



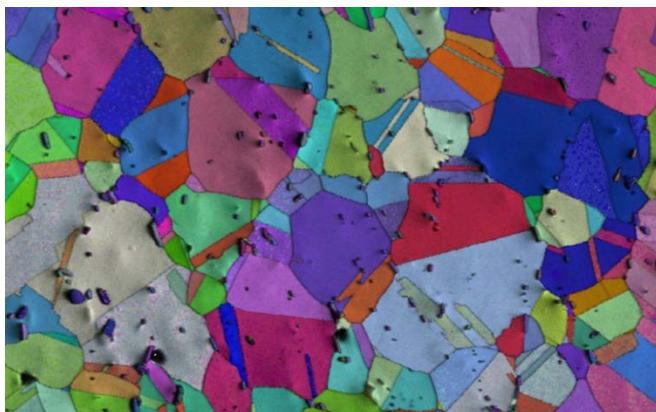
SF2M

*Société Française de
Métallurgie
et de Matériaux*

Journée de Conférences

***150 de Métallographie
à toutes les échelles***

21 Mars 2014 Paris (9h30-16h)



Exposition et concours de micrographies



Maison des Mines, 270 rue Saint Jacques 75005 Paris



Programme de la journée

8h45-9h30 **Accueil et enregistrement**

Mise en place des micro/macrographies sur les supports

9h30-9h45 Introduction par Jean Philibert (Université Paris-Sud)

Les pionniers de la métallographie et les premiers développements

9h45-10h15 La préparation métallographique et les premières observations optiques (Sorby, Osmond, Le Chatelier...)
Ivan Guillot (ICMPE Thiais)

10h15-10h45 La contribution allemande à la métallographie: Adolf Martens et Emil Heyn.
Pedro Portella (BAM Berlin)

10h45-11h15 L'attaque et le polissage électrolytiques : Charpy, Adcock, Jacquet...
Olivier Hardouin Duparc (Ecole Polytechnique Paris)

11h15-11h30 Pause

Techniques d'étude des microstructures et leur évolution jusqu'à nos jours

11h30-12h00 Préparation métallographique et microscopie optique.
Jean-Michel Lago (PhotonSud)

12h00-12h30 Microscopie électronique à balayage.
Denis Solas et François Brisset (ICMMO LPCES UPS Orsay)

12h30-14h00 Déjeuner libre

14h00-14h30 Visite de l'exposition photographique. Vote pour le prix Jacquet

14h30-15h00 Les microstructures des matériaux vues au microscope électronique en transmission.
Thierry Epicier (MATEIS INSA Lyon ; CNRS Université Lyon)

15h00-15h30 Imagerie 3D des microstructures.
Dominique Bernard (ICMCB Bordeaux)

15h30-16h00 Contribution de l'analyse d'images à la métallographie quantitative
Dominique Jeulin (Mines ParisTech Fontainebleau)

16h00 **Fin des Conférences**

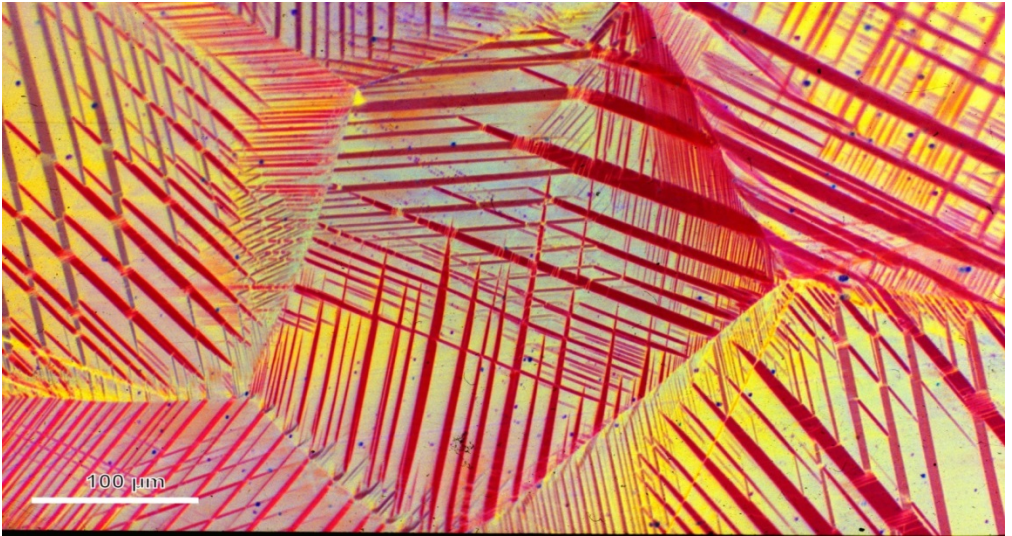


Photo 1

TITRE :

**TRANSFORMATIONS DE PHASE DANS UN POLYCRISTAL
DE CuZnAl SOUS CONTRAINTE**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Micrographie réalisée sous microscope optique à lumière polarisée sur un alliage à mémoire de forme CuZnAl sous contrainte de traction.

(Grossissement 200x, microscope REICHERT POLYVAR)

TEXTE :

Cette photo montre les transformations de phases AUSTENITE → MARTENSITE sous forme de variantes multidirectionnelles et ses interactions dans les grains d'un polycristal soumis à des contraintes de traction.

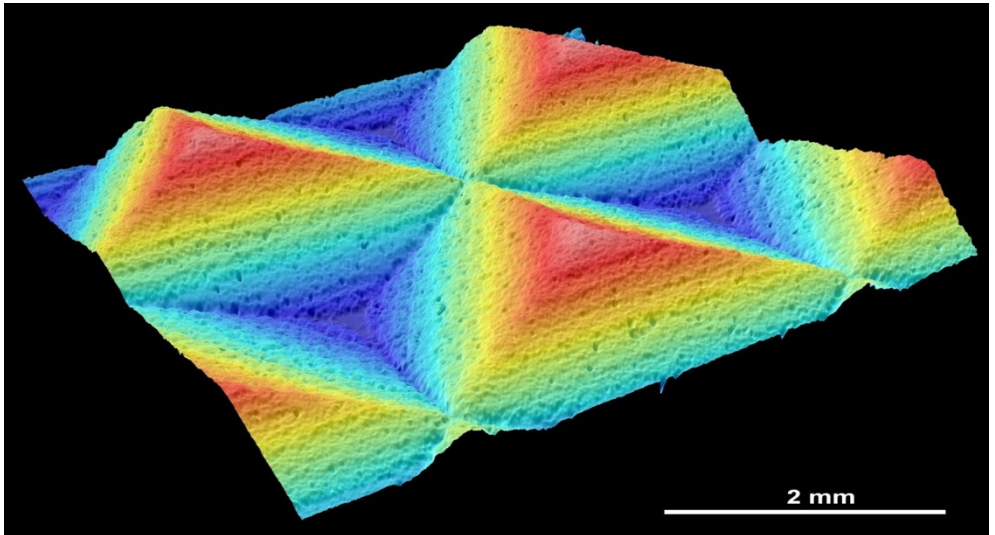


Photo 2

TITRE :

IMAGE 3D D'UN PROFIL DE SURFACE TEXTUREE PAR GRAINAGE LASER

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Image topographique réalisée sur un microscope confocal à lumière blanche (LEICA DCM3D, grossissement 50x)

TEXTE :

Cette photo montre une surface d'usinage par grainage laser réalisée sur une pièce de carbone. L'acquisition a été effectuée avec un code de couleurs sur l'axe Z allant du bleu au rouge. Il est possible de voir les lignes de passage successives du faisceau laser.

Métallographie de Julie Bourgon

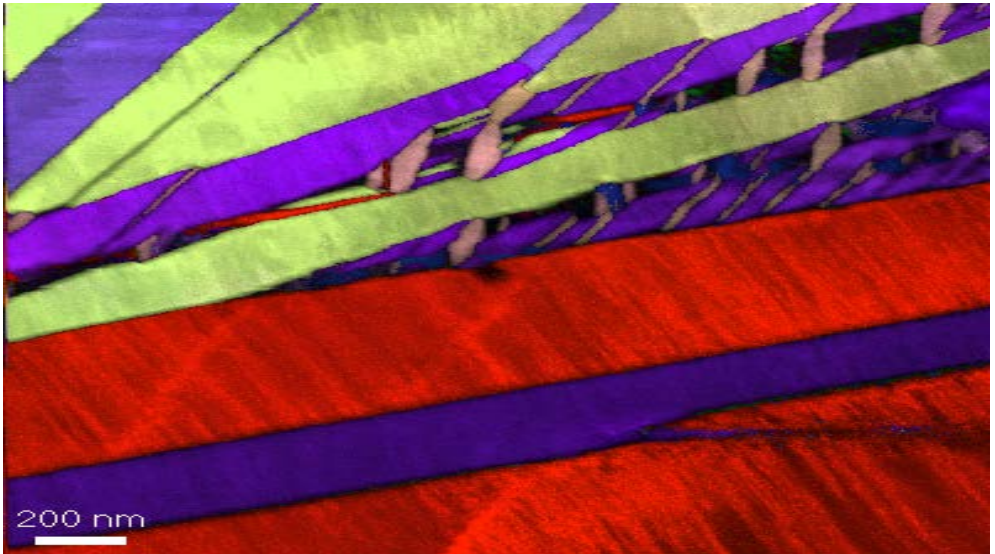


Photo 3 :

TITRE :

**MARTENSITE MACLEE D'UN ALLIAGE A HAUTE ENTROPIE DE
MELANGE**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Precession automatic Crystal orientation Mapping in Transmission Electron microscope ((P)ACOM-TEM) sur un Tecnai G2 f20 avec un système Astar de chez Nanomegas

TEXTE :

Cartographie d'orientation d'un alliage monophasé à haute entropie de mélange (Ti₃₅Zr_{27.5}f_{27.5}Nb₅Ta₅) superposée à l'image de l'indice de qualité montrant une structure hexagonale martensitique maclée (X 29000).

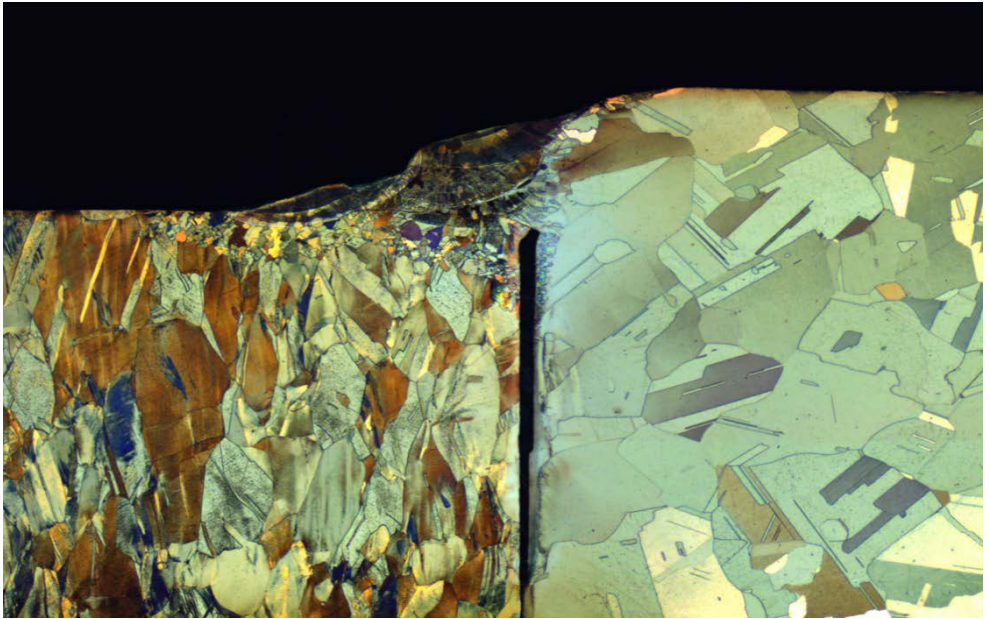


Photo 4

TITRE :

LIAISON CONTRE NATURE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Attaque : (HCl+FeCl₃) Ethanol.

Mode d'observation : Microscope inversé Zeiss AXIO A1 – en lumière polarisée.

Grossissement X 50

(Le grossissement sur papier portera l'image à X 125)

TEXTE :

Contrôle d'une soudure laser, Cuivre / Cuivre. Nuance Cu-c2 (Cu OF)

Les pièces assemblées sont données pour un état de livraison recuit entre 375/650°C. L'examen de la microstructure permet de mettre en évidence un état recuit pour le corps de pièce (contrôle de la dureté 50HV0,1) et un état fortement écroui pour le bouchon (contrôle de la dureté 110HV0,1).

Métallographie de Barbara Deschamps



Photo 5

TITRE :

OPUS INCERTUM

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Attaque : (HCl+FeCl₃) Ethanol.

Mode d'observation : Microscope inversé Zeiss AXIO A1 – en lumière polarisée. Grossissement X 100

(Le grandissement sur papier portera l'image à X 250)

TEXTE :

Contrôle d'entrée de matière. Cuivre désoxydé de nuance Cu-c2 (Cu OF) Forgé état recuit.

Mise en évidence par coupe micrographique de l'absence de particules Cu₂O.

Métallographie de David Zapico Alvarez



Photo 6

TITRE :

MANHATTAN

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Micrographie de surface d'un revêtement GalvAnnealed très peu allié sur acier IF. Image MEB LEO DSM982 en e-secondaires après dissolution électrochimique du Zn.

TEXTE :

Ces micrographies permettent d'étudier les mécanismes et cinétiques d'alliation Fe-Zn lors du recuit. Le revêtement est ici très peu allié : on observe des colonies de gratte-ciels (phase Fe-Zn ζ en épitaxie avec les grains de l'acier) et des quartiers pavillonnaires (phase Fe-Zn δ).

Métallographie de David Zapico Alvarez

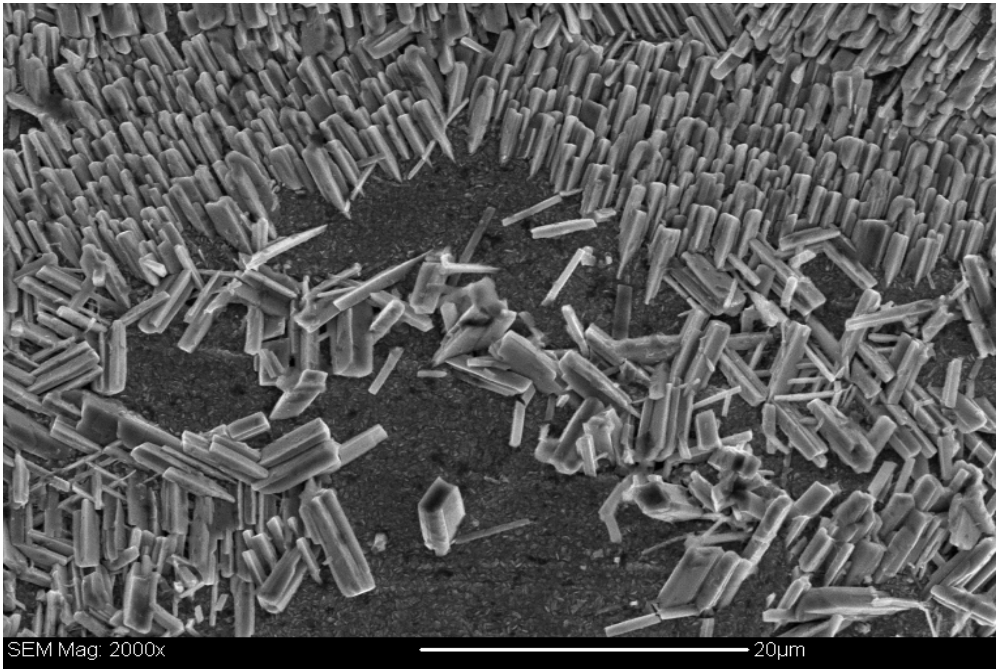


Photo 7

TITRE :

BATAILLE DE WATERLOO

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Micrographie de surface d'un revêtement GalvAnnealed très peu allié sur acier IF. Image MEB JEOL JSM-6390 en e-secondaires après dissolution électrochimique du Zn.

TEXTE :

Ces micrographies permettent d'étudier les mécanismes et cinétiques d'alliation Fe-Zn lors du recuit. Le revêtement est ici très peu allié : on observe des armées de soldats (phase Fe-Zn ζ en épitaxie avec les grains de l'acier) se rejoignant aux joints de grains pour la bataille finale.

Métallographie de Céline Musik

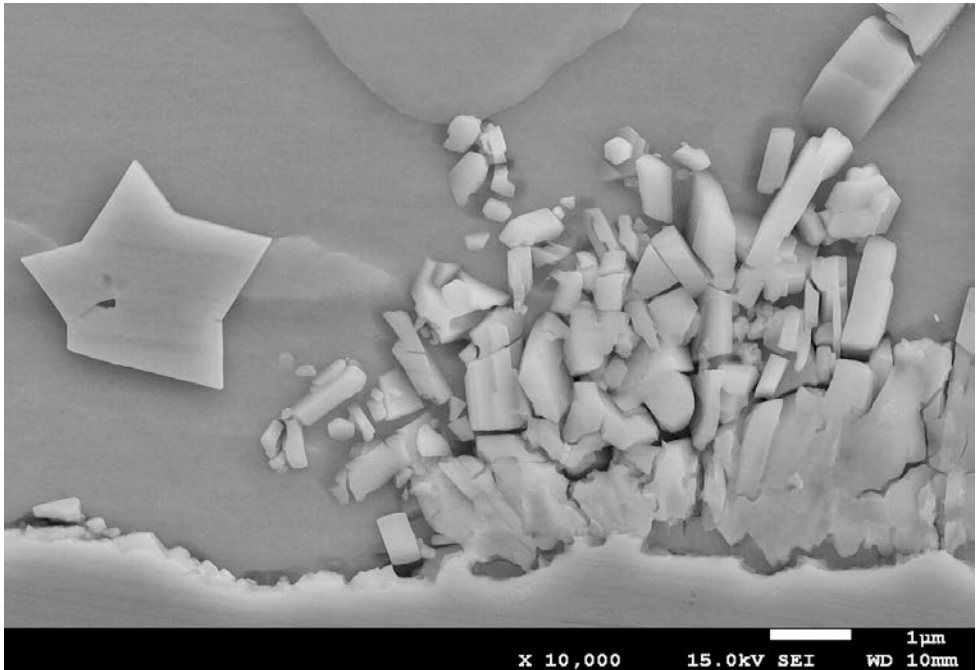


Photo 8

TITRE :

CIEL ETOILE DANS LA FORET

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Micrographie en coupe d'un revêtement GalvAnnealed partiellement allié sur acier IF. Image MEB FEG JEOL 7001F en e-secondaires après polissage mécanique et attaque Nital 0.2%vol.

.

TEXTE :

Ces micrographies permettent d'étudier les mécanismes et cinétiques d'alliation Fe-Zn lors du recuit. Le revêtement est ici partiellement allié : forêt de phases Fe-Zn (outburst) sur un sol d'acier, ciel de Zn et étoile de phase Fe-Zn ζ

Métallographie de Céline Musik

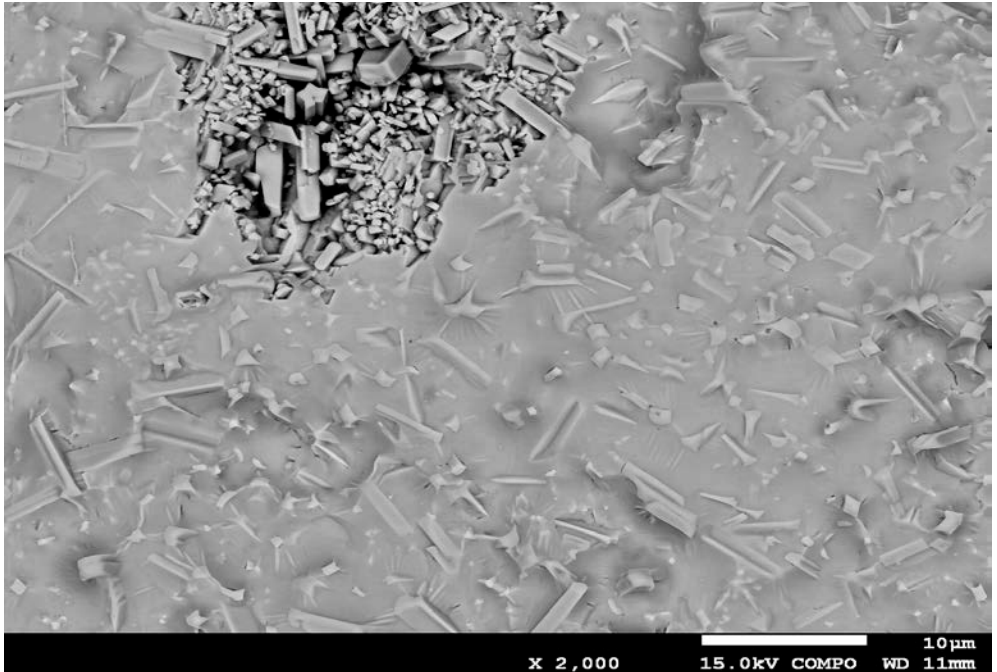


Photo 9

TITRE :

LA CITE PERDUE DE L'ATLANTIDE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Micrographie de surface d'un revêtement GalvAnnealed quasiment allié sur acier IF.
Image MEB FEG JEOL 7001F en e-rétrodiffusés.

TEXTE :

Ces micrographies permettent d'étudier les mécanismes et cinétiques d'alliation Fe-Zn lors du recuit. Le revêtement est ici quasiment allié : Atlantide de phases Fe-Zn (ζ et δ) émergeant d'un océan de Zn.

Métallographie de Mickaël MEYER

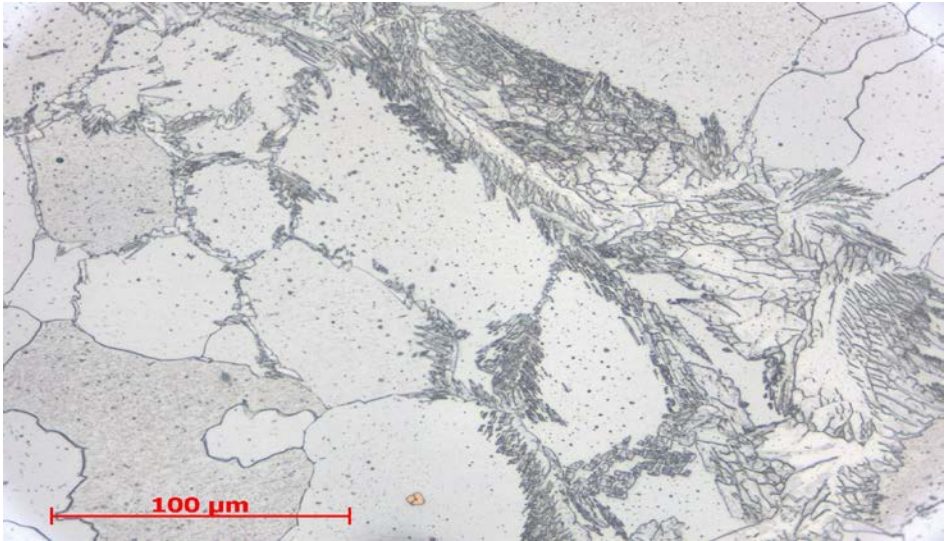


Photo 10

TITRE :

CORDON DE SOUDURE X 500

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Cordon de soudure X 500, réalisé par TIG sans métal d'apport entre un acier inoxydable austénitique et un acier inoxydable ferritique : AISI 304 sur YH21CT.

TEXTE :

On observe l'apparition de martensite aux joints de grains de l'acier inoxydable ferritique et sous forme de larges bandes. Cette apparition est due à la dilution du carbone issu de l'acier AISI 304 (0.042 %C) vers l'acier YH21CT (0.015 %C). On observe un carbure de titane dans l'acier YH21CT en bas au centre de l'image.

Métallographie de Mickaël MEYER

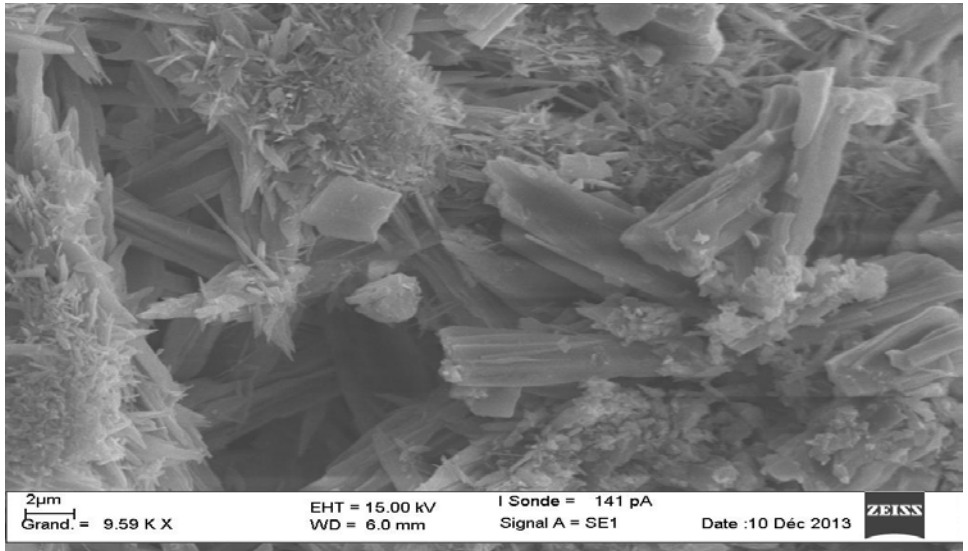


Photo 11

TITRE :

CRISTALLISATION DU TARTRE CaCO_3

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Cristallisation du tartre CaCO_3 (X 9590) dans un générateur de vapeur en présence d'acide acétique 0.5 g/l 8L -4H

TEXTE :

On observe un cristal de calcite au milieu des aiguilles caractéristiques de l'aragonite.

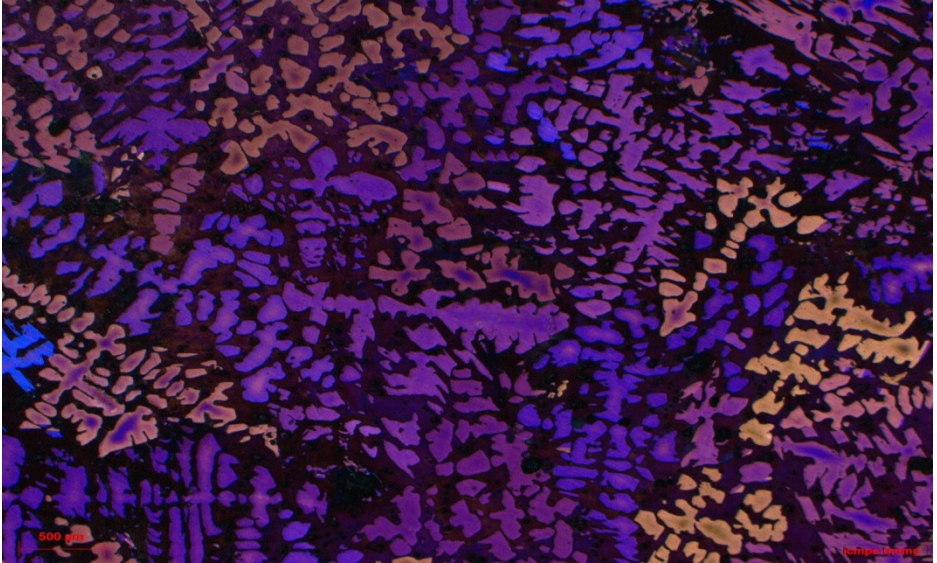


Photo 12

TITRE :

MICROSTRUCTURE DENDRITIQUE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Image en lumière polarisée, réalisée à l'aide d'un microscope optique Zeiss Axio Imager Vario, objectif x5

TEXTE :

Microstructure dendritique d'une cloche en bronze ($\text{Cu}_{78} \text{Sn}_{22}$) après attaque au perchlorure de fer.

Métallographie de Cotrebil Yvan

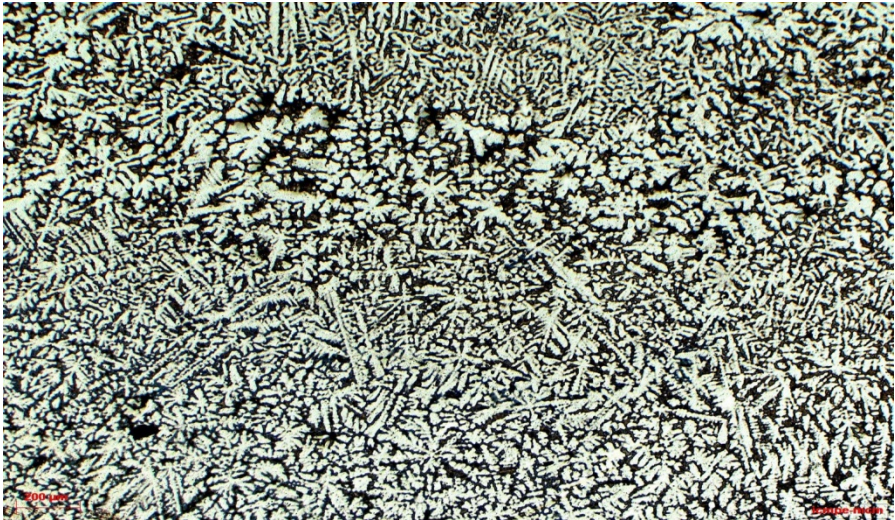


Photo 13

TITRE :

**SECTION D'UN ALLIAGE EQUIOLAIRE MULTIELEMENTAIRE A
HAUTE ENTROPIE DE MELANGE (TIZRHFNBTA) BRUT DE
SOLIDIFICATION**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Ségrégation dendritique mise en évidence par une attaque HF à 10%, champ clair réalisée à l'aide d'un microscope optique Zeiss Axio Imager Vario, objectif x10.

TEXTE :

	Ti	Zr	Hf	Nb	Ta
Zones dendritiques (at%)	19,6 ± 0,5	17,9 ± 0,6	19,2 ± 0,5	20,2 ± 1,0	23,1 ± 0,9
Zones interdendritique s (at%)	21,1 ± 0,5	20,8 ± 0,7	20,1 ± 0,5	18,9 ± 1,0	19,2 ± 0,8

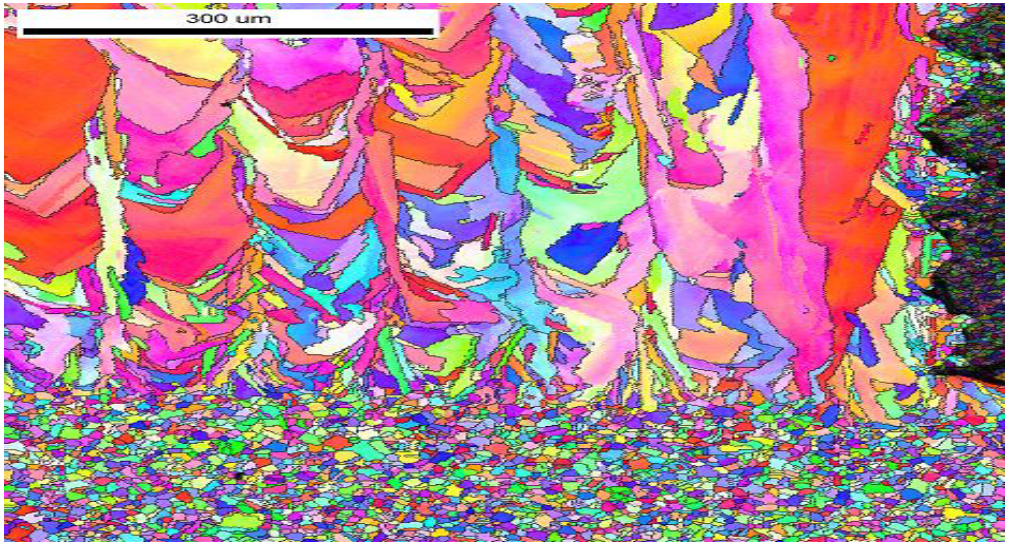


Photo 14

TITRE :

**MICROSTRUCTURE PRODUITE PAR LE PROCEDE DE FUSION
SELECTIVE PAR LASER (SLM, SELECTIVE LASER MELTING)**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Cette cartographie EBSD représente la structure, et une partie de l'orientation cristalline des grains d'un superalliage à base nickel, l'Inconel 625, produit par fusion sélective par laser. Ce procédé de fabrication additive consiste à fondre localement un lit de poudres et le matériau sous-jacent pour créer en lien entre les différentes couches. La structure équiaxe en bas de la cartographie indique la présence du substrat sur lequel est déposé le premier lit de poudre. L'épaisseur des lits de poudre est d'environ 50 μm pour une épaisseur de couche consolidée de 30 μm. Les grains colonnaires résultent de la fusion des lits de poudres successifs et montrent un lien métallurgique continu. La largeur des grains correspond à l'écart-vecteur employé lors de la construction, c'est-à-dire la distance séparant deux cordons de soudure adjacents.

TEXTE :

La cartographie permet d'observer que la croissance colonnaire des grains se fait par épitaxie à partir des couches précédentes, et qu'il existe une zone intermédiaire entre le substrat et le régime stable. Cette zone correspond à la recherche ou au développement de grains suffisamment bien orientés vis-à-vis du passage du faisceau laser pour aboutir à une construction stable. Il peut aussi être noté, au bord de la pièce à droite, des grains fins indiquant le refroidissement rapide de la paroi, et donc une certaine hétérogénéité dans la microstructure générale.

Métallographie de ML Bouchetou

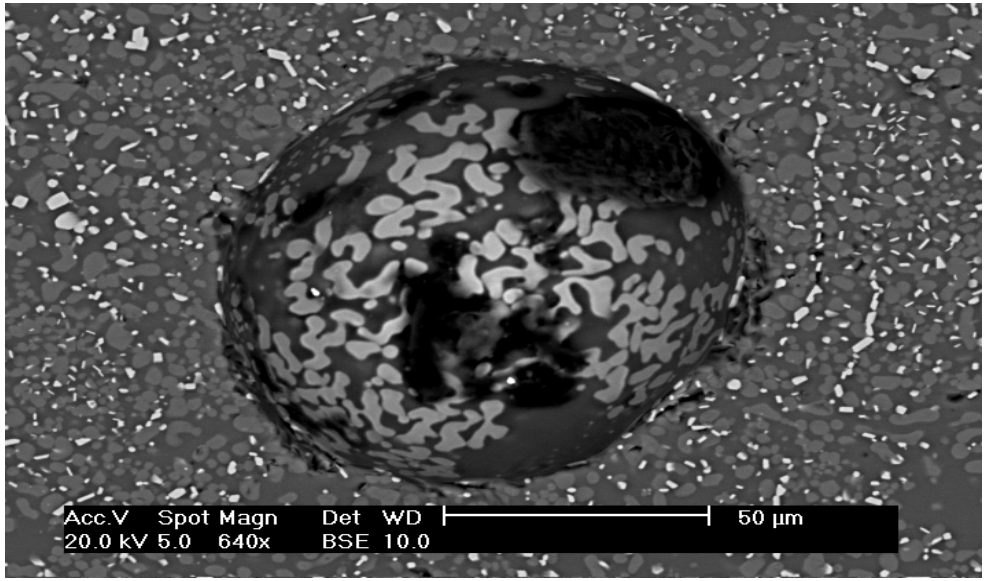


Photo 15

TITRE :

**MICROSTRUCTURE DE PHASES MINÉRALES OXYDES (CAO-SiO₂-
AL₂O₃-P₂O₅)**

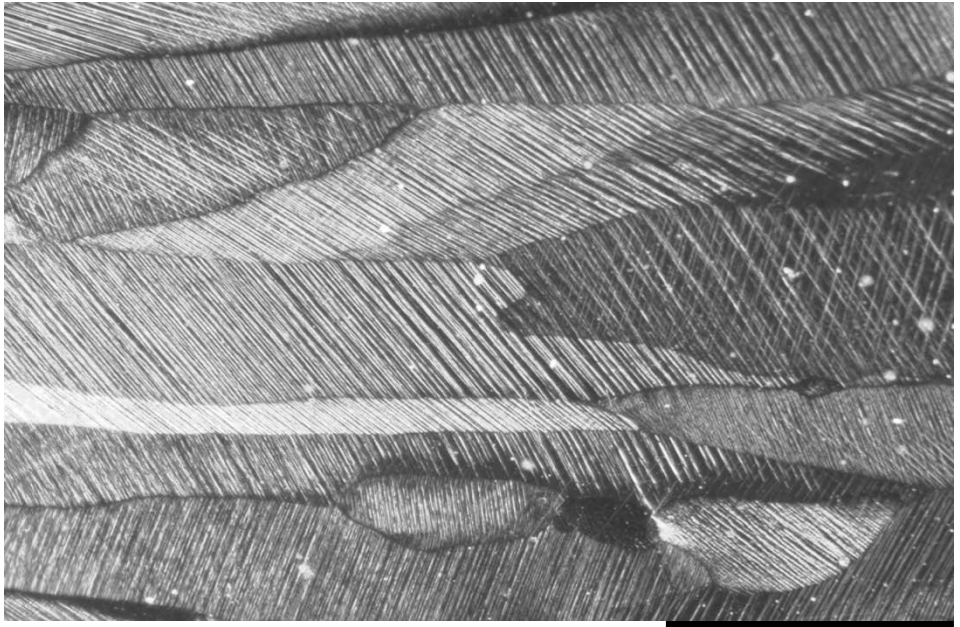
DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Microstructure de phases minérales oxydes (CaO-SiO₂-Al₂O₃-P₂O₅) obtenues par traitement thermique (chauffe à 1270°C puis trempe) de sous-produits d'épuration

TEXTE :

Cette observation a permis de mettre en évidence la formation, dans une phase vitreuse riche en silice (en gris foncé), des phases cristallisées : une phase Ca₉Fe(PO₄)₇ (en gris clair) et une phase riche en oxyde de fer (en blanc).

Métallographie d'Yves Bienvenu



1 mm

Photo 17

TITRE :

**SECTION POLIE D'UN LINGOTIN DE CUIVRE FAIBLEMENT ALLIÉ BRUT
DE COULÉE ATTAQUE MACRO PAR «UN CHOC »**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Macroscopie Wild M 420, objectif x 27 éclairage annulaire + oblique

Chute de 1,5 m de haut sur carrelage en grès EnsamParis d'un témoin de coulée de
Cu 0,3Ni 0,02 P (%_{masse}) poli.

TEXTE :

Montrer sous binoculaire la texture des grains, des systèmes de glissement. Cours
master Magis,

Décembre 2013 Pas cher, spectaculaire et convaincant ?

Métallographie de Carole BAUDIN

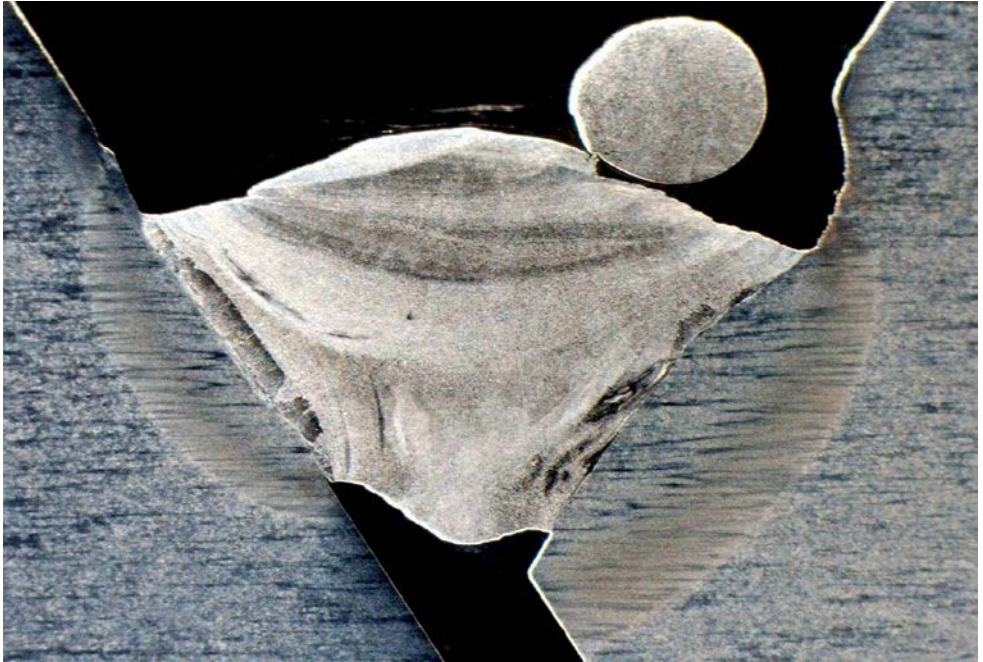


Photo 18

TITRE :

JEU DE BILLE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Attaque électrolytique à l'acide chromique – banc macroscopique avec un grandissement x14.4

TEXTE :

Macrographie d'un acier noir, nuance blindage, soudé avec un fil austénitique dans le cadre d'un essai de soudabilité.

Métallographie de Carole BAUDIN

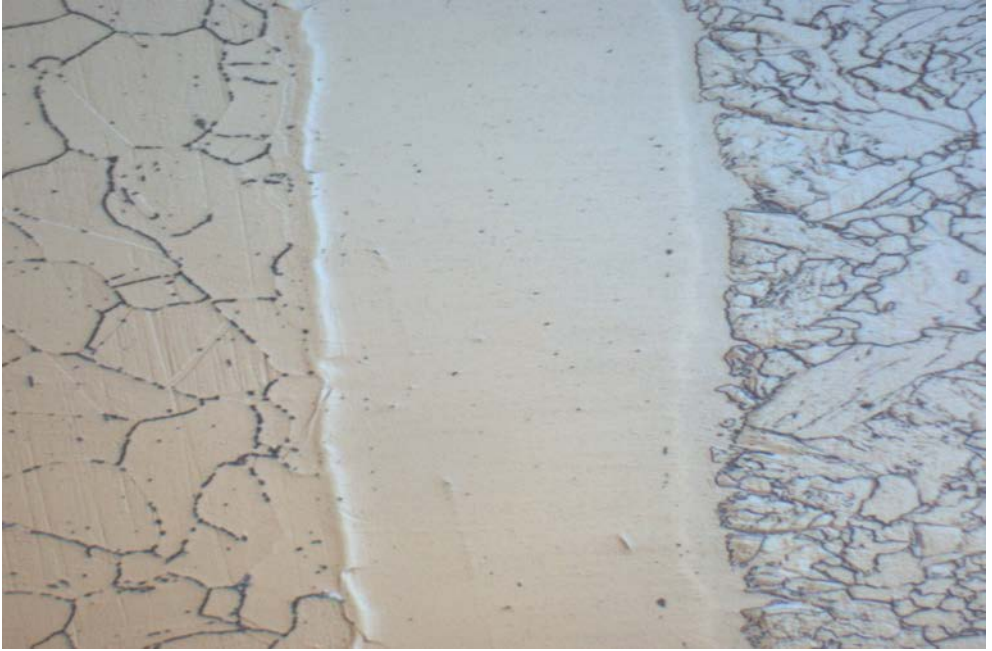


Photo 19

TITRE :

SENTIER DE NICKEL

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Attaque électrolytique à l'acide chromique et Nital 3% par immersion - microscope optique avec un grossissement x500

TEXTE :

Micrographie d'un tri-matériau composé d'un acier austénitique, d'une couche de Nickel et d'un acier noir Carbone-Manganèse.

Métallographie de Thibaut Mancier

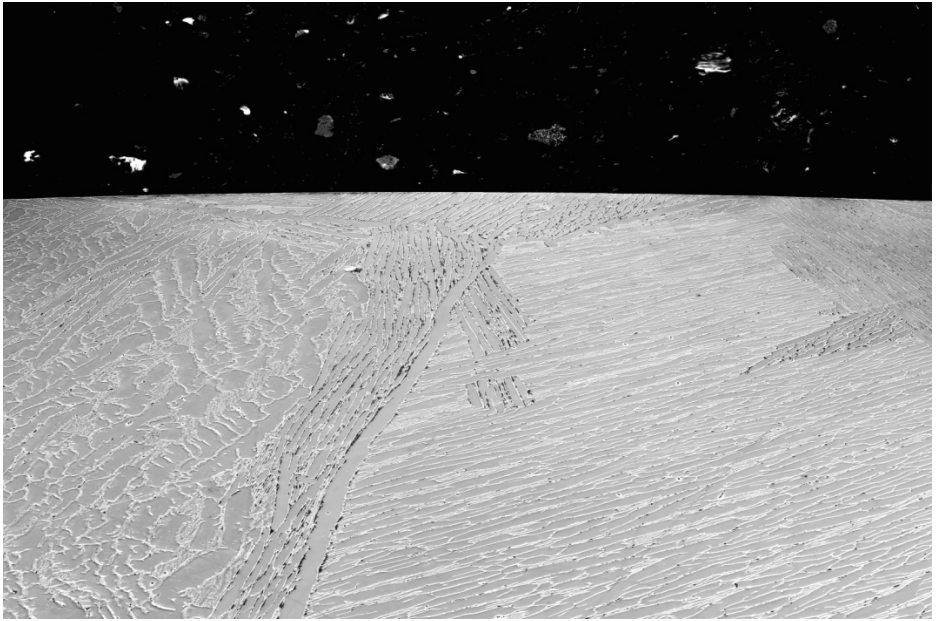


Photo 20

TITRE :

STRUCTURE B D'UN ALLIAGE DE TITANE TI-6AL-4V

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Microscope électronique à balayage F.E.I. Quanta 600

Réglages : HV=20 kV w Spot=5,0 w WD=10,5 mm w Grossissement 300x
Résine d'enrobage phénolique chargée en carbone

TEXTE :

Etude des traitements thermiques et propriétés mécaniques de l'alliage Ti-6Al-4V, utilisé en aéronautique sur les mâts moteurs.

Métallographie d'Olivier DEZELLUS

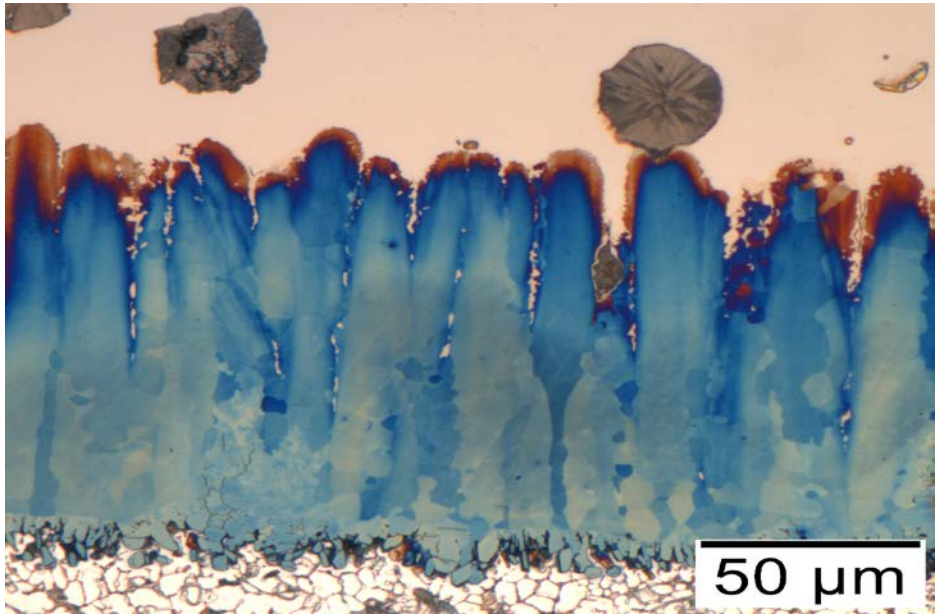


Photo 21

TITRE :

REACTION D'INTERFACE ENTRE UNE FONTE GS ET AL LIQUIDE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Immersion à 1000K pendant 8 minutes d'une fonte GS (offerte par la Fonderie Giroud) dans un bain d'aluminium pur à 99.5%, suivie d'une trempe à l'eau. Micrographie optique d'une vue en section de l'interface obtenue après polissage et une attaque NaOH 2wt.% d'une durée de 3.5 min.

TEXTE :

La croissance de Fe₂Al₅ à l'interface entre Al et la fonte GS procède d'un mécanisme de diffusion unidirectionnelle et anisotrope de Al dans la structure cristalline de l'intermétallique. L'attaque chimique révèle la sélection des grains de Fe₂Al₅ favorablement orientés vers le substrat de fonte.

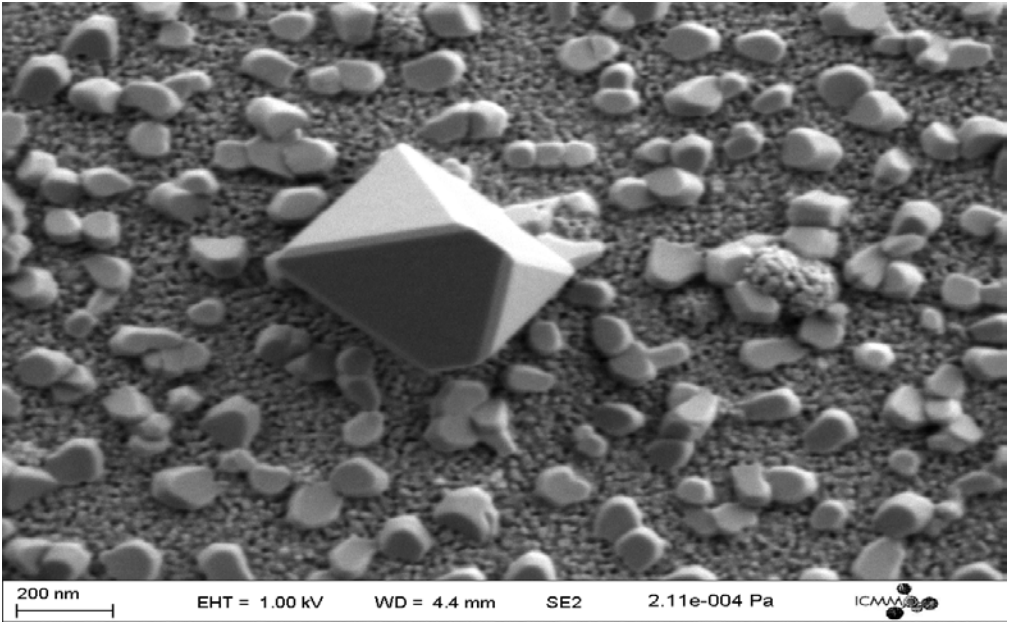


Photo 22

TITRE :

**IMAGES MEB DES SURFACES D'UN OXYDE METALLIQUE ET
D'UNE LAME DE NI5%W RECRISTALLISEE**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

a. Dépôt CVD dans le réacteur MOCVD

b. Image MEB : Le microscope électronique à balayage avec canon à effet de champ (MEB-FEG) utilisé à très faible tension (1 kV) permet de visualiser la perfection apparente de l'octaèdre nanométrique.

TEXTE :

Grossissement : x 55000

Matériaux : Cristal Octaédrique d'un oxyde métallique couché sur une surface d'oxyde obtenue par CVD.

Métallographie de Yannick ATEBA BETANDA

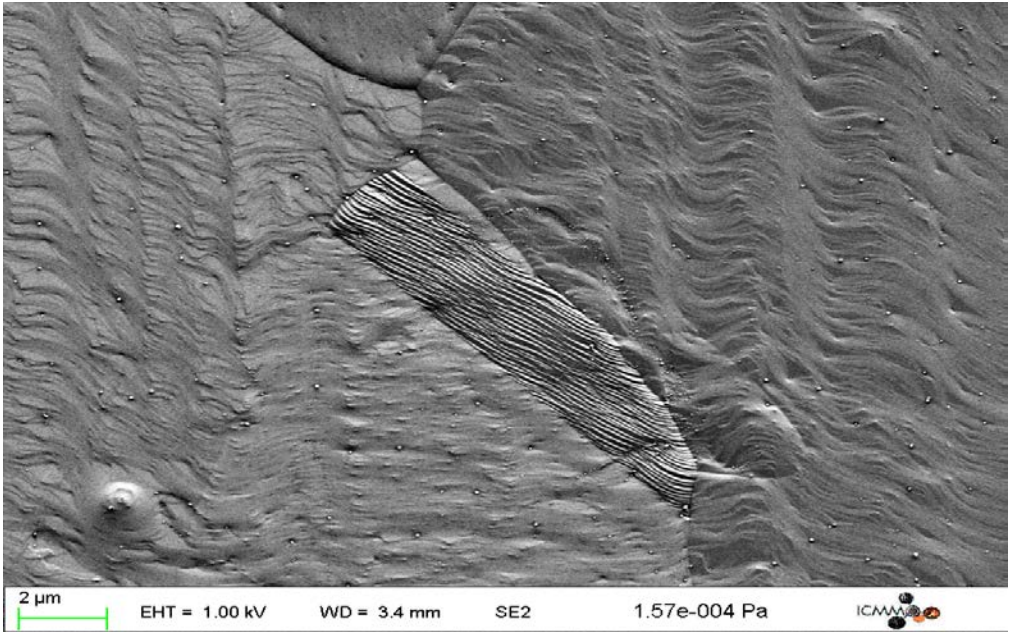


Photo 23

TITRE :

**IMAGES MEB DES SURFACES D'UN OXYDE METALLIQUE ET
D'UNE LAME DE Ni5%W RECRISTALLISEE**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Grossissement : x 5000 Matériau : lame de Ni5%W

Technique

- Laminage à un taux de réduction de 96% (épaisseur finale 80µm)
- Recuit d'une heure sous hydrogène à 1200°C
- Polissage mécanique (papier sic+ diamant jusqu'à 1/4 µm)
- Attaque + polissage électrolytique (bain A2)
- Prise d'image au MEB+FEG (1kv)

TEXTE :

Ce type de polissage permet de réduire la rugosité et les défauts de surface de l'échantillon et de révéler les macles. La microstructure est ainsi analysée jusqu'à une échelle très fine. Sur l'image 2, on observe les macles fortement facettées en plans (111).

Métallographie de Patrick BARGES

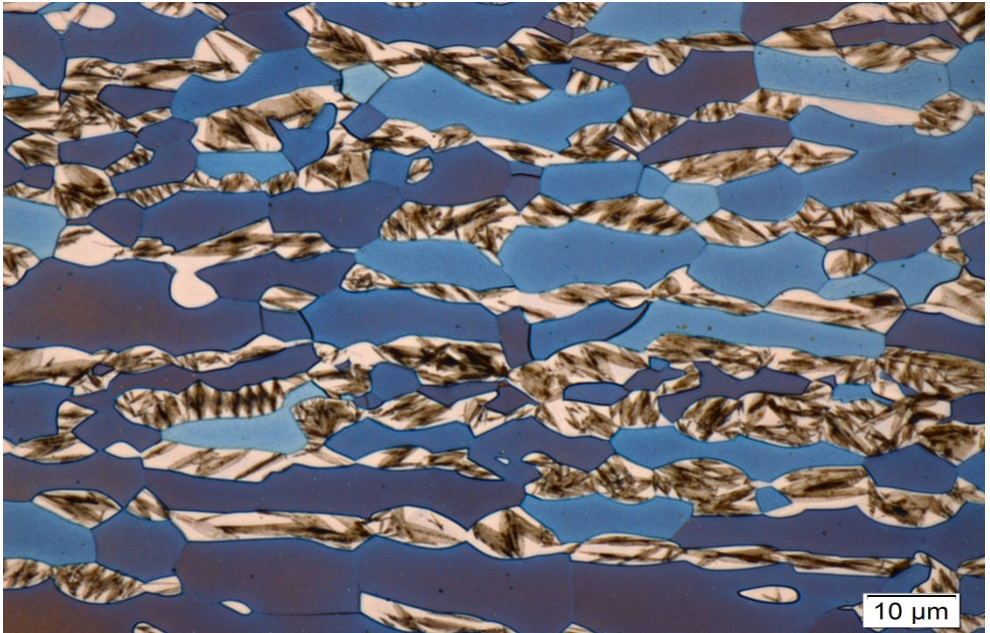


Photo 24

TITRE :

LE GRAND BLEU

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Métallographie optique en couleur d'un acier duplex FeMnAlC à basse densité. Grandissement x1000. Attaque Klemm. L'attaque révèle la ferrite en bleu, l'austénite en blanc et la martensite en marron.

TEXTE :

Cette nouvelle méthodologie de préparation et d'attaque a été spécifiquement développée pour ces nuances Duplex. Elle permet d'étudier la relation entre les paramètres de fabrication et l'apparition de la martensite dans une austénite dont la stabilité détermine en grande partie les propriétés finales de ces nouveaux aciers.

Métallographie de Maxime DELBOVE

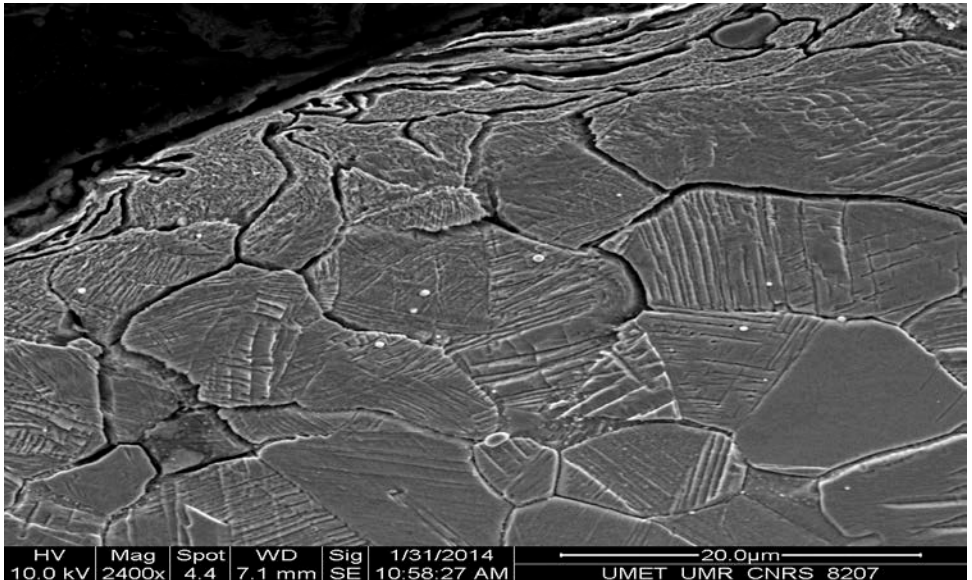


Photo 25

TITRE :

**IMPACT DE LA MISE EN FORME SUR LA MICROSTRUCTURE
D'UN ALLIAGE DE CUIVRE**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

- Microscope électronique à balayage FEI QUANTA 400
- Imagerie en électrons secondaires (SE)
- Tension d'accélération 10 kV
- Distance de travail 7,1 mm
- Spot Size 4,4
- Grossissement x2400
- Matériau : Alliage de cuivre
- Attaque chimique : $\text{FeCl}_3 + \text{HCl}$

TEXTE :

Cette micrographie a permis d'identifier les conséquences de la mise en forme d'un alliage de cuivre. En surface se sont formés des replis, des microfissures, des bandes de glissement et des macles de déformation. L'impact de la déformation se cantonne aux 50 μm sous la surface du matériau.

Métallographie de Maxime DELBOVE

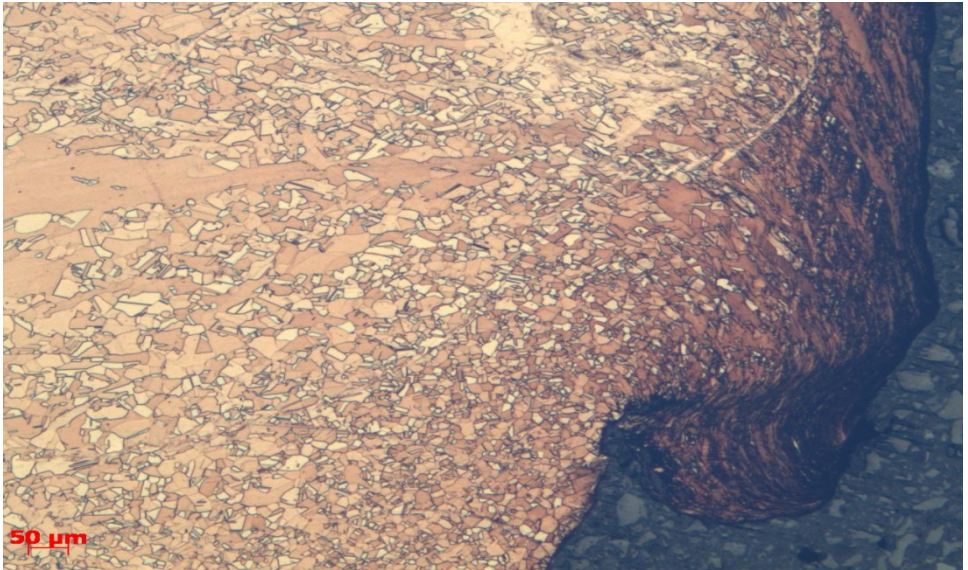


Photo 26

TITRE :

**DEPLACEMENT DE LA MATIERE AU COURS DE LA MISE EN
FORME D'UN ALLIAGE DE CUIVRE**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

- Microscope Optique
- Grossissement x5
- Matériau : Alliage de cuivre
- Attaque chimique : $\text{FeCl}_3 + \text{HCl}$

TEXTE :

Cette micrographie a permis d'observer l'écoulement de la matière au niveau d'une zone critique à la suite de la mise en forme. Les grains y sont déformés (fortement allongés). Cela a mis en avant la sévérité du procédé au niveau de certaines zones du produit fini.

Métallographie de Xavier GARAT

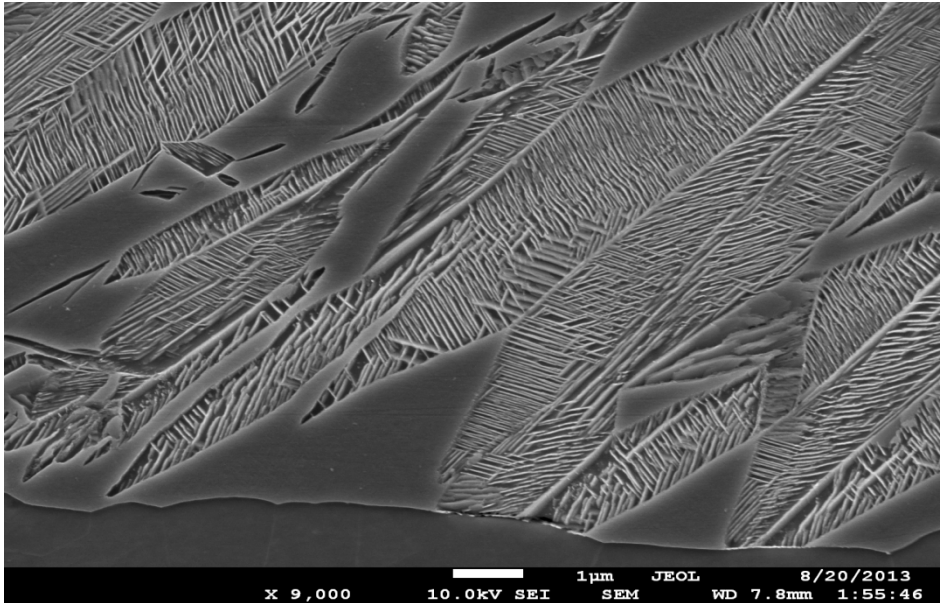


Photo 27

TITRE :

L'ALLEGEMENT DES ACIERS AVEC DES...PLUMES

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Métallographie d'un acier duplex FeMnAlC à basse densité montrant la présence de la martensite maclée dans les îlots d'austénite. Image MEB FEG JEOL 7001F en e-secondaires après polissage mécanique et attaque

TEXTE :

L'attaque permet de révéler la structure fine de la martensite, qui va être par la suite déformée, et de corréler ces paramètres microstructuraux aux propriétés finales après recuit.

Métallographie d'Olivier GARDET

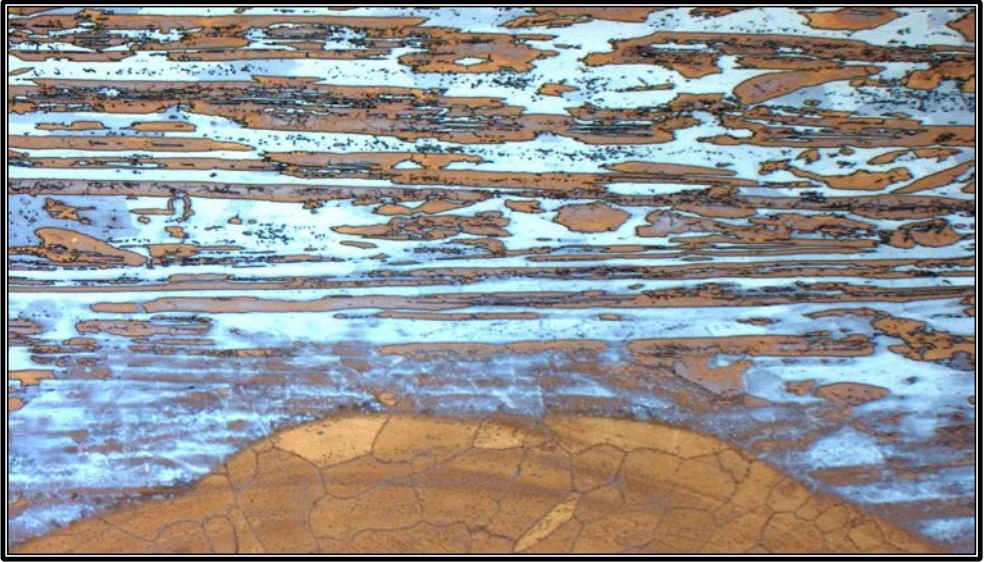


Photo 28

TITRE :

DUNE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Acier inoxydable austéno-ferritique – G x50

TEXTE :

Attaque : Lichtenegger & Bloech I

Micrographie en ZAT de métal fondu

Métallographie d'Olivier GARDET

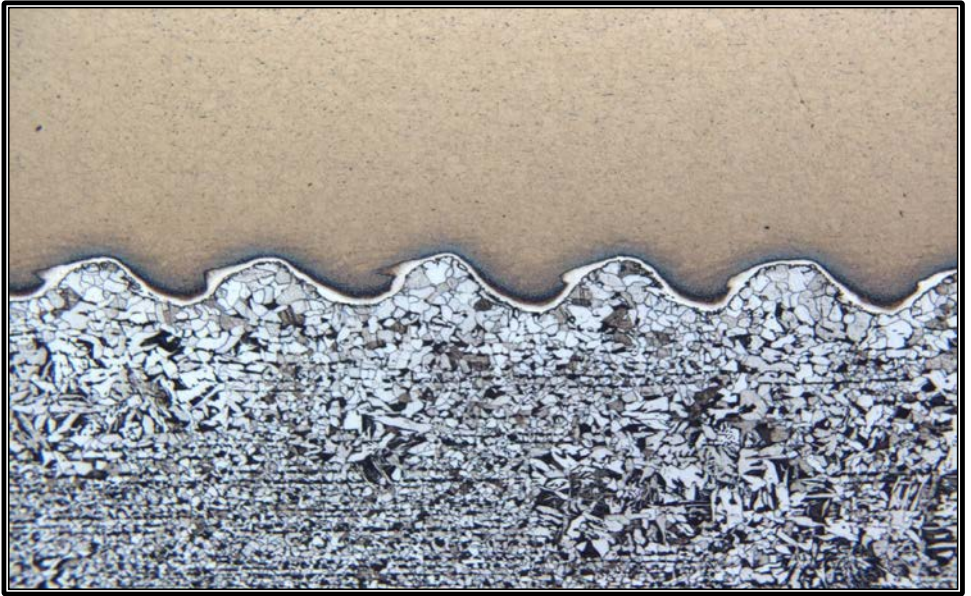


Photo 29

TITRE :

HOULE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Acier bimatériel C-Mn/Alloy 625 – G x50

TEXTE :

Attaque NITAL 3% + acide chromique

Micrographie à la liaison

Métallographie de Sébastien Le Corre

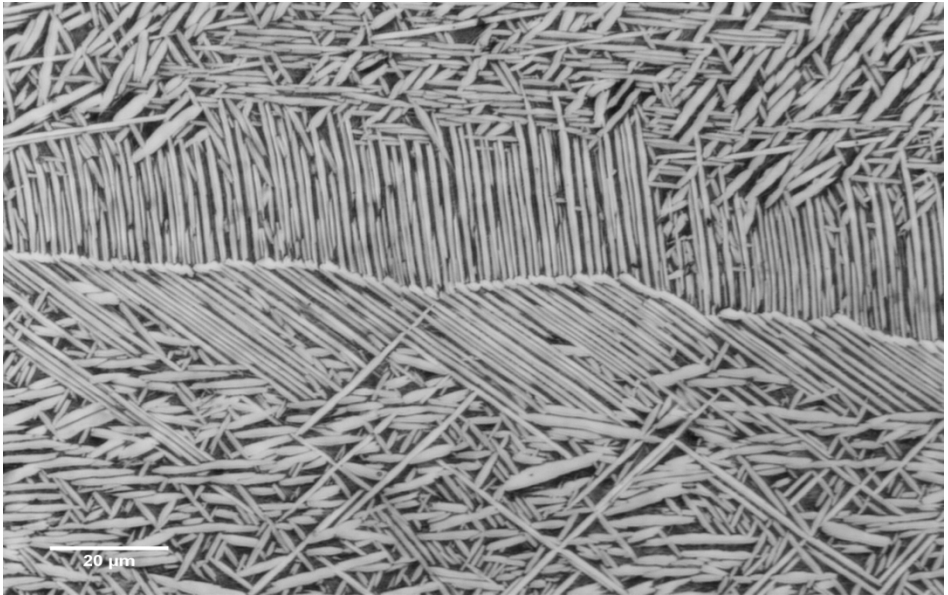


Photo 30

TITRE : MORPHOLOGIE DES AIGUILLES DE PHASE A DANS UN ALLIAGE DE TITANE A+B. MICROSCOPIE OPTIQUE OBTENUE APRES ATTAQUE CHIMIQUE NE CONTENANT PAS D'ACIDE FLUORHYDRIQUE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Cliché pris sur un Microscope Optique avec un grossissement x50. La résolution de l'image est 2048 x 1536. Le matériau utilisé est un alliage de titane, biphasé $\alpha+\beta$, (Ti6246) L'échantillon a d'abord été poli mécaniquement au papier SiC 800 jusqu'au papier SiC 2400. L'échantillon est ensuite poli au Vibromet selon le protocole suivant : Tapis ChemoMet Buehler, préalablement humidifié à l'eau distillée
Solution de polissage : 50-52% OP-S (Silice colloïdale, de chez Struers, avec une taille de grain de 0.4 µm), 47-49% H₂O, 1% H₂O₂ (à 30%) □ Intensité des vibrations à 70%

□ Nettoyage de l'échantillon à l'eau savonneuse puis bain à l'éthanol (Ultrason) Enfin l'échantillon subit une attaque chimique, afin de révéler les aiguilles qui constitue sa microstructure, selon le protocole suivant : Solution d'attaque : 29% de solution de KOH (à 30%), 57% H₂O, 14% H₂O₂ (à 30%) Durée de l'attaque : 2 min Rinçage immédiat à l'eau distillée

TEXTE :

Les propriétés mécaniques du Ti6246 dépendent de sa microstructure aiguillée. L'étude de ces aiguilles (les différents types, leurs morphologies, leur densité...) est donc un point capital dans l'étude de cet alliage. Afin d'observer ces aiguilles par microscopie optique, il est nécessaire d'utiliser l'attaque chimique. Cette attaque chimique se fait habituellement au réactif de Kroll (à base d'HF), qui présente une forte toxicité. Ici cette image a été obtenue par microscope optique à l'aide d'une solution d'attaque à base de KOH, tout aussi efficace que celles à base d'HF.

Métallographie de Sébastien Le Corre

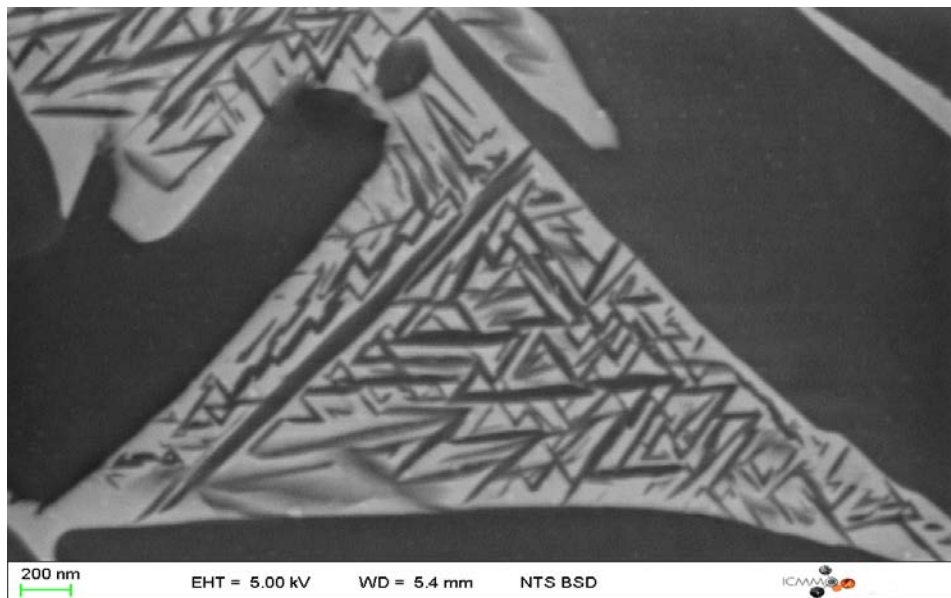


Photo 31

TITRE :

PRECIPITES DURCISSANT SUBMICRONIQUES DE PHASE A DANS UNE MATRICE B RESIDUELLE. ALLIAGE DE TITANE A+B (MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A BALAYAGE)

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Cliché pris sur un FEG-SEM SUPRA 55 VP (Zeiss) : ☐ Electrons rétrodiffusés

- Tension = 5,00 kV ☐ Distance de travail = 5,4 mm
- Grossissement x30 000 ☐ Résolution de l'image : 1024 x 768

Le matériau utilisé est un alliage de titane, biphasé $\alpha+\beta$, (Ti6246) L'échantillon a d'abord été enrobé dans une résine conductrice (Struers polyfast) puis poli mécaniquement au papier SiC 800 jusqu'au papier SiC 2400. L'échantillon est ensuite poli au Vibromet selon le protocole suivant : Tapis ChemoMet Buehler, préalablement humidifier à l'eau distillée ☐ Solution de pûissage : 50-52% OP-S (Silice colloïdal, de chez Struers, avec une taille de grain de 0.4 μm), 47-49% H₂O, 1% H₂O₂ (à 30%) Intensité des vibrations à 70% ☐ Durée : entre 8 et 15h ☐ Nettoyage de l'échantillon à l'eau savonneuse puis bain à l'éthanol (Ultrasons)

TEXTE :

La microstructure, ainsi que les propriétés mécaniques des alliages de titane sont très dépendantes du cycle thermomécanique. Dans le cas du Ti6246, la deuxième étape de vieillissement est connue dans la littérature pour son effet durcissant, et le développement d'aiguilles de phase α submicronique dans la phase β résiduelle. La visualisation de ces aiguilles permet d'étudier leur morphologie et de comprendre leur rôle dans le durcissement des alliages étudiés.

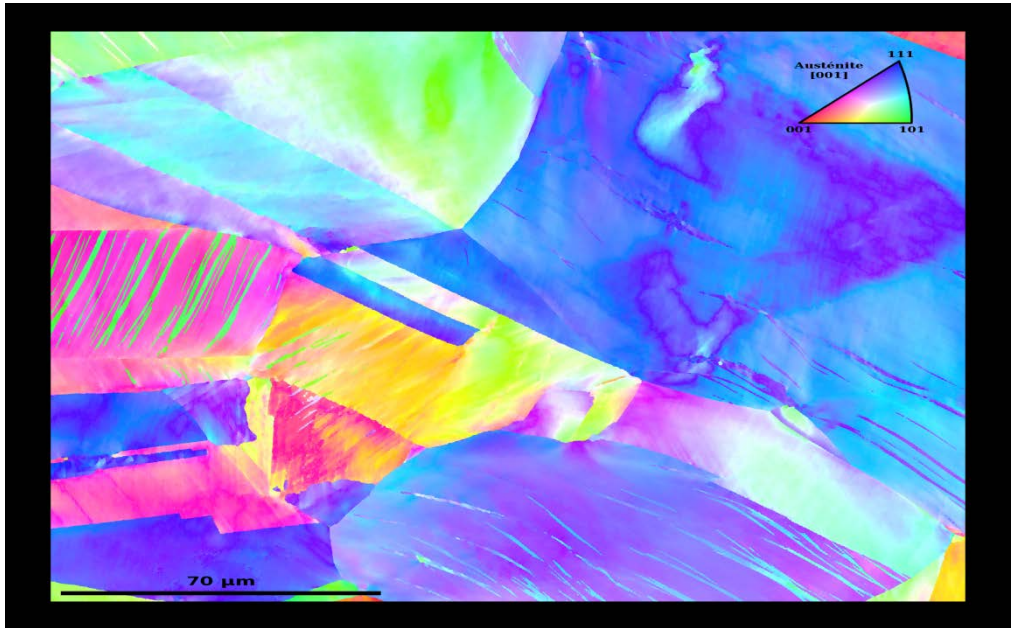


Photo 32

TITRE :

**CARTOGRAPHIE EBSD HAUTE RESOLUTION D'UN ACIER 316L
DEFORME DE 27% A TEMPERATURE AMBIANTE**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

L'image présentée est une cartographie EBSD, figure de pôle inverse, d'une surface de 200x200 μm^2 observée sur un échantillon prélevé au coeur d'une tôle d'acier 316L préalablement déformée de 27% par laminage à température ambiante. La direction de laminage est horizontale, la direction transverse est verticale. La surface a été polie mécaniquement avec des papiers de SiC (de 40 à 3 μm), des pâtes diamantées (de 3 à 1 μm) et finalement par une finition à la silice colloïdale pendant 15 min. L'acquisition des données EBSD a été réalisée à un grandissement de 300x avec un MEB FEI Nova NanoSEM 450 à émission de champ couplé à une caméra EDAX TSL Hikari fonctionnant avec le système OIM. La tension d'accélération du MEB lors de l'acquisition était de 20 kV, la distance de travail de 14 mm et le pas de mesure de 0,1 μm selon un modèle de grille hexagonale. Les données acquises ont été filtrées par une procédure de dilatation afin d'obtenir une taille de grain minimale de 9points avec un critère de désorientation minimale de 2° entre deux grains adjacents.

TEXTE :

La haute résolution de mesure permet de distinguer les micromacles de déformation présentes à l'intérieur des grains et de mesurer une fraction volumique de macles (ici 3,8%) qui peut ensuite être utilisée pour la calibration d'un modèle de comportement viscoplastique basé sur l'état microstructural du matériau.

Métallographie de Thielleux Delphine

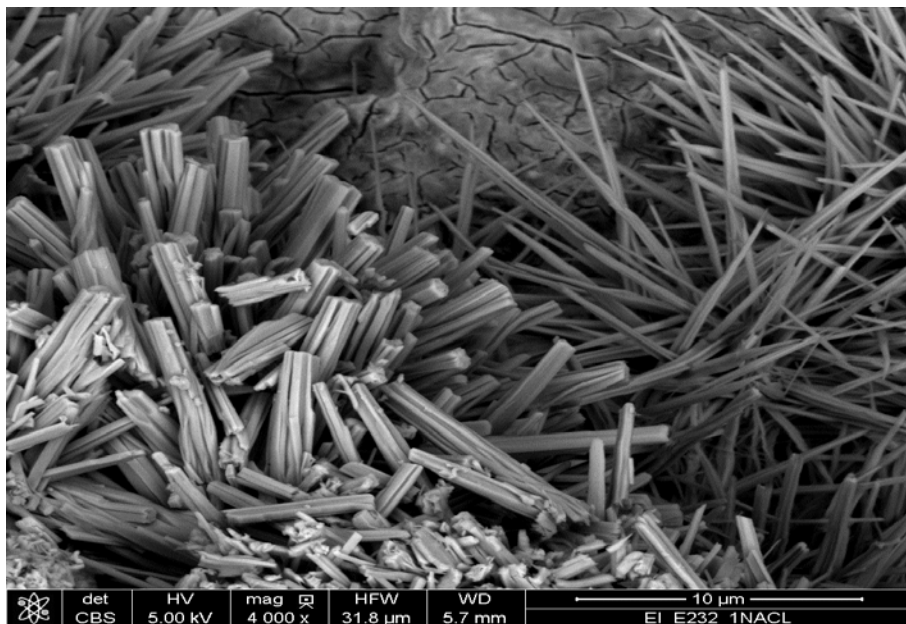


Photo 33

TITRE :

**CARTOGRAPHIE EBSD HAUTE RESOLUTION D'UN ACIER 316L
DEFORME DE
27% A TEMPERATURE AMBIANTE**

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

La micrographie a été réalisée avec une tension de 5kV sur un MEB FEI Nova Nanosem 450 avec un détecteur d'électrons retrodiffusés retractable (CBS) à un grandissement de 4000.

TEXTE :

L'échantillon présenté ici a subi un essai corrosion en immersion dans une solution concentrée en NaCl. Dans ce cas, la microscopie électronique à balayage permet de distinguer les différentes populations d'oxydes de Magnésium en surface de l'échantillon en termes de taille et de morphologie.

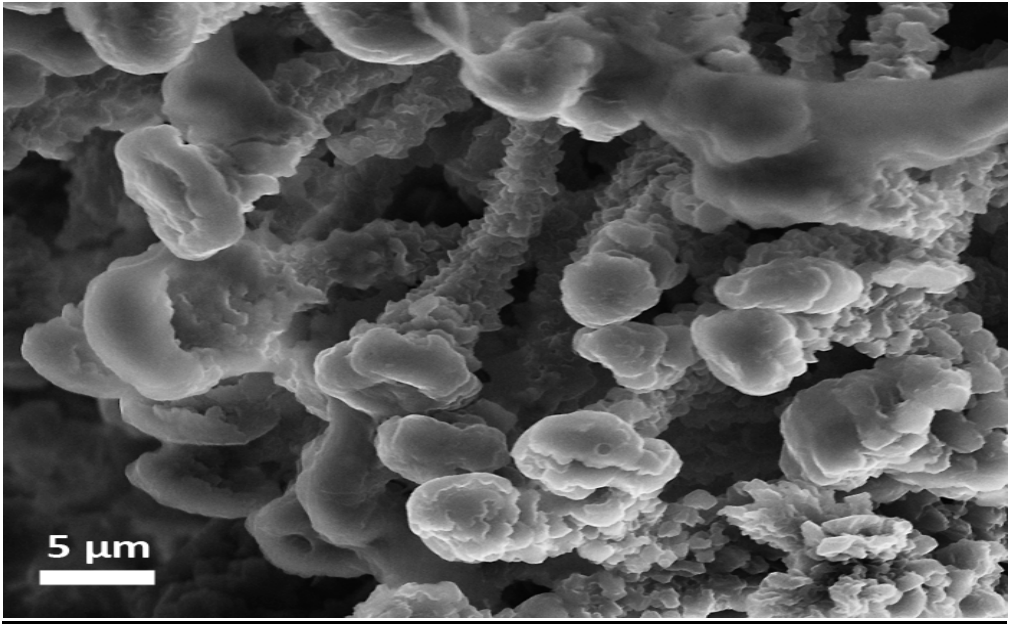


Photo 34

TITRE :

GRAPHITE « CHUNKY » ISSU D'UNE FONTE GRAPHITIQUE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

Cette image, réalisée au microscope électronique à balayage, présente la structure tridimensionnelle des précipités de graphite morcelé ou « chunky » se formant dans les fontes à graphite sphéroïdal

TEXTE :

Ces précipités apparaissent comme des particules isolées sur des coupes métallographiques. La dissolution de la matrice riche en fer permet de montrer qu'il s'agit d'un réseau de fibres interconnectées, à l'origine de la diminution de certaines propriétés mécaniques dans les fontes à graphite sphéroïdal.

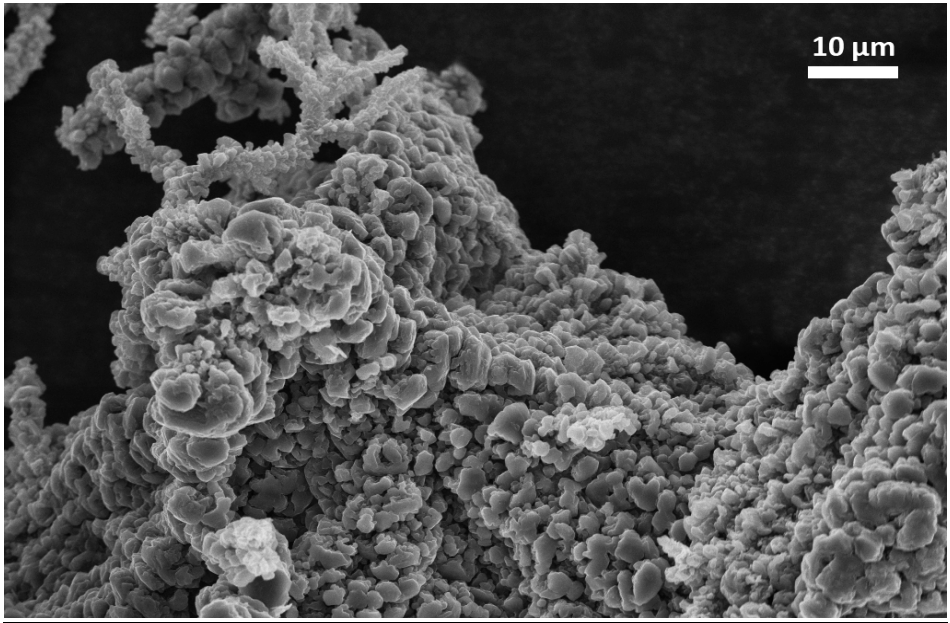


Photo 35

TITRE :

GRAPHITE MORCELE ISSU D'UNE FONTE GRAPHITIQUE

DESCRIPTIF TECHNIQUE :

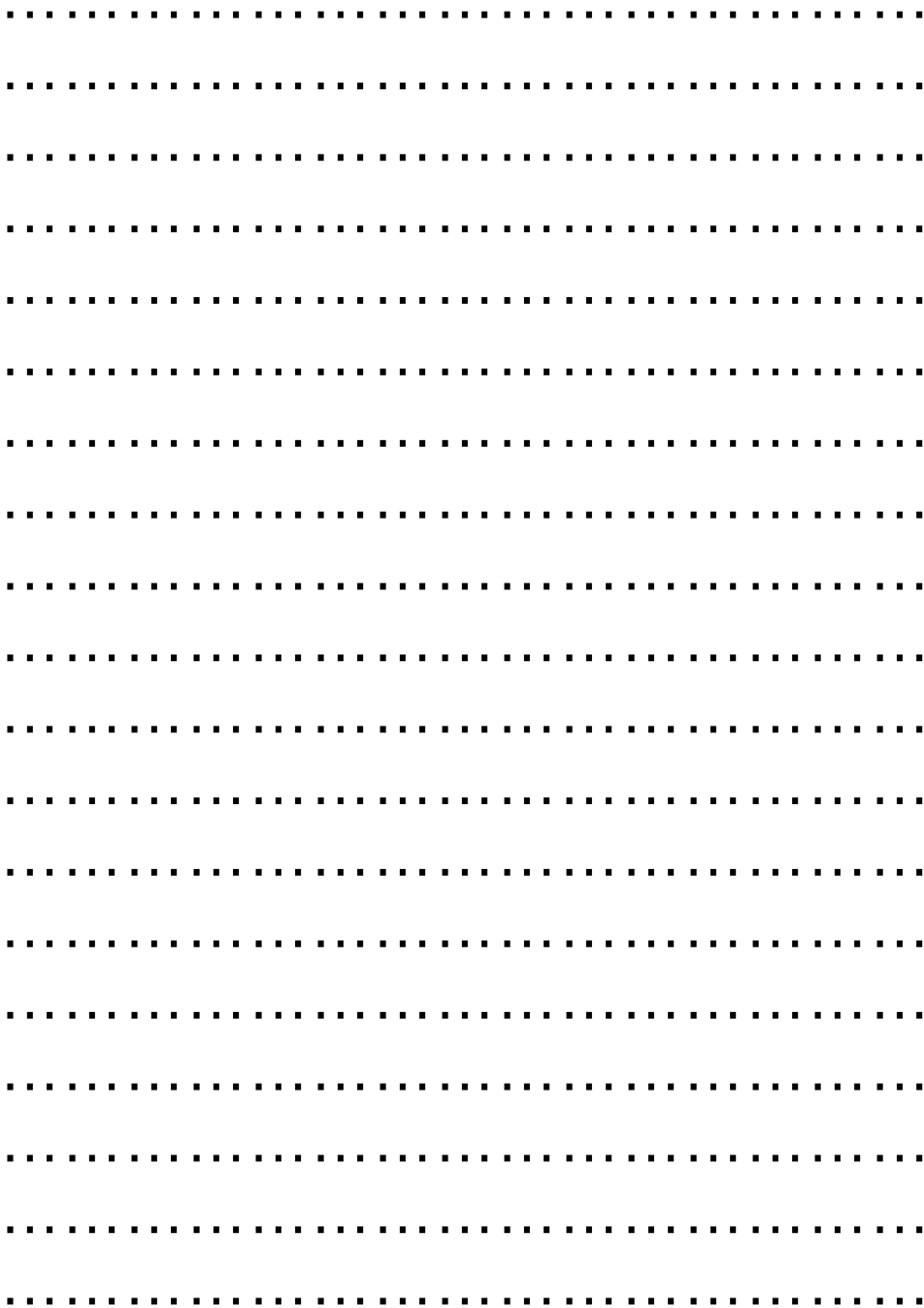
Cette image, réalisée au microscope électronique à balayage, présente la structure tridimensionnelle des précipités de graphite morcelé ou « chunky » se formant dans les fontes à graphite sphéroïdal

TEXTE :

Ces précipités apparaissent comme des particules isolées sur des coupes métallographiques. La dissolution de la matrice riche en fer permet de montrer qu'il s'agit d'un réseau de fibres interconnectées, à l'origine de la diminution de certaines propriétés mécaniques des fontes ductiles.

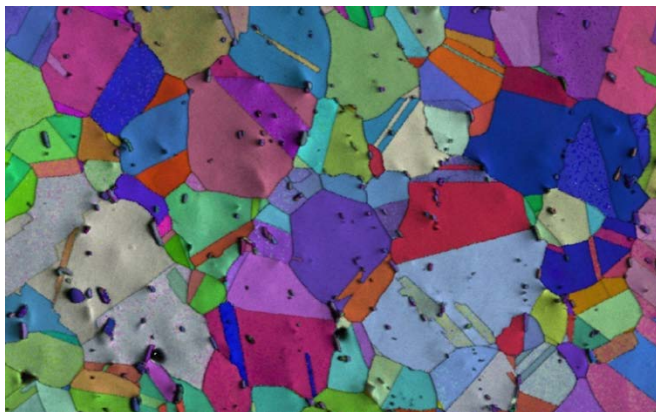
NOTES :

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



150 de Métallographie à toutes les échelles

21 Mars 2014 Paris (9h-16h)



*Maison des Mines,
270 rue Saint Jacques 75005 Paris*