



SOMMAIRE

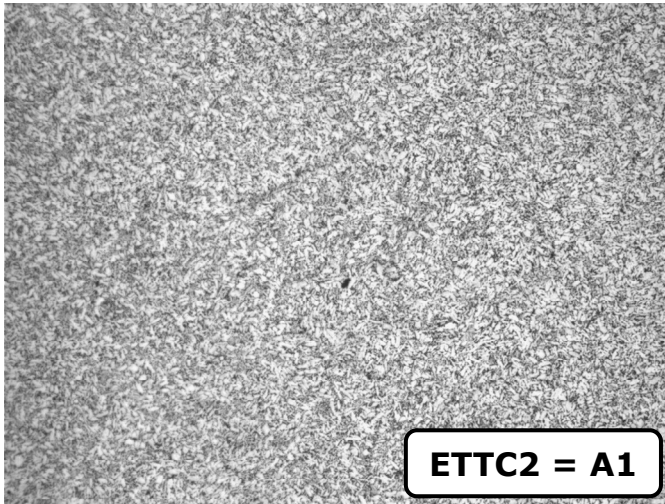
1. Retour d'informations sur les barres étirées par vos soins, caractérisations AD
2. Modèle de l'étirage - tréfilage
3. Points sur les essais en cours, planning: étirage et finition barres, essai de filage de billettes
4. Suite et points divers



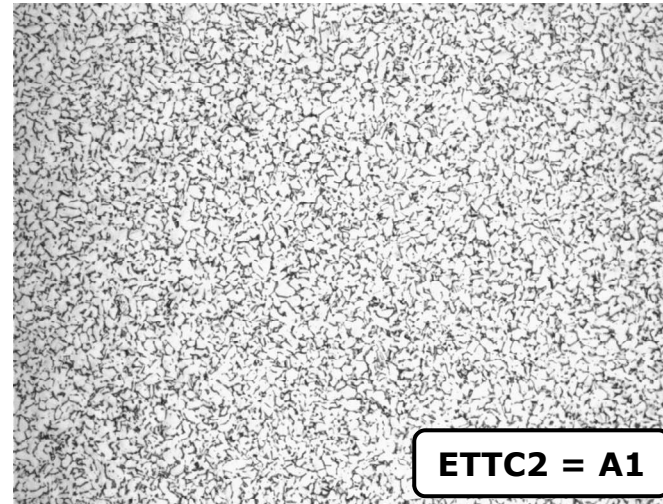
1. Retour sur les barres étirées par vos soins, caractérisations AD

1. Micrographies
2. Problématique du TA6V
3. Résultats de « Lankford »
4. Conclusions

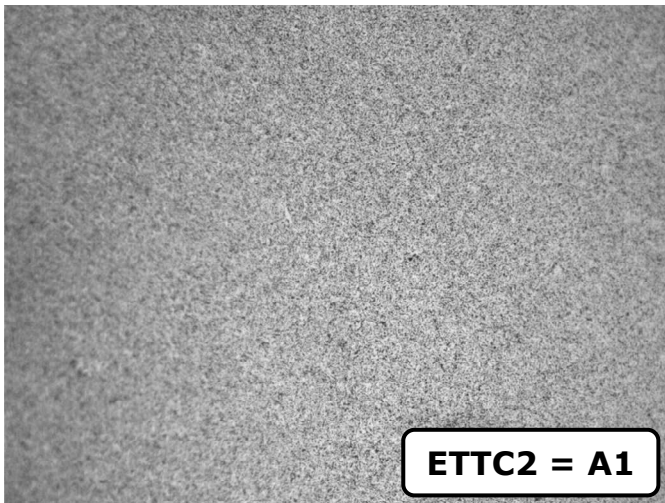
1.1 Caractérisations AD - Micrographies



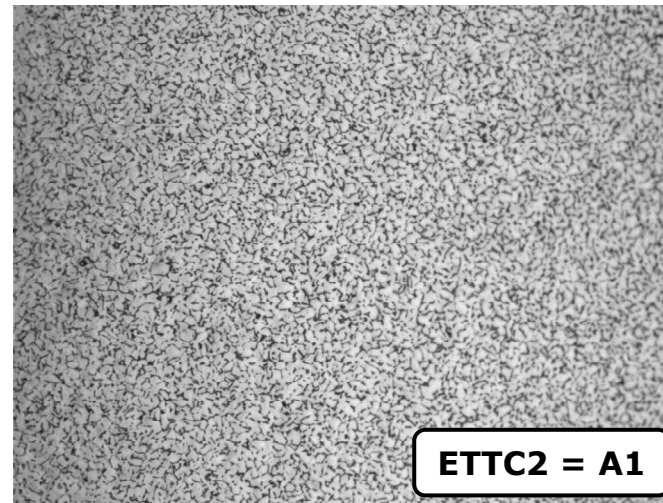
Barre étirée à 30% Brut de laminage x200 sens travers
Coeur



Barre étirée à 30% recrist. + recuit x200 sens travers
Coeur



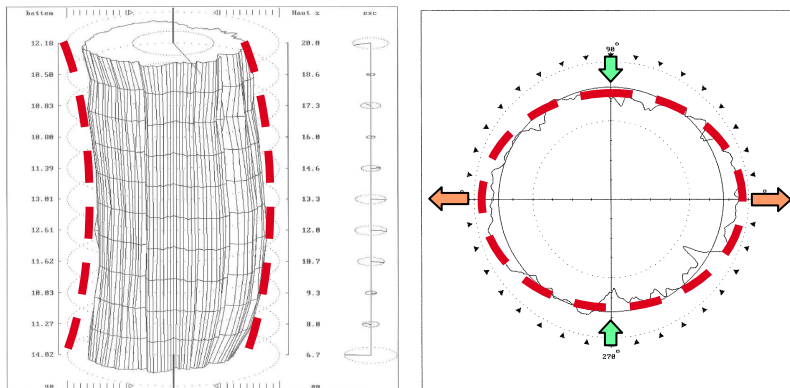
Barre étirée à 30% Brut de laminage x200 sens travers
Périphérie



Barre étirée à 30% recrist. + recuit x200 sens travers
Périphérie

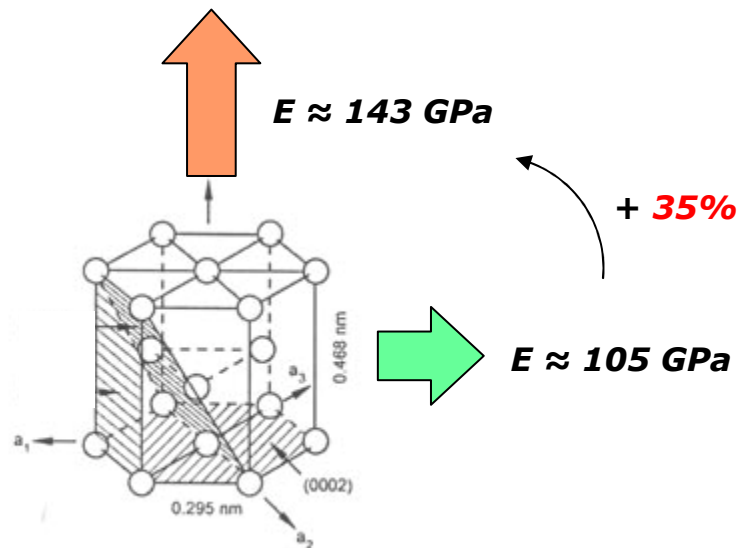
1.2 Caractérisations AD – problématique du TA6V

problématique du TA6V = écoulement *anisotrope* de la matière

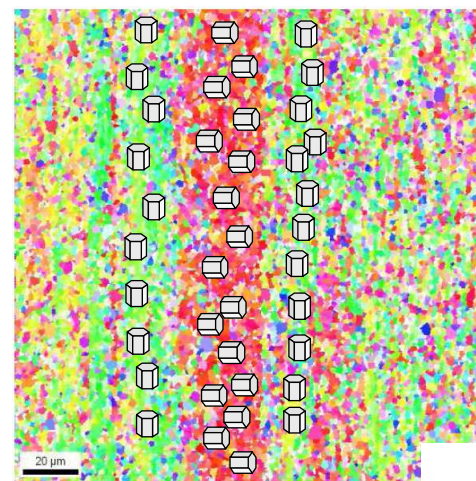


15 μm !
 $\approx 0.4\%$ of
 the \varnothing

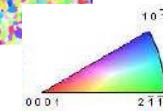
Cause : *texture* du matériau



ERAMET



Produit *texturé*



Structure en bandes



Propriétés
 sens long \neq sens
 travers



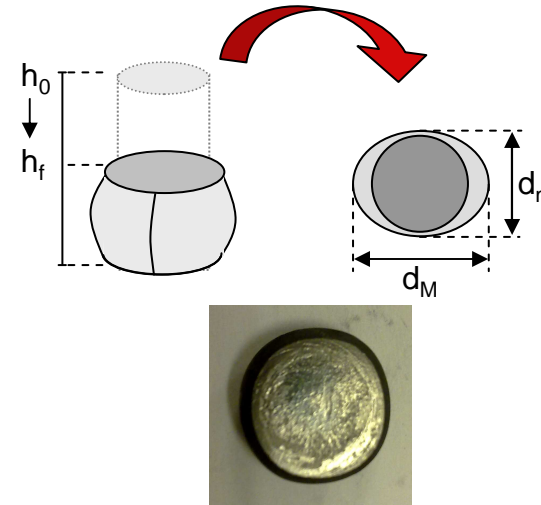
anisotropie

1.2 Caractérisations AD – problématique du TA6V

Deux caractérisations : essai de « Lankford » / EBSD

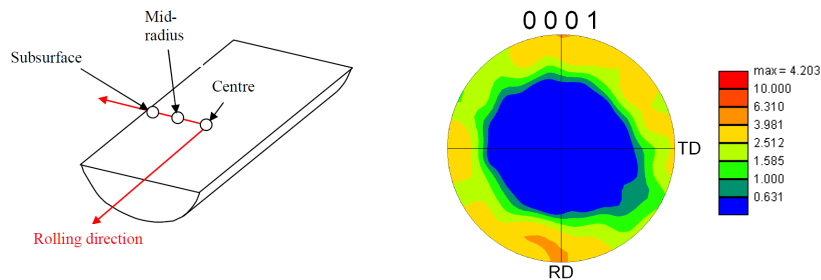
Essai de Lankford :

- Prélèvement d'une éprouvette cylindrique à cœur et dans le sens long
- Refoulement de 50%
- Mesure des petits axes/grands axes
- Calcul d'un coefficient de Lankford



Test l'ensemble de la section d'un produit

Faible coefficient
= faible ovalisation
= bonne aptitude du fil couronne



Orientation locale de cristaux de titane

Faible intensité
= faible orientation
= bonne aptitude du fil couronne

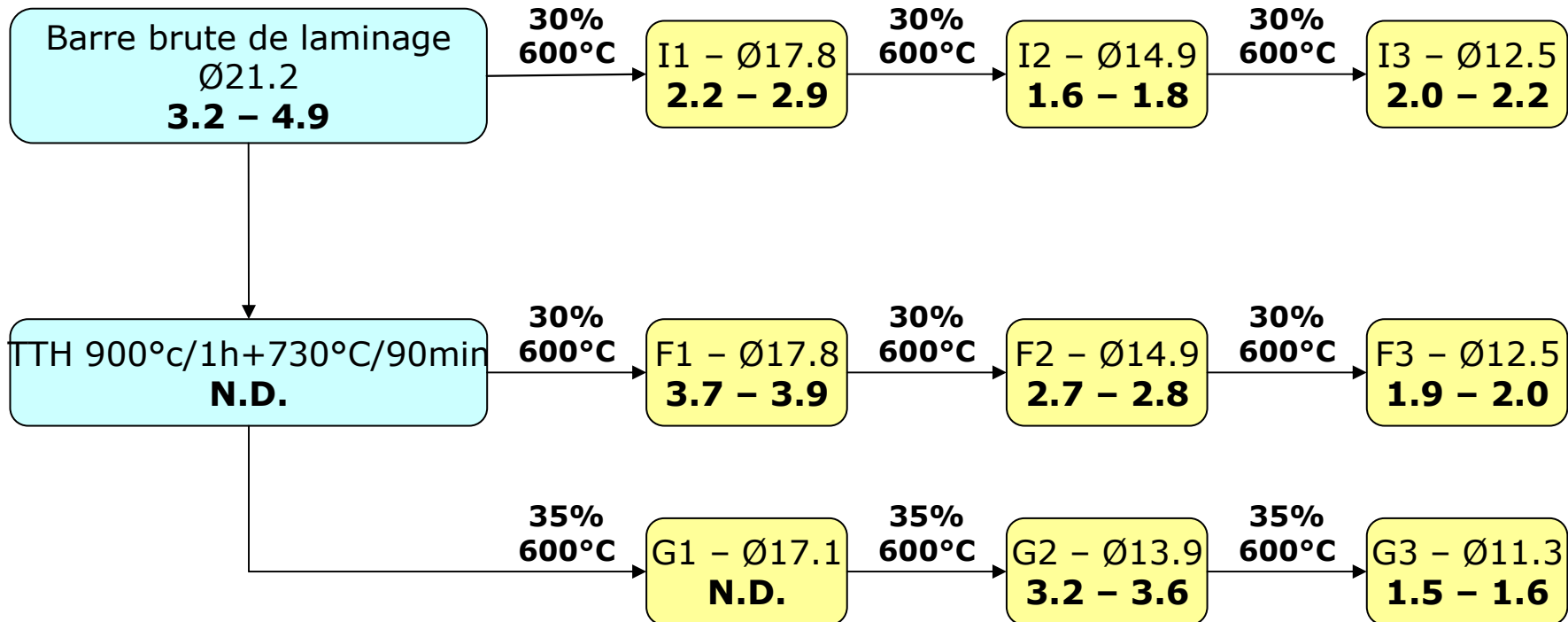
Analyse EBSD :

- Etablissement des figures de pôles
 - ⇒ Sens long (cœur / mi-rayon / périphérie)
 - ⇒ Sens travers (4 positions à 45°)

1.3 Caractérisations AD – Résultats de Lankford

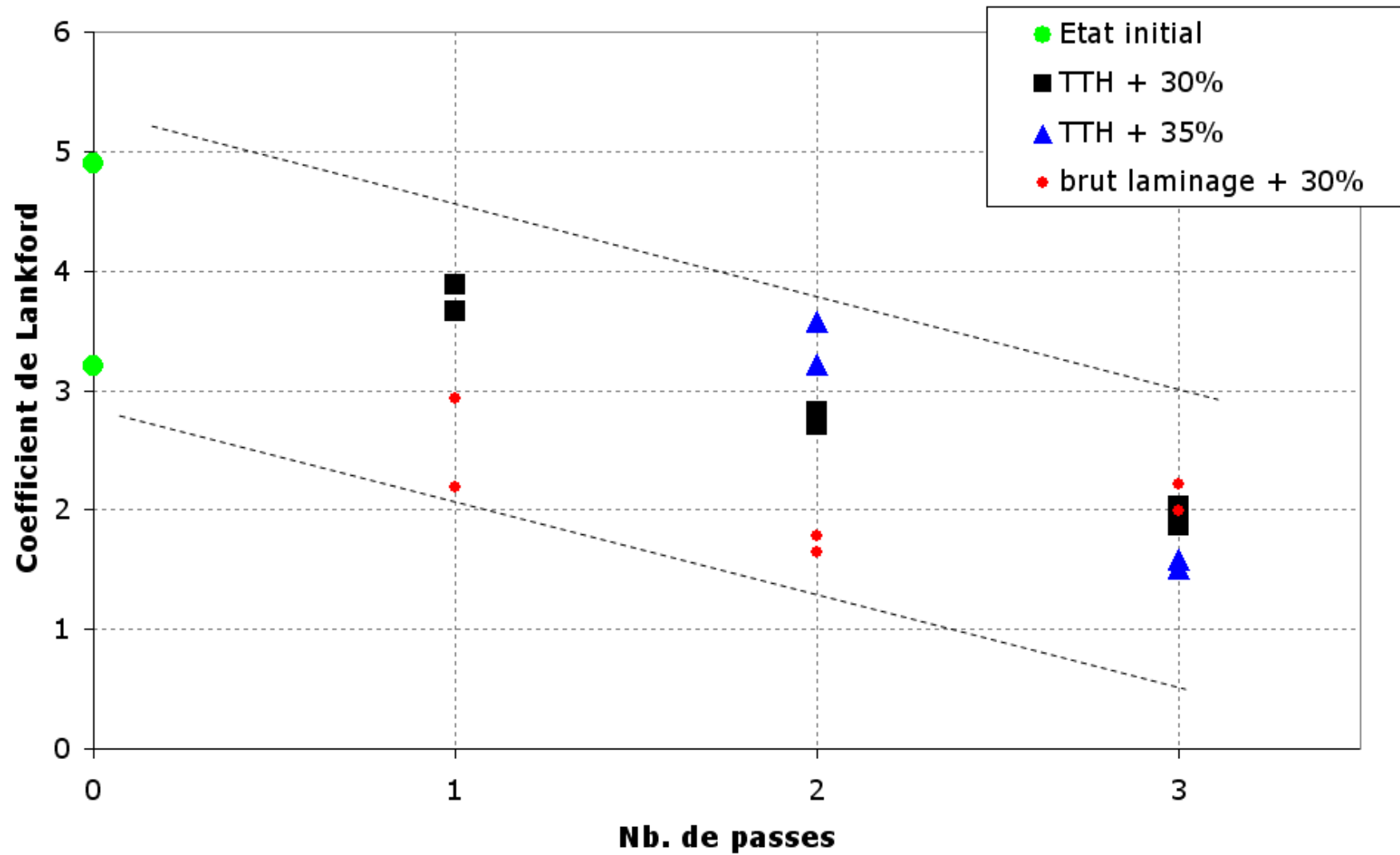
Forte variation du coefficient de Lankford

-> Deux essais de compression / échantillons



**Tendance = baisse du coefficient de Lankford
= amélioration de la texturation du produit**

1.3 Caractérisations AD – Résultats de Lankford





1.4 Caractérisations AD – Conclusions

Résultats EBSD non disponibles :

- Ecrouissage important des barres étirées
- Le *taux d'indexation* par l'EBSD est très mauvais (<50%), conséquence de l'écrouissage
(taux d'indexation = % de la surface analysée où l'orientation cristalline est déterminée)
- Essais de traitement d'adoucissement sur les échantillons pour améliorer l'indexation

Caractérisations AD - Conclusions :

- Etirage possible sur barre à l'état brut de laminage (=traitement thermique inutile).
- Le procédé d'étirage améliore l'isotropie de l'écoulement du TA6V.
- Attente des résultats EBSD.

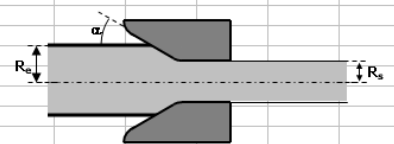
2. Modélisation de l'étirage / tréfilage

Pas de modèles utilisés côté Erasteel / Aubert & Duval aujourd'hui

Modèles disponibles dans la bibliographie :

- Tréfilage de l'acier, Eric Lefort, M3125 Techniques de l'ingénieur
- Sur l'étirage à froid et à chaud de l'alliage au titane Ti6Al4V, G.Schröder, Le Tréfilé no.31, 1981
- Modèles de Siebel-Bonzel et de la borne supérieure

Codage des équations présentées sous forme de feuille excel :

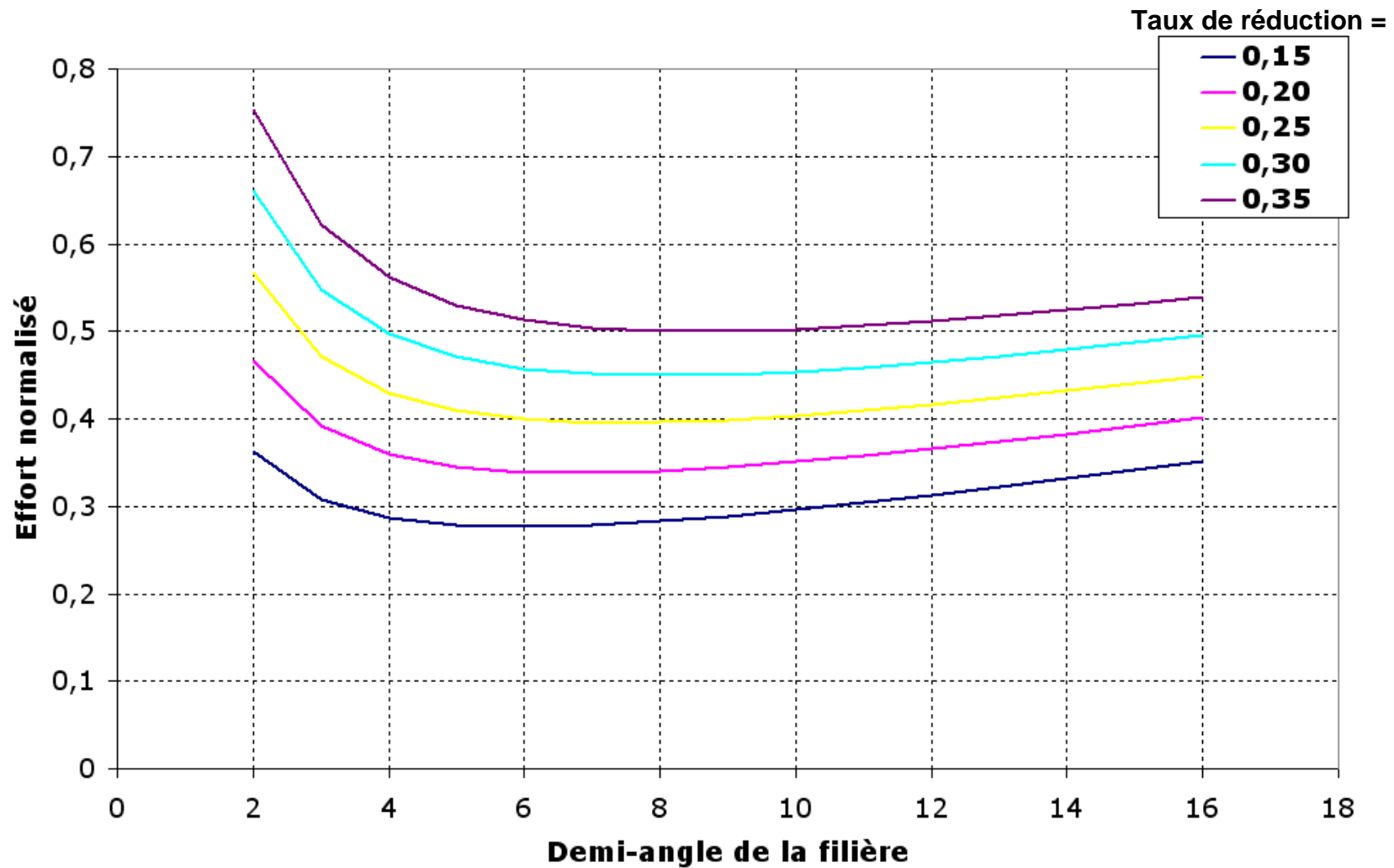


Re=	10,50	mm
Rs=	8,70	mm
alpha=	7,0	degré
Vs=	1,00	m/s
Te=	300	°C
mu=	0,10	
rho=	4380	kg.m ⁻³
Cp=	667	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹
H.Spittel		
A	550,0	MPa
m1	0,3450	
m2	-0,0008	
m3	0,0010	
m4	-0,0008	
m5	-0,0008	
m6	0,0000	
m7	0,0000	
m8	-0,0098	
m9	0,0000	
epsilon _{ss}	1,0000	

D'après formules de Siebel-Bonzel :	
Déformation cumulée :	
tx. réduction, lambda=	1,457
réduction de section =	45,7%
Vitesse d'entrée=	0,69 m/s
longueur de contact =	14,66 mm
temps de contact =	136,24 ms
psi=	1,135
epsilon _{surf} =	0,43
epsilon _{cœur} =	0,38
ds/dt=	29,1 s ⁻¹
sigma _m =	617,0 MPa
	263,477
Effort de traction sur barre de sortie :	
sigma _{z,S} =	472,3 MPa
Fz=	112296 N
	11447,1 kg
Réduction maximale / angle optimal :	
Rs=	8,41 mm
alpha _{opt} =	14,5 deg
Auto-echauffement adiabatique :	
delta T=	90,2 °C
D'après formules de Felder, modèle des tranches modifiées :	
psi=	1,135
sigma _{z,S} =	524,2 MPa

2. Modélisation de l'étirage / tréfilage

Exemple de résultat : optimisation de l'angle de la filière





2. Modélisation de l'étirage / tréfilage

Modèle d'étirage / tréfilage – conclusions :

- Modèle immature car non confronté des résultats expérimentaux
- Données expérimentales nécessaires =
 - ⇒ Courbe $R_m = f(T)$ du matériau en cours chez AD pour le TA6V entre 150 et 650°C
 - ⇒ Effort d'étirage en fonction des paramètres process (sections d'entrées/sorties, angle de la filière, température de chauffage, ...)

Les essais ont été réalisés en 2 programmes :

- Le premier pour se concentrer sur le process d'étirage
- Le second pour caractériser des produits étirés (métallurgie et géométrie)



Point sur les essais réalisés

Sur le process d'étirage, cela nous a permis de déterminer :

- Les taux d'écrouissage mini maxi
- La température d'étirage
- La vitesse.
- Le nombre de passe d'étirage / recuit
- La rectitude

Pour la caractérisation des produits étirés :

- L'évolution du diamètre en fonction du taux d'écrouissage
- L'évolution de la rectitude avant / après recuit
- Le contrôle CdF de barres finies issues de barres brutes de laminage

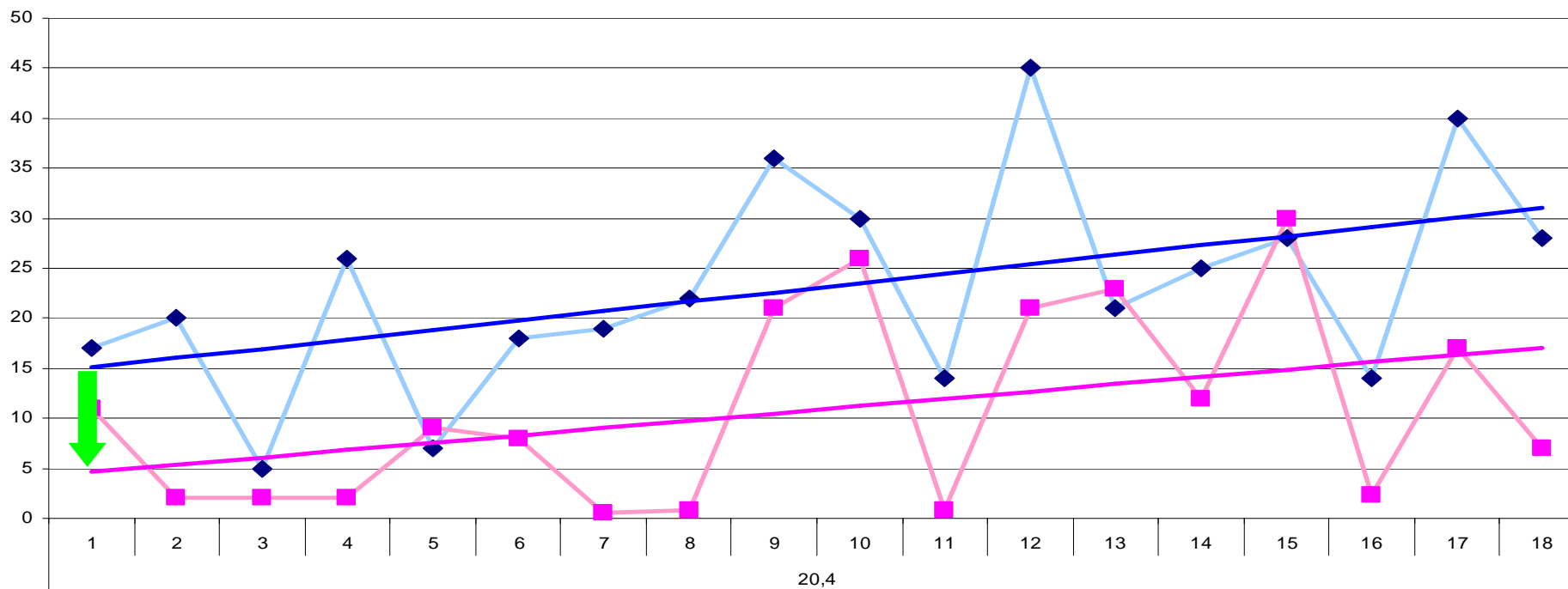


Point sur les essais en cours - Diamètres



Point sur les essais en cours - Rectitude

Flèche (mm)



Visée N° Barre



Point sur les essais en cours – retour contrôle US

- Diamètre 8.50 mm :
 - Barre 1 – Passage en dynamique (annexe 1), 2 indications. La barre a été repassée en manuel pour évaluation des indications.
 - Indication A – ponctuelle, à 1075 mm du bout repéré de la barre, phase du signal 0° – Présence de trous à l'examen visuel – annexe 2 et photo 1.
 - Indication B – Absence de défaut en visuel (même avec loupe X3), ce qui confirme l'origine mécanique du défaut.
 - Barre 2 – Passage en Dynamique (annexe 3), Seule les indications d'origine mécanique sont présentes. Le passage de la barre en manuel confirme l'absence de défaut détectable.
 - Barre 3 – Passage de la barre en dynamique – Absence d'indication (annexe 4).

Annexe 1

Annexe 3

Annexe 4



Point sur les essais en cours – retour contrôle US

➤ Diamètre 16.50

- Barre 1 – Le passage en dynamique montre 2 zones avec indications acceptables (annexe 5). Le passage en manuel pour évaluation de ces 2 zones montre des plats de meules (indications également dans la phase 0°, 150 et 2500 mm du bout repéré de la barre – annexe 6 et 7).
- Barre 2 – Le passage en dynamique montre 1 indication 1010 mm du bout repéré de la barre (annexe 8). Le passage en manuel pour évaluation de l'indication montre un zone de surface d'aspect brute avec des défauts longitudinaux et transversaux (annexe 9 et photo 2 – défaut nettement plus évident en visuel que sur photo).
- Barre 3 – Le passage en dynamique ne montre pas d'indication en Courants de Foucault (annexe 10).

Annexe 6

Annexe 9

Annexe 10



Point sur les essais en cours – retour contrôle US

- Diamètre 17.50 mm
 - Barre 1 – Le passage en dynamique ne montre pas d'indication en Courants de Foucault (annexe 11).
 - Barre 2 – Le passage en dynamique ne montre pas d'indication en Courants de Foucault (annexe 12).
 - Barre 3 – Le passage en dynamique montre 1 indication (annexe 13). Le passage en manuel pour évaluation de l'indication donne un signal de phase environ 45° (annexe 14). L'examen visuel montre un défaut, type écailles repliées, situé à 800 mm du bout repéré de la barre et d'une longueur 20 mm environ.

Annexe 11

Annexe 12

Annexe 14

Point sur les essais en cours – retour contrôle US

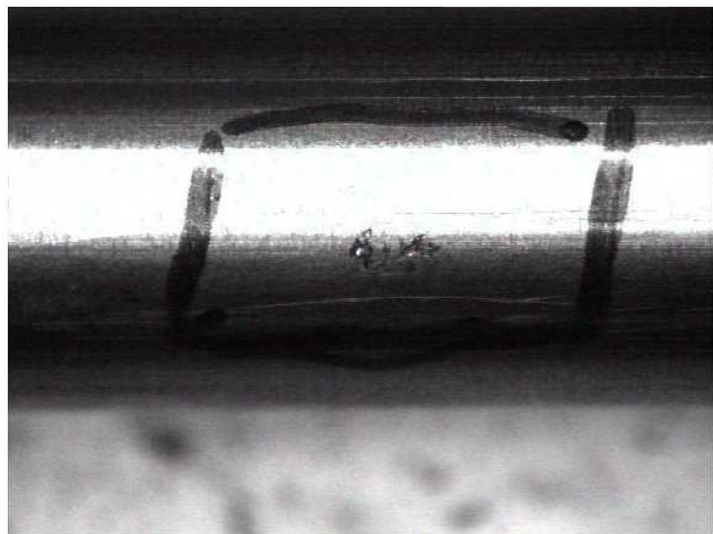


Photo 1 – Dia. 8.50 – Trous

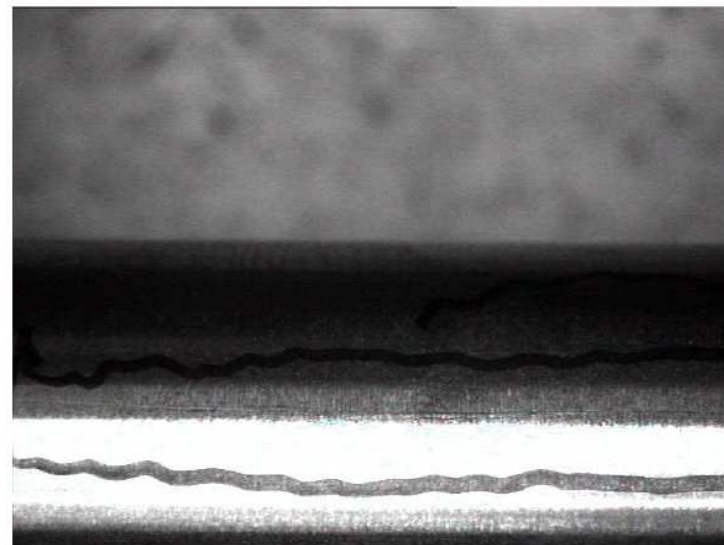


Photo 2 – Dia. 16.50 – Traces de brut

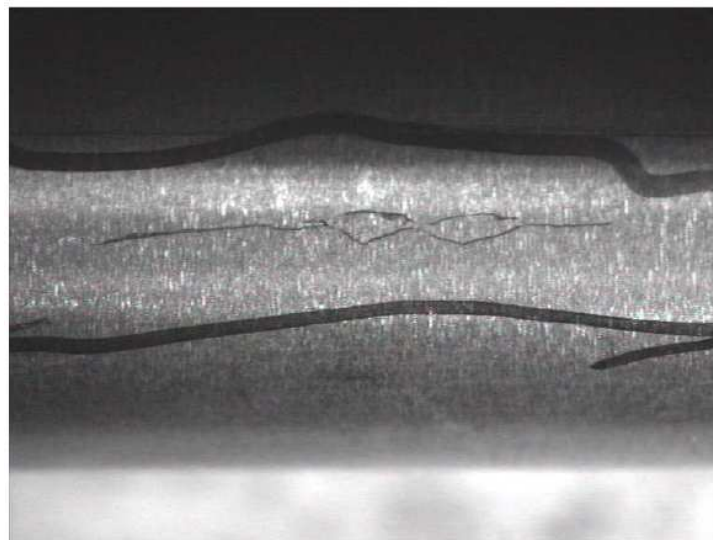


Photo 3 – Dia. 17.50 – Ecaillés repliées

Liste des essais :

- Barres TA6V de 17,50mm Fini
- Barres TA6V de 16,50mm Fini
- Barres TA6V de 8,50mm Fini

- Médical (Stainless) TA6V ELI
 - 10 Barres de 14,00mm En cours Mars
 - Dressage
 - Rectification
 - Contrôle
 - 10 Barres de 8,00mm Barres de 10mm à livrer Avril
 - Etirage à chaud
 - Recuit
 - Dressage
 - Rectification
 - Contrôle

- Aéronautique – Fasteners (LISI) TA6V
 - 4-5 Barres de 16,00mm En cours Mars
 - 4-5 Barres de 8,50mm Barres de 10mm à Livrer Avril



Propositions / Questions / Réponses