CARACTÉRISATION EXPÉRIMENTALE IN-SITU DE LA TEMPÉRATURE DE TRANSITION DUCTILE-FRAGILE D'UN REVÊTEMENT NIAL

—

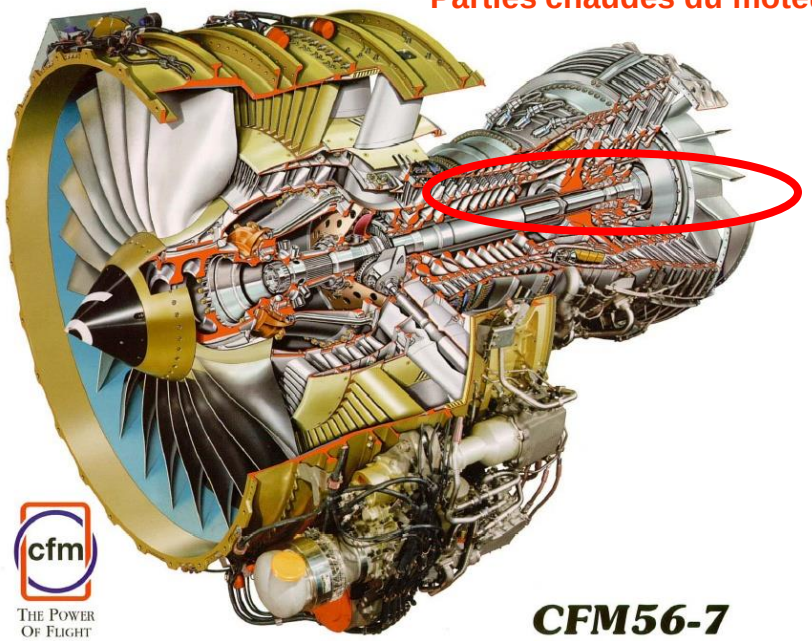
07/07/2021

Safran : Lionel Marcin, Serge Selezneff, Nourredine Bourhila
CDM : Frederica Panzica, Alain Koster, Vincent Maurel,

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Contexte

Parties chaudes du moteur



Dans les parties chaudes du moteur, il y a des zones dans laquelle on rencontre les phénomènes d'oxydation / corrosion dus à la température des gaz de combustion

Le revêtement NiAl permet d'améliorer :

- la tenue à l'oxydation à chaud (1100°C).
- la tenue à la corrosion, notamment en présence simultanée d'oxygène, de soufre (kérosène) et/ou de chlorure de sodium (embruns salins).

D1BP CFM56-7 Tech-Insertion



M1BP CFM56-7



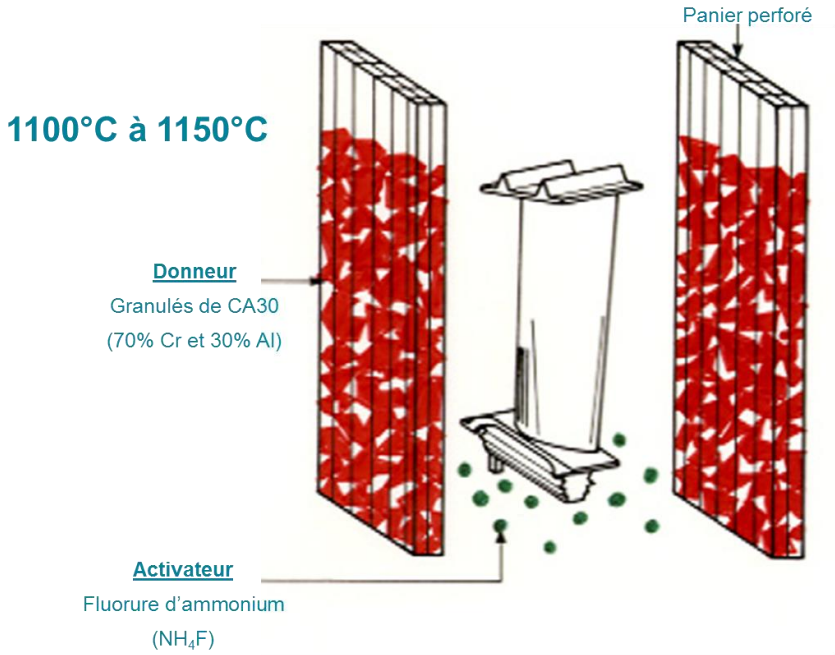
Division Matériaux et Procédés

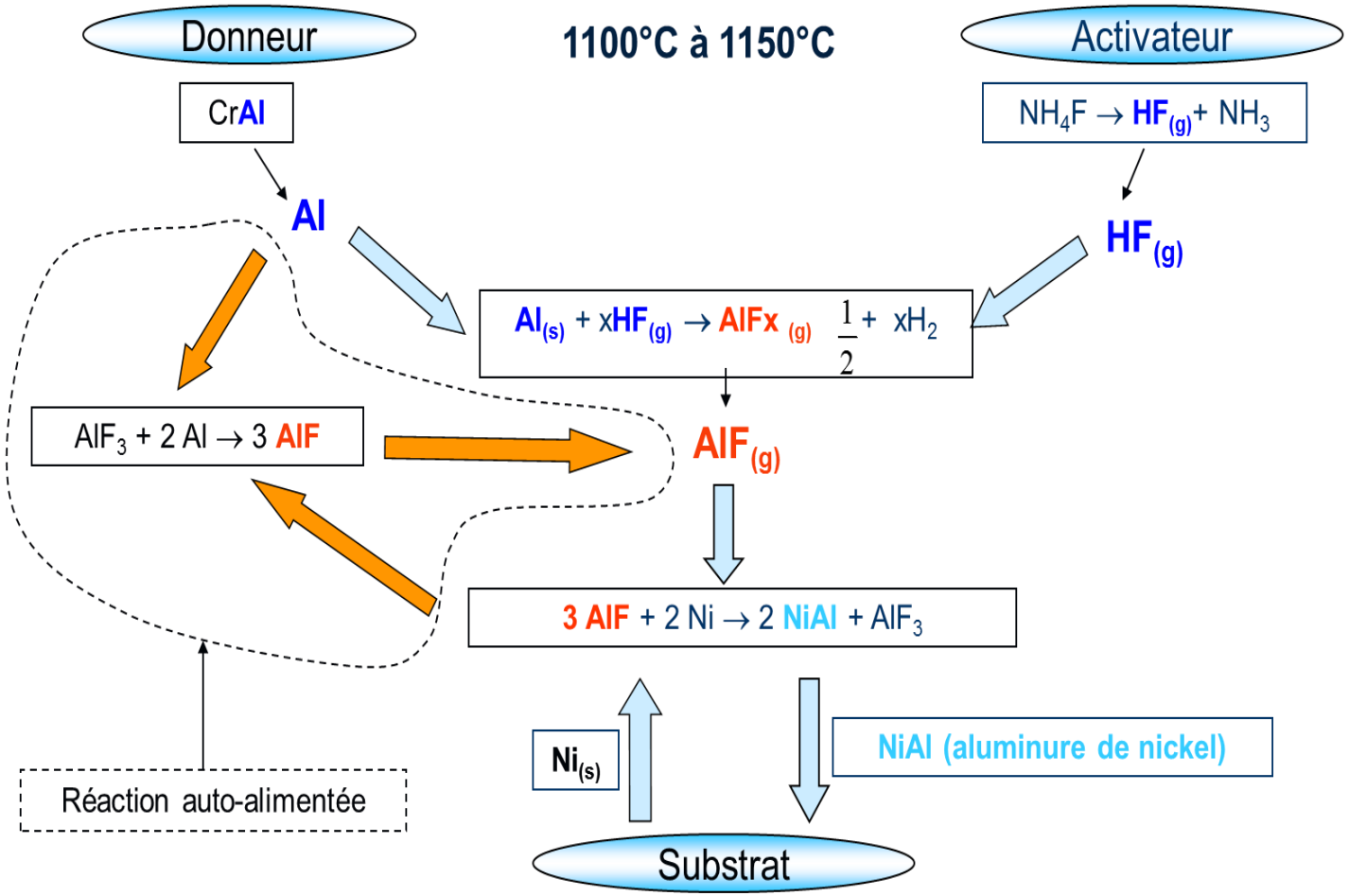
SAFRAN

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Principe du revêtement APVS

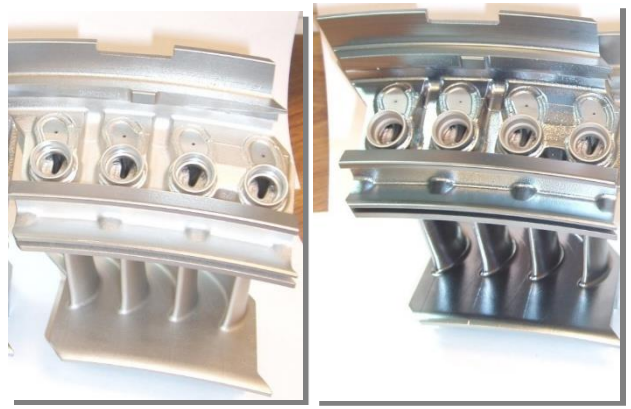
Mécanisme thermochimique de l'APVS :





Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Principe du revêtement APVS



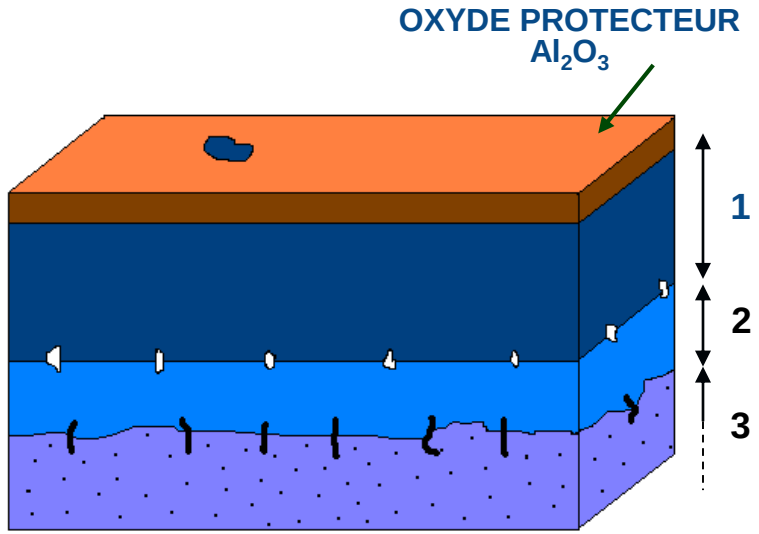
avant après

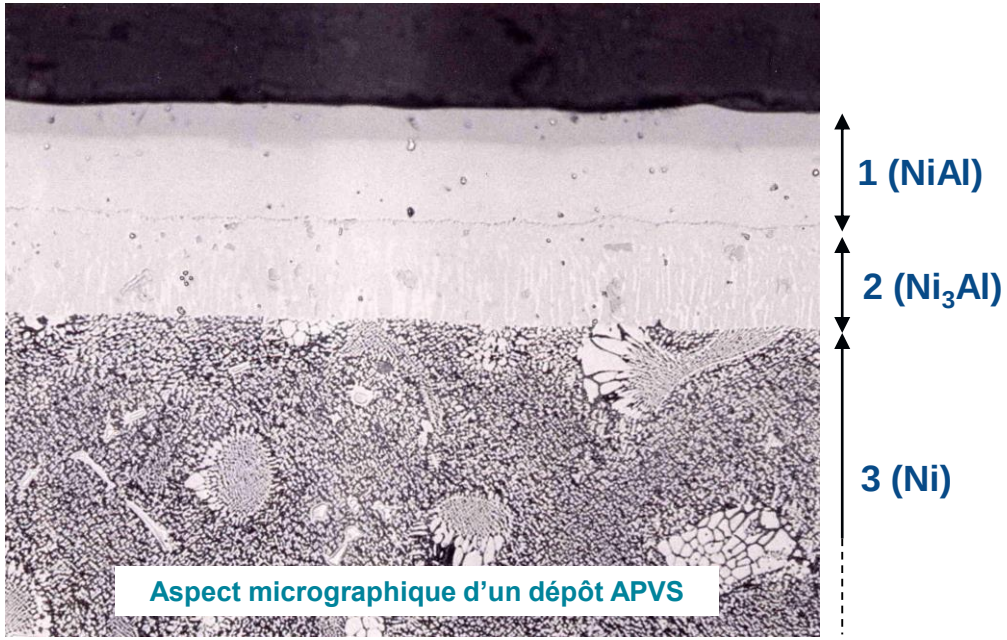
Fonction :

> Créer près de la surface de la pièce un réservoir d ’Aluminium.

> Cet Aluminium entraîne la formation de la couche d ’alumine protectrice à la surface de la pièce.

Épaisseur totale du dépôt : Zone 2 + zone 1





Aspect micrographique d’un dépôt APVS

1 : Couche externe => zone riche en Al (diffusion du substrat vers Al)

2: Zone de diffusion de Al vers le substrat

3: Substrat (base Nickel)

Division Matériaux et Procédés

SAFRAN

Ce document et les informations qu’il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l’autorisation préalable et écrite de Safran.

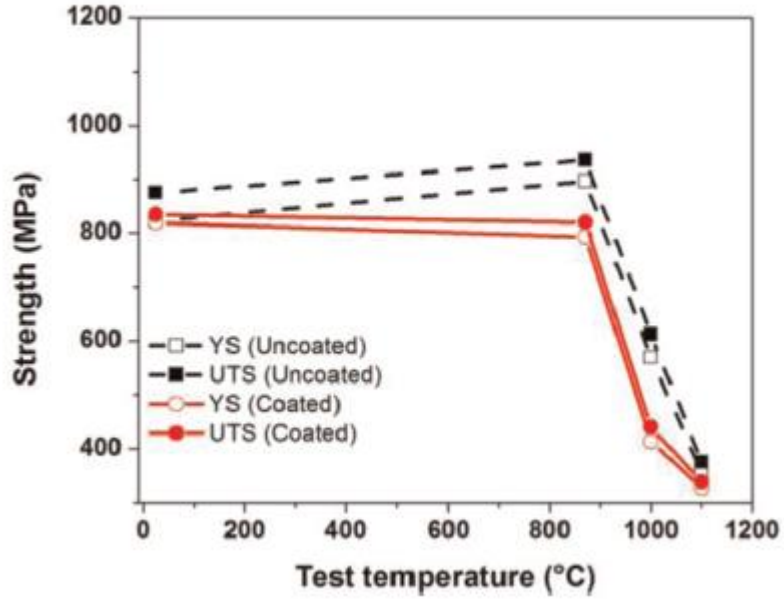
Problématiques

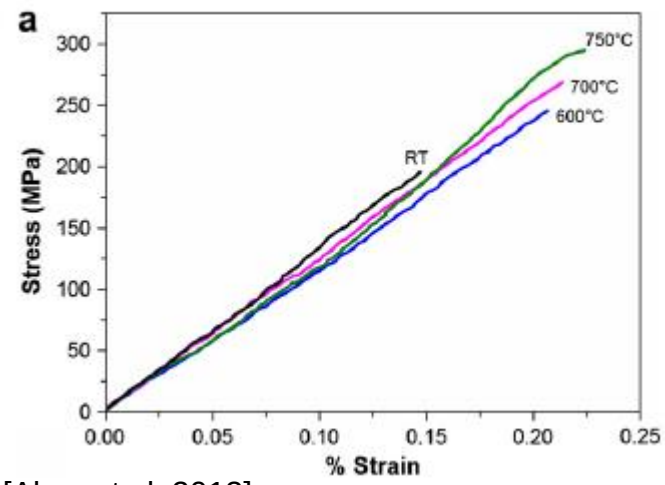
La dépose du revêtement à pour conséquence de diminuer les propriétés mécaniques du système substrat/revêtement.

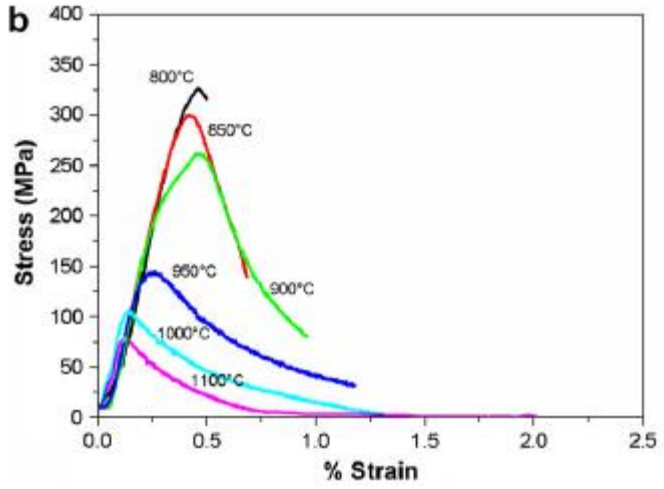
Cette dégradation est attribuée aux faibles propriétés mécaniques du revêtement β-NiAl comparer au substrat.

Le revêtement a un comportement fragile à « basse » température susceptible d'amorcer des fissures ***[Eskner et al., 2002]***

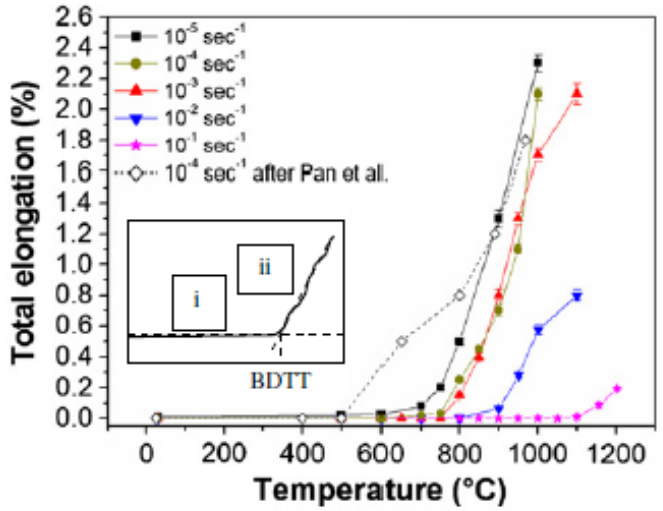
[C. Parlikar et al., 2015]







[Alam et al. 2013]

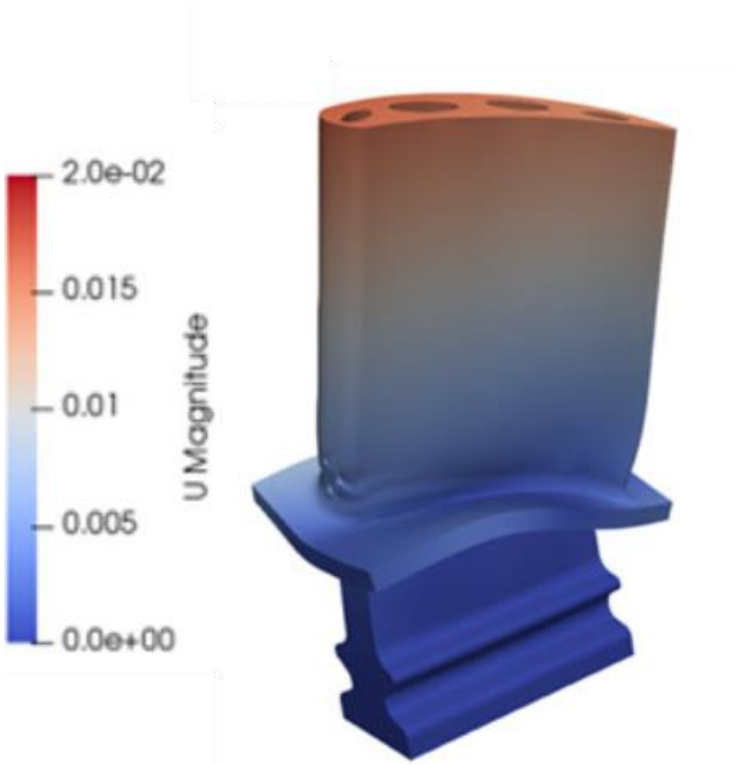


Division Matériaux et Procédés

SAFRAN

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Critères de dimensionnement



[Casenave et al., 2019]

DDV en interaction fatigue/fluage

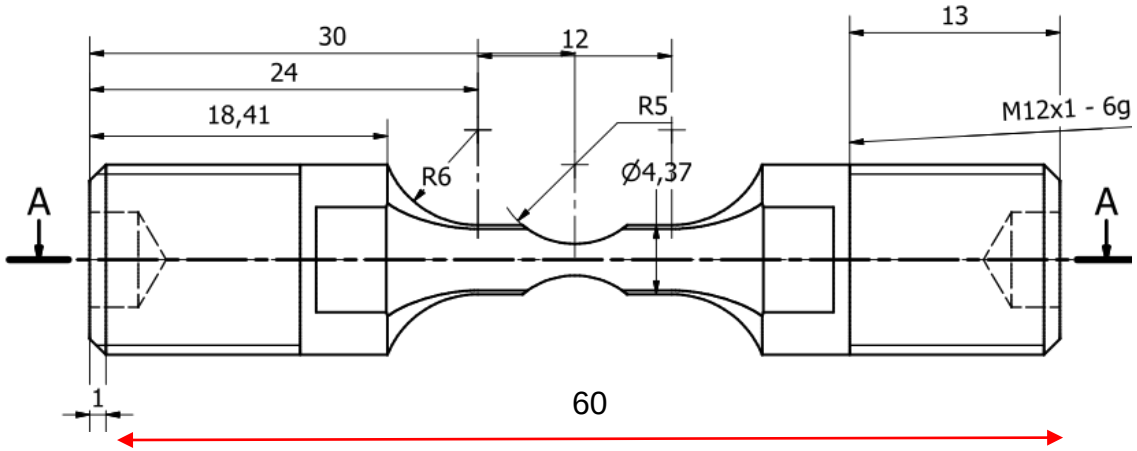
DDV en HCF

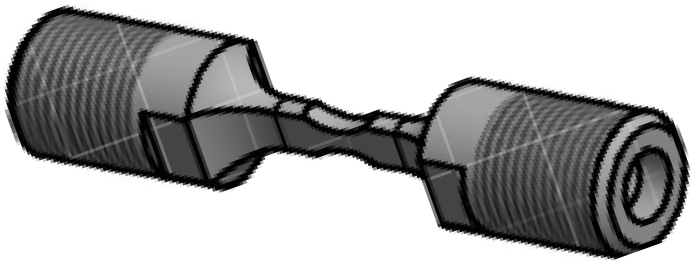
Déformation à rupture de la sous-couche

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Matériel & Méthodes

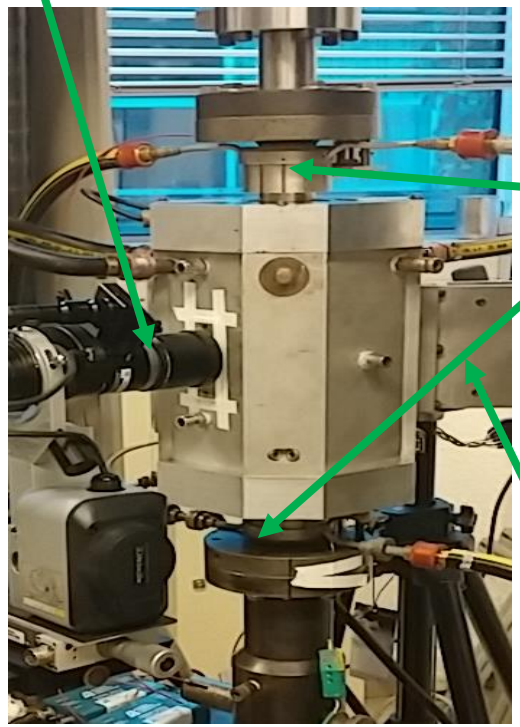
Eprouvette de R125 revêtu de NiAl







Microscope
Keyence



Emission
Acoustique

Camera
(CIN + marqueur)

Division Matériaux et Procédés
SAFRAN
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Matériel & Méthodes

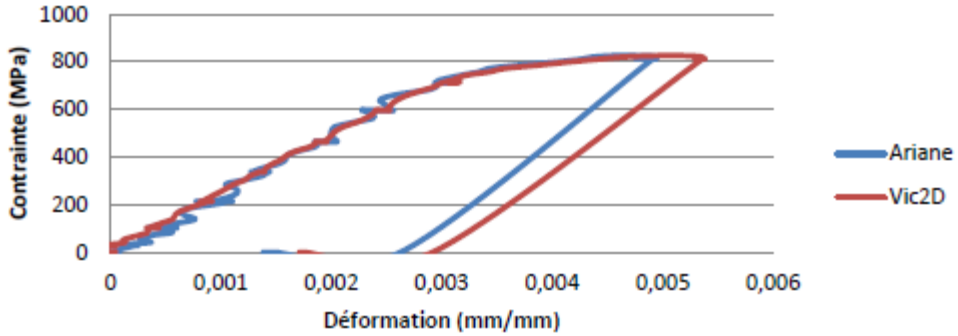
Procédure d'essai

Étape	Seuil	Contrôle
Précharge	100 N	Régulation en charge pour la mise en température
Palier 1	400 N	contrôle en position rampe=0,1mm/mm - Palier 0mm/mm
Palier 2	Position traverse + 30µm	contrôle en position rampe=0,1mm/mm - Palier 0mm/mm
Palier 3	Position traverse + 30µm	contrôle en position rampe=0,1mm/mm - Palier 0mm/mm
Palier 4	Position traverse + 30µm	contrôle en position rampe=0,1mm/mm - Palier 0mm/mm
Palier 5	Position traverse + 30µm	contrôle en position rampe=0,1mm/mm - Palier 0mm/mm
Palier 6	Position traverse + 30µm	contrôle en position rampe=0,1mm/mm - Palier 0mm/mm
Palier 7	Position traverse + 30µm	contrôle en position rampe=0,1mm/mm - Palier 0mm/mm
Palier 8	Position traverse + 30µm	contrôle en position rampe=0,1mm/mm - Palier 0mm/mm
retour	0 N	contrôle en position rampe=10mm/mm

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

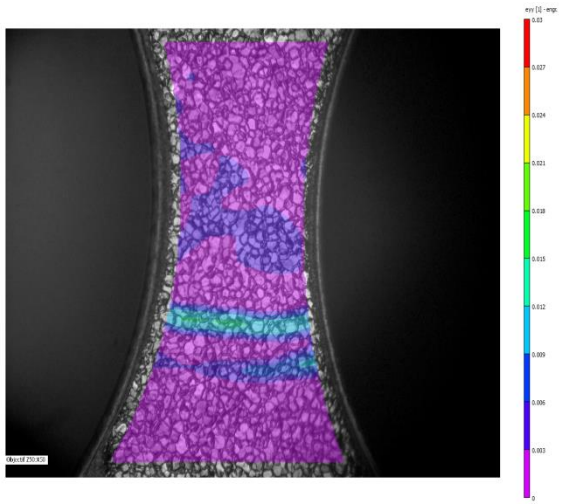
Matériel & Méthodes

Réponse mécanique (σ,ε)



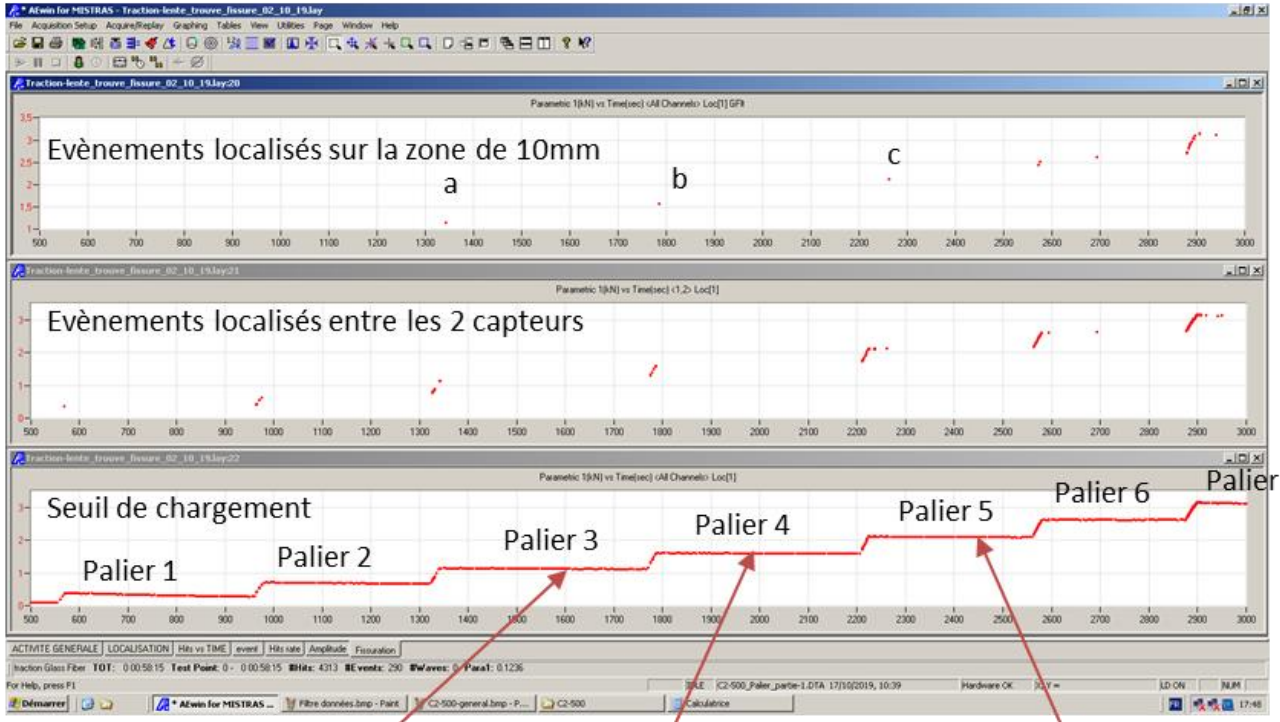


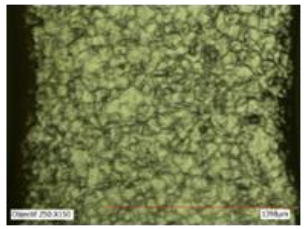
Ariane



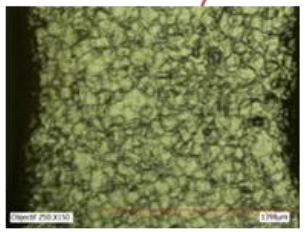
VIC2D

Emission acoustique

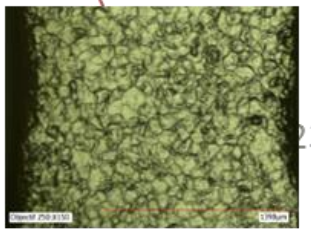




Pas de fissure observable sur cette face



2 fissures



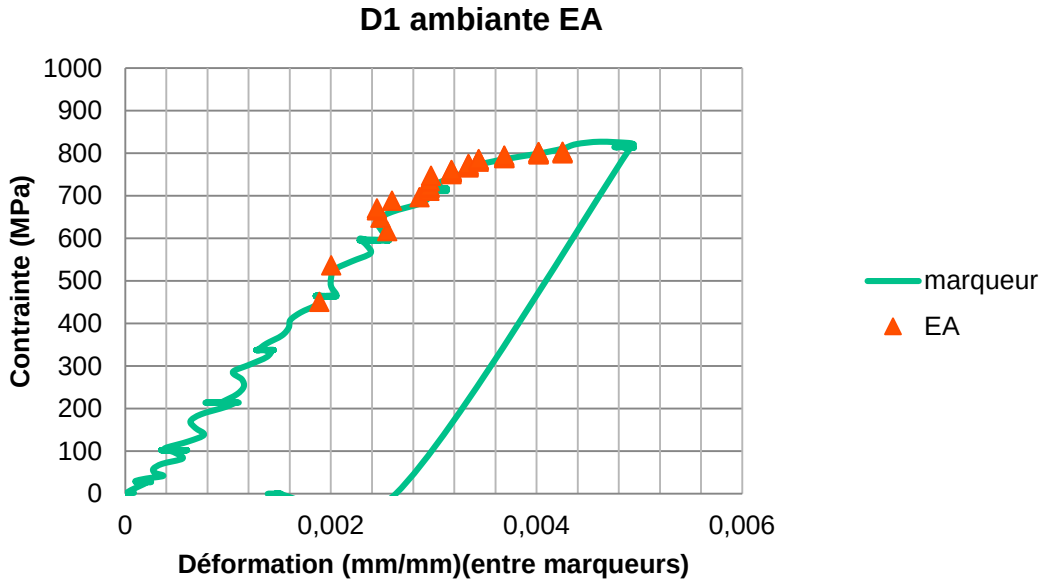
3 fissures

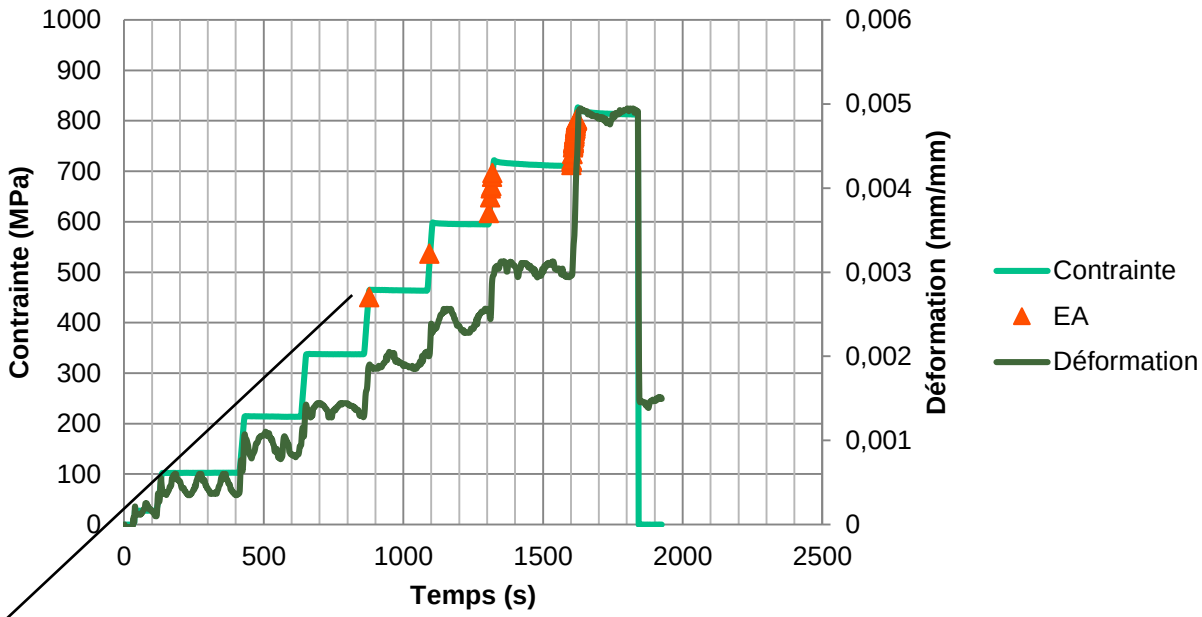
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

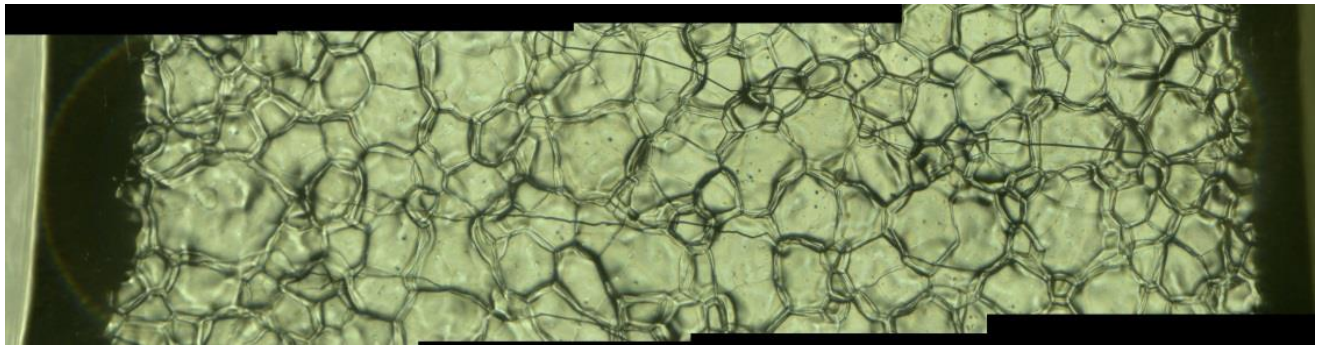
Division Matériaux et Procédés

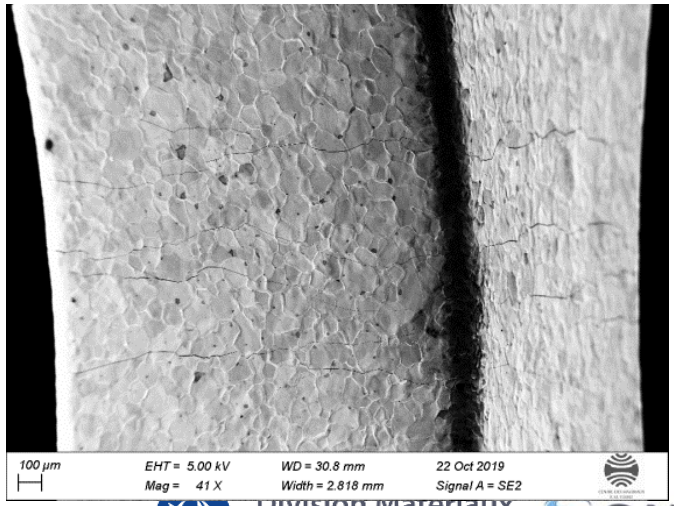
SAFRAN

Comportement à Température ambiante







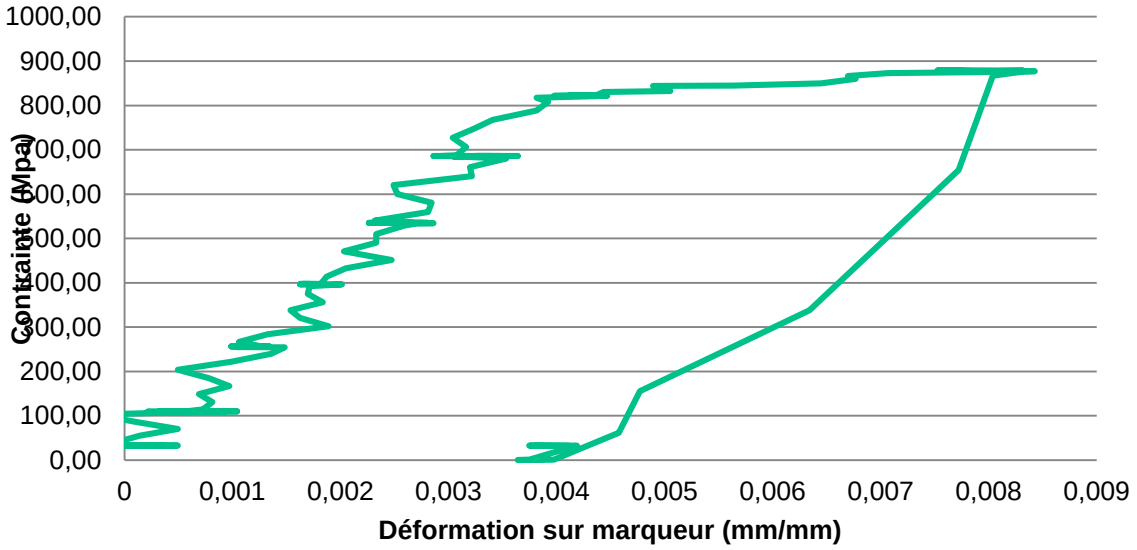


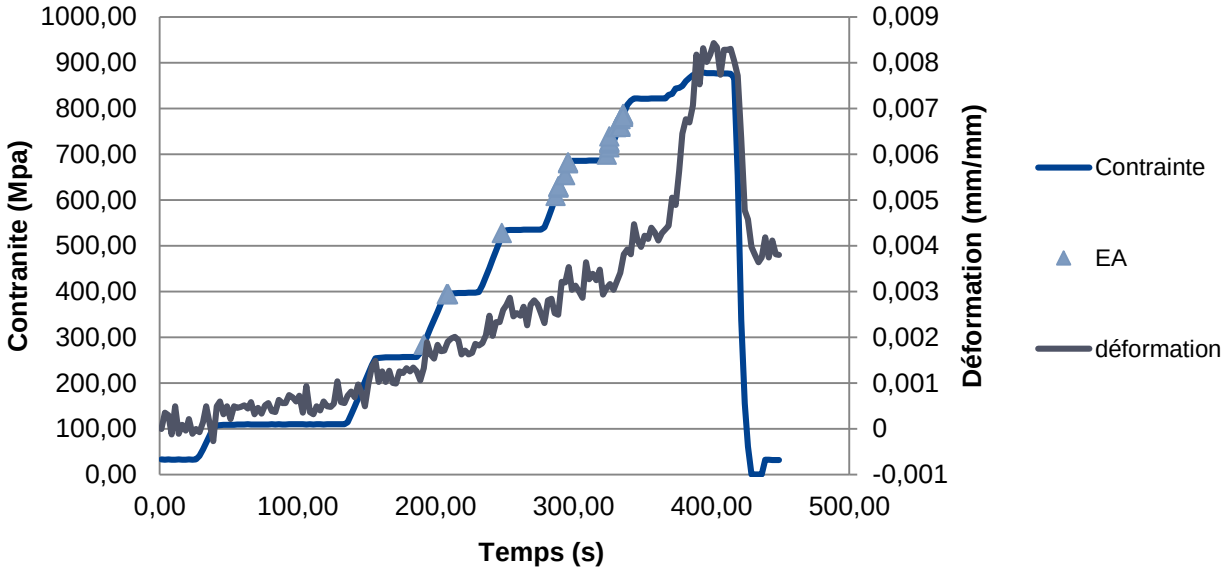
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

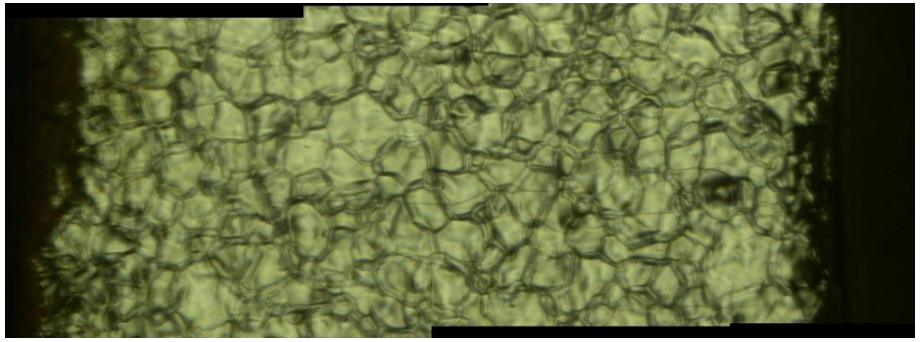
Division Matériaux et Procédés

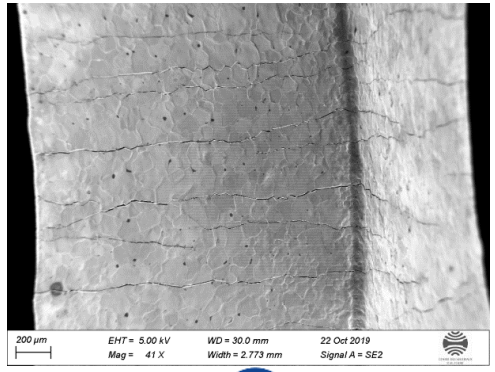
SAFRAN

Comportement à 500 °C







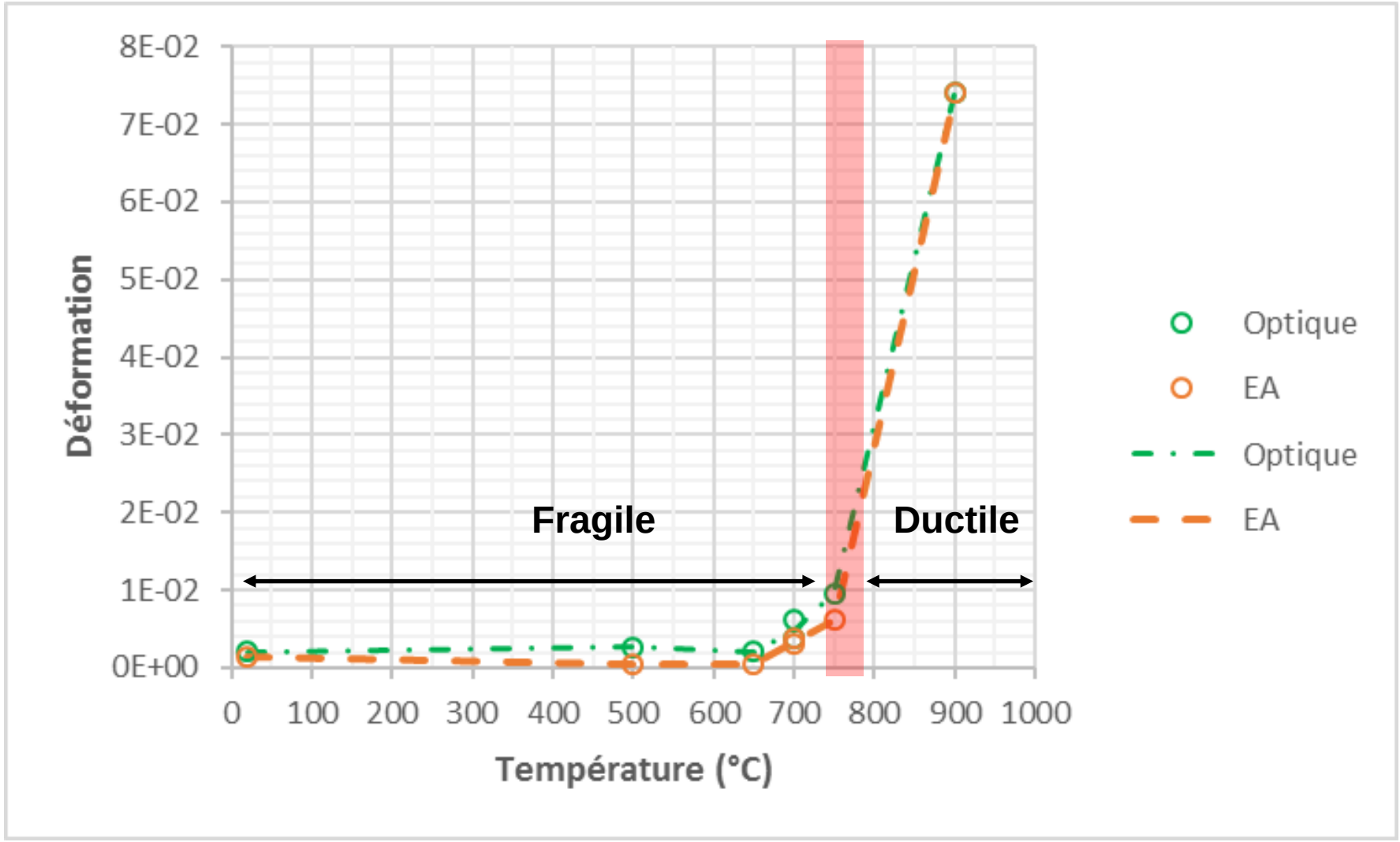


Division Matériaux et Procédés

SAFRAN

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Courbe TTDF



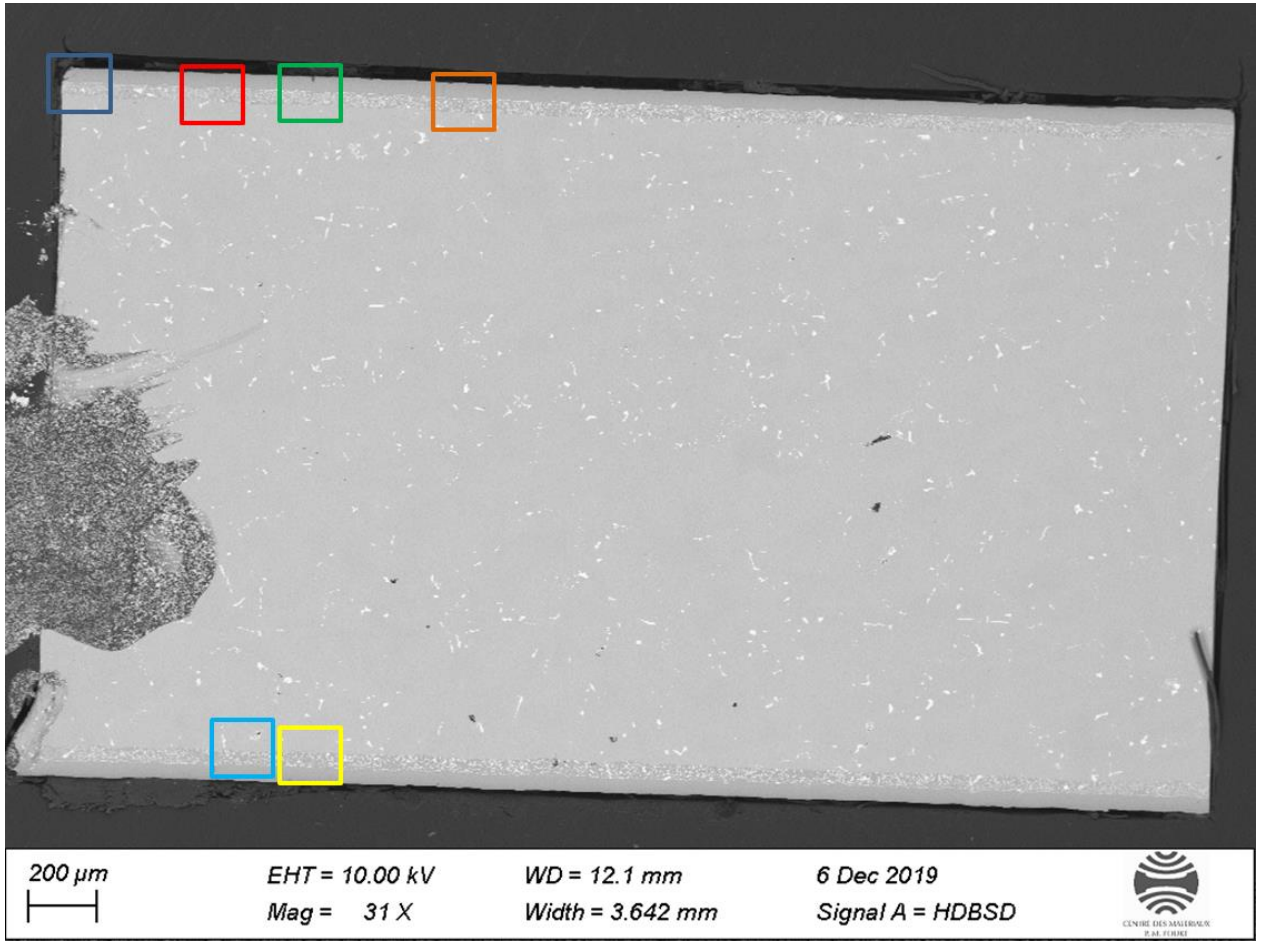
Division Matériaux et Procédés

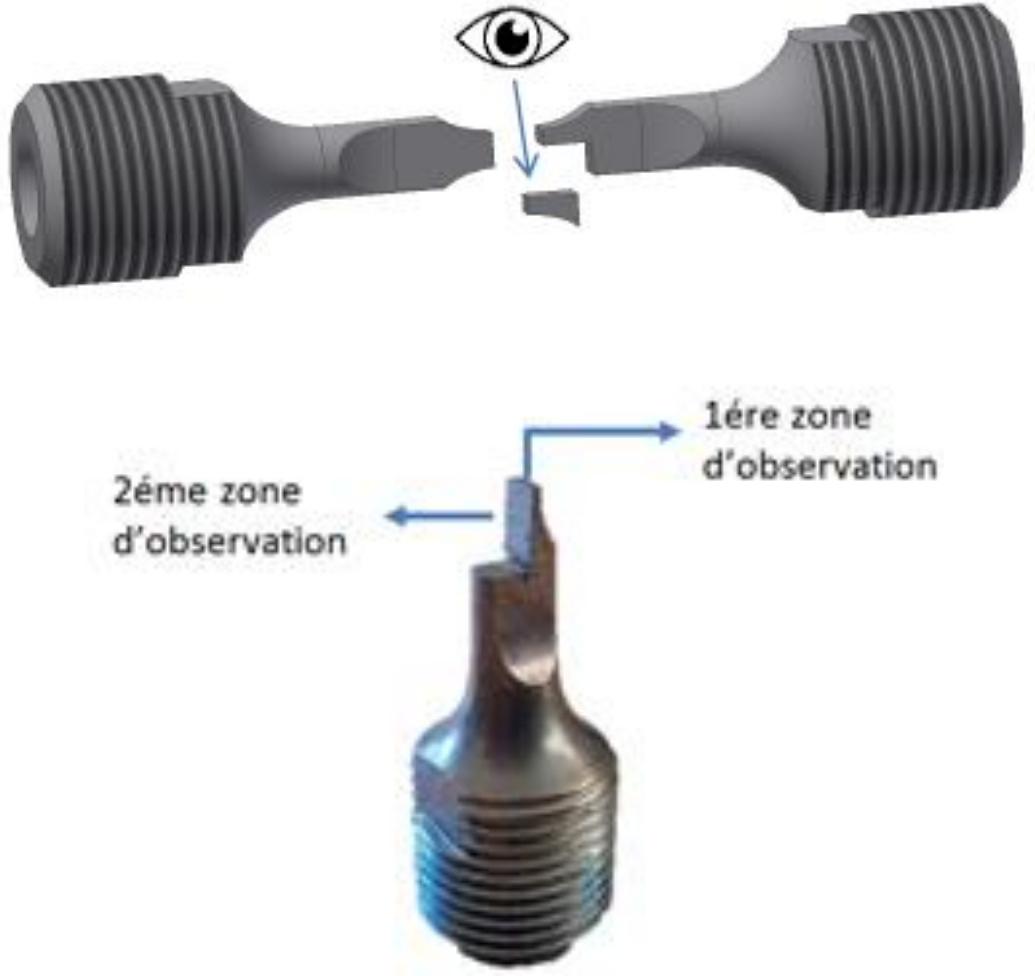
SAFRAN

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Analyse des mécanismes d’endommagement

Analyse MEB – 700°C 2éme zone d’observation



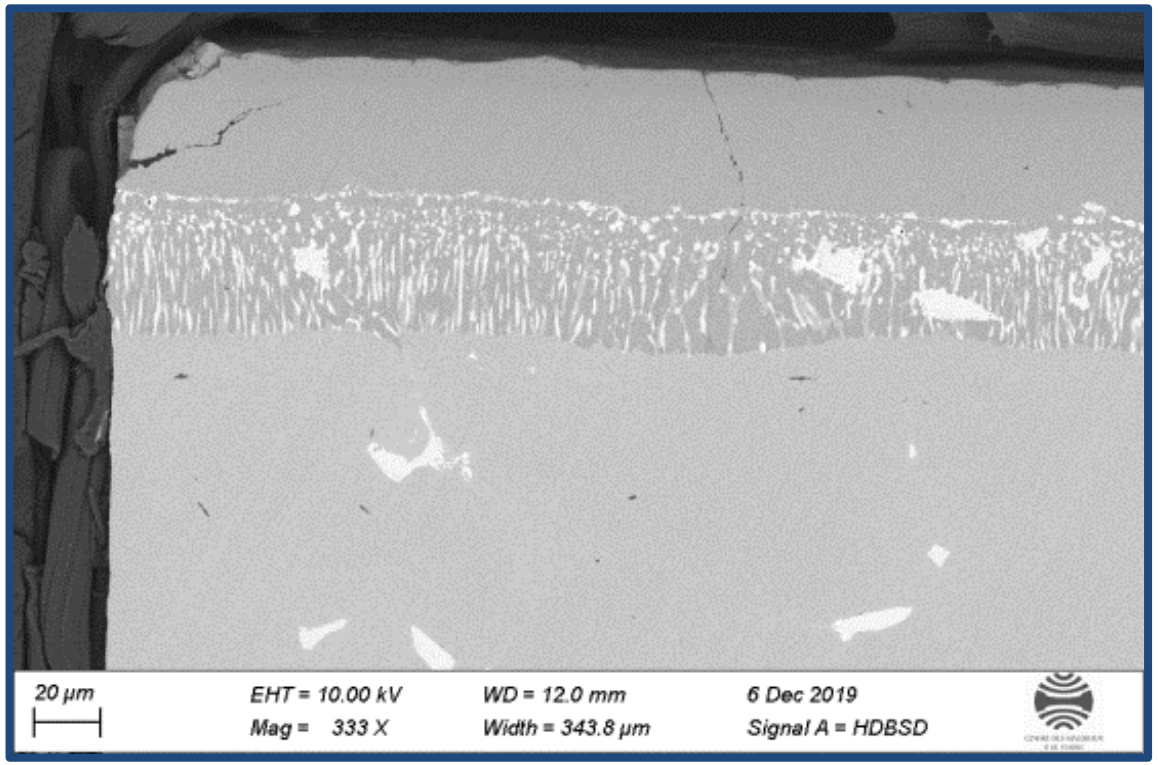


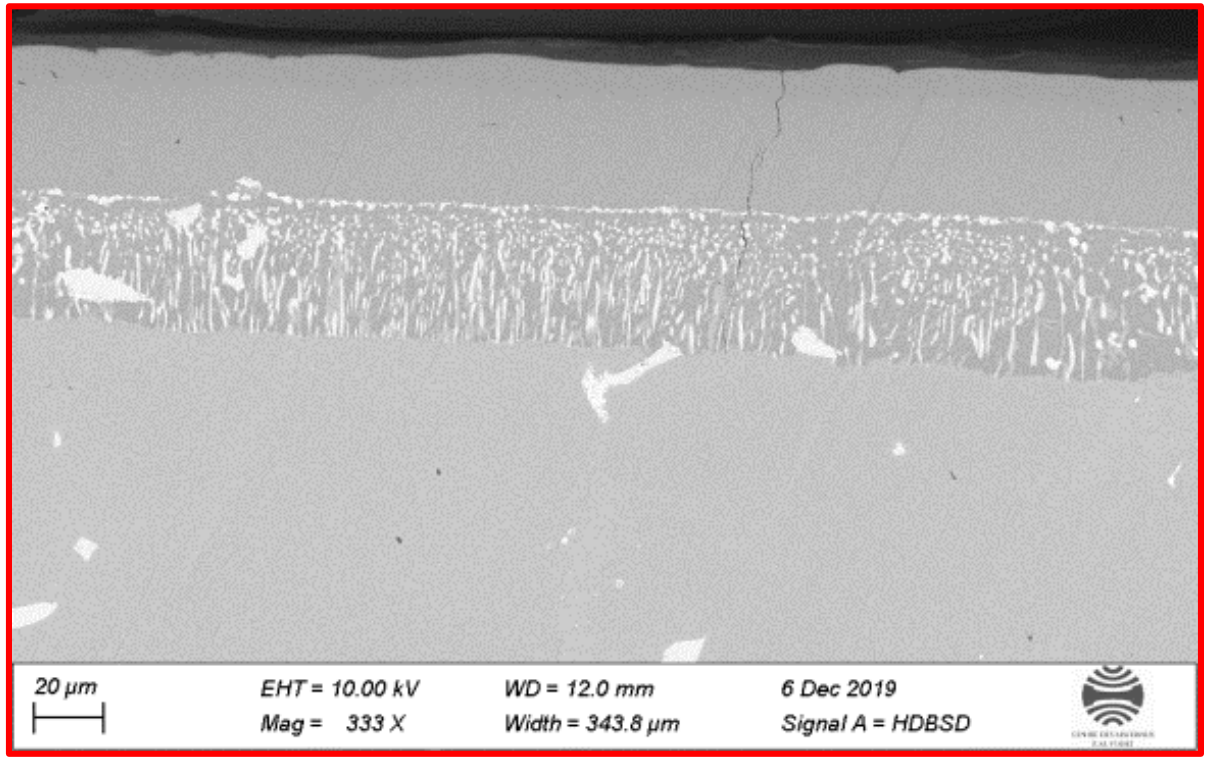
Division Matériaux et Procédés
SAFRAN
Ce document et les informations qu’il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l’autorisation préalable et écrite de Safran.

Analyse des mécanismes d'endommagement

Analyse MEB – 700°C 2éme zone d'observation





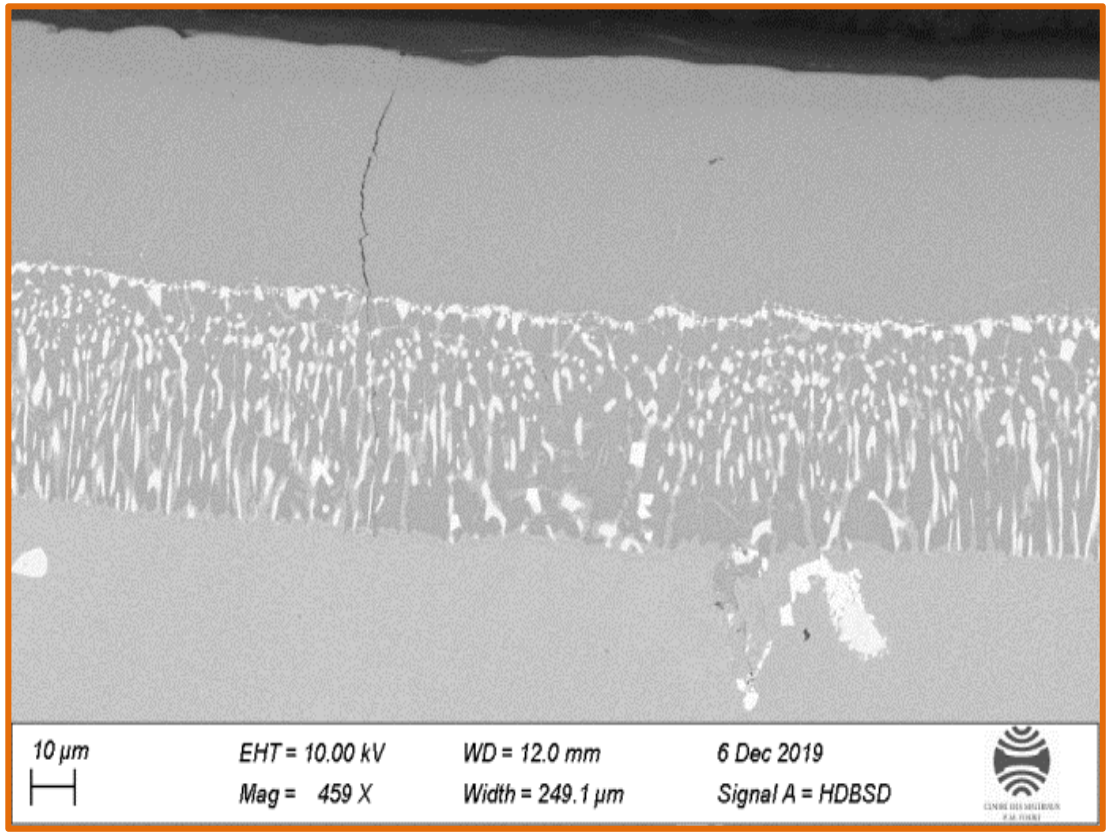


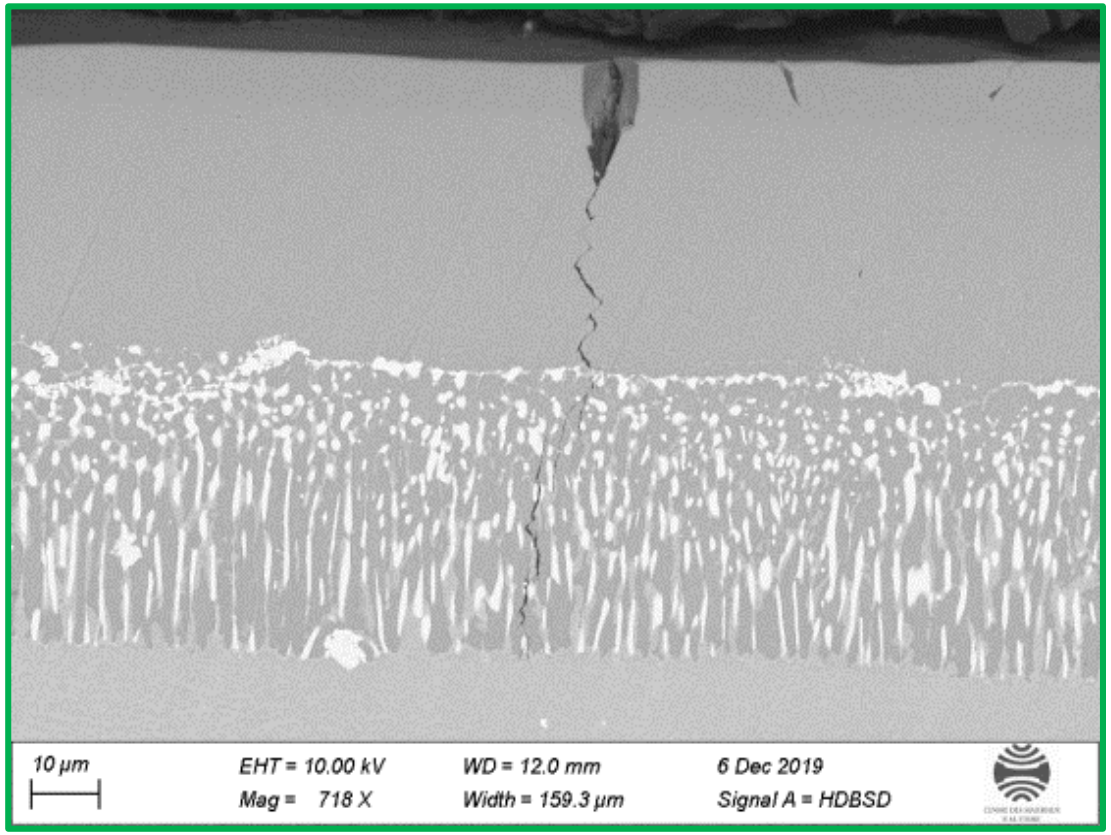
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Analyse des mécanismes d'endommagement

Analyse MEB – 700°C 2éme zone d'observation







Division Matériaux et Procédés

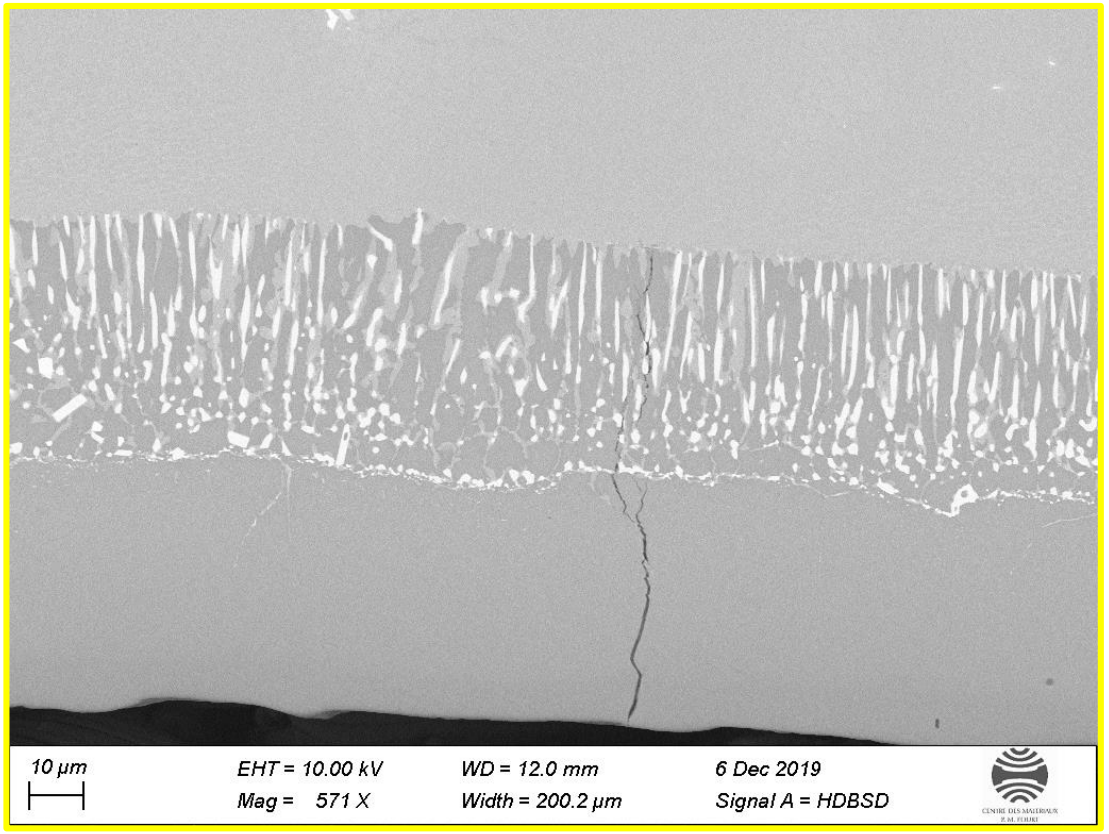
SAFRAN

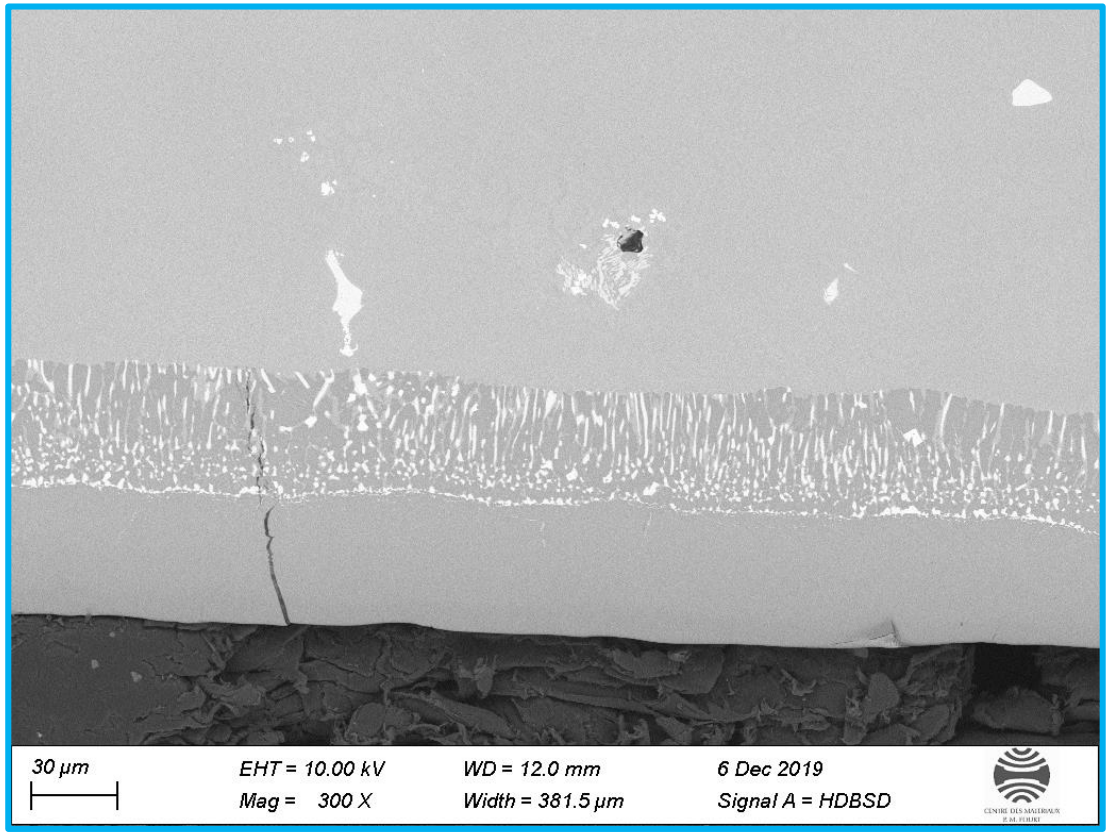
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Analyse des mécanismes d'endommagement

Analyse MEB – 700°C 2éme zone d'observation



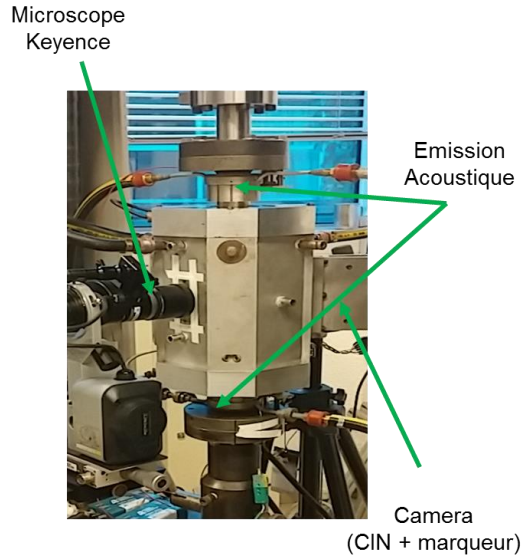




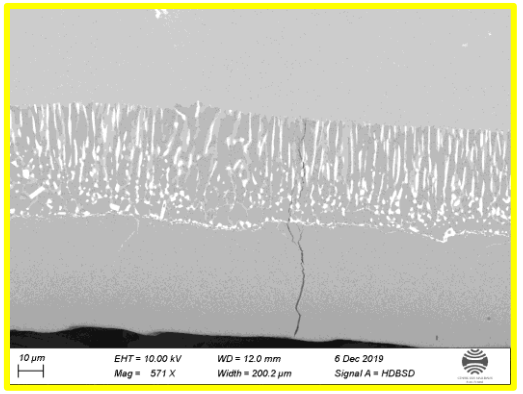
Division Matériaux et Procédés
SAFRAN
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

Conclusions

- Le revêtement NiAl a un comportement fragile à « basse » température susceptible d'amorcer des fissures
- Mise en place d'un protocole d'essai multi-instrumentée permettant de caractériser la tenue d'un revêtement NiAl
- Détermination de la température de transition ductile-fragile : [700 - 750]
- Amorçage de la fissure dans la couche externe puis propagation dans la couche d'inter-diffusion, arrêt dans le substrat



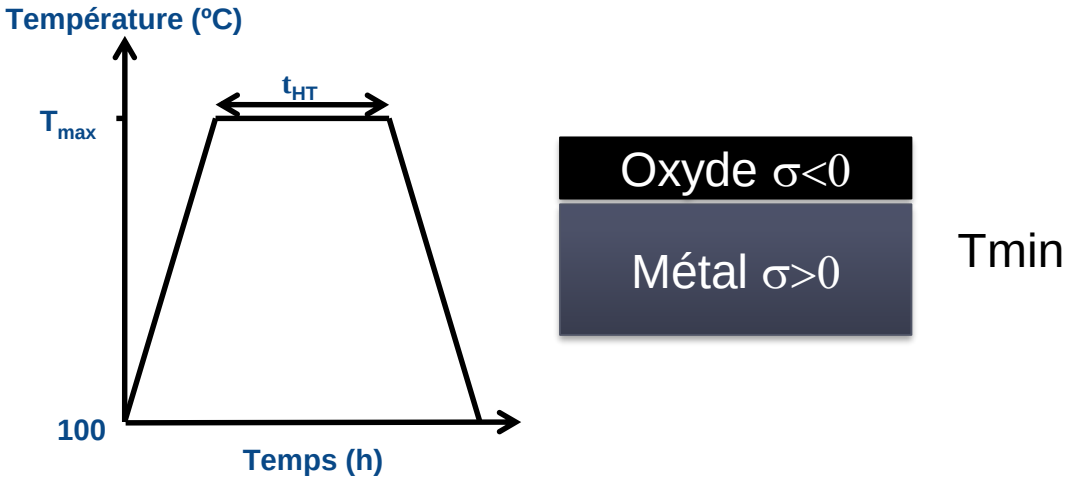




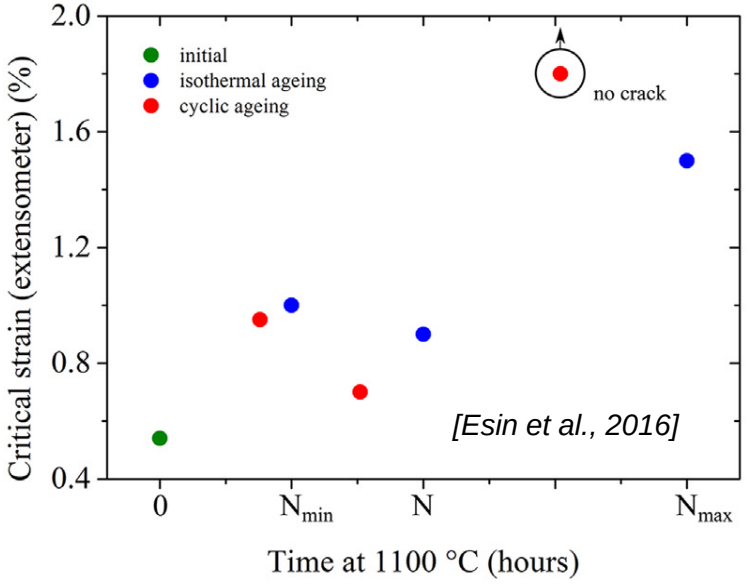
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

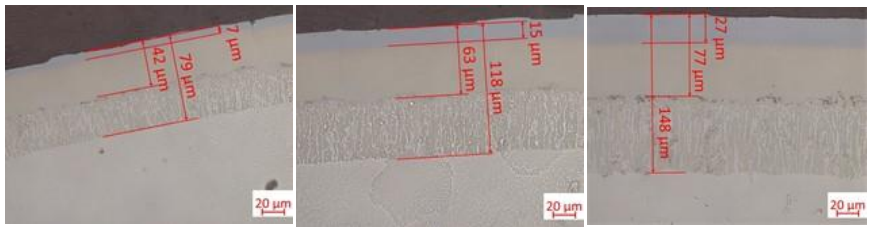
Perspectives

- Etude l'influence du vieillissement thermique
- Etude de l'influence de l'épaisseur et de la composition chimique du revêtement
- Simulation des éprouvettes, prise en compte des contraintes résiduelles (dilatation thermique différentielle)



Tmin





Exemple de revêtement APV sur superalliage de Ni avec différentes épaisseurs (apparition de couches hyper-stoechiométriques en surface (couche externe bleue

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.

POWERED
BY TRUST

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Safran. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Safran.