b>33</b> |
| Karim LEMMAGHTI .....                                                | 34        |
| <b><i>Magnetic Hole .....</i></b>                                    | <b>34</b> |
| Grégory LEUILLIER .....                                              | 35        |
| <b><i>Les marais salants asséchés .....</i></b>                      | <b>35</b> |
| Antoine MONNET .....                                                 | 36        |
| <b><i>Ligne de vie, ligne de rupture .....</i></b>                   | <b>36</b> |
| Maelig OLLIVIER .....                                                | 37        |
| <b><i>Chrysanthème de ténorite.....</i></b>                          | <b>37</b> |
| Alain PONTON .....                                                   | 38        |
| <b><i>Mosaïque de cratères en sol lunaire.....</i></b>               | <b>38</b> |

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| Alain PONTON .....                                   | 39        |
| <b><i>Cratères de feu en sol lunaire</i></b> .....   | <b>39</b> |
| Mathilde ROME .....                                  | 40        |
| <b><i>Le dragon Grain-ouilly</i></b> .....           | <b>40</b> |
| Jorge SALGADO GIAMPAOLI .....                        | 41        |
| <b><i>Trace d'éruption de Pb</i></b> .....           | <b>41</b> |
| Giuseppe SOLLAZZO .....                              | 42        |
| <b><i>Une taupe dans l'acier</i></b> .....           | <b>42</b> |
| Nicolas SÉNICOURT .....                              | 43        |
| <b><i>En tête à tête avec une Chouette</i></b> ..... | <b>43</b> |
| Denis SOLAS .....                                    | 44        |
| <b><i>Éventail cristallin</i></b> .....              | <b>44</b> |
| Ruyue QUE .....                                      | 45        |
| <b><i>Blossom of crystal</i></b> .....               | <b>45</b> |
| Ruyue QUE .....                                      | 46        |
| <b><i>Glycine crystal</i></b> .....                  | <b>46</b> |
| Jeremy VASSE .....                                   | 47        |
| <b><i>Récifs coralliens</i></b> .....                | <b>47</b> |
| Lisa VESSIER .....                                   | 48        |
| <b><i>Screamin' Nickel</i></b> .....                 | <b>48</b> |
| Aurore ZAPATA .....                                  | 49        |
| <b><i>Forest snow storm</i></b> .....                | <b>49</b> |

**Droits d'utilisation des images limités à un usage privé. Contacter l'auteur d'une image pour une utilisation publique.**

## Kamilia ABAHARI



### Cœur tendre

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Dans la micrographie, un granulats de chanvre en forme de cœur s'inscrit dans la matrice cimentaire, opposant la texture fibreuse du végétal à l'uniformité minérale. Cette structure incarne l'intégration harmonieuse du matériau organique et du ciment, associant légèreté, isolation thermique et résistance mécanique. Elle illustre un matériau composite durable, alliant nature et béton pour favoriser des constructions plus respectueuses de l'environnement et adaptées aux enjeux de la mobilité durable.

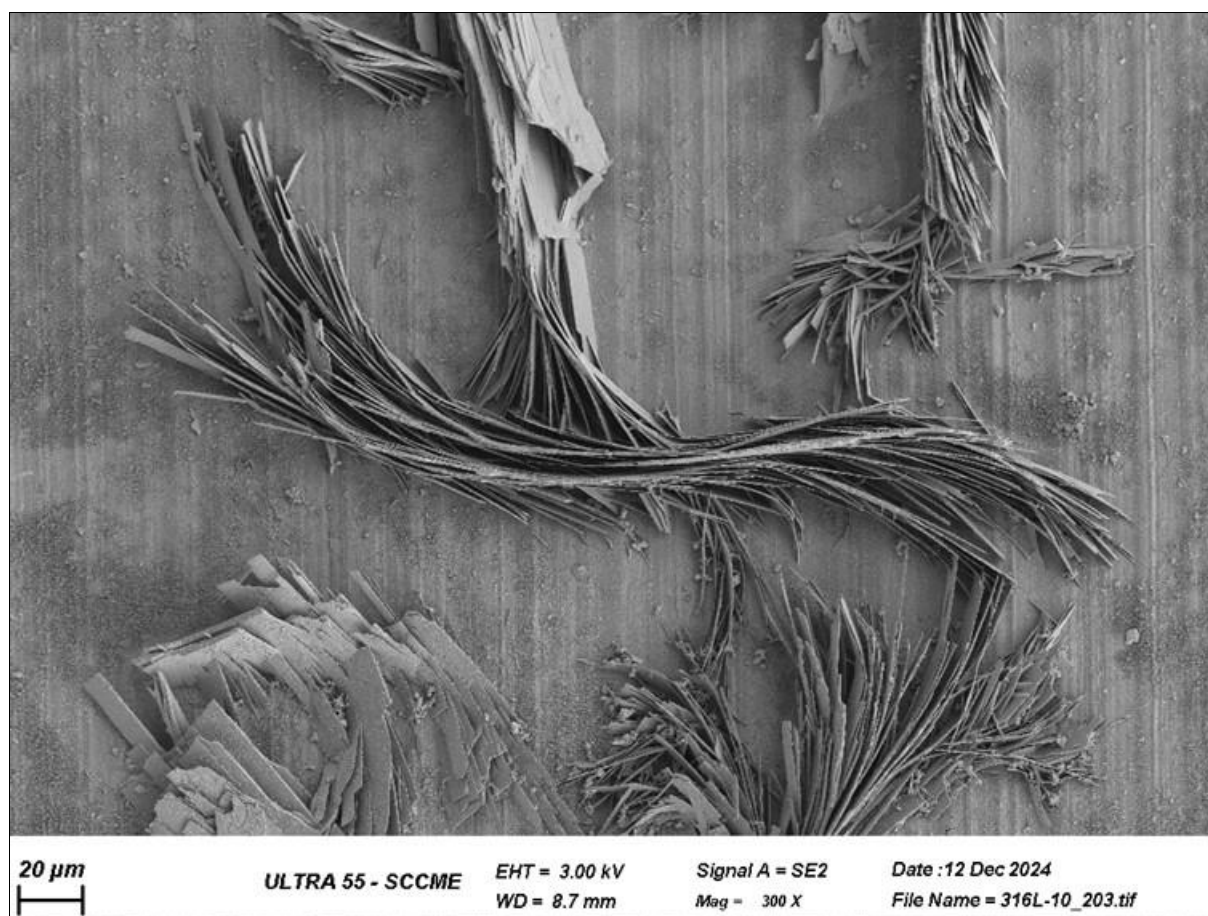
#### Descriptif technique

Image obtenue par microscopie électronique à balayage (MEB) en mode BSE (électrons rétrodiffusés), avec un grossissement de x100 sous une tension d'accélération de 25 kV sur un béton de chanvre.

#### Provenance

Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay (LMPS – UMR 9026), sous tutelles de CentraleSupélec, de l'ENS Paris-Saclay et du CNRS.

## Catherine ANDASSE



## Aux champs

### Technique de réalisation / apport scientifique

Il s'agit d'un échantillon en acier inoxydable, qui a été exposé en milieu aqueux et en température. On peut observer les plaquettes qui forment la couche de corrosion externe.

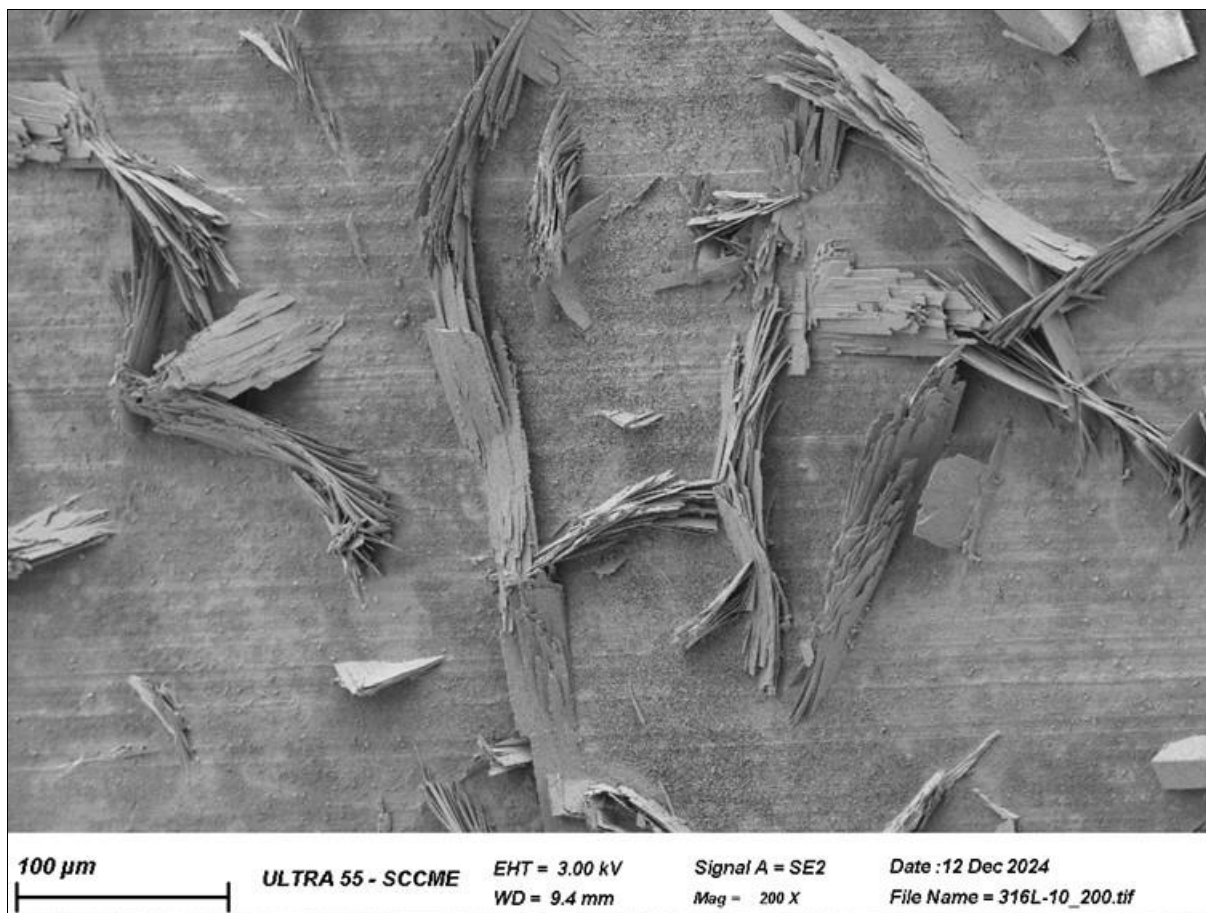
### Descriptif technique

Cette micrographie a été réalisée à l'aide d'un microscope électronique à balayage FEG, en électrons secondaires, à un grandissement x300.

### Provenance

CEA Paris-Saclay, DES/ISAS/DRMP/S2CM/LECA, Catherine Andasse, Brice Bourdilliau, Catherine Guerre.

## Catherine ANDASSE



## Le H de Harry

### Technique de réalisation / apport scientifique

Il s'agit d'un échantillon en acier inoxydable, qui a été exposé en milieu aqueux et en température. On peut observer les plaquettes qui forment la couche de corrosion externe.

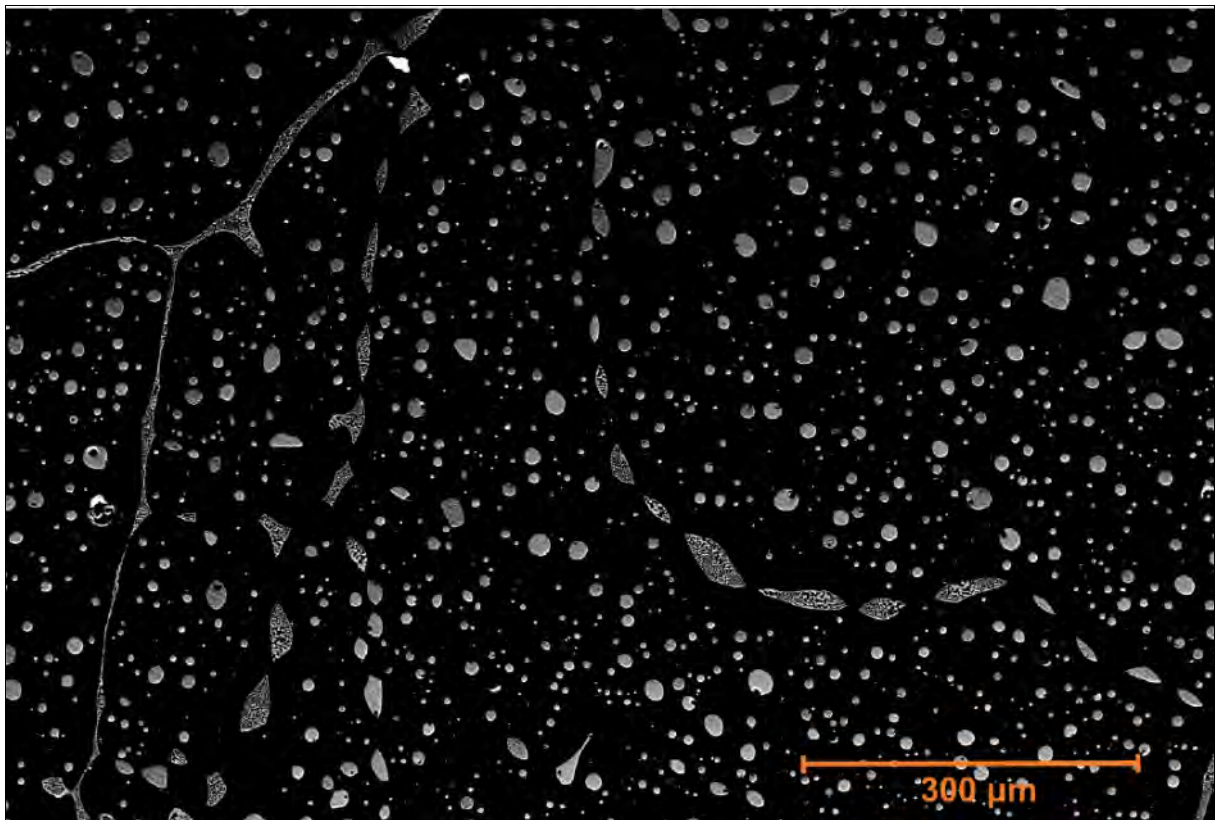
### Descriptif technique

Cette micrographie a été réalisée à l'aide d'un microscope électronique à balayage FEG, en électrons secondaires, à un grandissement x200.

### Provenance

CEA Paris-Saclay, DES/ISAS/DRMP/S2CM/LECA, Catherine Andasse, Brice Bourdilliau, Catherine Guerre.

## Moustapha ATTIA



### Le ciel orné

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image présente la microstructure d'un alliage Al-10% wt. Cu après un traitement thermique de 25 minutes à 560 °C, au-dessus de la température eutectique, dans le domaine semi-solide. Ce traitement favorise la fragmentation et la globularisation du réseau eutectique interconnecté d'Al-Al<sub>2</sub>Cu dans la matrice d'aluminium, ce qui contribue à réduire les concentrations locales de contraintes et à limiter les zones fragiles associées aux particules allongées. Toutefois, la globularisation reste incomplète : certaines particules résiduelles subsistent encore sous forme allongée ou partiellement connectée.

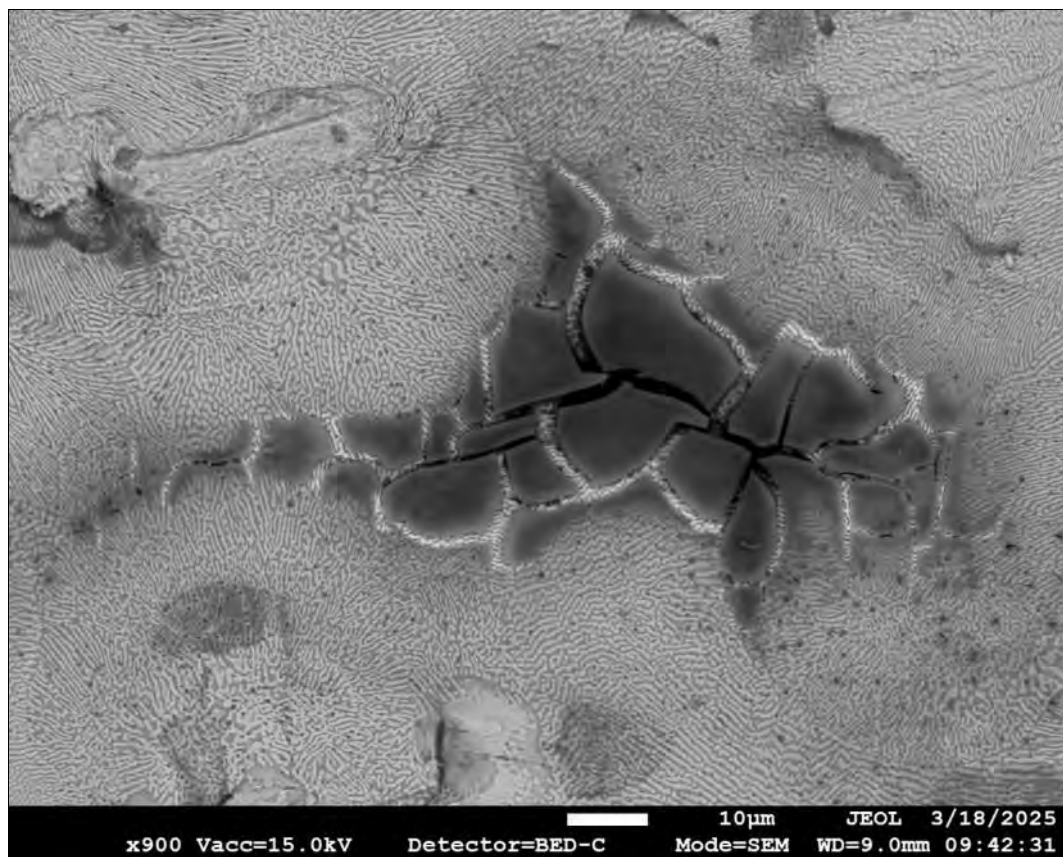
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage (MEB), mode électrons secondaires, avec un grossissement de  $\times 120$ .

#### Provenance

Plateforme d'Ingénierie des Matériaux et des Surfaces (PIMS) – École Centrale de Lille  
Laboratoire LaMcube, UMR 9013.

## India BAGARD



### Le requin en pièces détachées

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Image d'une forte épaisseur d'e-passivation dans un alliage ZnAlMg. L'alliage est visible à travers les craquelures, et apparaît plus claire. Cette couche protectrice peut parfois complètement masquer des zones d'intérêt.

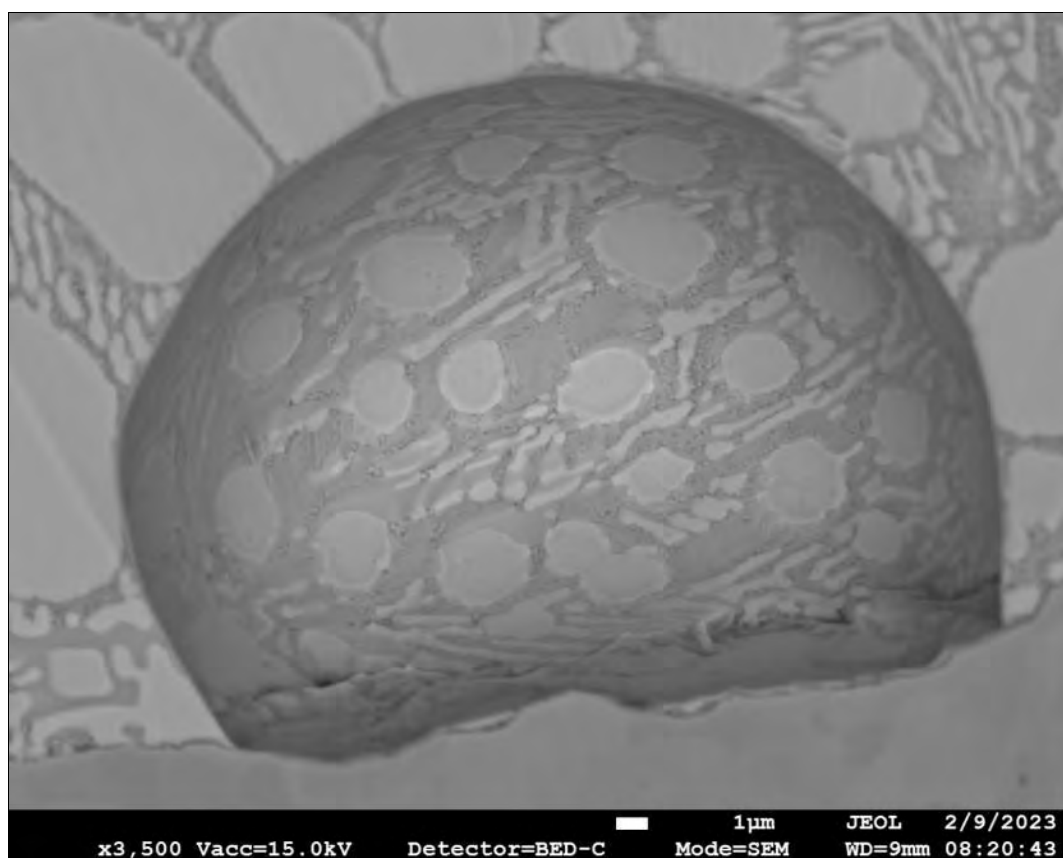
#### Descriptif technique

Image réalisée au microscope électronique à balayage Jeol 7800F, en mode électrons rétrodiffusés, à 15 kV, avec une distance de travail de 9 mm.

#### Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MCS

## India BAGARD



### Le dôme de Zinc

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Image d'une bulle dans un alliage ZnAlMg. Ce défaut a entraîné la croissance de dendrites de Zinc tout autour de la bulle. L'étude de cette microstructure donnera des indications sur les causes de la formation de cette bulle.

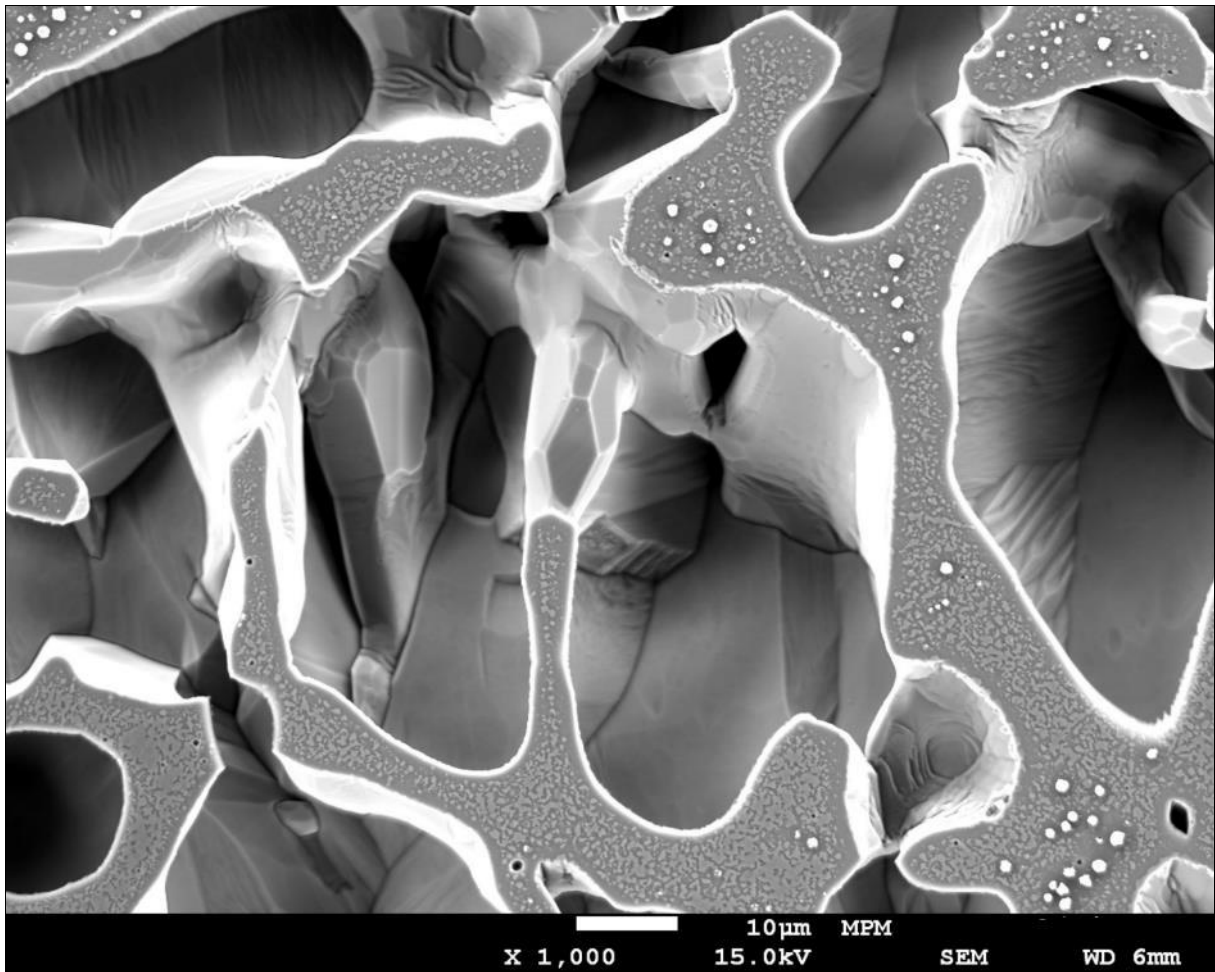
#### Descriptif technique

Image réalisée au microscope électronique à balayage Jeol 7800F, en mode électrons rétrodiffusés, à 15 kV, avec une distance de travail de 9 mm.

#### Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MCS

## Patrick BARGES



### The Bone

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Observation de la microstructure d'un acier inoxydable après l'attaque Kalling #1. L'attaque permet de ne garder que le squelette composé d'austénite et de phases nanométriques Kappa ( $\kappa$ -carbures).

#### Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope électronique à balayage (MEB FEG) Hitachi SU5000 en mode électrons rétrodiffusés, grandissement x 2000.

#### Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MP2

## Sébastien BOCQUET



### Fossilized fish

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image représente un artéfact de préparation (au niveau de « l'œil » du poisson) situé dans la bande de dilution au niveau de la zone de liaison entre un acier faiblement allié et un acier inoxydable déposé par soudage.

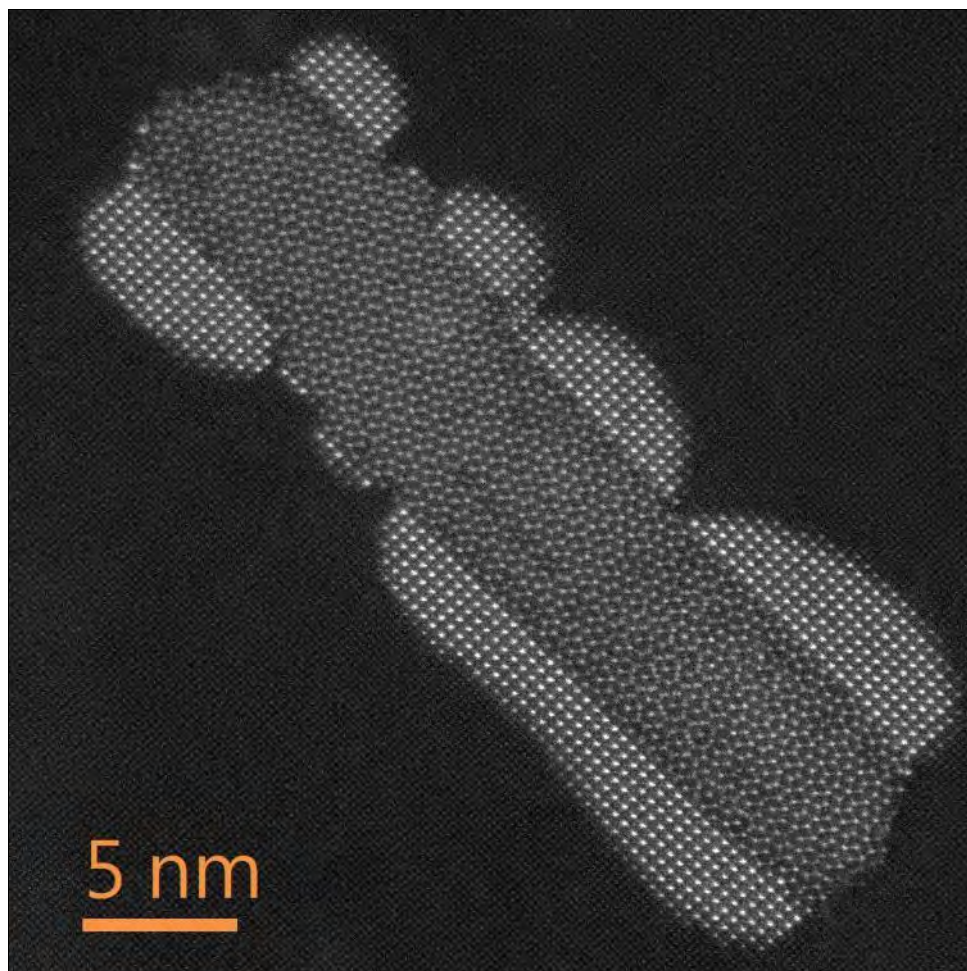
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie optique (Olympus GX71, grandissement x50) après attaque électrolytique.

#### Provenance

Centre Technique (DTI) de Framatome à St Marcel

## Omar BOUKIR



### Tramway Atomique

#### Technique de réalisation / apport scientifique

L'image montre un précipité récemment identifié dans l'alliage Al–0.24 wt% Zr contenant des impuretés de Fe (0,09 wt%) et Si (0,07 wt%). La couche externe du précipité est enrichie en Zr, adoptant une structure de type  $L1_2$ , tandis que le cœur présente une phase quasi-cristalline associée au fer et au silicium. Ce type de précipité, doté d'une très grande stabilité thermique, améliore significativement les performances de l'alliage.

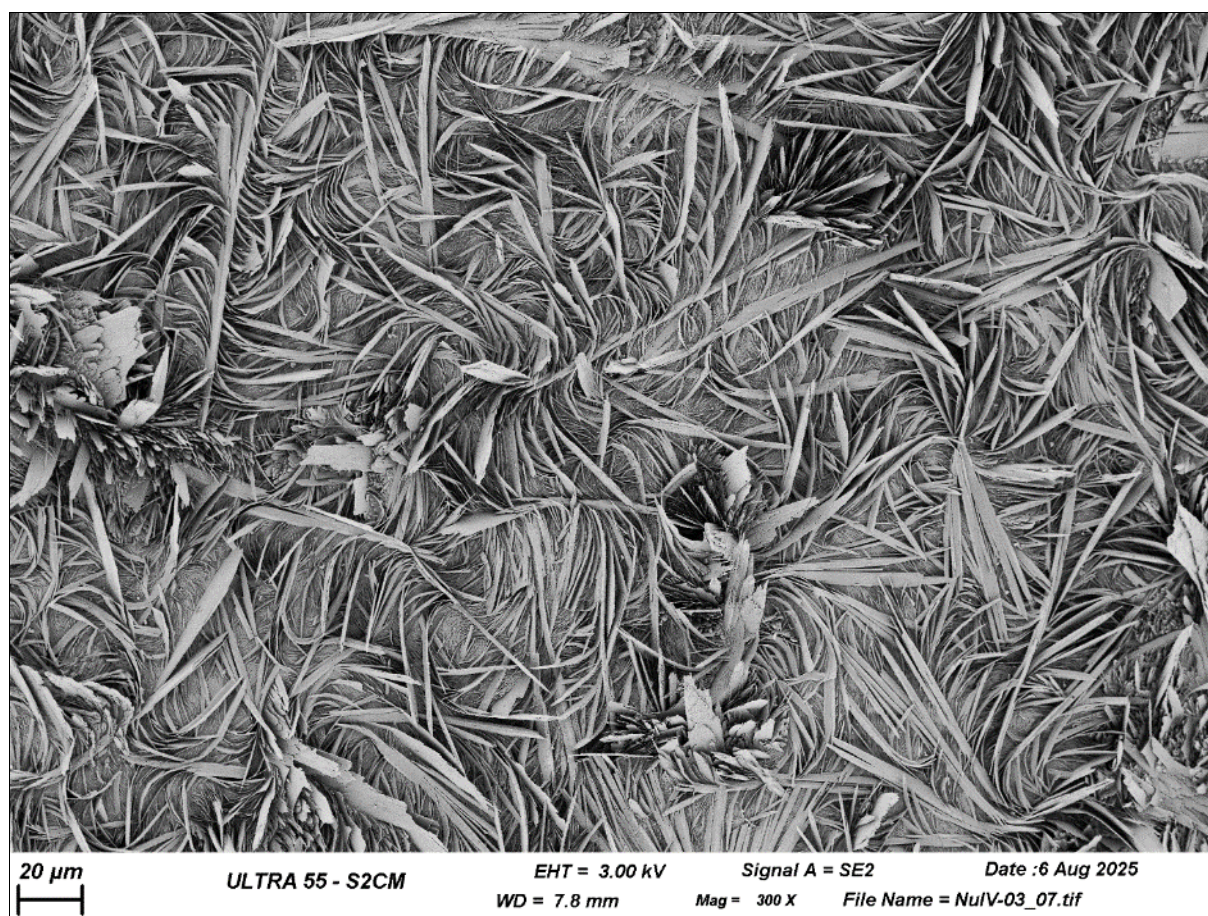
#### Descriptif technique

Image acquise au microscope électronique en transmission (MET) JEOL ARM 200F, en mode STEM-HAADF, à un grandissement de 6 M.

#### Provenance

Groupe de Physique des Matériaux (GPM) – UMR 6634 CNRS-Université et INSA de Rouen

## Brice BOURDILIAU



## Tourbillons

### Technique de réalisation / apport scientifique

Cet échantillon en acier faiblement allié a été exposé en milieu secondaire en température. Cette micrographie présente la morphologie de la couche de produits de corrosion externe, composée de plaquettes présentant différentes orientations.

### Descriptif technique

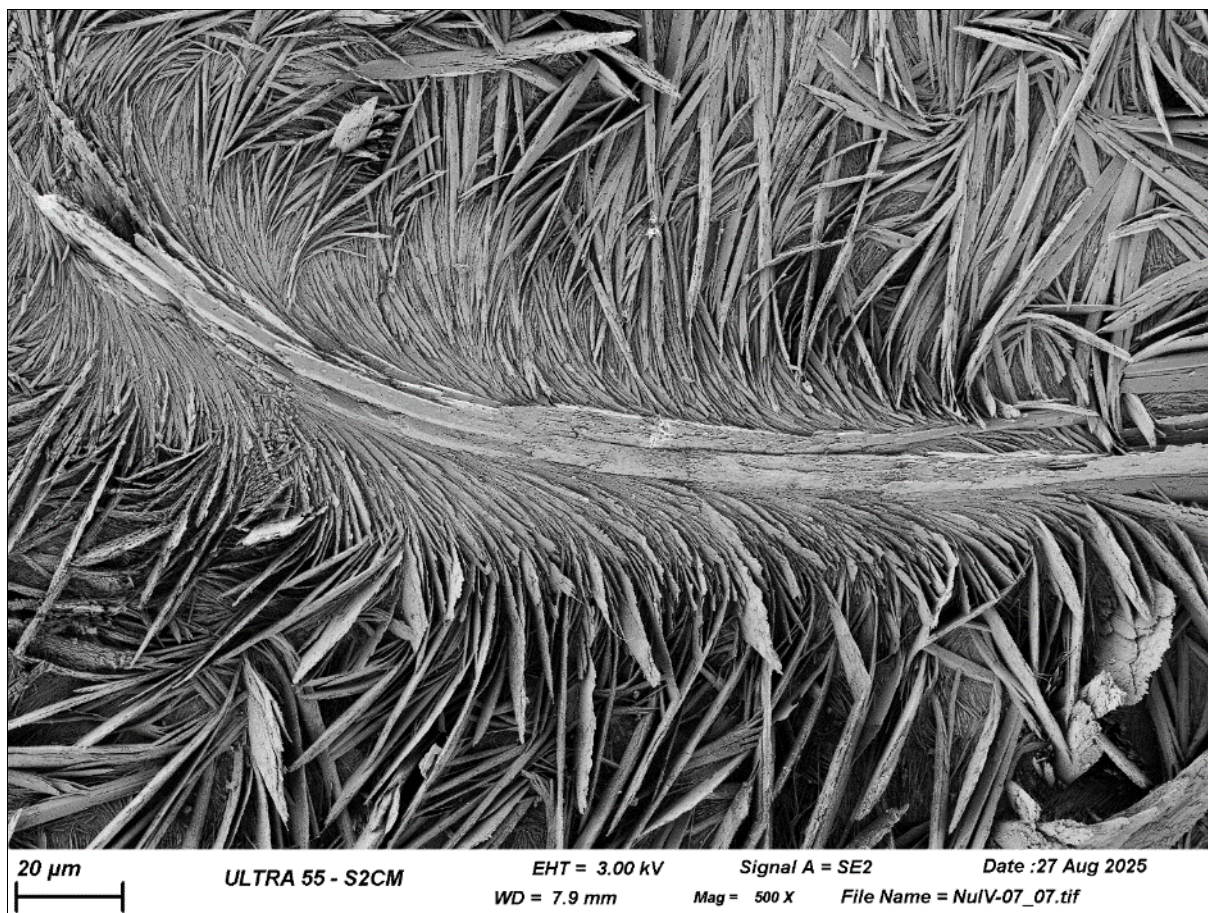
Observation au microscope électronique à balayage en électrons secondaires de la couche de produits de corrosion d'un acier faiblement allié (MEB FEG Zeiss Ultra 55).

Grandissement 300x, HT = 3 kV, WD = 7,8 mm.

### Provenance

CEA Paris-Saclay, DES/ISAS/DRMP/S2CM/LECA, Brice Bourdilliau, Catherine Andasse, Catherine Guerre.

## Brice BOURDILIAU



## Feuille de palmier

### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette micrographie présente la morphologie de la couche de produits de corrosion externe d'un échantillon en acier faiblement allié après exposition en milieu secondaire en température. Ce cliché présente des produits de corrosion en plaquettes plus ou moins homogènement répartis.

### Descriptif technique

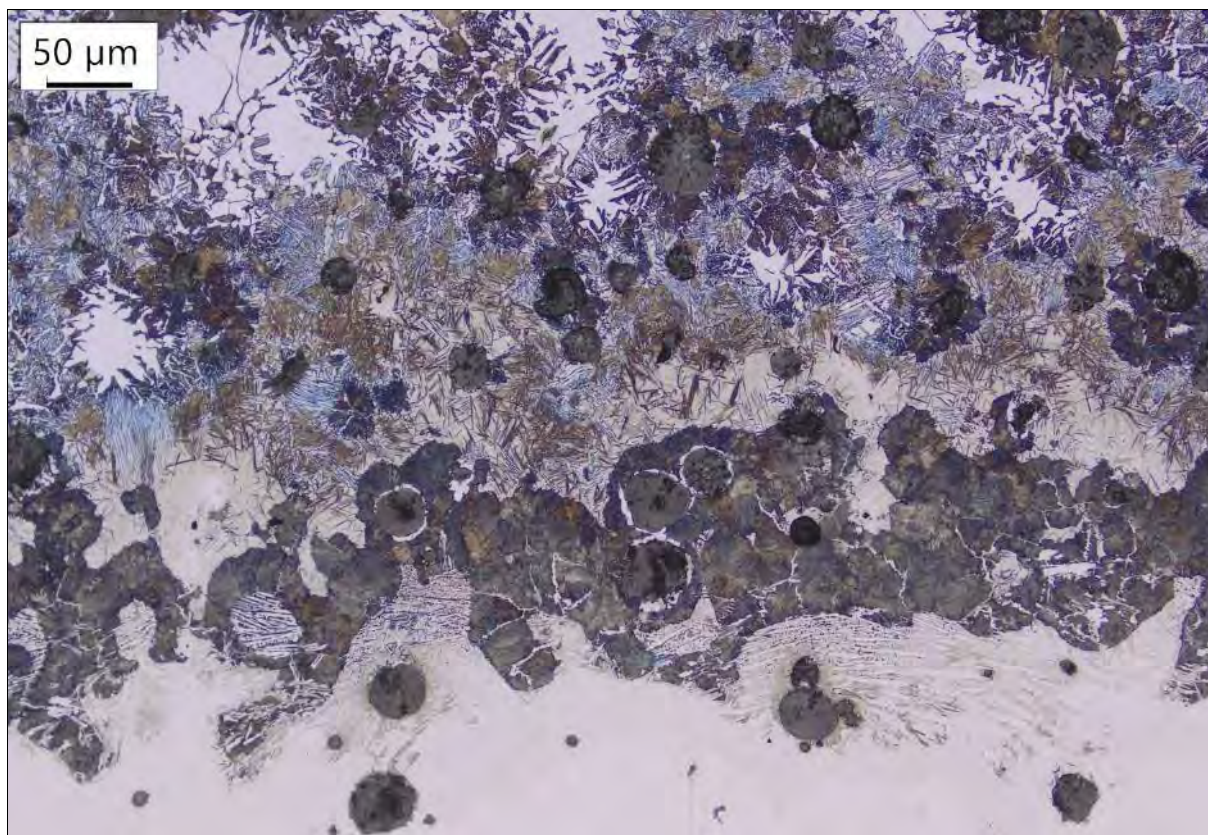
Micrographie obtenue au MEB en électrons secondaires de la couche de produits de corrosion d'un acier faiblement allié (MEB FEG Zeiss Ultra 55).

Grandissement 500x, HT = 3 kV, WD = 7,9 mm.

### Provenance

CEA Paris-Saclay, DES/ISAS/DRMP/S2CM/LECA, Brice Bourdilliau, Catherine Andasse, Catherine Guerre

## Zoé BOURGAIN



### Graphites en bord de mer

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image illustre l'interface entre une fonte à graphite sphéroïdal et un alliage de Fer-Nickel déposé par procédé de fabrication additive arc-fil (WAAM). La zone inférieure correspond à l'alliage déposé, la partie supérieure révèle la microstructure de la fonte, avec des zones fondues et affectées thermiquement situées à l'interface. Cette image fait partie de mon travail de thèse sur la réparation de structures ferroviaires par fabrication additive.

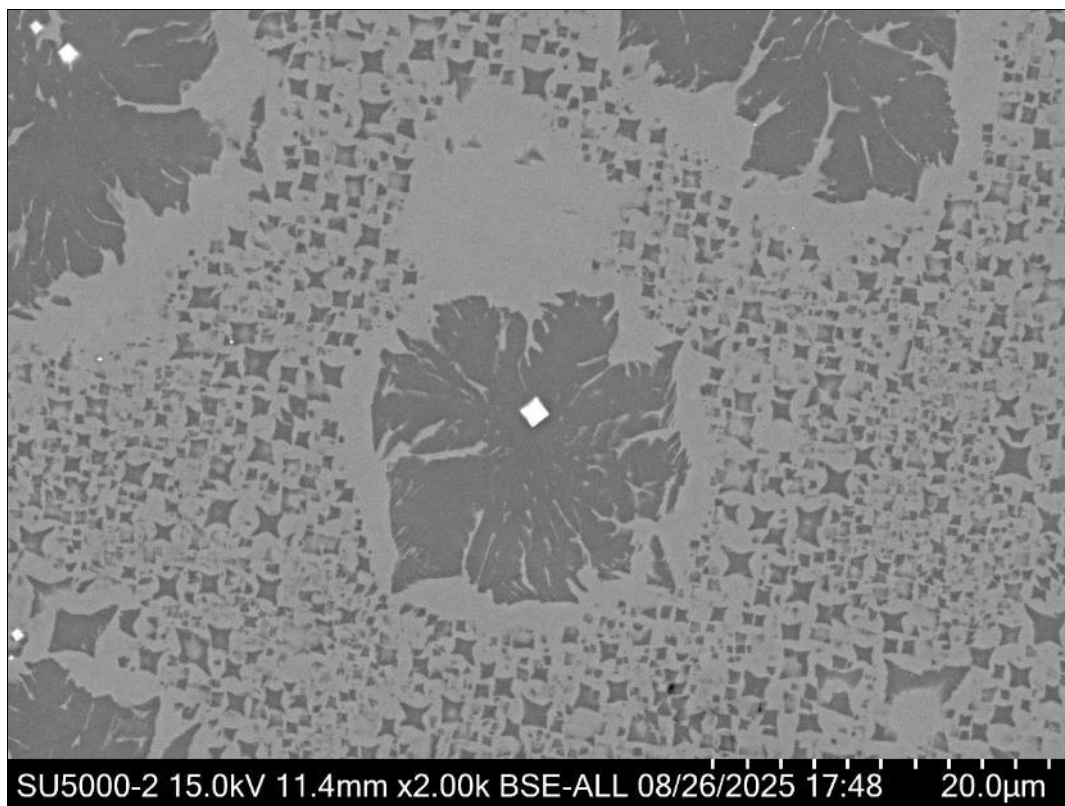
#### Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope optique (grandissement x200) après une attaque au Nital 4%.

#### Provenance

Agence d'Essai Ferroviaire (SNCF)

## Magali BOUZAT



### Le champ de fleur

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Observation de la calamine issue du four de réchauffage sur un acier IF, germination de magnétite sur un îlot de cuivre, au sein de la wustite.

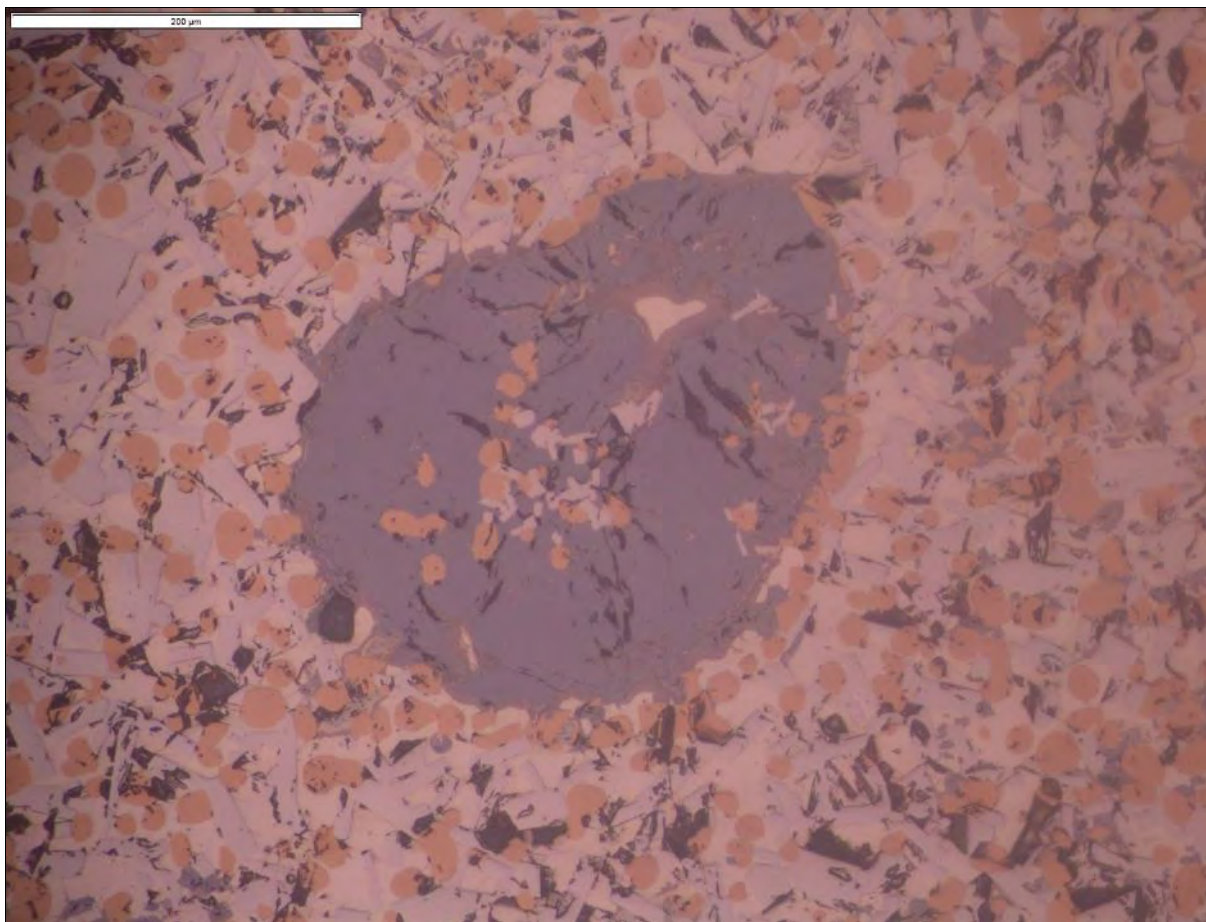
#### Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope électronique à balayage (MEB FEG) Hitachi SU5000 en mode électrons rétrodiffusés, grandissement x 2000

#### Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MP2

## Laurent BRISSONNEAU



### Au cœur du corium

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Un mélange représentatif d'un corium (cœur fondu) de la centrale de Fukushima Daiichi a été formé à haute température et refroidi, pour étudier les phases présentes et leur dureté en vue de comprendre la nature des aérosols pouvant être relâchés lors des opérations de découpe. La micrographie permet d'observer dans une matrice (blanche) métallique Fe-Zr-Cr de nombreuses lattes (grises) de borure de zirconium et des précipités jaunes d'oxynitride de zirconium. Le grand précipité bleu au centre est un oxyde de zirconium et d'uranium, riche en zirconium. Le cœur en son centre est un morceau de matrice Fe-Zr-Cr qui y a été emprisonné. La microscopie optique, comparée au MEB, permet de repérer les phases qui seront analysées en microdureté.

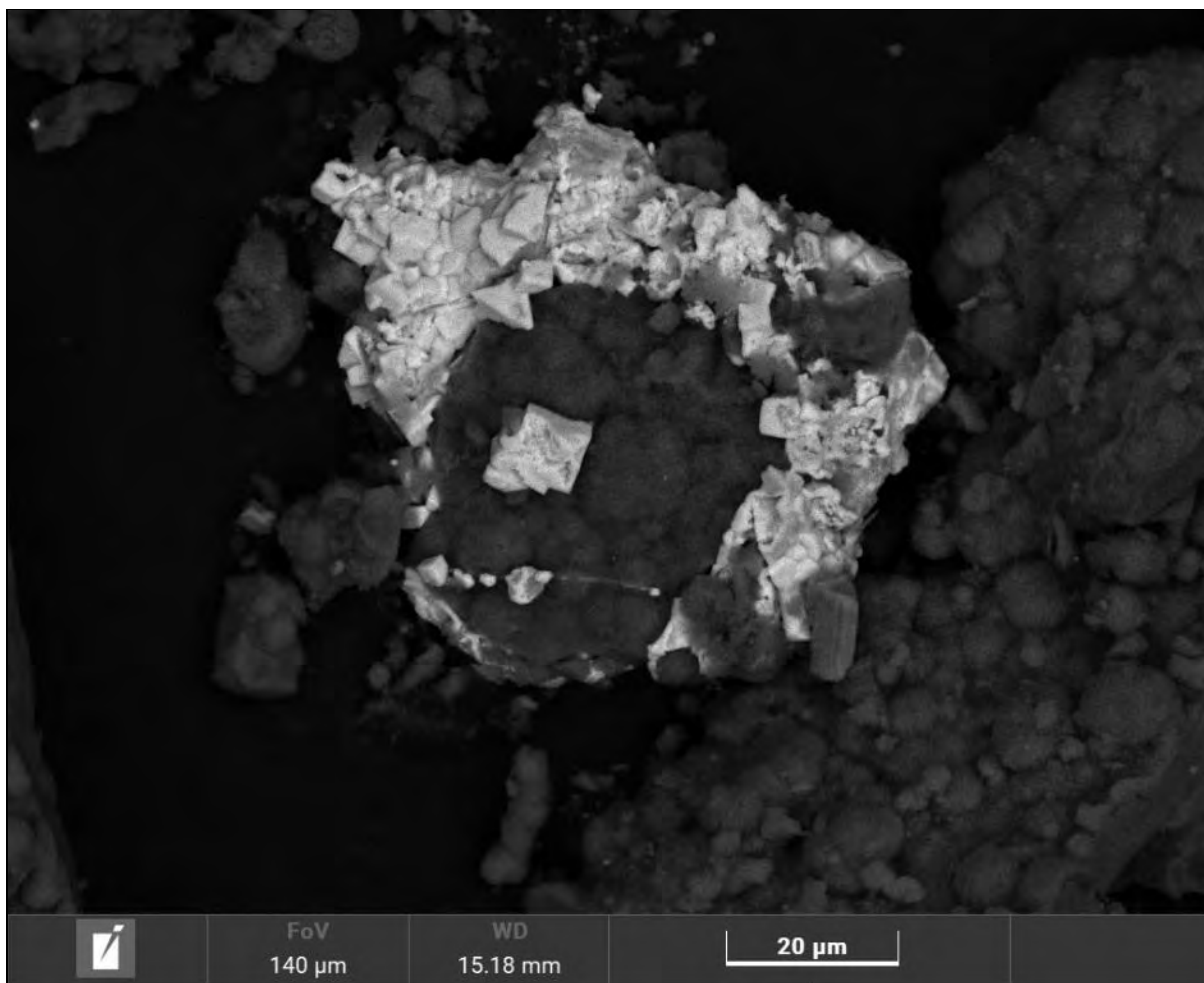
#### Descriptif technique

Cliché microscope optique Olympus BX51M objectif 20.

#### Provenance

CEA DES-IRESNE DTN/SMTA/LMCT Cadarache

## Guillaume CATTANEO



### Punk is not dead

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Suite à une contamination du milieu d'essai, un dépôt d'oxyde et de chlorure d'argent s'est formé à la surface d'un acier inoxydable austénitique.

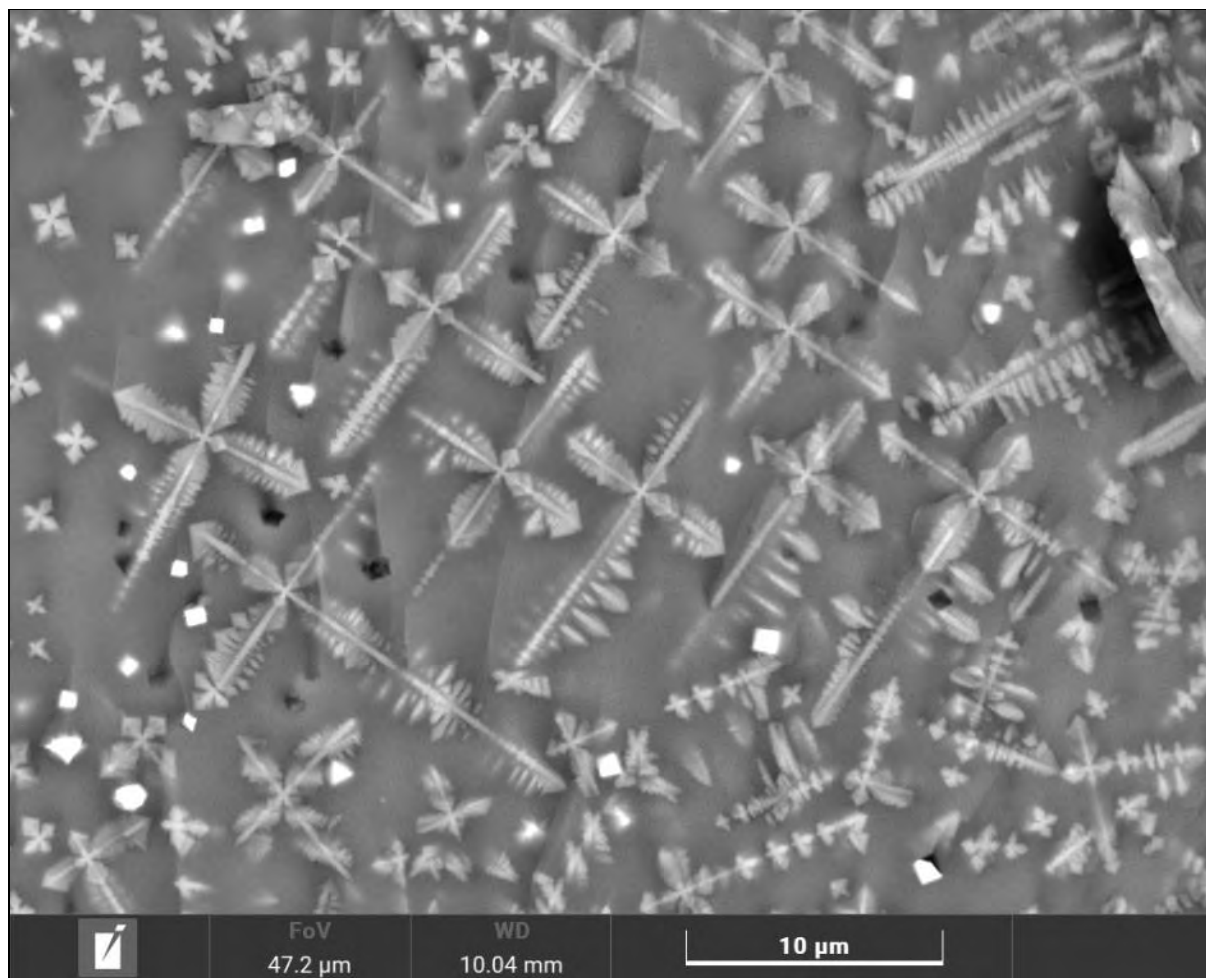
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons rétrodiffusés sur un acier inoxydable austénitique (MEB TESCAN Vega 4, FOV 140 μm).

#### Provenance

Centre Technique (DTI) de Framatome à St Marcel

## Guillaume CATTANEO



### Winter is coming

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Germination de phases riches en niobium en surface d'une fissure à chaud sur un alliage base nickel type NC30Fe.

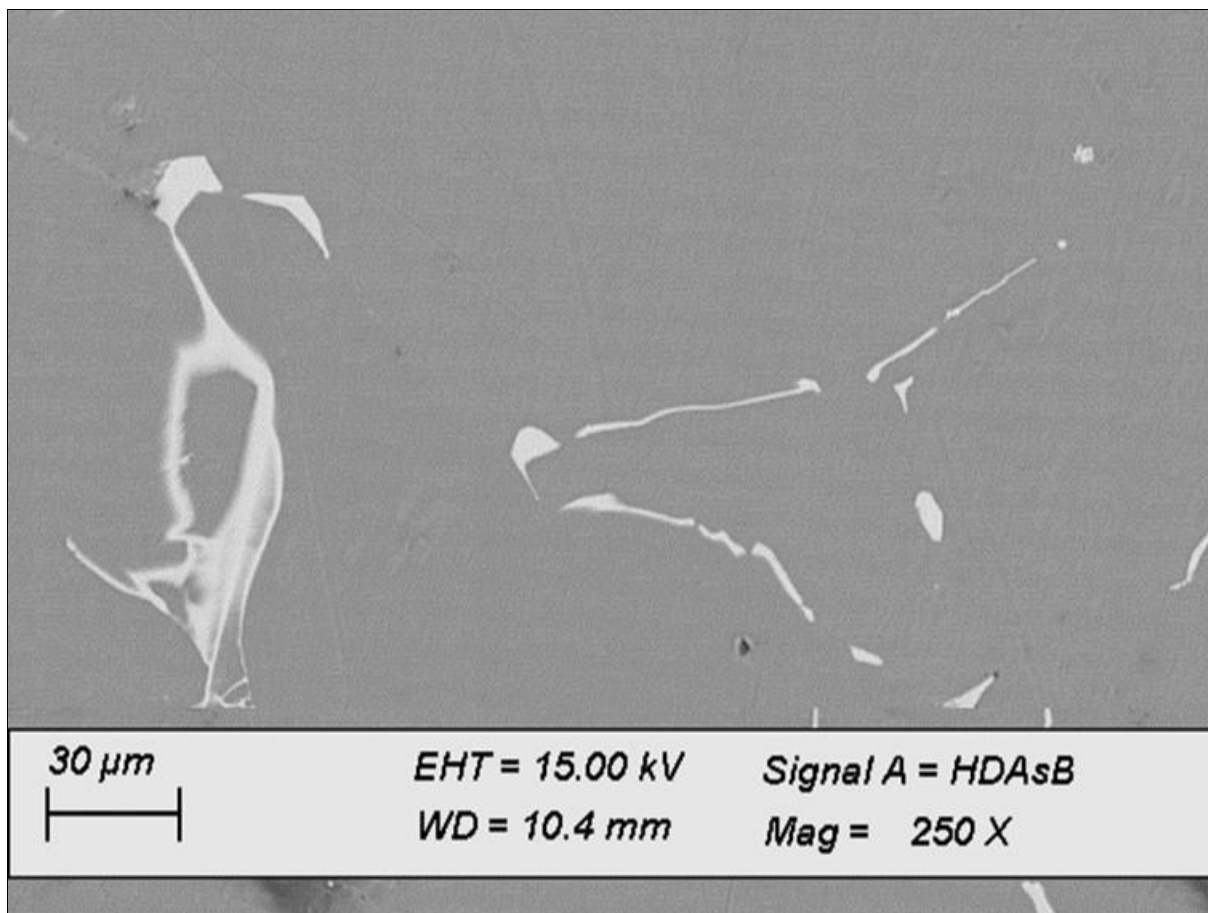
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons rétrodiffusés sur un alliage base nickel type NC30Fe (MEB TESCAN Vega 4, FOV 47,2 μm).

#### Provenance

Centre Technique (DTI) de Framatome à St Marcel

## Paul CHATRON-MICHAUD



### Faune intermétallique

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image présente la microstructure d'un alliage d'aluminium 6XXX enrichi en éléments d'addition pour simuler le recyclage. Lors du refroidissement de l'alliage après fusion, les éléments d'addition forment des composés intermétalliques (en blanc) au sein de la matrice d'aluminium (en gris clair), qui offrent ici un safari microscopique vers les étendues africaines dans un dialogue entre flamant rose et antilope

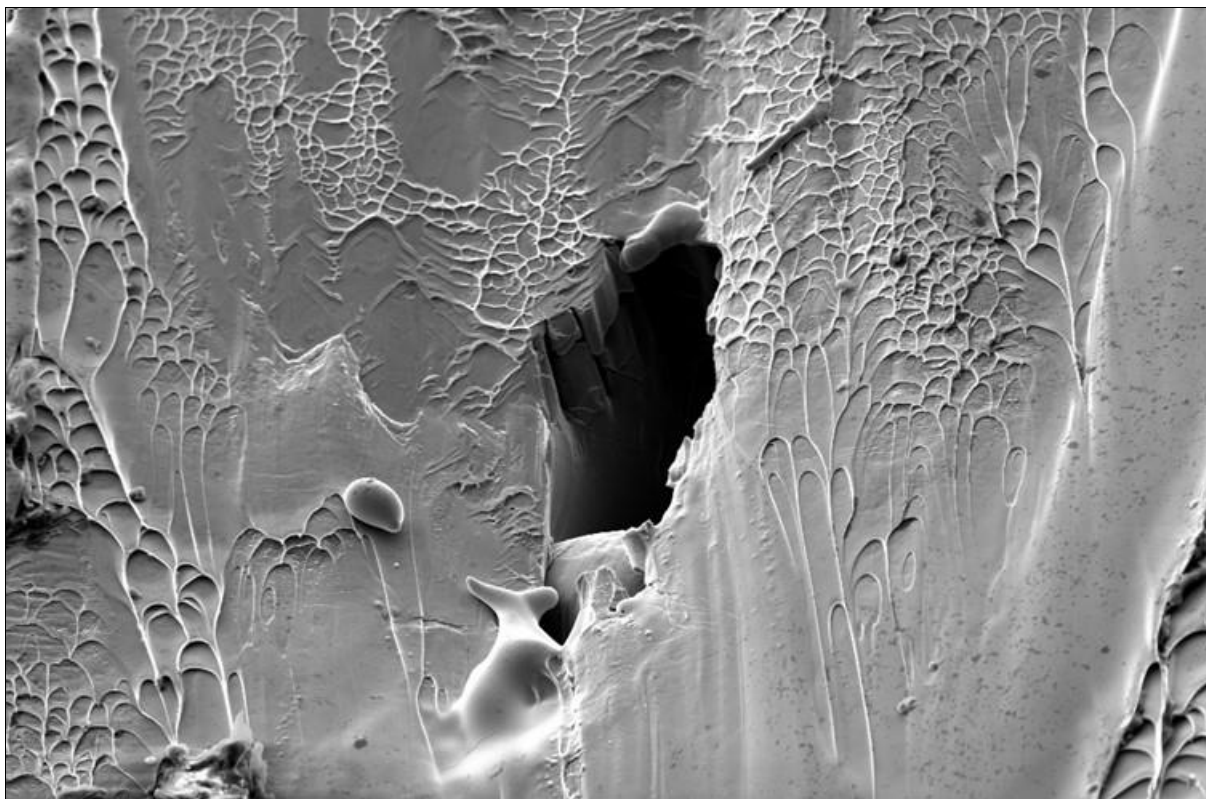
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons rétrodiffusés sur un alliage d'aluminium 6XXX (MEB Zeiss supra, grandissement x250).

#### Provenance

Laboratoire MatéIS UMR 5510, Villeurbanne

## Rémi DAUDIN



### Le refuge du bouquetin

#### Technique de réalisation / apport scientifique

L'image présente le faciès de rupture d'un échantillon de verre métalliques base Zr élaboré par fusion laser sur lit de poudre et sollicité en compression. Ironiquement, la "grotte" large d'une dizaine de micron, provient d'un manque de fusion local hérité du procédé d'élaboration alors que le "bouquetin" se hissant vers l'abri, avec ses formes arrondies, provient lui de la fusion locale de la matière lors du passage de la bande de cisaillement à l'origine de la rupture. Les réseaux de veines décorant la « paroi » sont également les témoins de l'échauffement du matériau lors de la rupture. Les interactions entre bandes de cisaillement et porosités sont un axe de recherche important pour comprendre et contrôler les mécanismes de plasticité dans les verres métalliques produits par fabrication additive.

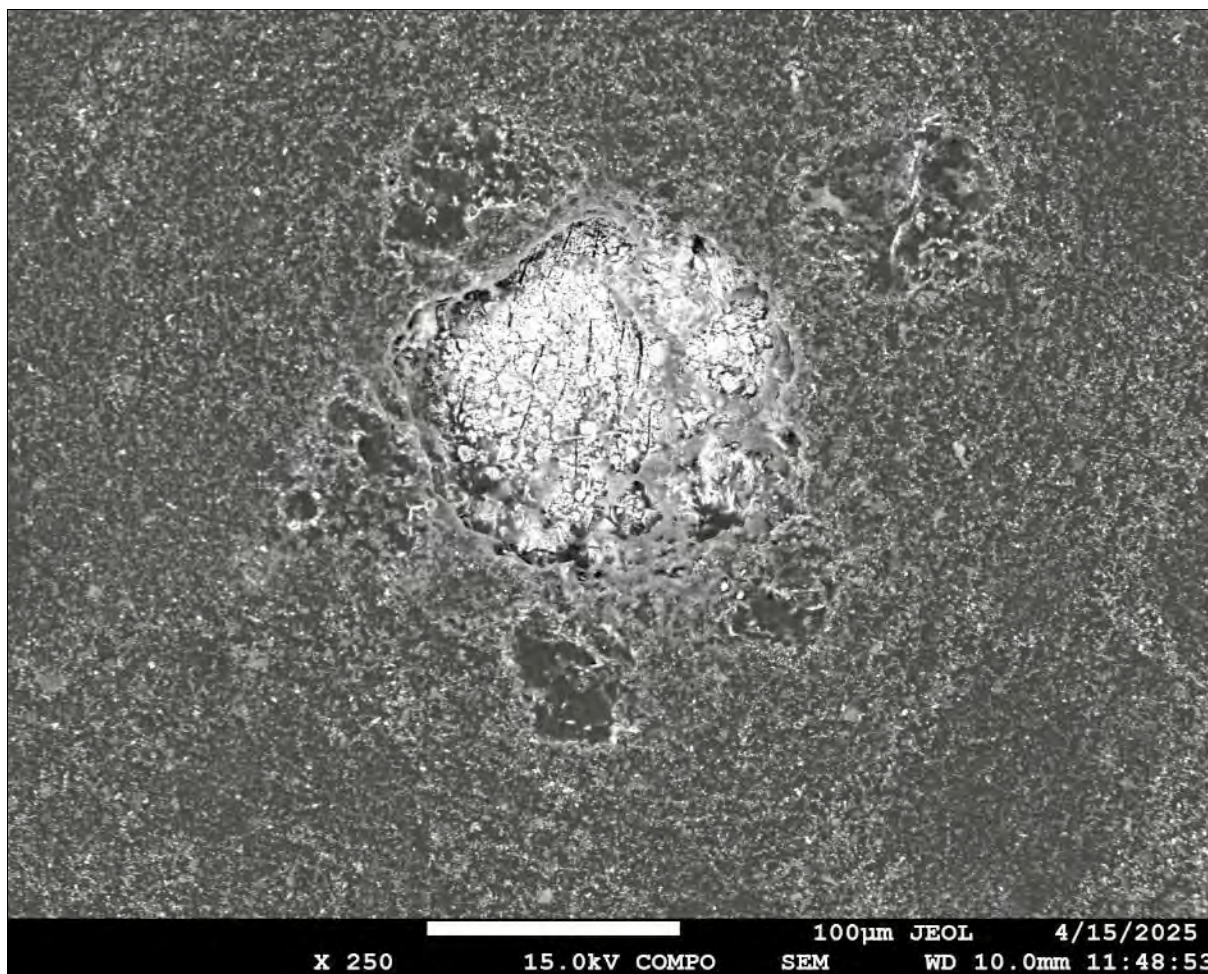
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons secondaires sur un alliage métallique amorphe Zr-Cu-Al-Nb (MEB Zeiss Ultra 55, 5 kV, grandissement x1500).

#### Provenance

Laboratoire SIMaP, Grenoble

## David DUSSAUSSOIS



### La tortue

**Technique de réalisation / apport scientifique**

Projection de métal liquide en fusion lors d'une opération de découpe Laser crée un défaut à la surface métallique.

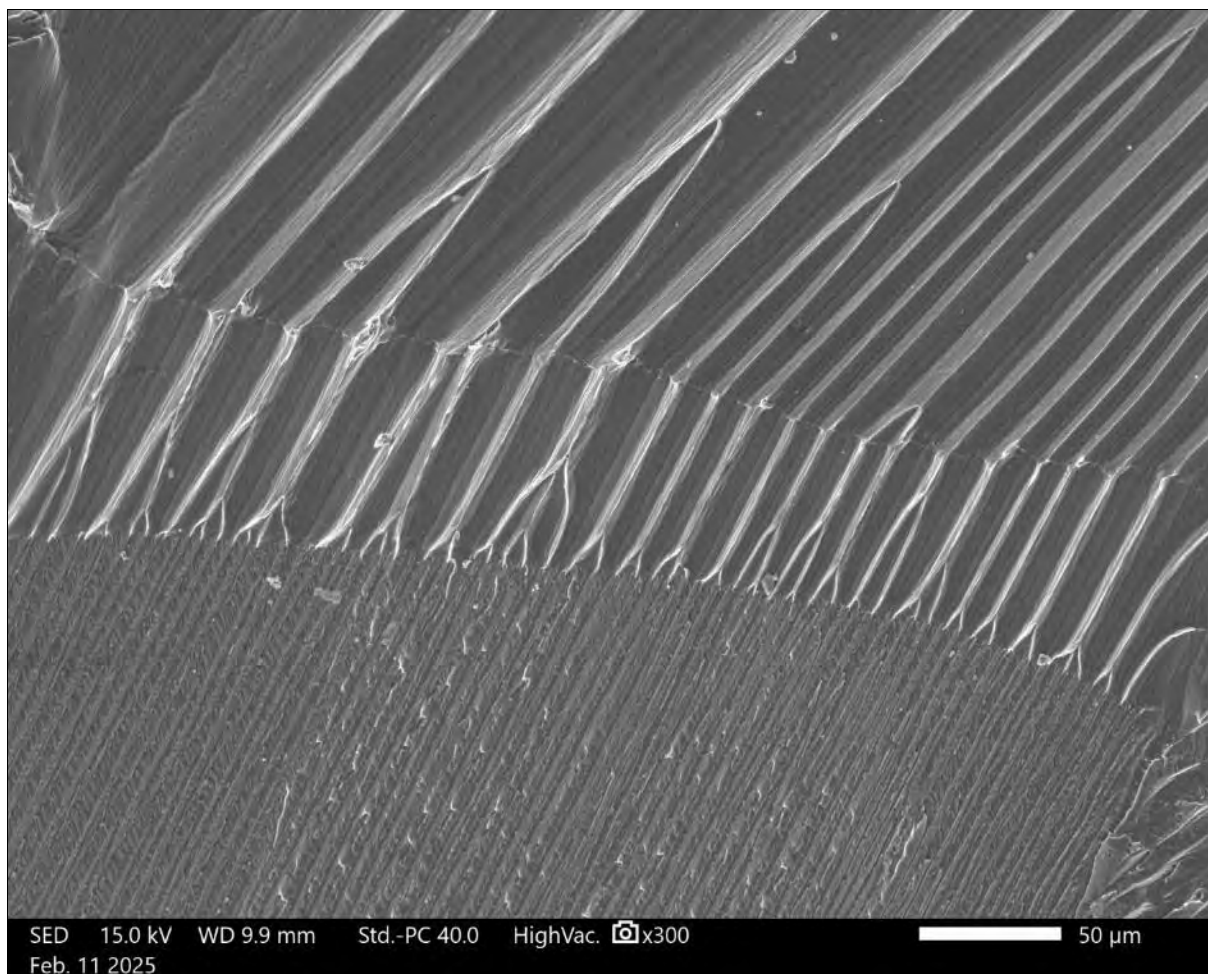
**Descriptif technique**

Micrographie réalisée au Microscope électronique à Balayage (MEB) avec une tension d'accélération de 15KV avec un détecteur d'électrons rétrodiffusés. (Grandissement x250).

**Provenance**

ArcelorMittal Maizières – département MCS

## Peggy GALLOIS



### Métier à tisser

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Faciès de rupture d'une éprouvette de ténacité en titane T-60. Transition entre les macro-stries de la pré-fissuration caractéristiques d'une propagation sous sollicitation dynamique type fatigue et le faciès ductile de la propagation de fissure en ténacité d'une structure hexagonal compact.

#### Descriptif technique

Observation fractographique (x300) réalisée au Microscope Electronique à Balayage en électrons secondaires après un essai de ténacité.

#### Provenance

Centre d'Expertise des Structures et MATériaux Navals (CESMAN) - Naval Group

## Juan Manuel GARCIA



### Unaged and broken

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Sur cette image, on observe la rupture d'une éprouvette de traction au niveau de la zone thermo-mécaniquement affectée (TMAZ) d'une soudure par friction linéaire réalisée avec un alliage de titane Ti-17. Dans le matériau de base, la résistance mécanique est assurée par la phase alpha Widmanstätten, présente à l'intérieur des grains. Or, lors du soudage, les efforts thermiques et mécaniques appauvrissent fortement cette phase durcissante, rendant la TMAZ la partie la plus fragile de l'assemblage soudé. De part et d'autre de la ligne de soudure, on distingue cette zone appauvrie en phase alpha, dans laquelle apparaissent également des bandes de glissement et où, sous chargement monotone, la rupture se produit préférentiellement. Un traitement thermique de vieillissement, appliqué après soudage, permettrait de régénérer la phase durcissante et d'améliorer la tenue mécanique de la soudure. Sans ce traitement, le matériau non vieilli rompt. Dans cette image, la rupture de la TMAZ se révèle comme le profil d'un visage criant, une métaphore explicite du titre de l'image: « *unaged and broken* ».

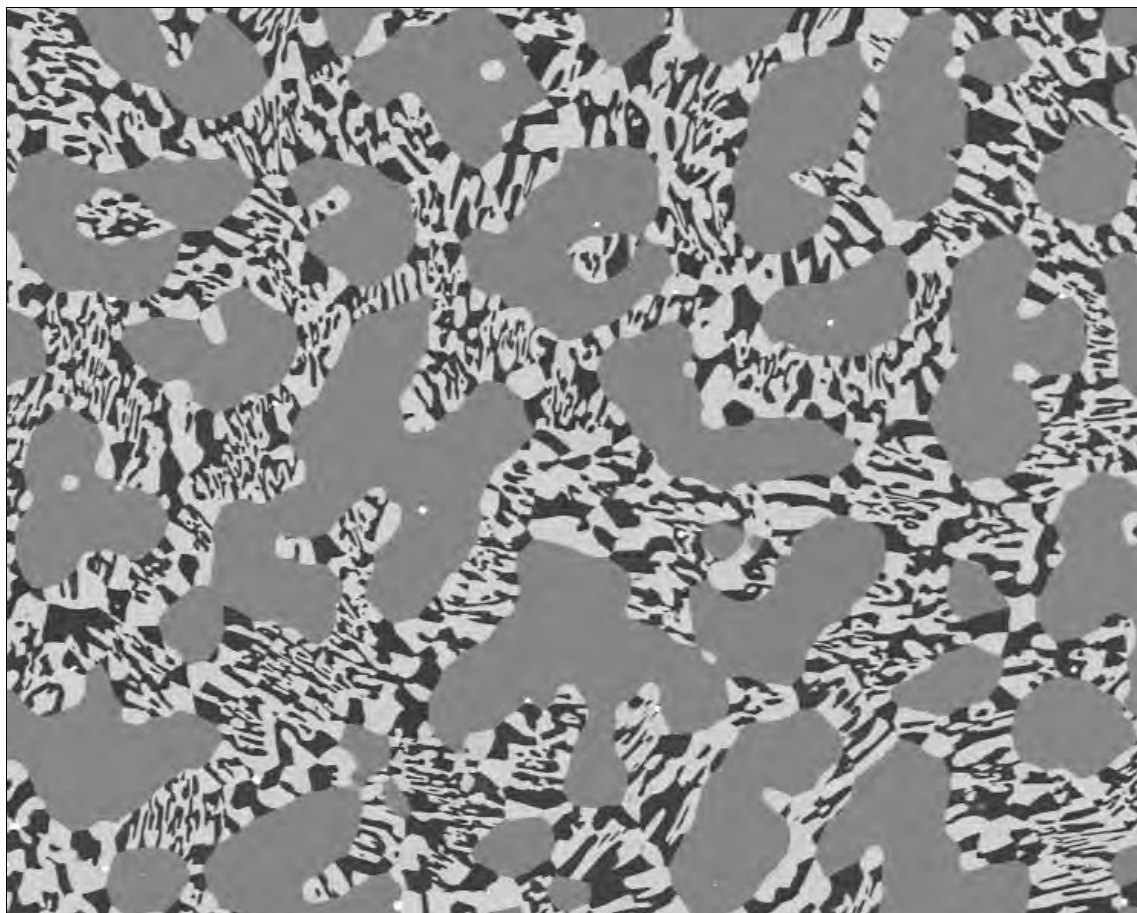
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage sur une soudure monomatériau Ti17–Ti17. Acquisition effectuée avec un microscope ZEISS DSM982 Gemini, opérant à 20 keV, avec détecteur d'électrons secondaires (SE), distance de travail de 7,8 mm et grandissement de 56x.

#### Provenance

Observation micrographique réalisé au Centres des Matériaux de l'École des Mines, MINES ParisTech, PSL University, CNRS UMR 7633, BP 87, 91003, Evry, France

## Thomas GHENO



### Zèbres en ribambelle

#### Technique de réalisation / apport scientifique

L'image présente un alliage Ni-Al-Hf traité à 1100 °C et trempé à l'eau pour préserver l'équilibre des phases. La microstructure comprend 3 composés intermétalliques:  $\beta$ -NiAl,  $\gamma$ -Ni<sub>3</sub>Al et Ni<sub>7</sub>Hf<sub>2</sub>. Les phases  $\beta$  et Ni<sub>7</sub>Hf<sub>2</sub> forment des motifs zébrés sur un fond de  $\gamma$ ; l'esprit vagabond du microscopiste y voit des animaux en ribambelle. Les mesures de compositions et de fractions de phases à l'équilibre sont utilisées comme données d'entrée dans le développement de bases de données thermodynamiques, qui elles-mêmes ont des usages variés en métallurgie.

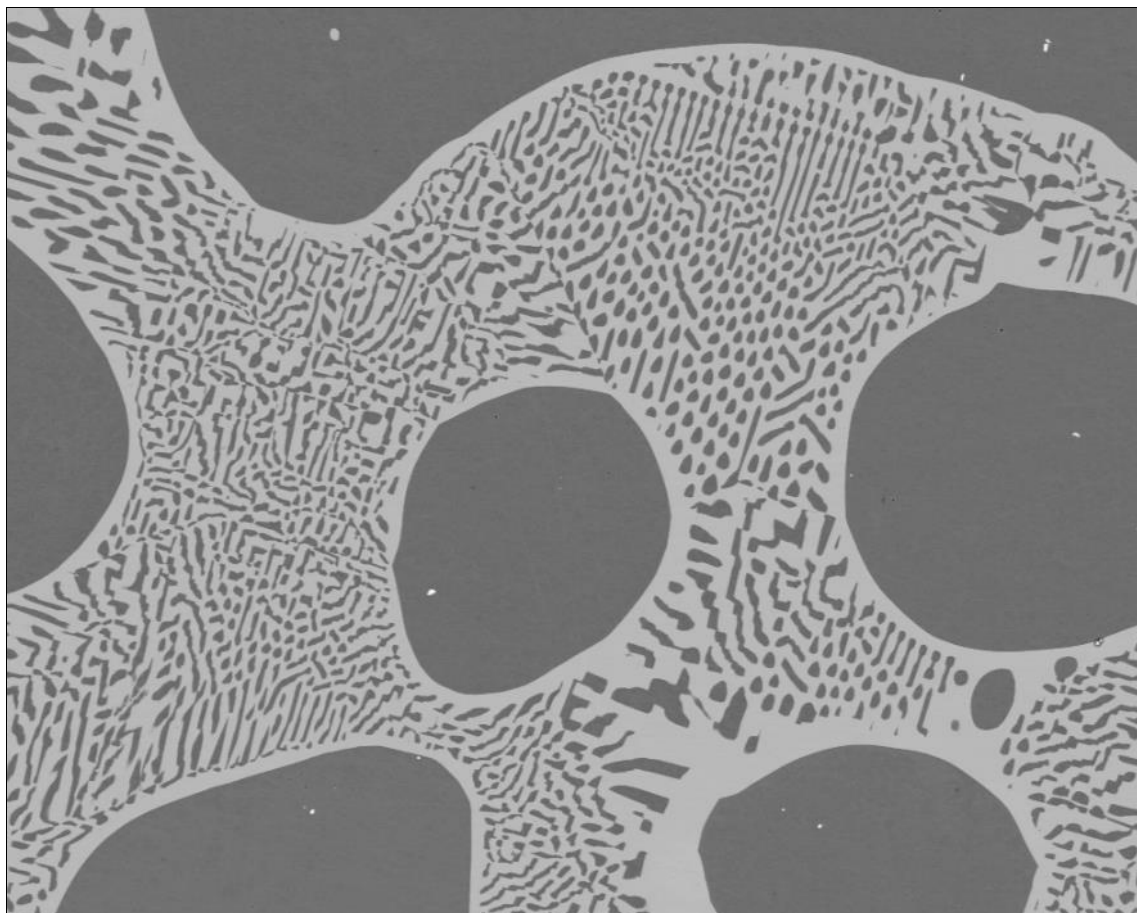
#### Descriptif technique

Image en microscopie électronique à balayage en mode électrons rétrodiffusés sur un alliage Ni-Al-Hf équilibré à 1100 °C. Pris à la microsonde JEOL JXA-8530F, grandissement x500.

#### Provenance

Nanoscale Fabrication and Characterization Facility, University of Pittsburgh

## Thomas GHENO



### Circuit imprimé

#### Technique de réalisation / apport scientifique

L'image présente un alliage Ni-Cr-Hf traité à 1100 °C et trempé à l'eau pour préserver l'équilibre des phases. La microstructure comprend 2 phases: la solution solide  $\gamma$  de structure cfc, et l'intermétallique Ni<sub>5</sub>Hf. La phase  $\gamma$  forme divers motifs sur un fond de Ni<sub>5</sub>Hf; le microscopiste distrait imagine des gouttes d'eau, des traces de pattes, les pistes d'un circuit imprimé. Les mesures de compositions et de fractions de phases à l'équilibre sont utilisées comme données d'entrée dans le développement de bases de données thermodynamiques, qui elles-mêmes ont des usages variés en métallurgie.

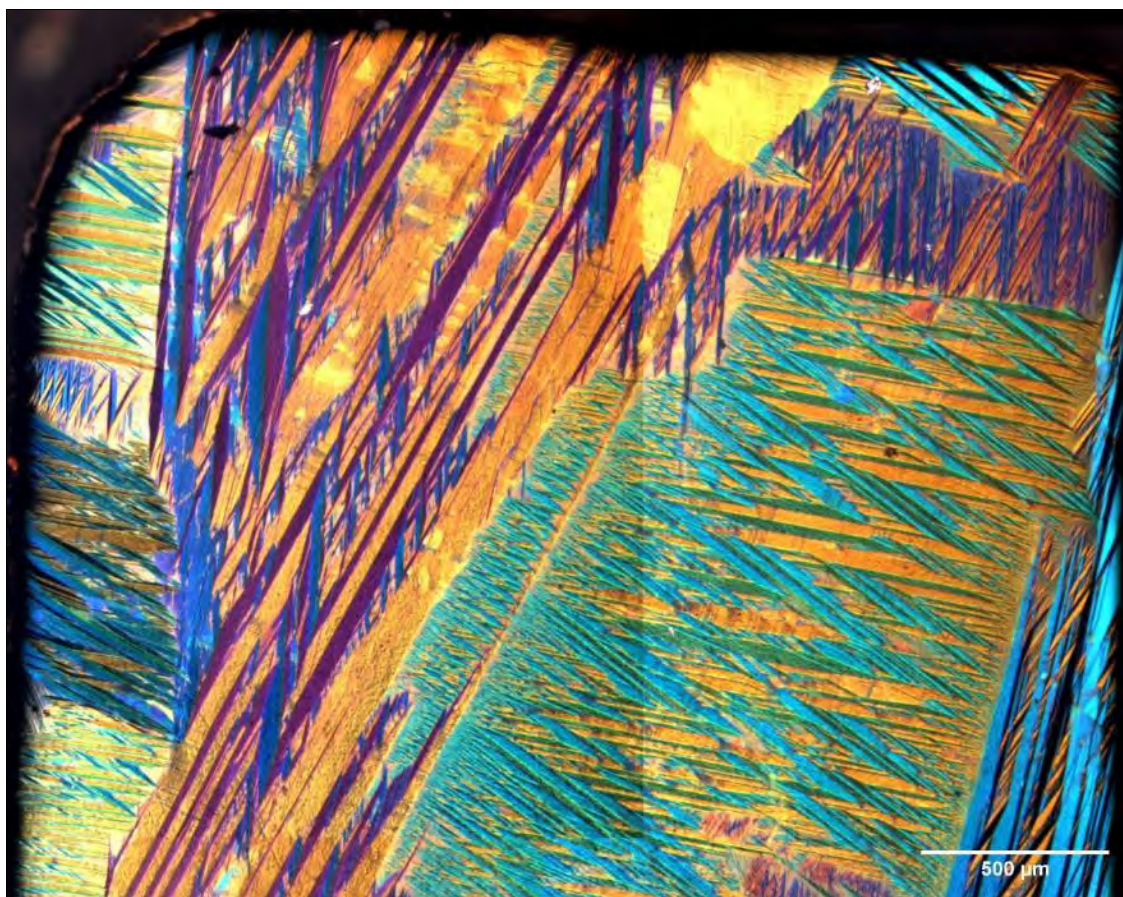
#### Descriptif technique

Image en microscopie électronique à balayage en mode électrons rétrodiffusés sur un alliage Ni-Cr-Hf équilibré à 1100 °C. Pris à la microsonde JEOL JXA-8530F, grandissement x500.

#### Provenance

Nanoscale Fabrication and Characterization Facility, University of Pittsburgh.

## Oneil GOISOT



### Élastomosaïque

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image montre un alliage élastocalorique Cu-Zn-Al sous forme de monocristal à gradient de composition. Lors d'un refroidissement à  $-40^{\circ}\text{C}$ , la phase austénitique se transforme en martensite faisant apparaître des variants d'orientations multiples. L'objectif de ces gradients est d'explorer le diagramme ternaire afin d'identifier une composition à faible hystérésis, favorisant une meilleure tenue en fatigue.

#### Descriptif technique

L'image est obtenue par microscopie à contraste interférentiel, qui met en évidence les variants de martensite selon leur orientation. L'échantillon, électropolé dans une solution de  $\text{HNO}_3$  20% + éthanol à 3V, est refroidi à  $-40^{\circ}\text{C}$  grâce à un système Peltier sous vide. La micrographie a été capturée par un ZEISS AXIO en grossissement x5, avec reconstitution par image stitching automatique.

#### Provenance

SIMaP Grenoble INP et CNRS Saint martin d'hères 38460 (UMR 5266)

## Kadir GOK



### Le Gekko

#### Technique de réalisation / apport scientifique

La structure dendritique observée correspond à l'oxyde de cuivre. Dans les alliages Cu-O hypoeutectiques (teneur massique en  $O_2 > \sim 0,43 \%$ ), cette morphologie oxydée peut apparaître. Toutefois, dans les alliages de cuivre disponibles sur le marché, de telles teneurs élevées en oxygène ne sont pas rencontrées, car un apport volontaire d'oxygène de ce niveau n'est généralement pas pratiqué. Dans le cadre du projet CAT-FIC, cette situation a été reproduite de manière contrôlée à des fins de calibration, en utilisant du cuivre pur enrichi en oxygène.

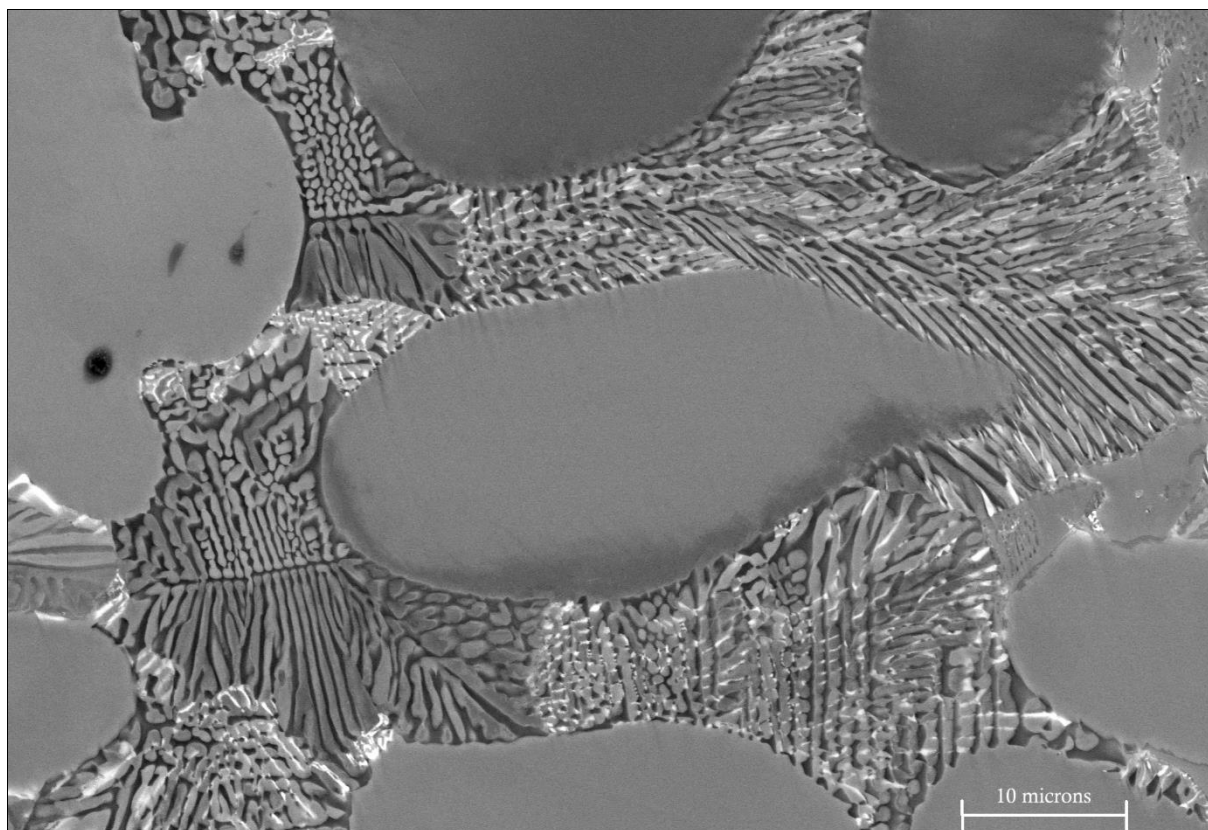
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie optique sur un alliage Cu-O (Nikon Eclipse MA200).

#### Provenance

Centrale Lille – LaMcube (Laboratoire de Mécanique, Multiphysique, Multiéchelle) - UMR 9013

## Sébastien JAUD



### Poisson-clown dans une anémone inter-dendritique

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Le matériau analysé est un alliage complexe (11 éléments) innovant à base fer, élaboré dans un four de fusion par induction en nacelle froide. La microstructure brute de solidification obtenue à la coulée présente une phase matricielle dendritique et plusieurs phases interdendritiques issues de transformations eutectiques successives. L'imagerie en mode électrons rétrodiffusés permet de visualiser ces différentes phases, dont les natures chimiques sont différentes. Cet alliage est considéré dans le cadre d'une étude pour le remplacement de revêtements de type Stellites (base cobalt) dans l'industrie nucléaire, sur les pièces du circuit primaire des réacteurs à eau pressurisée.

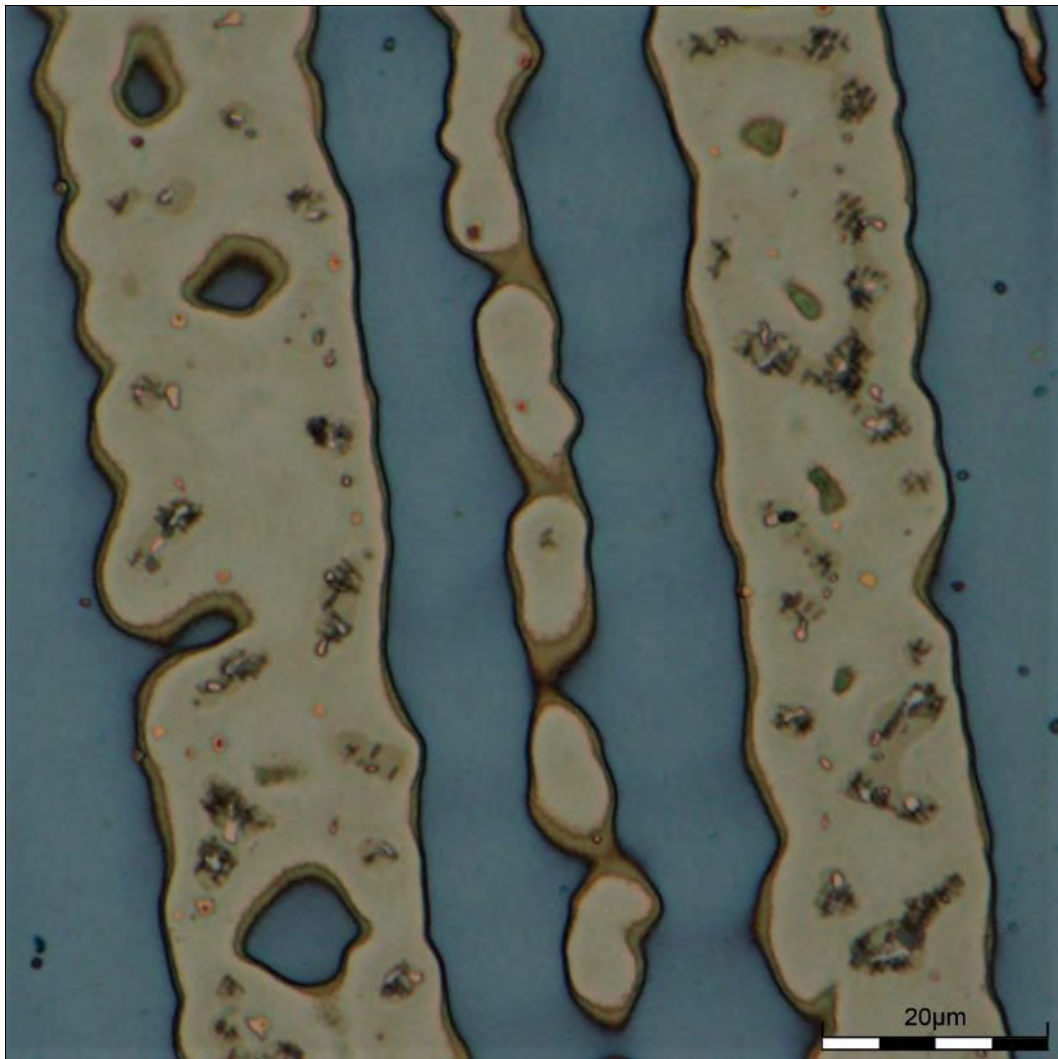
#### Descriptif technique

Image acquise par microscopie électronique à balayage (MEB FEG Zeiss Supra 55 VP), mode électrons rétrodiffusés, tension de 20kV, grossissement x4000.

#### Provenance

Laboratoire Georges Friedel (LGF) – Mines Saint-Etienne / Framatome Lyon

## François LABBÉ



### Carbures à marée basse

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Microstructure dendritique provenant d'un dépôt WAAM d'alliage de nickel A625. L'attaque permet de mettre en évidence les espaces inter-dendritiques en blanc, au sein desquels on observe la présence de différents types de carbures (Ti, Nb).

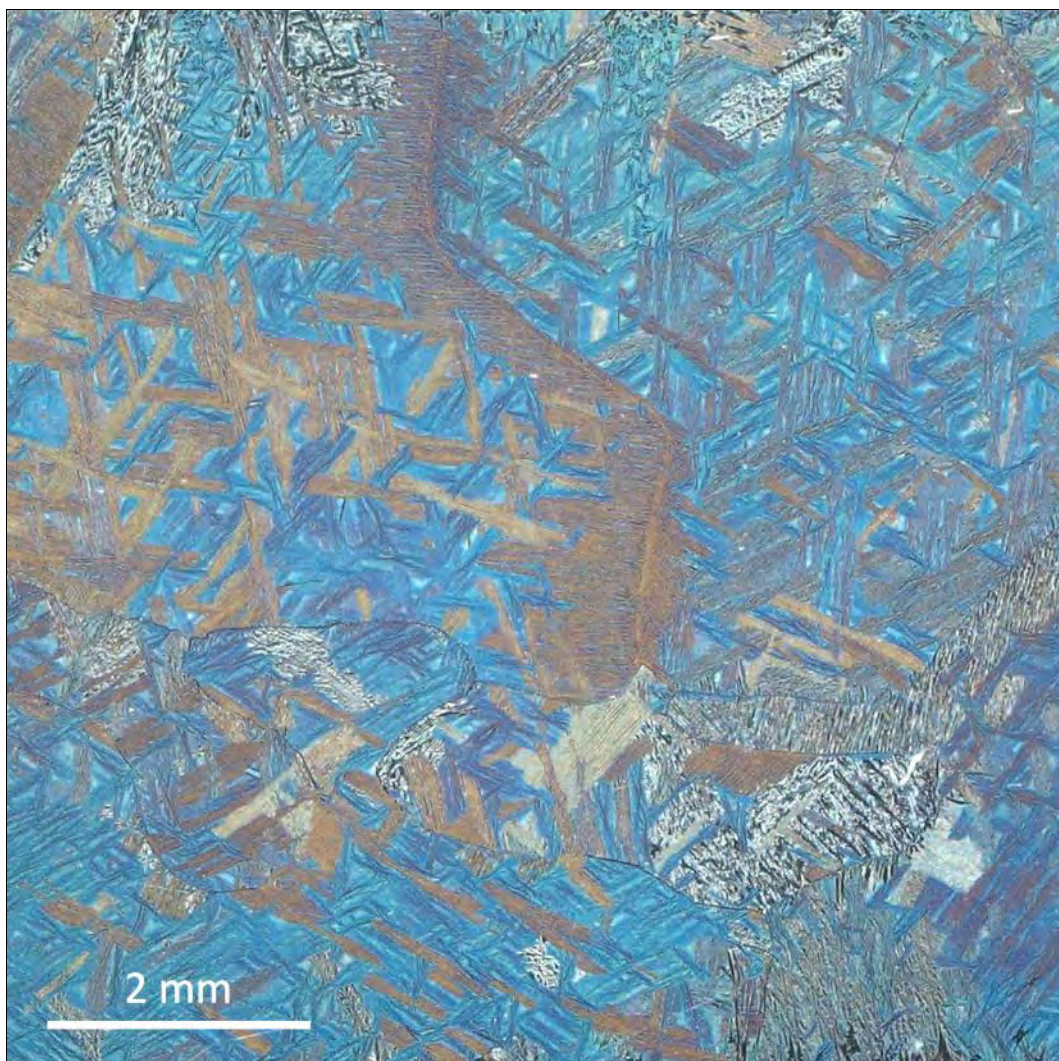
#### Descriptif technique

Micrographie optique (x1000) réalisée au microscope numérique après une attaque électrolytique avec une solution d'acide nitrique à 50%.

#### Provenance

Naval Group, Centre d'Expertise des Structures et MATériaux Navals (CESMAN)

## Elise LABRUYERE



### Flocons Titanesques

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette photo représente la microstructure d'un alliage Ti-6Al-4V. Produit tout d'abord par une méthode de fabrication additive par DED fil, cette microstructure est obtenue après un traitement thermique de recuit et est étudiée pour des applications aéronautiques.

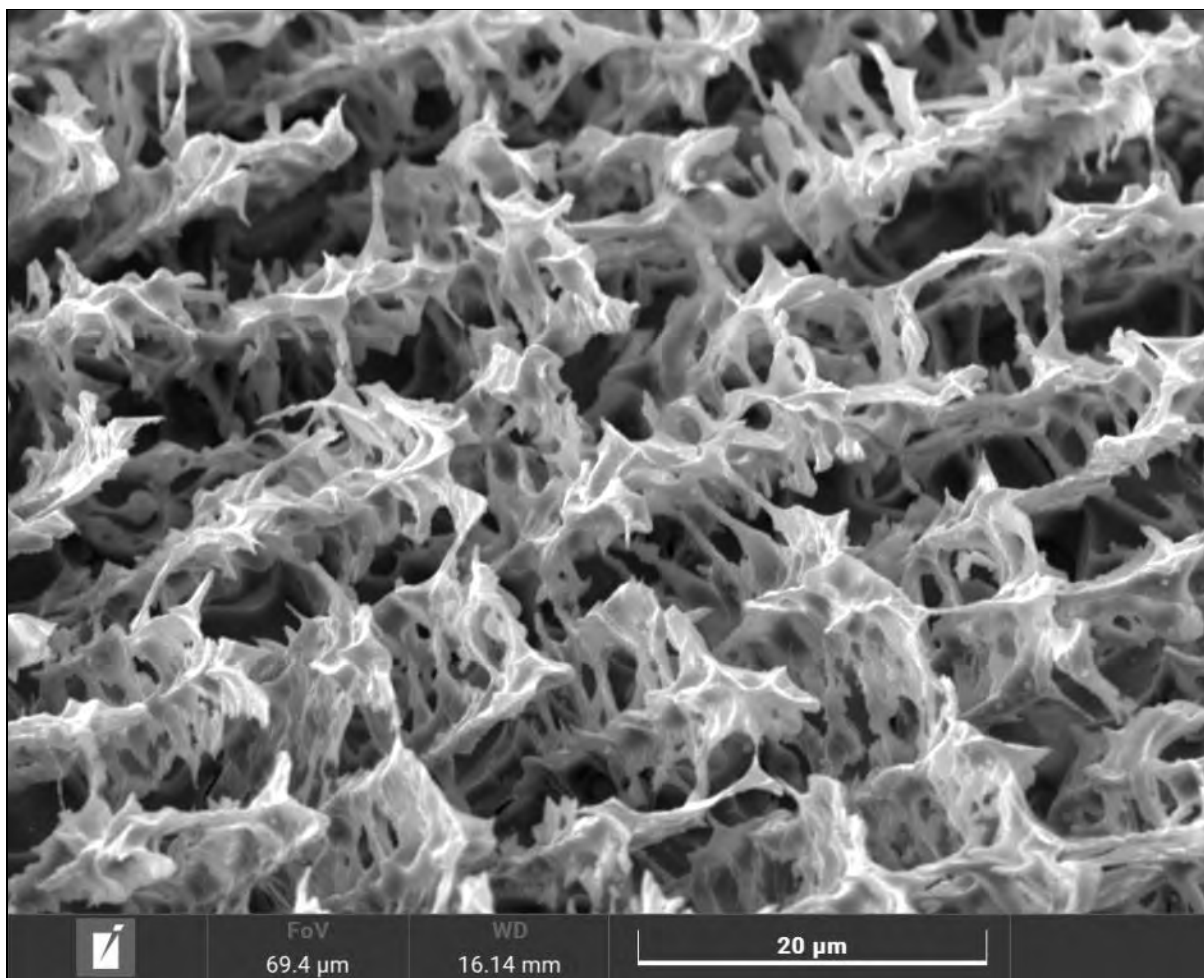
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie optique sur un alliage de Ti-6Al-4V, attaqué chimiquement au Kroll, sur le microscope optique Olympus DSX100 à grandissement x5.

#### Provenance

CEMES, Airbus Operations SAS, Toulouse

## Pierre-Etienne LAVELATTE



### Scorched forest

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Dissolution sélective d'un acier inoxydable austéno ferritique, l'attaque électrolytique a consommé l'intégralité de la matrice austénitique ne laissant apparaître que le squelette ferritique.

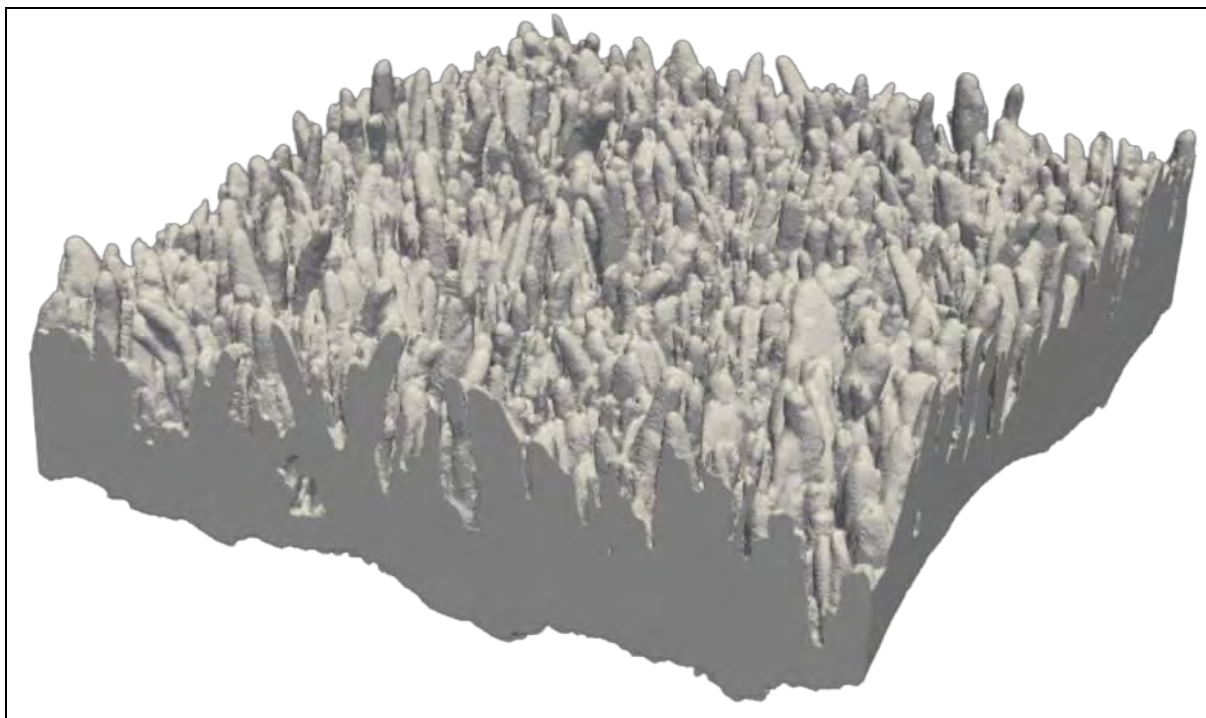
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons secondaires sur un acier inoxydable austéno-ferritique (MEB TESCAN Vega 4, FOV 69,4 μm).

#### Provenance

Centre Technique (DTI) de Framatome à St Marcel

## Benjamin LEFLON



### Anémone de fer

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image présente la couche de composé intermétallique ( $\text{Fe}_2\text{Al}_5$ ) issue de la réaction entre le fer solide et l'aluminium liquide (purs respectivement à 99,5 wt. % et 99,99 wt. %) après 1300 s à 770 °C. Lors du contact entre ceux-ci, l'aluminium diffuse de manière anisotrope dans le fer, menant à former une couche de composé à la morphologie très irrégulière. Ce composé, très fragile, se forme systématiquement lors du soudage à l'arc de ces deux métaux. Comprendre sa cinétique de formation pour mieux la contrôler est essentiel dans l'optique d'appliquer ce procédé à l'industrie automobile et soutenir l'effort pour l'allègement des véhicules.

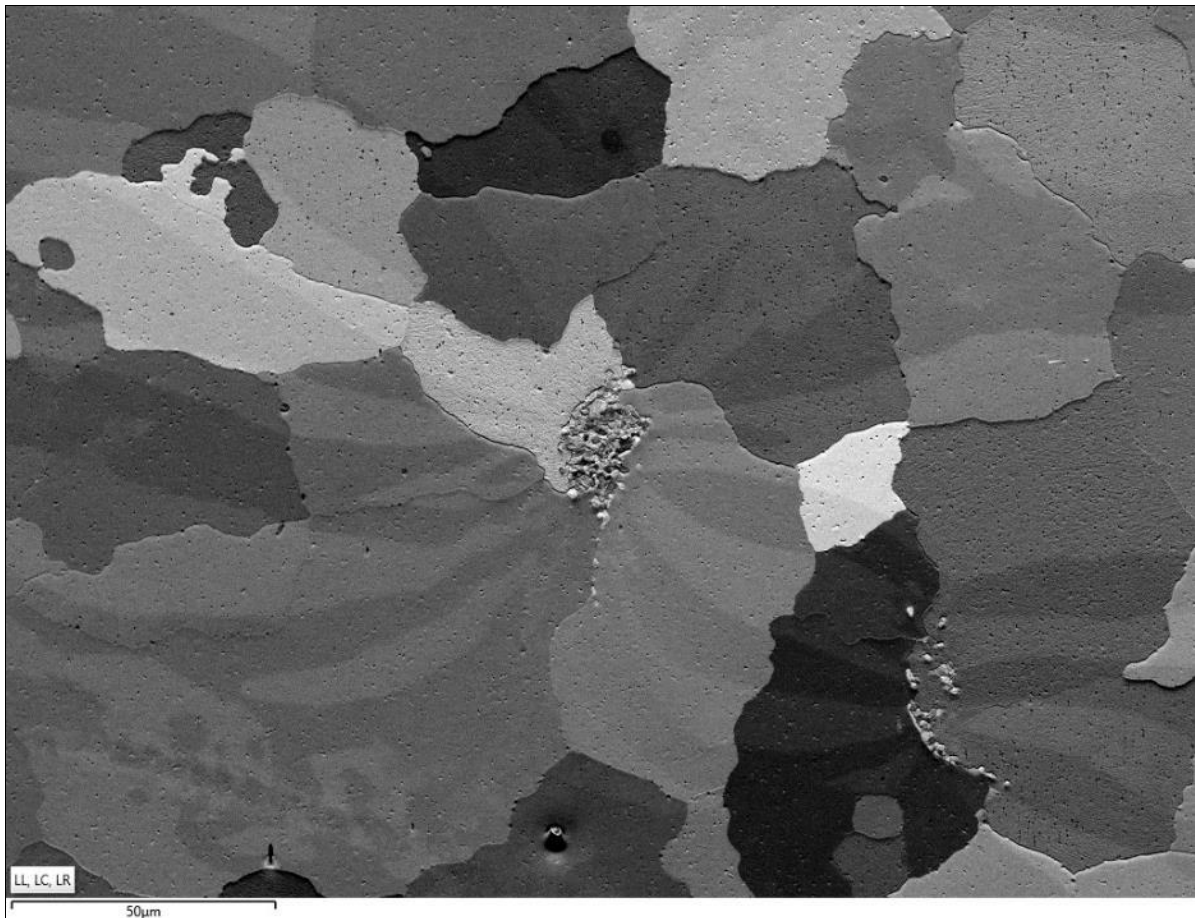
#### Descriptif technique

Ce volume a été obtenu par tomographie aux rayonnements synchrotron *in situ*, effectuée à l'ESRF (ligne ID11). Le présent cliché présente la couche de composé intermétallique segmentée dans un cube d'un millimètre de côté (taille de voxel : 1  $\mu\text{m}$ ).

#### Provenance

MATEIS, UMR 5510, INSA L

## Karim LEMMAGHTI



### Magnetic Hole

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image illustre la configuration des domaines magnétiques dans un alliage fer–cobalt–vanadium obtenu par fabrication additive. La zone observée correspond à une partie brute de fabrication (non recristallisée) qui agit comme un site d’ancrage. Les domaines magnétiques apparaissent « attirés » par cette hétérogénéité microstructurale, ce qui induit, sous champ magnétique, des blocages dans le déplacement des parois de domaines. L’identification de ces sites d’ancrage est importante car ils dégradent les performances magnétiques de ces alliages. L’image met ainsi en évidence le lien direct entre microstructure et comportement magnétique des matériaux ferromagnétiques

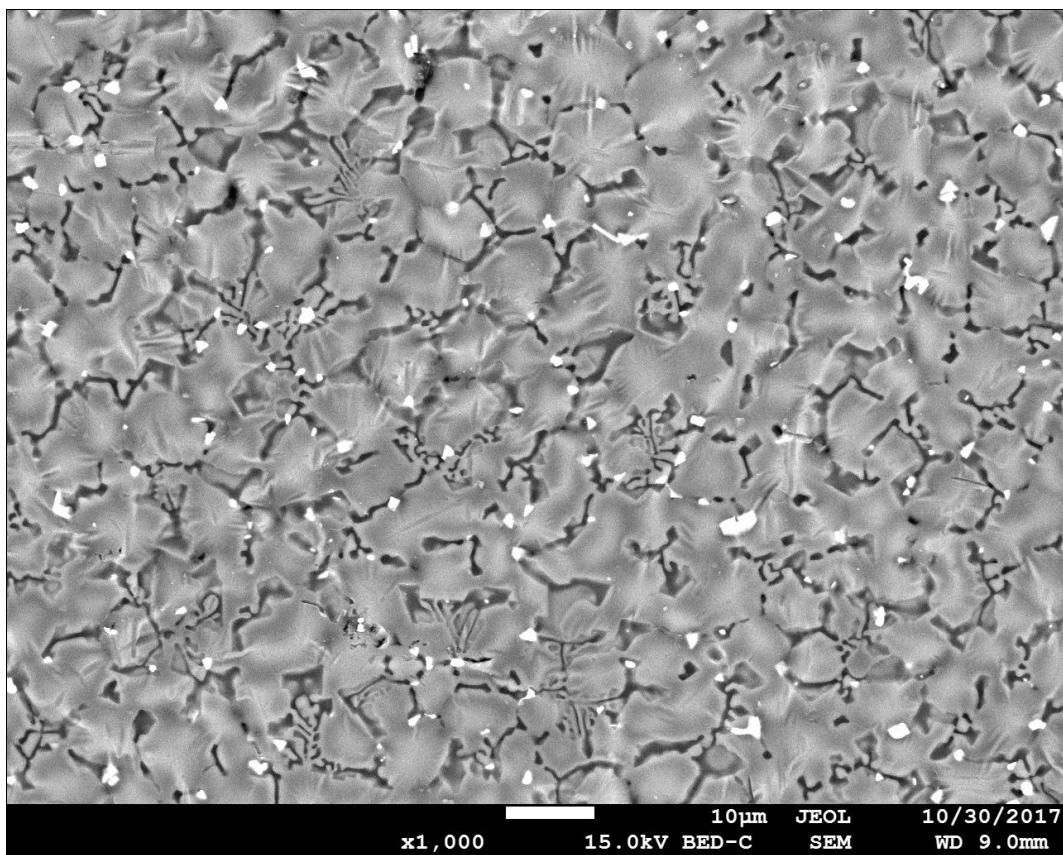
#### Descriptif technique

Image acquise en microscopie électronique à balayage (MEB) sur un tore en alliage Fe–Co–V élaboré par fabrication additive. Observation réalisée à  $\times 500$  à l’aide des diodes FSD, positionnées sous une caméra EBSD Symmetry S3 (Oxford Instruments), montée sur un MEB/FIB CrossBeam 550 (Zeiss).

#### Provenance

Laboratoire de Caractérisation – Safran Tech

## Grégory LEUILLIER



### Les marais salants asséchés

#### Technique de réalisation / apport scientifique

L'image montre la morphologie de surface d'un alliage d'Al. L'ajout du Zn dans le système affine la morphologie de surface et modifie les propriétés d'usage.

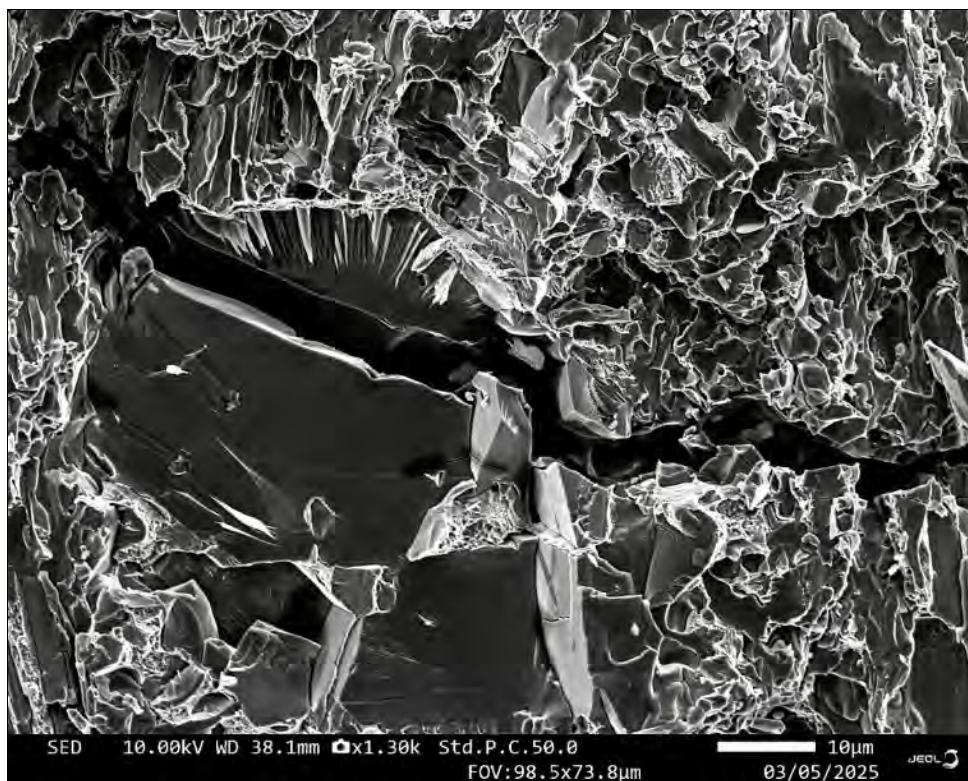
#### Descriptif technique

Micrographie réalisée au microscope électronique à balayage (MEB FEG) en électrons rétrodiffusés à une tension d'accélération de 15kV et un grandissement x1000.

#### Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MCS

## Antoine MONNET



### Ligne de vie, ligne de rupture

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette micrographie révèle une fissure traversant simultanément la matrice austénitique retenue et un carbure de chrome primaire de type  $M_7C_3$  ( $M=Fe ; Cr$ ), au sein d'un dépôt obtenu par soudage à l'arc avec fil fourré (FCAW) hautement allié en chrome et carbone. La prise de vue illustre l'extrême dureté et la fragilité contrôlée de ce matériau, testé ici en compression dynamique à l'aide de barres d'Hopkinson. Ce dépôt, dont la microstructure complexe combine austénite et carbures massifs, se comporte à la frontière entre alliages métalliques et céramiques. Sa résistance hors norme et sa capacité à dissiper l'énergie lors d'impacts violents en font un candidat de choix pour des applications de protection contre les chocs extrêmes, qu'il s'agisse d'explosions ou de projectiles à haute vitesse. À travers cette fissure figée, c'est toute la dualité de ce matériau qui s'exprime : la robustesse héritée de la métallurgie des dépôts durs, et la capacité d'absorption proche de celle des céramiques avancées. Une esthétique à la croisée de l'art et de la science des matériaux.

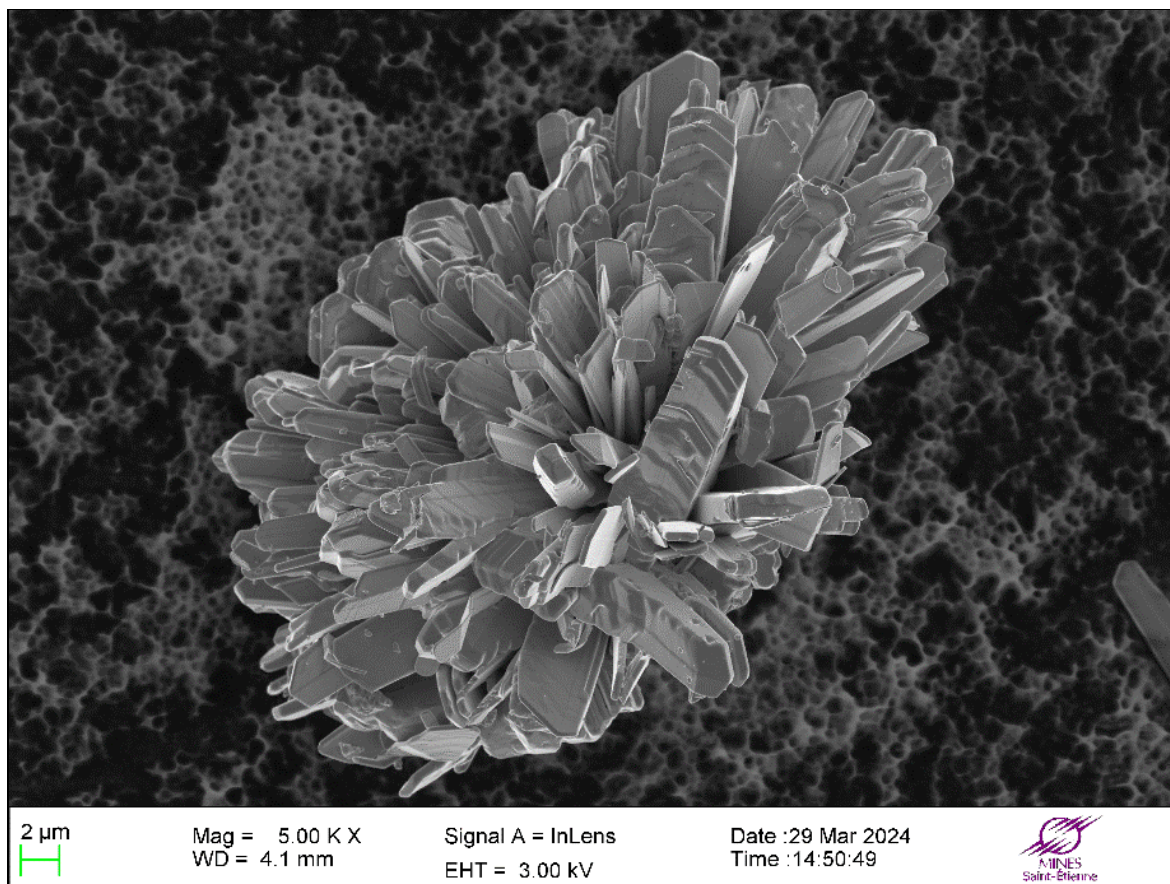
#### Descriptif technique

Micrographie réalisée en microscopie électronique à balayage sur un dépôt de rechargement dur Fe-Cr-C (MEB Jeol JSM-F100, grossissement x1300).

#### Provenance

Plateforme MicroMat du Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) – UMR CNRS N°7239

## Maelig OLLIVIER



### Chrysanthème de ténorite

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image présente la morphologie d'un grain de poudre de monoxyde de cuivre observé en microscopie électronique à balayage. On observe que bien loin d'être lisse et sphérique, ce grain de poudre possède une morphologie complexe et notamment une grande surface en contact avec son environnement ce qui a des conséquences sur la réactivité de ce grain. Cette image est issue des travaux de thèse de Aymen MIALI.

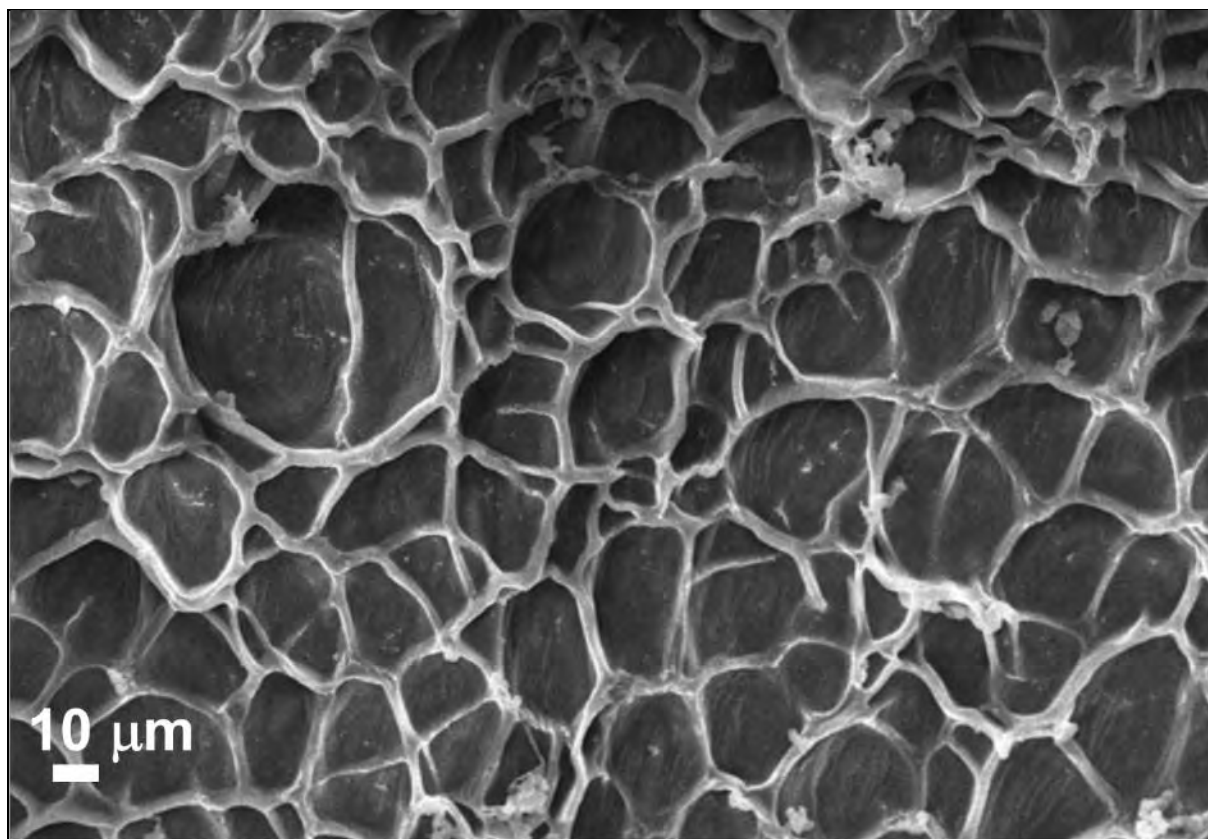
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons secondaires sur un grain de poudre de CuO (MEB Zeiss ultra VP55, grandissement x5000).

#### Provenance

Plateforme de microscopie de Mines Saint-Etienne.

## Alain PONTON



### Mosaïque de cratères en sol lunaire

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image représente le réseau d'un hydrogel de chitosan congelé par immersion dans l'azote liquide puis lyophilisé sous une pression de 0,3mbar durant deux jours et recouvert en surface par une couche de 5nm de particules d'or. Le cliché expérimental est obtenu par microscopie électronique à balayage.

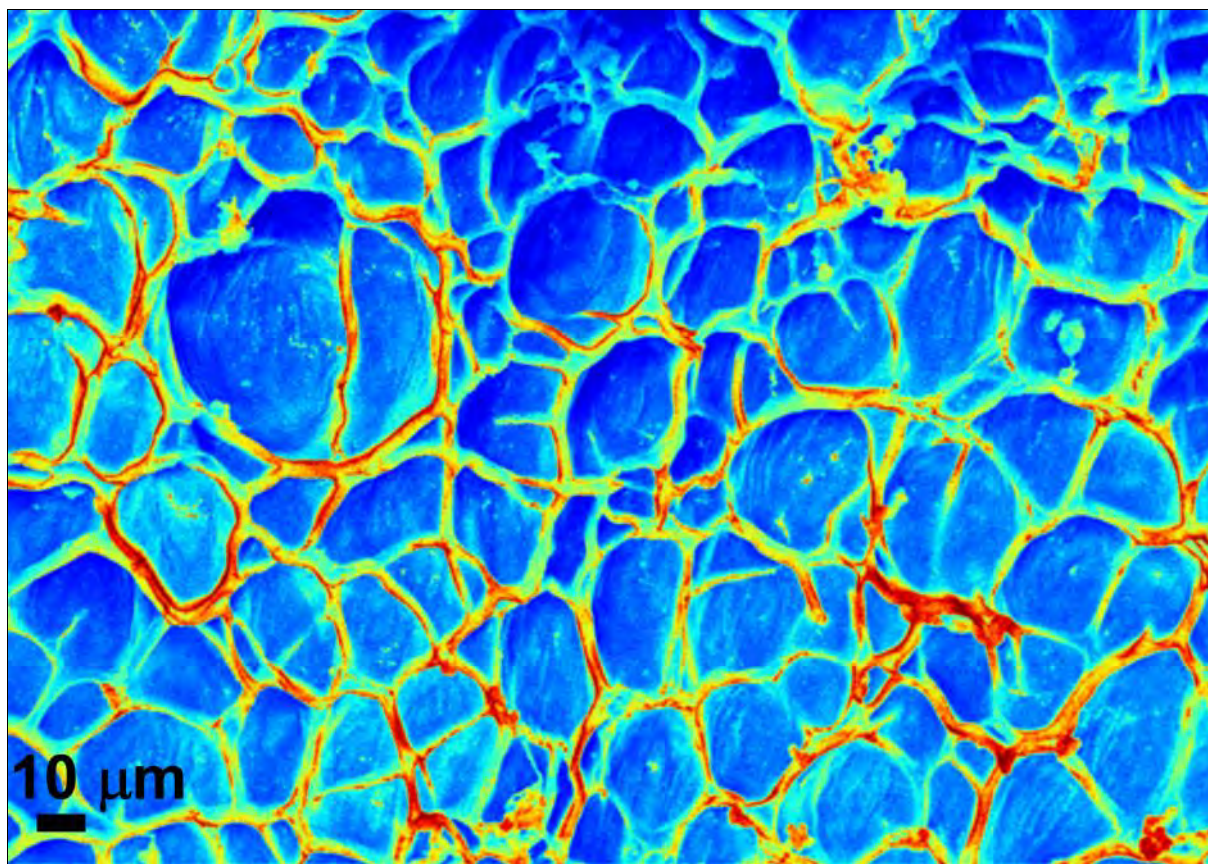
#### Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope électronique à balayage (MEB) en mode électrons rétrodiffusés. Image obtenue en grandissement x500, sous une tension de 20kV.

#### Provenance

Laboratoire Matière et systèmes complexes (MSC), UMR 7057, Paris, France

## Alain PONTON



### Cratères de feu en sol lunaire

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image représente le réseau d'un hydrogel de chitosan congelé par immersion dans l'azote liquide puis lyophilisé sous une pression de 0,3mbar durant deux jours et recouvert en surface par une couche de 5nm de particules d'or. Le cliché expérimental obtenu par microscopie électronique à balayage est analysé par intelligence artificielle pour coloration en fonction des niveaux de gris de l'image initiale pour mieux visualiser les pores et le réseau.

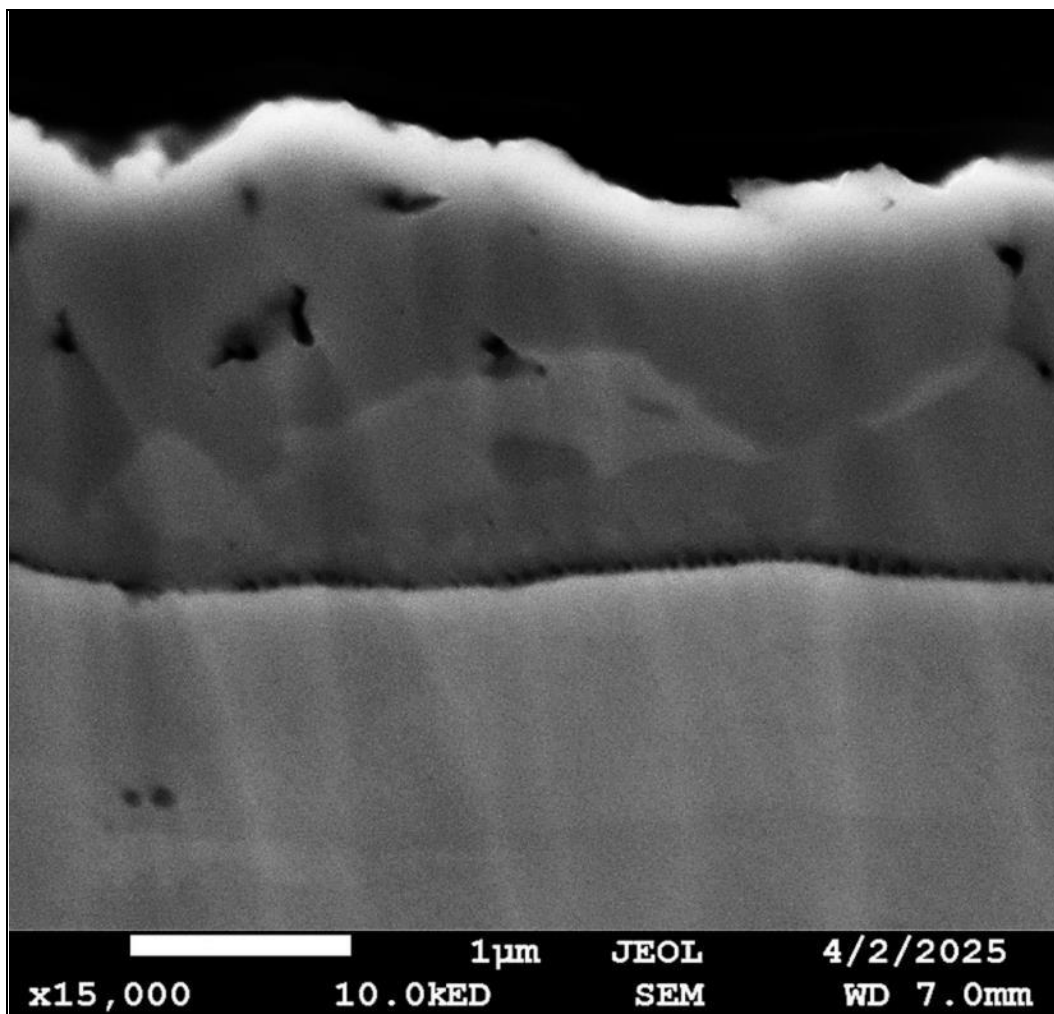
#### Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope électronique à balayage (MEB) en mode électrons rétrodiffusés. Image obtenue en grandissement x500, sous une tension de 20kV.

#### Provenance

Laboratoire Matière et systèmes complexes (MSC), UMR 7057, Paris, France

## Mathilde ROME



### Le dragon Grain-ouilly

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Image d'un acier faiblement allié, oxydé en surface. L'oxydation thermique subie fait croître une couche d'oxyde de fer à la surface du substrat. Les différents grains d'oxyde ressortent en plusieurs nuances de gris, et les pores formés lors du traitement apparaissent en noir.

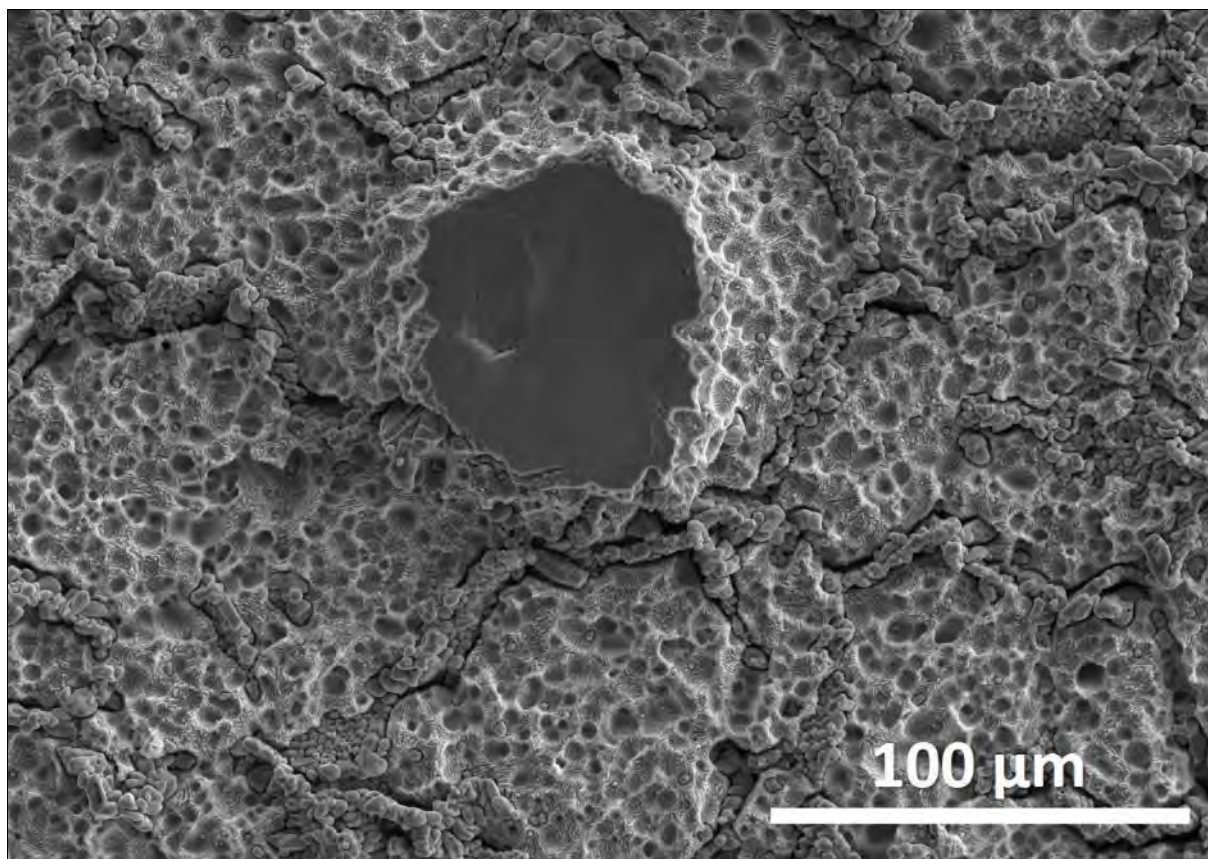
#### Descriptif technique

Image réalisée en Microscopie Electronique à Balayage en électrons secondaires (MEB-FEG Jeol 7800F, grandissement x15 000) sur une coupe transversale préparée par polissage ionique.

#### Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MCS

## Jorge SALGADO GIAMPAOLI



### Trace d'éruption de Pb

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image présente la surface d'une éprouvette de traction en alliage CCA FeCrMnNi après un essai de traction réalisé en présence de l'eutectique Pb-Bi à 500 °C. La surface montre des zones de matériau restées inchangées, des régions corrodées, ainsi qu'une transformation locale des phases menant à la formation de particules, principalement localisées au niveau des joints de grains.

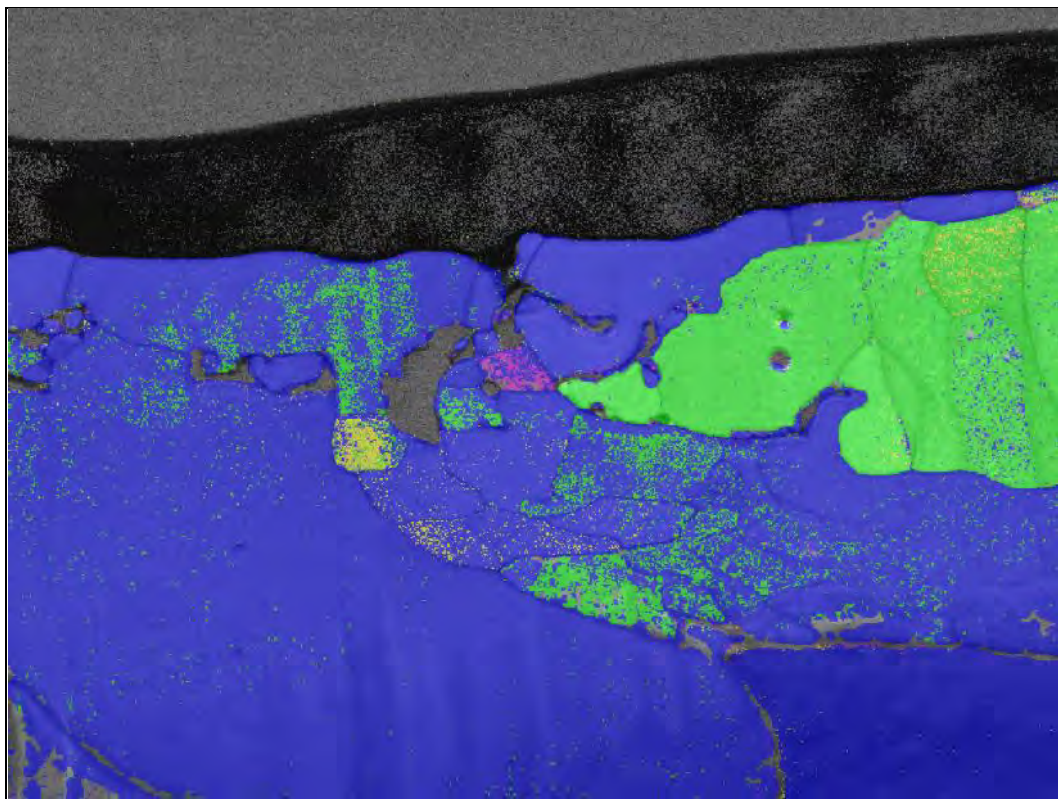
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage (MEB) en mode électrons secondaires sur un alliage concentré complexe (CCA) FeCrMnNi. L'observation a été effectuée avec un MEB HITACHI SU 5000, à un grandissement de  $\times 450$  et sous une tension d'accélération de 20 kV.

#### Provenance

Univ. Lille, CNRS, INRAE, Centrale Lille, UMR 8207—UMET—Unité Matériaux Et Transformations

## Giuseppe SOLLAZZO



### Une taupe dans l'acier

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Observation de la cristallographie d'un acier faiblement allié (IF) après une étape de pré-oxydation, suivie par un recuit réducteur. La phase Wustite est en « Vert » et le Fe métallique est en « Bleu ». L'image démontre que le recuit est partiel car il reste de l'oxyde de fer après le traitement.

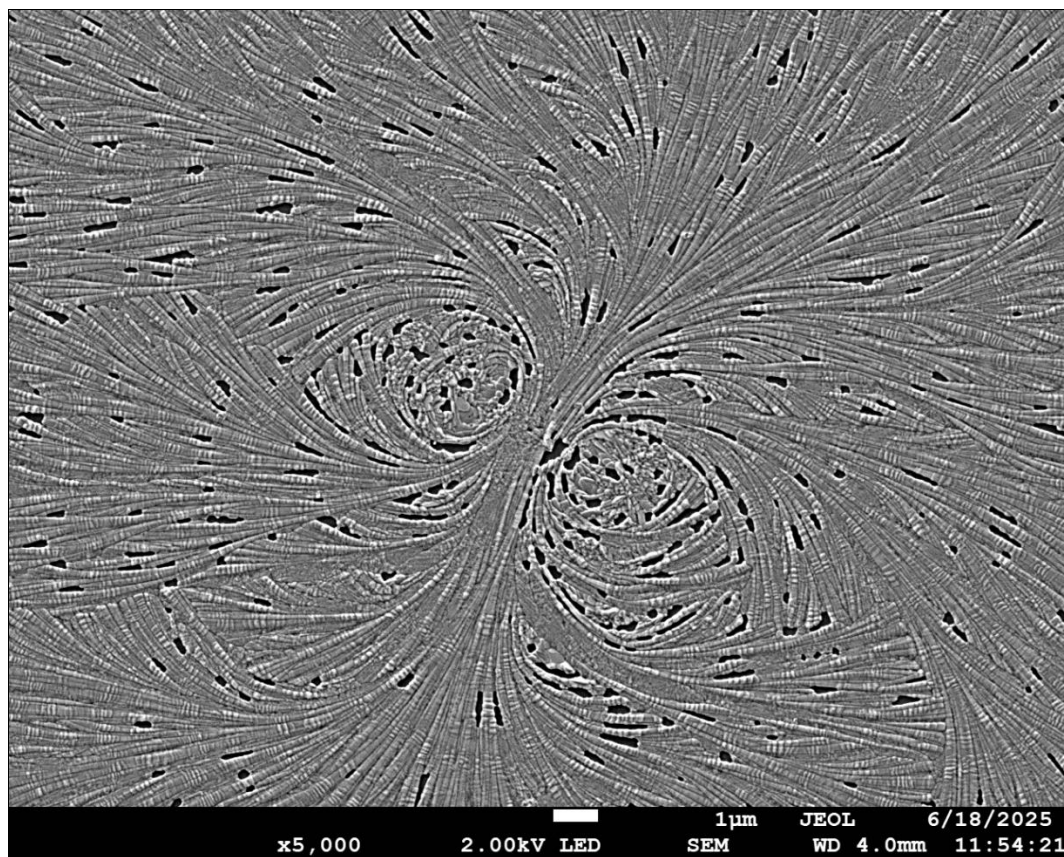
#### Descriptif technique

Image TKD (Transmission Kikuchi Diffraction) faite au MEB-FEG IT800 SHL (Microscope Electronique à Balayage) équipé d'une caméra Oxford Symmetry2, grandissement x15000

#### Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MP2

## Nicolas SÉNICOURT



### En tête à tête avec une Chouette

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette micrographie présente la microstructure d'un film mince de vanadate de strontium ( $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ ) élaboré par pulvérisation magnétron après un recuit sous air d'une heure à 600°C. Le recuit permet la formation d'une phase cristalline luminescente à travers un processus de démouillage à l'état solide. Cette phase luminescente émet un rayonnement sur une grande partie du spectre visible offrant la perspective d'être utilisé dans la fabrication de composants luminescents pour des DELs blanches nouvelles générations.

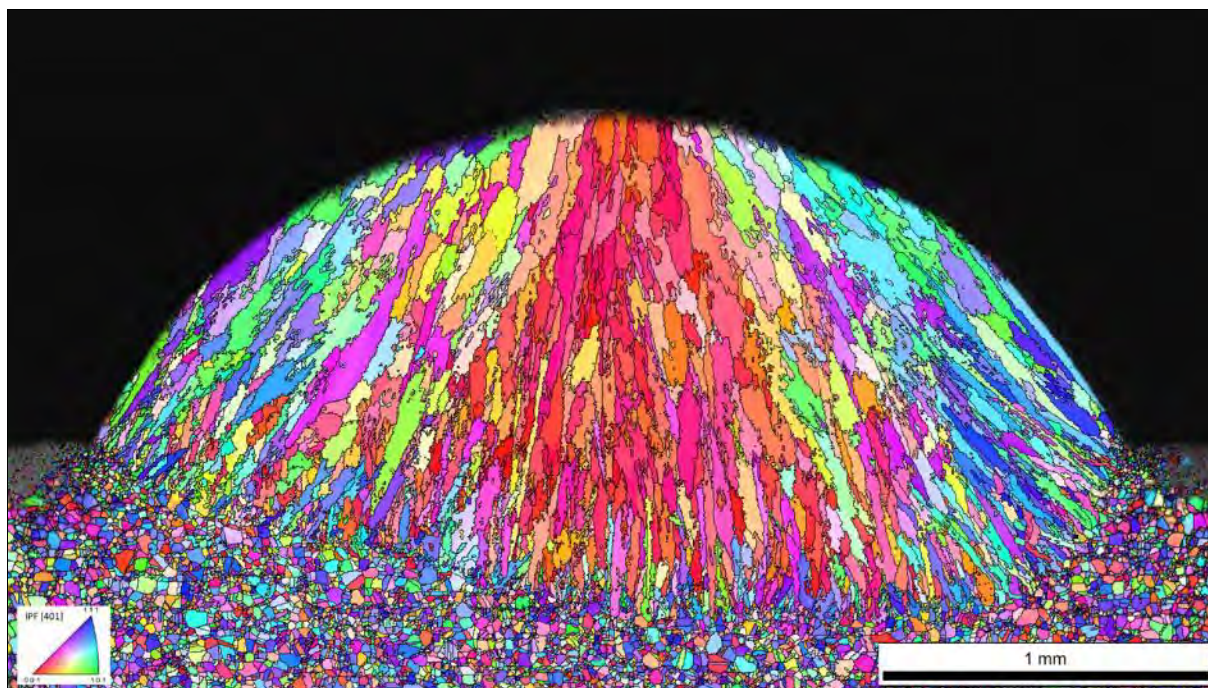
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons secondaires d'un film mince de vanadate de strontium  $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$  (MEB JEOL 7900F, grandissement  $\times 5000$ ).

#### Provenance

Plateforme de microscopie du laboratoire Groupe de Physique des Matériaux (GPM) - UMR 6634 de l'Université de Rouen Normandie.

## Denis SOLAS



### Éventail cristallin

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Coupe transversale d'un cordon d'Inconel® déposé par le procédé WLAM (Wire Laser Additive Manufacturing). Cette technique combine un dépôt de fil métallique et un faisceau laser pour construire des structures métalliques complexes, couche par couche. La cartographie d'orientation cristalline (EBSD) révèle la structure colonnaire et l'orientation des grains, permettant une compréhension fine des mécanismes de solidification en lien avec les paramètres du procédé. Etude réalisée dans le cadre du projet Columbo (ANR-21-CE08-0026)

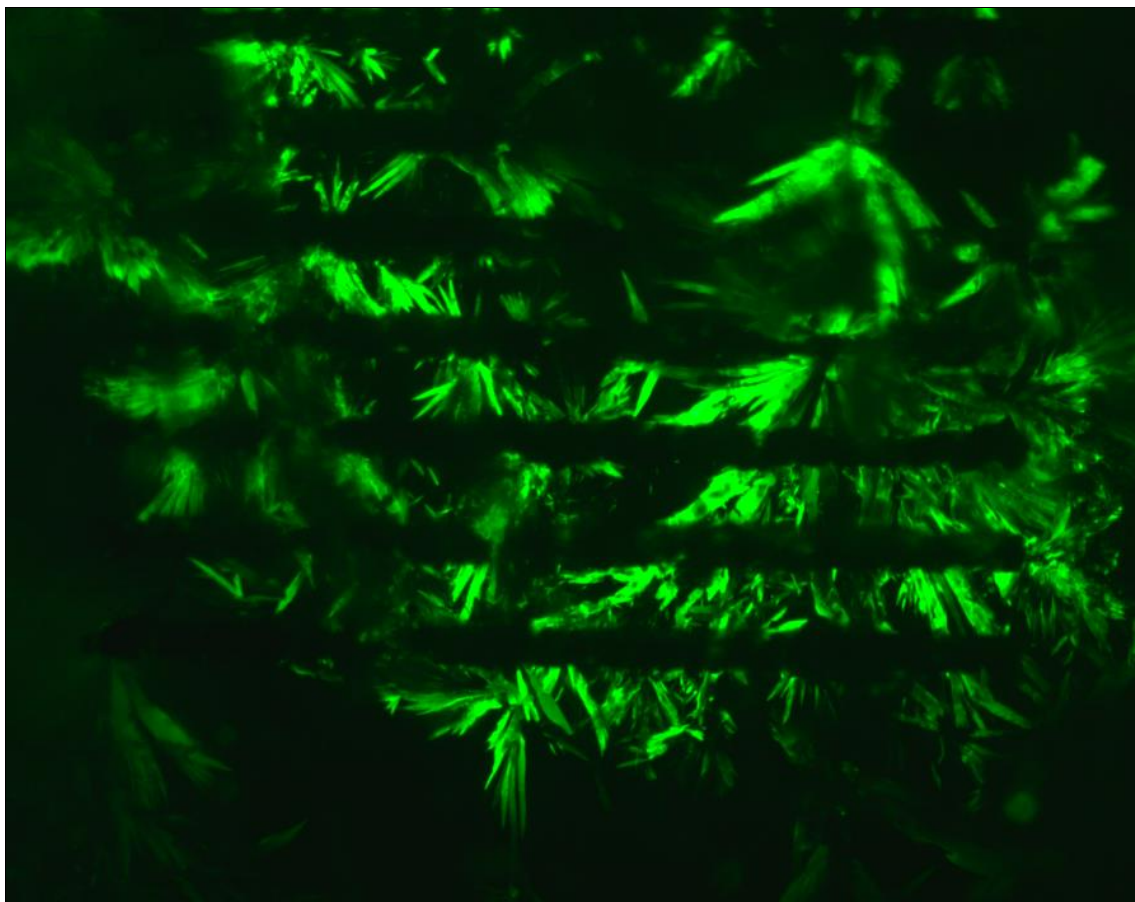
#### Descriptif technique

Microscopie Électronique à Balayage couplée à la technique EBSD (Electron Backscatter Diffraction) en mode multichamps. Cartographie d'orientation cristalline IPF [104], X étant la direction d'avance du laser et Z la direction normale au plan du substrat

#### Provenance

Université Paris-Saclay, CNRS, Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay, 91405, Orsay, France

## Ruyue QUE



### Blossom of crystal

#### Technique de réalisation / apport scientifique

The image displays a captivating pattern of vivid, glowing green crystalline structures against a near-black background. Running horizontally across the scene are several dark, well-defined bands, which are likely the intended paths of the laser irradiation. The key phenomenon visualized here is that the crystallization has **propagated outwards** into the surrounding area. Feathery, needle-like crystals appear to "blossom" from the edges of the dark traces, filling the space between them with an intricate, glowing network. The powerful contrast is a direct result of the optical setup. Under crossed polarizers, the background crystalline substrate appears dark because its optical axis is **aligned** with the polarizer. In contrast, the laser-induced "blossom" crystals have grown in new, varied orientations. Because their axes are **misaligned** with the polarizers, they rotate the polarization of light, allowing them to shine brightly and reveal their structure.

#### Descriptif technique

This micrograph captures an unintended side effect of the femtosecond laser writing process, viewed under a polarized light microscope.

#### Provenance

Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux (ICMMO), Université Paris Saclay

## Ruyue QUE



### Glycine crystal

#### Technique de réalisation / apport scientifique

The image showcases a distinct, bright, and textured track running horizontally across a smooth, dark background. This central track is the path irradiated by the laser. Within this path, you can clearly see numerous small, elongated microcrystals. A key feature is the remarkable orientation of these crystals. They are not randomly arranged but form a repeating, V-shaped pattern along the entire length of the track. This organized structure strongly suggests that the crystals grew in a controlled manner, following the direction of the moving laser beam. The edges of the main track are slightly diffuse, with a fine, powder-like scatter of material, indicating the energetic and highly localized nature of the laser-matter interaction. The overall image powerfully illustrates the process of **solvent-free laser-induced crystallization**, transforming the glycine into an ordered, crystalline state precisely along the laser's path.

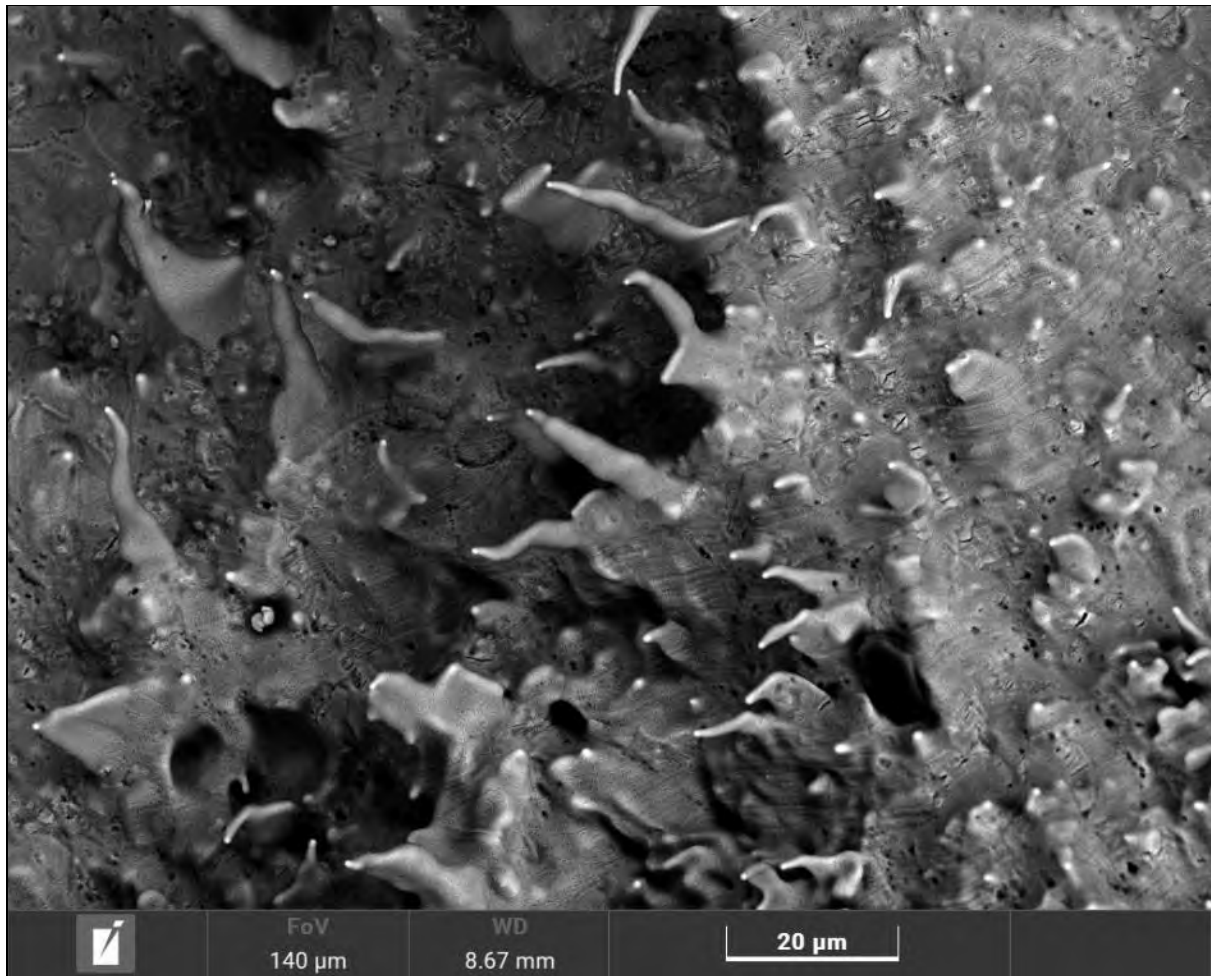
#### Descriptif technique

Direct crystallization of alpha-glycine induced by a femtosecond laser.

#### Provenance

Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux (ICMMO), Université Paris Saclay

## Jeremy VASSE



### Récifs coralliens

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Faciès caractéristique d'une fissure à chaud type liquation observée suite à un essai de fissuration à chaud PVR sur un alliage base nickel NC30Fe.

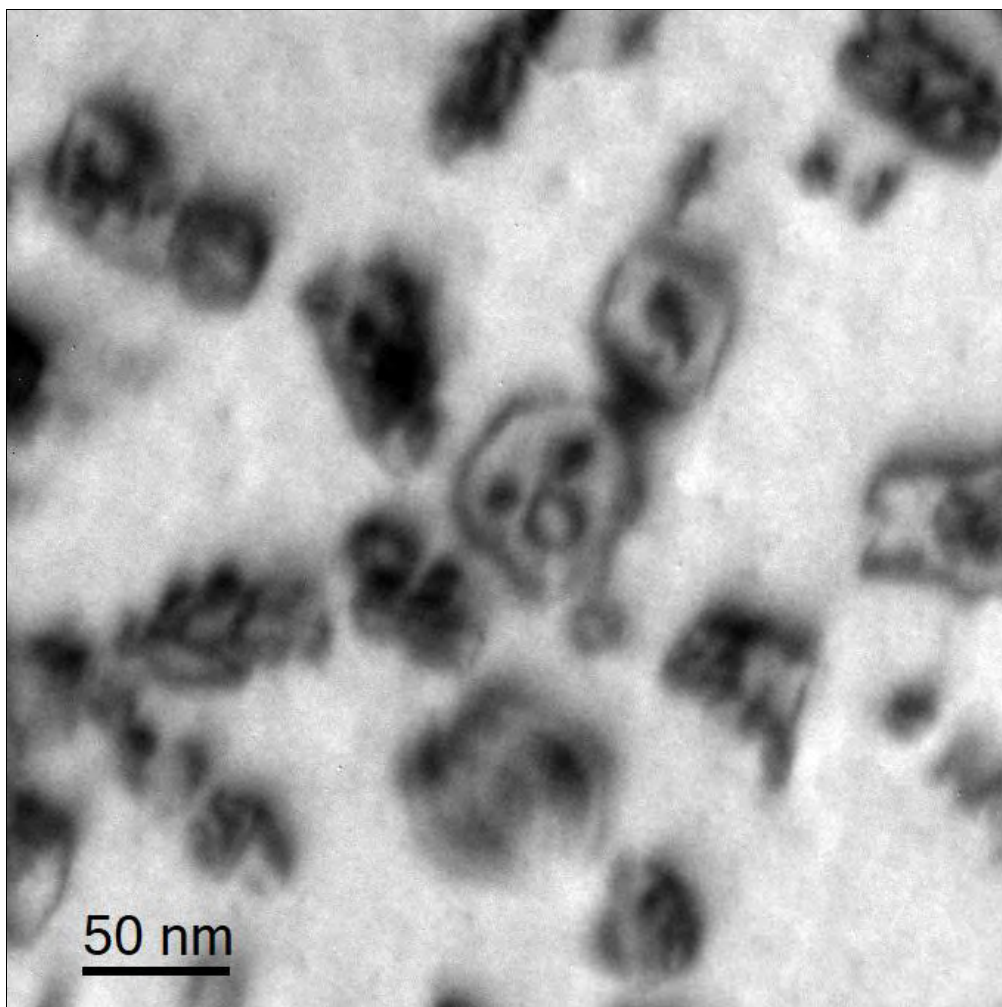
#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons rétrodiffusés sur un alliage base nickel type NC30Fe (MEB TESCAN Vega 4, FOV 140 μm).

#### Provenance

Centre Technique (DTI) de Framatome à St Marcel

## Lisa VESSIER



### Screamin' Nickel

#### Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image présente des boucles de dislocation dans du nickel monocristallin irradié par des auto-ions de 2 MeV sur la plateforme JaNNuS (Orsay). Lors de l'irradiation, le bombardement d'ions engendre des défauts dans le réseau cristallin. Ceux-ci s'organisent en boucles de dislocation, qui s'orientent préférentiellement dans certains plans cristallographiques et fragilisent la structure du matériau. Ces boucles peuvent adopter des formes variées et parfois surprenantes, évoquant des motifs artistiques ou des figures inattendues

#### Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique en transmission dans une lame mince de Nickel monocristallin irradiée par des ions  $\text{Ni}^{2+}$  de 2 MeV (MET FEI Tecnai F20 x62kX).

#### Provenance

SRMP, CEA Saclay

## Aurore ZAPATA



### Forest snow storm

**Technique de réalisation / apport scientifique**

Caractérisation métallurgique d'une structure dendritique d'un goujon en 42CrMoV4-6. La direction de solidification observée évolue entre cœur de la matière et la peau externe laissant croire à une forêt dont les arbres extérieurs auraient été arrachés par la tempête.

**Descriptif technique**

Image réalisée en microscope optique après attaque au Bechet Beaujard modifié (MX63L, FOV 18,179 mm).

**Provenance**

Centre Technique (DTI) de Framatome à St Marcel