

Émetteur : C. DUMONT

Date : 17 mars 2014

Direction / service : Technique/GRD

Réf. DRD/CD/14.052

Date de la réunion : 16 décembre 2013

Participants : Benoit DELVINCOURT – Jacques LECADET – Philippe HERITIER – Patrick DELABORDE – Philippe JACQUET – Louis-Marie RABBE – Philippe PETIT – Alexandre FORNARA – Eric GEORGES – Jean-Baptiste MAILLET – Christian DUMONT – Laurent CLUZEL

Par téléphone et Netwiever : Romain FORESTIER – Arnaud VEZIAN – Marion BESSAGNET

Lieu : UKAD

Destinataire(s) : Participants

Copie(s) :

Objet : Programme R&D UKAD

1. ORDRE DU JOUR DE LA REUNION

- relecture du précédent compte rendu
- point d'avancement sur les programmes en cours
 - o fabrications barres 10'' en PER718
 - o études sur barres laminées gros train depuis \square 270 mm en TA6V
 - o 1^{ère} analyse des comptes rendus de forgeage sur \varnothing 180, 240, 280 et 330 mm
- Derniers ajustements sur programme 2014

Les 2 premiers points d'avancement ci-dessus ont fait l'objet de présentations jointes en annexes.

2. COMPTE RENDU DE LA PRECEDENTE REUNION

Les différentes actions relevées dans le précédent compte rendu ont été passées en revue :

a. ACTIONS TERMINEES

- Calcul des efforts presse

Action 1 : contacter Daniel CAILLOT pour pister d'éventuelles erreurs au niveau du calcul des efforts dans les acquisitions presse

Les efforts relevés sur la presse sont a priori corrects. Les écarts inhabituels observés entre mesures et simulations sont mis sur le compte de lois de comportement inadaptées (voir § 2.c)

- Aspects thermiques en cours de forgeage

Action 2 : réajuster les temps de remise au feu à l'issue des opérations de coupe en 2

Les temps de remise au feu sont alors parfois limites, pour garantir une remontée suffisamment longue en température pour la chaude suivante. L'autre solution consiste à remettre au feu avant coupe en 2

b. ACTIONS DEJA PREVUES ET A LANCER

- Modélisation de la trempe après recristallisation TA6V

Action 3 : comparer les cinétiques de refroidissement obtenues avec une trempe à l'air par rapport à une trempe eau, notamment à cœur des produits

Action 4 : reprendre les calculs en intégrant dans les jeux de données la chaleur latente de transformation

- Aspects thermiques (chauffage initial et remises au feu) sur TA6V

Action 5 : Essais initialement programmés à plus hautes températures, notamment à 1050 °C (recristallisation) et 1150 °C (forgeage β)

Suite notamment à l'analyse des rapports de forgeage

c. NOUVELLES ACTIONS DU PROGRAMME 2014

- Calcul des efforts presse en étirage TA6V

Action 6 : revisiter nos lois de comportement utilisées pour le TA6V en fonction de la microstructure initiale

Il semble par ailleurs que le métal UKAD présente un meilleur écoulement en estampage à Pamiers par rapport aux demi-produits de la concurrence (moins de coups nécessaires).

Action à lancer (via l'AFRC ?)

- Aspects thermiques en cours de forgeage

Action 7 : programme spécifique sur Ti 10 2 3

Action à lancer (voir point pour la réunion du 3 juin 2014)

- Analyse des gammes

Action 8 : mise en place d'un rituel pour l'analyse des rapports de forgeage en corrélation avec les microstructures obtenues sur produit, en coopération avec l'atelier

Action 9 : Intérêt du forgeage sur angles par rapport à la problématique US

Actions en cours (voir § 5)

- Travaux amont : globularisation de la phase α (TA6V)

Action 10 (jalon J3 projet « Fabrications barres en TA6V ») : relancer ce programme de travail en 2014 avec d'autres moyens de laboratoire, mettant en jeu des changements de chemin de déformation (partenaire visé : Ecole des Mines de Saint-Etienne)

Action 11 (jalon J4 projet « Fabrications barres en TA6V ») : gros volet à prévoir sur le long terme sur les aspects métallurgie de la mise en forme du TA6V (aspects globularisation), l'action listée ci-dessus n'étant qu'une 1^{ère} étape

Actions en cours depuis début mai 2014 avec l'Ecole des Mines de Saint-Etienne et avec le CEMEF (Ecole des Mines de Paris) (voir également § 6)

- Effet bout de barres en PER706

Action 12 : lancer une action « bout de billette PER706 », qui fera suite aux travaux sur le PER718, qui arrivent à leur terme

Action en cours via projet spécifique

d. ACTIONS A TERMINER

- Gammes PER718 SIEMENS et MTU

Terminer les expertises métallurgiques de la 3^{ème} campagne et les dernières simulations qui clôtureront ce projet.

Action terminée (cf. présentation § 3 et en annexe 1)

- Barres laminées en TA6V (aval UKAD)

Dépouillement du plan d'expérience et des essais de laminage aux Ancizes

Action terminée (cf. présentation § 4 et en annexe 2)

e. ACTIONS MISES EN SOMMEIL ET A CONSERVER

- Modélisation de la trempe après recristallisation TA6V

Epaisseur des lattes après trempe eau : garder en mémoire la possibilité de faire une expertise métallurgique sur un prélèvement milieu de barre trempée à l'eau, lorsque l'opportunité se présentera

- Cinétique de grossissement du grain β lors de la recristallisation

Poursuivre les investigations avec des examens en EBSD entre les zones à grossissement rapide pu plus lent (effets de texture ?)

- Globularisation de la phase α (TA6V)

Comprendre l'origine des différences de comportement entre le métal UKAD et celui issu d'autres élaborateurs ou d'autres types d'élaboration (SKULL par exemple), que ce soit en termes de globularisation, de forgeabilité ou de contraintes d'écoulement.

3. FABRICATION BARRES 10'' EN PER 718 (voir annexe 1)

Au final, suite aux différentes variantes testées, nous restons sur la gamme initiale FO 1730, telle que mise au point aux Ancizes, à 2 variantes près :

- Le refoulement / étirage initial s'effectue en 2 chaudes, suite à la problématique de changement d'outillages à UKAD
- Nous conservons une dernière remise au feu à 1010 °C au lieu de 1030 °C. La cadence de la presse permet de compenser largement les pertes de temps liés aux transferts fours → presse, au point qu'une remise au feu au-delà du solvus de la phase δ en fin de gamme n'est plus nécessaire.

Ce 2^{ème} point correspond à un objectif que nous avons ciblé (et donc aujourd'hui atteint) dans le cadre du transfert de fabrication vers UKAD, avec un effet positif sur les microstructures. Ces travaux ont permis de mettre en jeu des modélisations avec prédiction des microstructures, qui ont contribué à une meilleure compréhension de la thermomécanique de la gamme.

Arrivé à ce stade, nous considérons ce projet comme clos. Toutefois, 2 points de vigilance nous amène à le mettre en veille active :

- La persistance de déchirures sur stringers, nous amène à rechercher des conditions d'étirage réduisant l'endommagement (forgeages étampes voire tas en V, réduction du corroyage par passe, ...)
- Carpenter est en mesure de produire des barres de même section à microstructures plus fines, soit respectivement 8 et 10 ASTM majoritaires à cœur et à mi-rayon contre 6 ASTM pour les fabrications A&D / UKAD

⇒ **Action R&D (n° 13) : évaluer de nouvelles stratégies de forgeage (augmentation du nombre de chaudes), notamment via les outils de modélisation**

4. BARRES LAMINEES GROS TRAIN DEPUIS 270 mm (aval UKAD – voir annexe 2)

Les hypothèses de travail que nous avons imaginées pour garantir des microstructures conformes sont confirmées (à iso-coûts) :

- Nécessité d'avoir à l'entrée du laminoir (1^{ère} cannelure) une microstructure déjà bien globularisée
- Pour parvenir au résultat ci-dessus, nous préconisons l'augmentation du corroyage α/β depuis un état β trempé eau, soit depuis le stade \square 550 mm (gamme 7 du plan d'expérience)

Le chauffage aux fours PITS à 920/930 °C permet d'achever la globularisation. Toutefois, pour ce niveau de température initial et comme l'on montre les derniers essais, le risque du passage du transus β en cours de laminage reste bien présent. Une solution de replis, consisterait alors :

- En un traitement de globularisation séparé sur \square 270 mm (typiquement 940 °C / Air)
- Suivi d'un laminage à plus basse température.

Cette variante sera testée en fonction des résultats des prochains essais.

5. ANALYSE DES RAPPORTS DE FORGEAGE SUR TA6V (voir actions 8 et 9 listées ci-dessus)

Il ne s'agit pour l'instant que d'une analyse partielle sur différents rapports tirés au hasard, pour les 4 sections standard issues d'UKAD (\varnothing 180, 240, 280 et 330 mm). Un point essentiel ressort pour l'instant : les forgeages des dernières chaudes sont très longs, avec de toute évidence une durée de remise au feu insuffisante pour garantir une remontée en température correcte des produits. A titre d'exemple, l'avant dernière chaude des barres \varnothing 240 mm, part d'un CAA 350/420 forgé en octogone 240 mm en 19 passes, pour un temps de chauffe de 15 à 18 min.

Action 8 (suite) : il serait dès lors utile de tester le rajout d'une chaude supplémentaire à ce stade. Quoi qu'il en soit, nous poursuivrons l'analyse détaillée de ces rapports.

Par ailleurs, nous avons relevé que les temps de chauffe initiaux restent les mêmes avec 1 ou 2 lingots dans les fours, ce qui relance **l'action 5** citée ci-dessus.

Enfin, nous allons étudier l'impact de la simplification de gammes sur les produits sur un \varnothing 330 mm, commande destinée à la fabrication de stubs pour UKTMP :

- Recristallisation et trempe depuis forgeage $\alpha\beta$ sans mise à terre (réduction des temps de cycle, évaluation des risques de tapures)
- Suppression des passes sur angles et réponse US (**action 9**).

6. DERNIERS AJUSTEMENTS SUR PROGRAMME R&D 2014

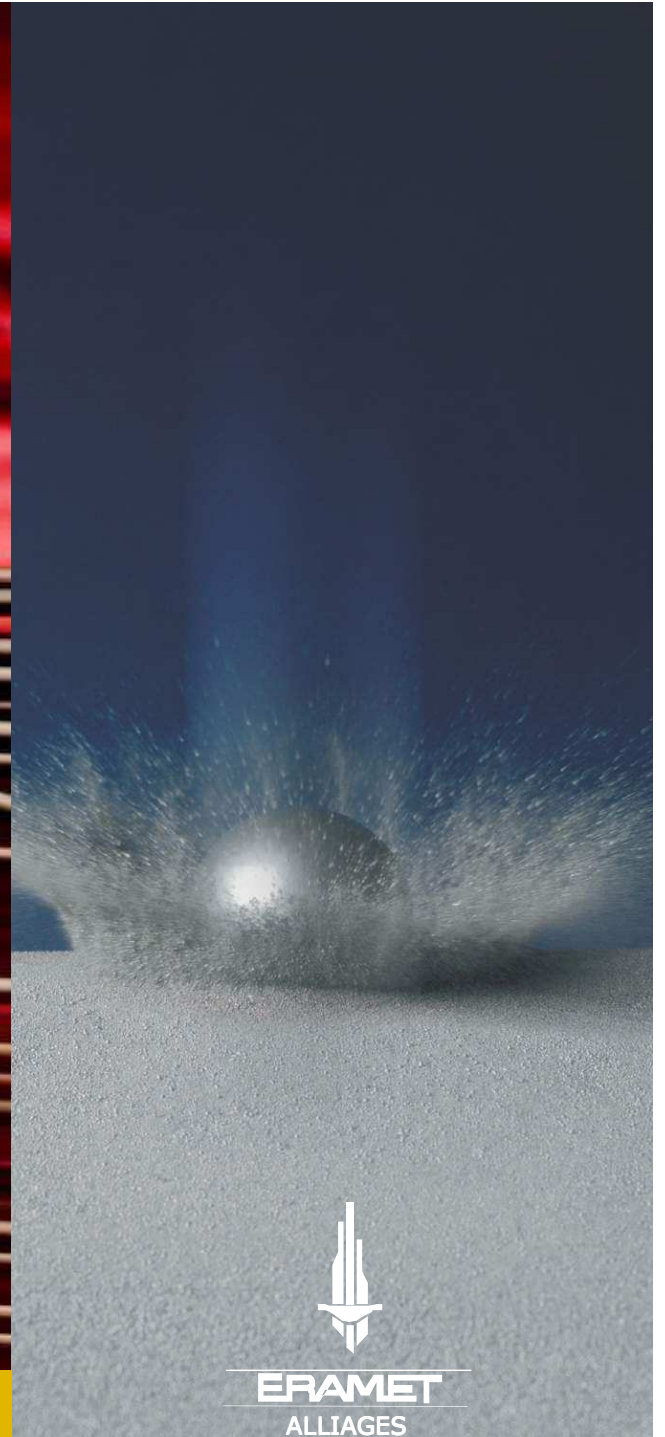
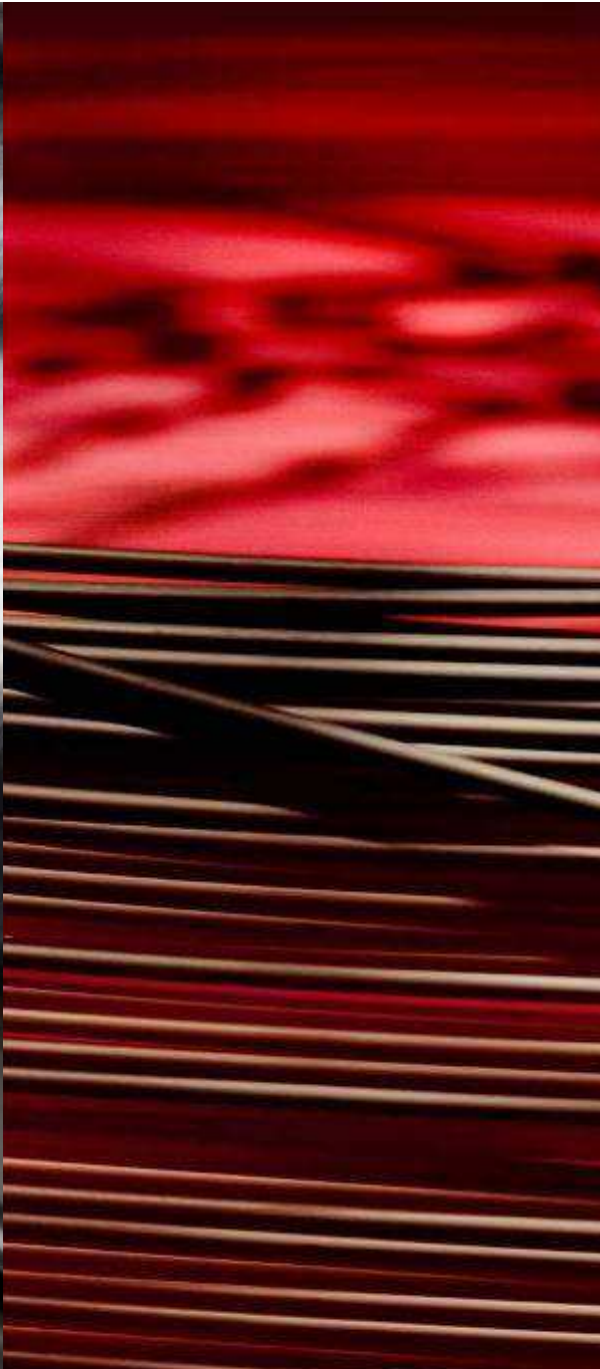
Le portefeuille des 3 projets initiaux (Validation outils UKAD, Fabrication barres TA6V et Fabrication barres 718) évolue de la façon suivante :

- Validation outils UKAD : poursuite des travaux via les actions 3 à 7, avec priorité aux aspects chauffage liés aux fabrications en Ti 10 2 3 (action 7)
- Fabrication barres en TA6V : montée en activité évidente et logique de ce projet, depuis des actions très orientés terrain (actions 8 et 9) vers des développements plus amont lancés en 2014 (actions 10 et 11).
- Fabrication barres en PER 718 : pour l'instant, arrêt des actions avec UKAD dans ce domaine.

A ce panel, vient se rajouter une nouvelle étude spécifique concernant la réduction des effets de bout de barre en PER 706.

7. PROCHAINE REUNION

La prochaine réunion est fixée au 3 juin 2014 de 9 h à 12 h en salle VULCANIA.



ERAMET
ALLIAGES



REUNION UKAD - 17 Mars 2013

PER718 – MTU – SIEMENS

Etirage de barre Ø265mm

Bilan des premiers essais

DES ALLIAGES,
DES MINERAIS ET DES HOMMES.



Bilan des premiers essais

Essai 1			Essai 2			Essai 3			Essai 4		
Gamme transposée de FO1730	Corroyage	PER718 HS953401 P	Gamme Octogone V1	Corroyage	PER718 HS953402 T	Gamme Octogone V2	Corroyage	PYRAD53N W HS993202 T	Gamme transposée de FO1730	Corroyage	PER718 HS953402 P
Refoilement 1/3		4mn25s	Refoilement 1/3		5mn25s	Refoilement 1/3		4mn27s	Refoilement 1/3		4mn10s
1120°C		52mn	1120°C		38mn	1120°C		47mn	1120°C		50mn
Etirage1 CAA 470/540	1,24	11mn15s	Etirage1 Octo 500	1,24	11mn10s	Etirage1 Octo 500	1,24	6mn50s	Etirage1 CAA 470/540	1,24	6mn38s
1120°C		58mn	1120°C		50mn	1120°C		39mn	1120°C		38mn
Etirage2 CAA 395/450 Début sur les angles	1,4	11mn40s	Etirage2 Octo 420	1,43	17mn05s	Etirage2 Octo 420	1,43	6mn10s	Etirage2 CAA 395/450 Début sur les faces	1,4	7mn06s
1010°C		51mn	1010°C		1h37mn	1010°C		60mn	1010°C		61mn
Etirage 3 CAA 330/380 Début sur les angles	1,47	8mn	Etirage 3 Octo 350	1,44	06mn50s	Etirage 3 Octo 320	1,73	8mn	Etirage 3 CAA 330/380 Début sur les angles	1,47	6mn47s
1010°C		55mn	1010°C		1h06mn	1010°C		43mn	1010°C		45mn
Etirage4 CAA 265/315 Début sur les angles	1,47	7mn50s							Etirage4 CAA 265/315 Début sur les faces	1,47	7mn36s
1010°C		48mn							1010°C		52mn
Etirage 5 Octo 265 Début sur les angles	1,2	8mn35s	Etirage4 Octo 265	1,75	8mn45s	Etirage4 Octo 265	1,46	8mn47s	Etirage 5 Octo 265 Début sur les angles	1,2	6mn15s
1030°C		47mn	1030°C		46mn	1010°C		50mn	1030°C		46mn
Calibrage Rond 265	1,08	4mn45s	Calibrage Rond 265	1,08	9mn50s	Calibrage Rond 265	1,08	8mn	Calibrage Rond 265	1,08	8m05s
Début systématique des séquences sur angles des CAA									Respect de l'alternance angles et faces des CAA		
Centre	6				6 -6,5 + rares 4 -4,5 faiblement écrouis			Structure duplex 3,5-4 + 6			6 - 6,5 rares 4,5 - 5
Mi-rayon	6				6,5- 7 + nbreux 3,5 -4			Structure duplex 4-4,5 faiblement écrouis + 6 - 7			Duplex 4 - 5 + 7 - 8
20mm sous la peau	7				4 -4,5 germination 9-10			4,5- 5			4,5
Peau	7 - 8 + écrouis 3/4				4,5 - 5			7			5 - 5,5
Phase delta	30- 40mm				25- 30mm			15mm			10-15mm
	globulaire intragranulaire				globulaire intragranulaire et en réseaux			globulaire			globulaire faible densité

Bilan des premiers essais

- ❑ Essai 1 - Gamme CAA - Etirage en 6 chaudes
 - Structures OK
 - Conditions de forgeage non industrielles (Durée de forgeage)

 - ❑ Essai 2 - Gamme octogone - Etirage en 5 chaudes
 - 1120°C - 1h30 -> 1010°C – Croissance de grains 4 stab ilisés

 - ❑ Essai 3 PYRAD53 - octogone - Etirage en 5 chaudes
 - 1010°C chaud pour la nuance
 - Corroyage 1,73 – échauffement trop important - Croissance de grains au centre

 - ❑ Essai 4 - Gamme CAA - Etirage en 5 chaudes)
 - Croissance en peau du fait du 1030°C
-
- ❑ Rappel :
 - 2 Remises au feu à 1120°C à UKAD - 1 seul sur 450 0T Ancizes
 - Remises au feu longues sur essais UKAD

 - ❑ Décisions :
 - Réduction des temps de remise au feu à 1120°C : 30m n
 - Fin de gamme à 1010°C - remises au feu 45mn



Qualif MTU-Siemens

FORGEAGE UKAD du 29 Octobre 2013
Fabrications 5 et 6

2 demi lingots LF500 - Lingot HR210901

Réduction des temps de remise au feu à 1120°C : 30m n

Fin de gamme à 1010°C - remises au feu 45mn

Fabrications MTU - SIEMENS

- | | |
|--|---|
| □ - Refoulement 1/3 | Remise au feu 30-45mn à 1120°C
réel 45mn et 48mn |
| □ - Etirage en CAA 470-540mm | Remise au feu 30-45mn à 1120°C
réel 45mn et 49mn |
| □ - Etirage en CAA 395-450mm (sur angle) | Remise au feu 40-55mn à 1010°C
réel 58mn et 59mn |
| □ - Etirage en CAA 330-380mm | Remise au feu 40-55mn à 1010°C
réel 53mn et 56mn |
| □ - Etirage en CAA 265-315mm | Remise au feu 40-55mn à 1010°C
réel 54mn et 57mn |
| □ - Etirage en Octogone 265mm | Remise au feu 40-55mn à 1010°C
réel 51mn et 59mn |
| □ - Calibrage en rond à facette de 265mm | |

Fabrications MTU - SIEMENS



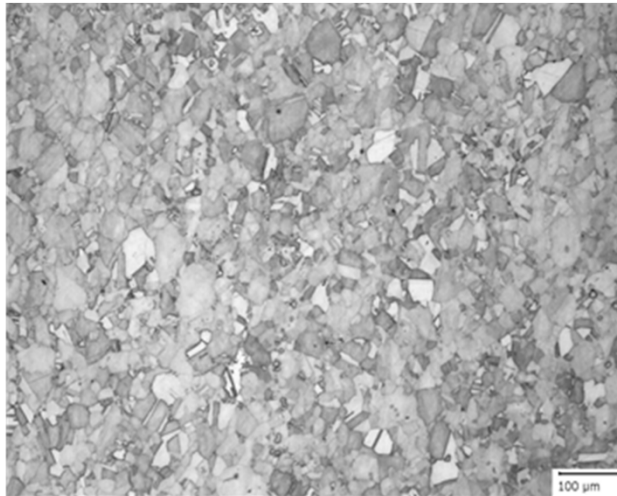
Repère	Centre	Mi-rayon	30mm de la peau	15mm de la peau	Peau	Phase delta
T	Structure ségrégée en bandes 5.5 - 6 + qqes grains 4 dans les bandes dendritiques Ques aiguilles delta dans les bandes inter dendritiques	5.5 - 6 + qqes 4.5.		6-7 + qqes 5-5.5 Ponctuation de phase delta intragranulaire	6.5-7 + nombreux écrous 5	Profondeur 20mm Densité très importante dans la surépaisseur d'écroutage
TX	5 - 5.5	5.5		6.5-7	Présence de nombreux grains écrous 3.5 / 4	Profondeur 20mm Précipitation dense dans les grains écrous
PX	6.5 + qqes 5	6.5 + qqes 5		8- 9	9 - 10 + qqes 5 écrous	Profondeur environ 25 à 30mm
P3	6 - 6.5 + qqes 4.5 - 5	5.5- 6 + qqes 4		6	Présence de grains écrous 2/3 sur profondeur 5mm	Profondeur 25mm Précipitation intragranulaire dense sur 10mm
P3 seconde génératrice			6 - 6.5	7 - 8	8-9 + nbreux 5-6 avec phase delta dense	Profondeur maximale 30mm

Fabrications MTU - SIEMENS



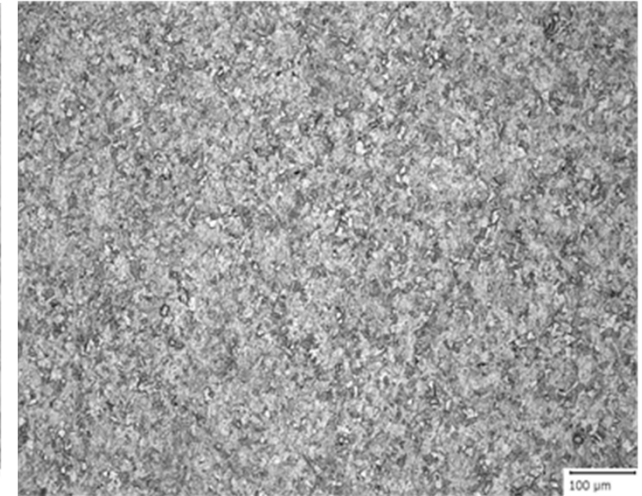
PX centre

X100



PX Mi-rayon

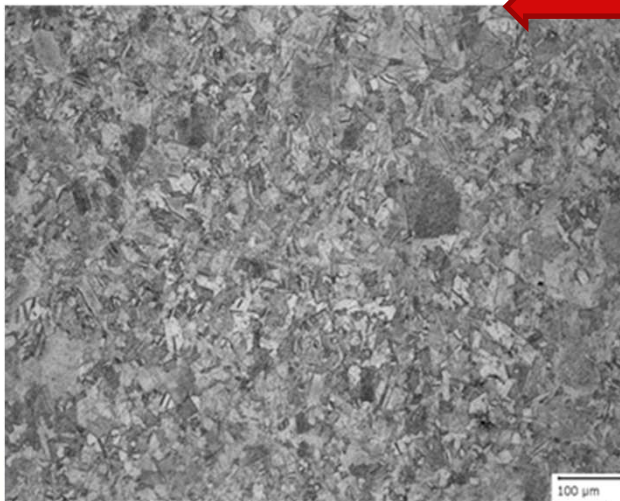
X100



PX Peau-10mm

X100

Variabilité en peau



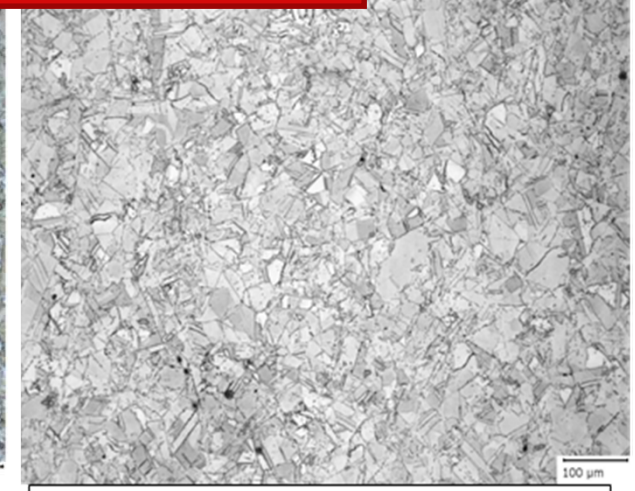
TX Peau-10mm

X100



T Peau -10mm

x100



P3 Peau-10mm

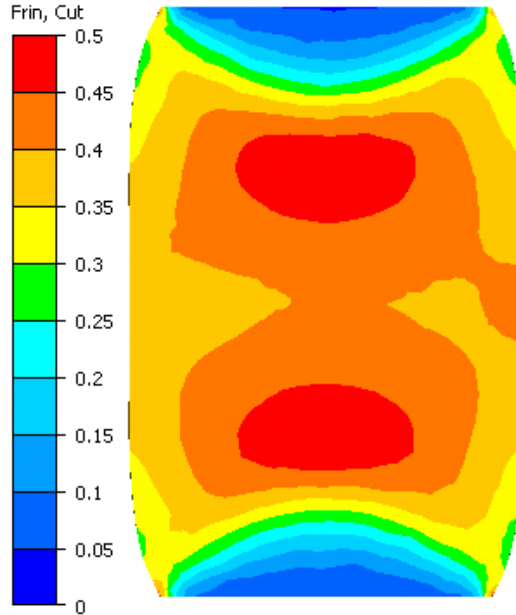
Modélisation des évolutions microstructurales

- Refoulement 1/3 + remise au feu à 1120°C

Evolution de taille de grains

Déformation

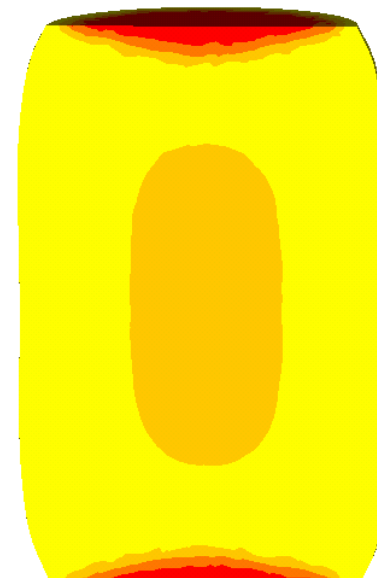
Déformation équivalente [3D elem...]
Unit: S_unit
Frin, Cut



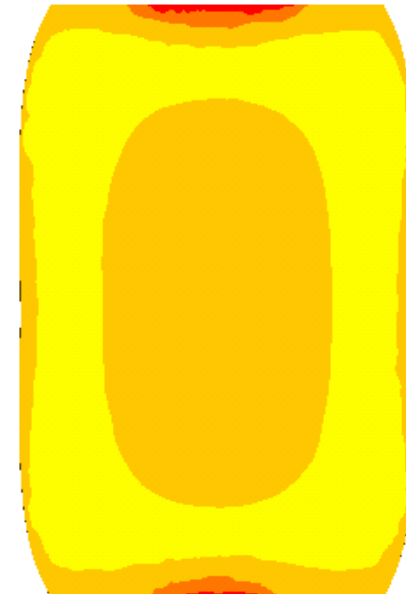
D_ECR [3D element]
Frin, Cut



35mn

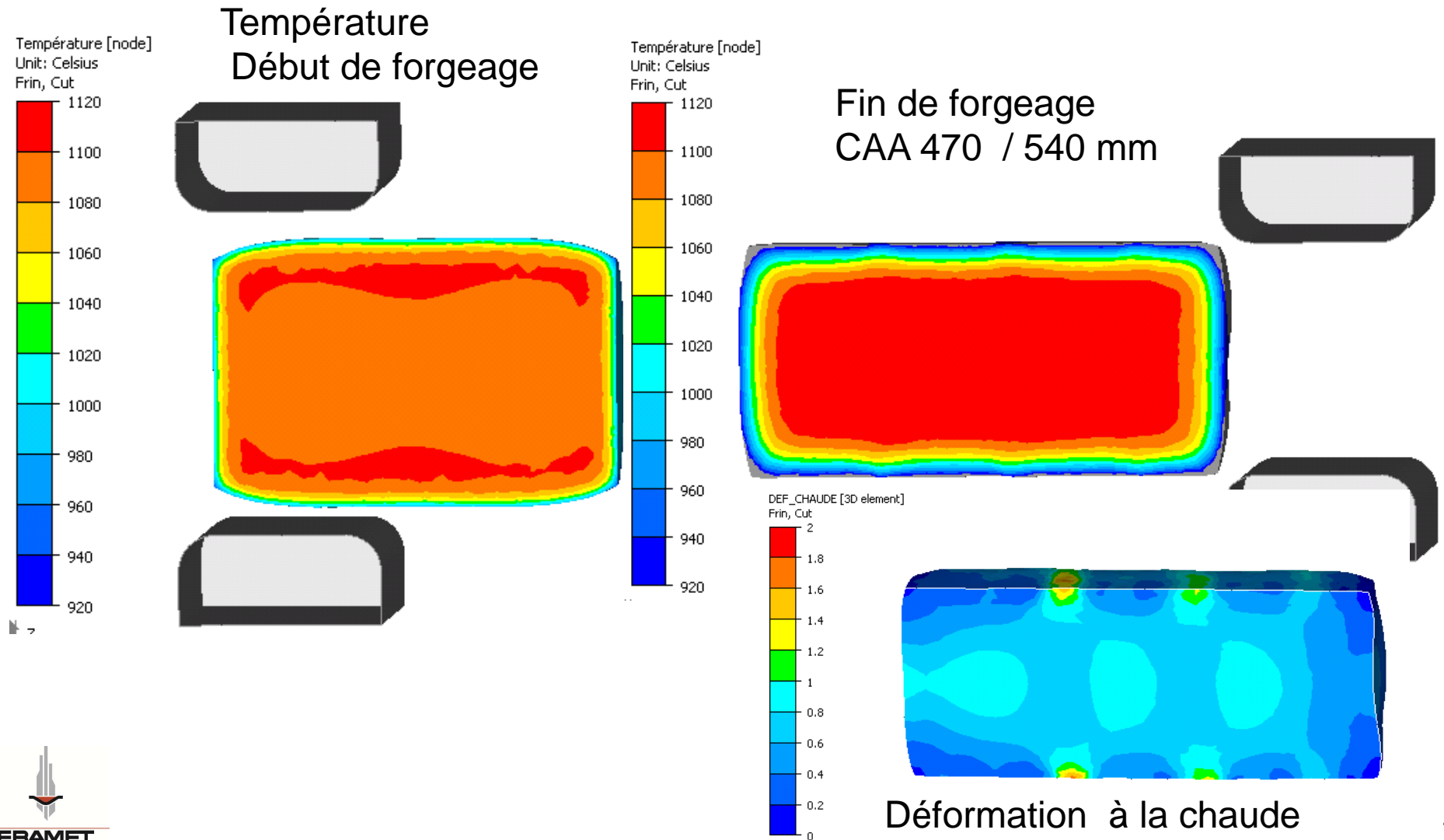


50mn



Modélisation des évolutions microstructurales

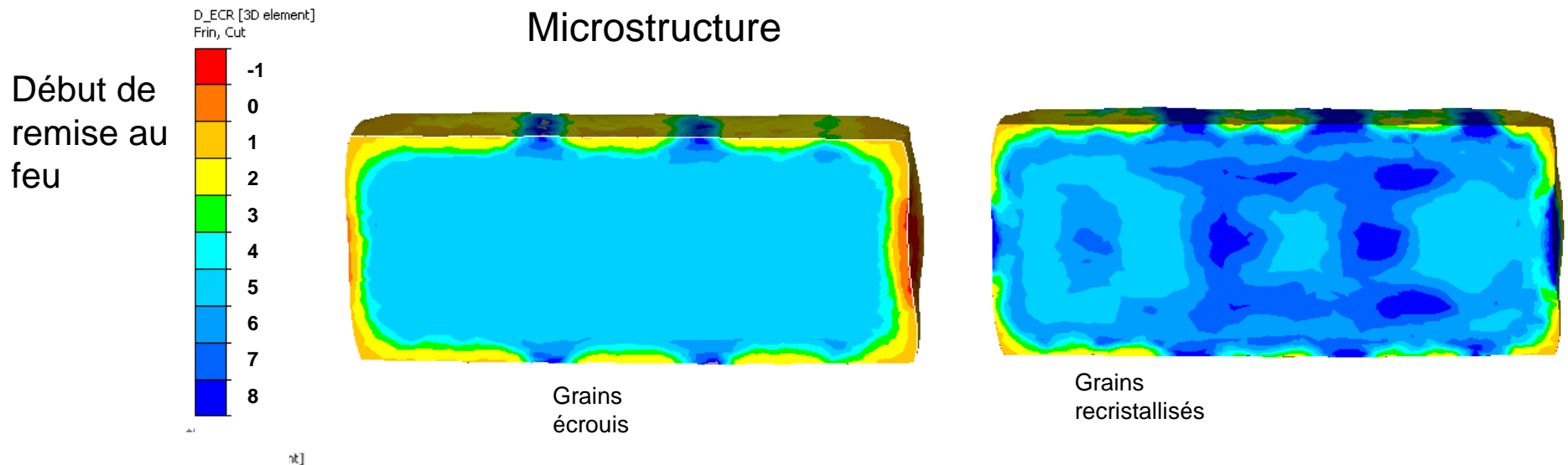
□ Etirage 1



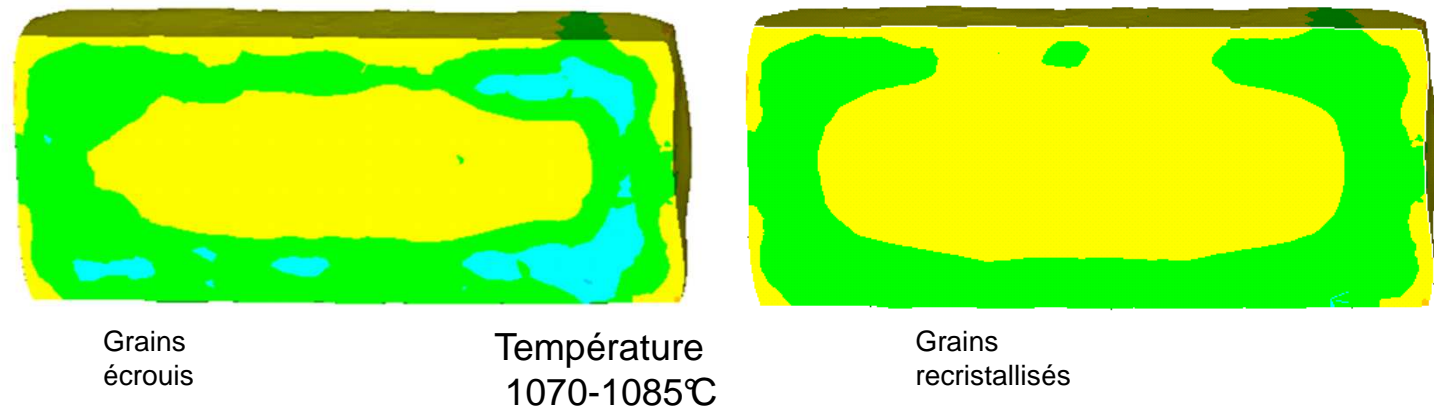
Modélisation des évolutions microstructurales

☐ Remise au feu 1120°C

CAA 470 / 540 mm



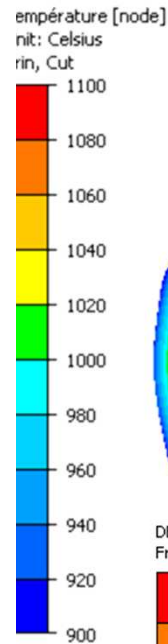
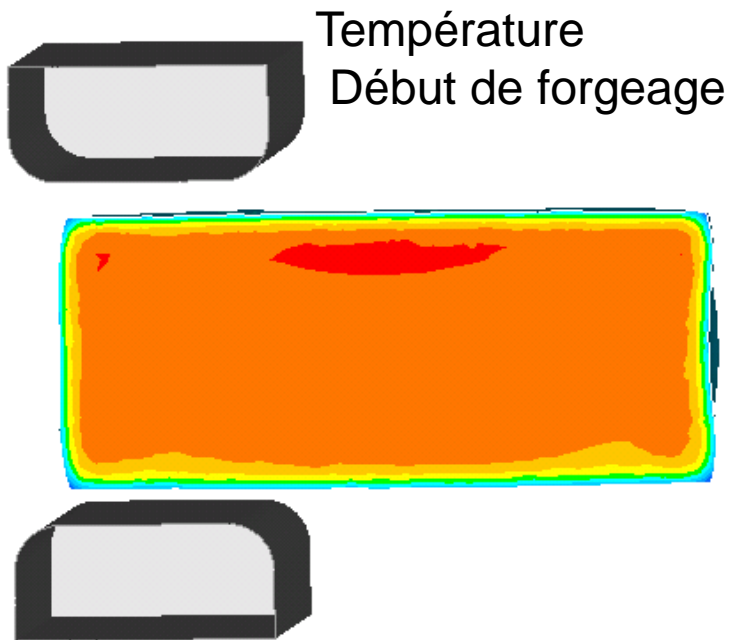
Fin de remise au feu
1120°C / 38mn



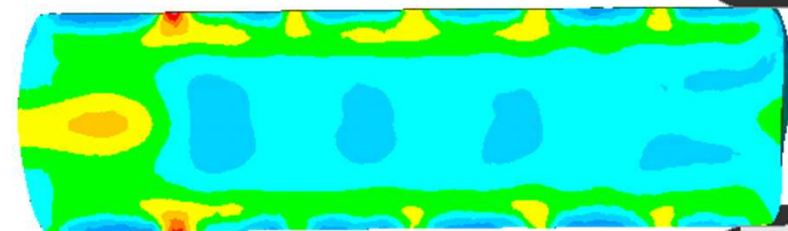
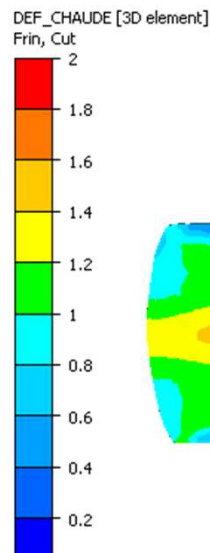
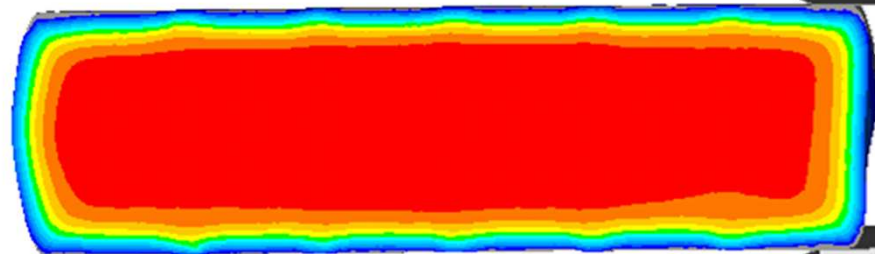
Modélisation des évolutions microstructurales

□ Etirage 2

[node]



Fin de forgeage
CAA 395 / 450mm

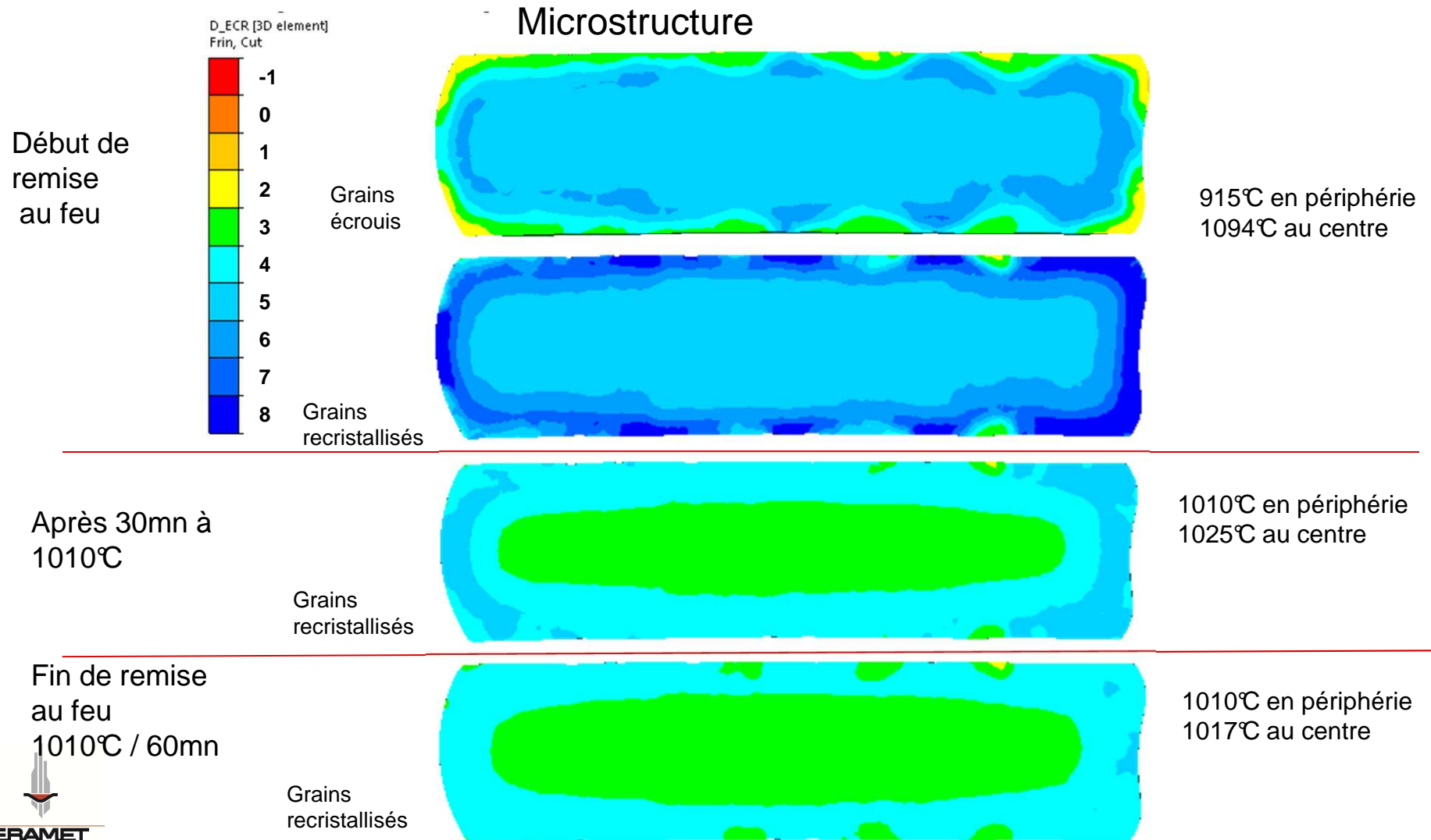


Déformation à la chaude

Modélisation des évolutions microstructurales

☐ Remise au feu 1010°C

CAA 395 / 450mm

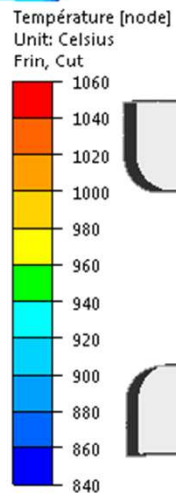


Modélisation des évolutions microstructurales

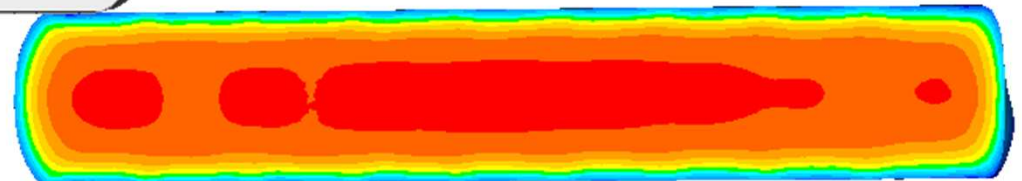
□ Etirage 3 à 1010°C



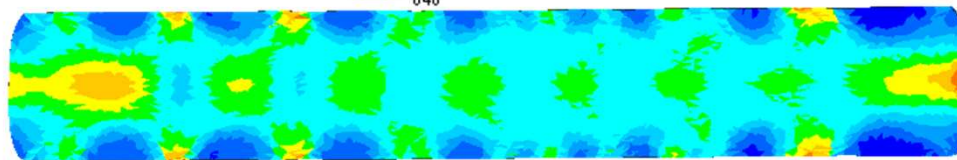
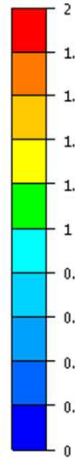
Température
Début de forgeage



Fin de forgeage
CAA 330 / 380mm



DEF_CHAUDE [3D element]
Frin, Cut



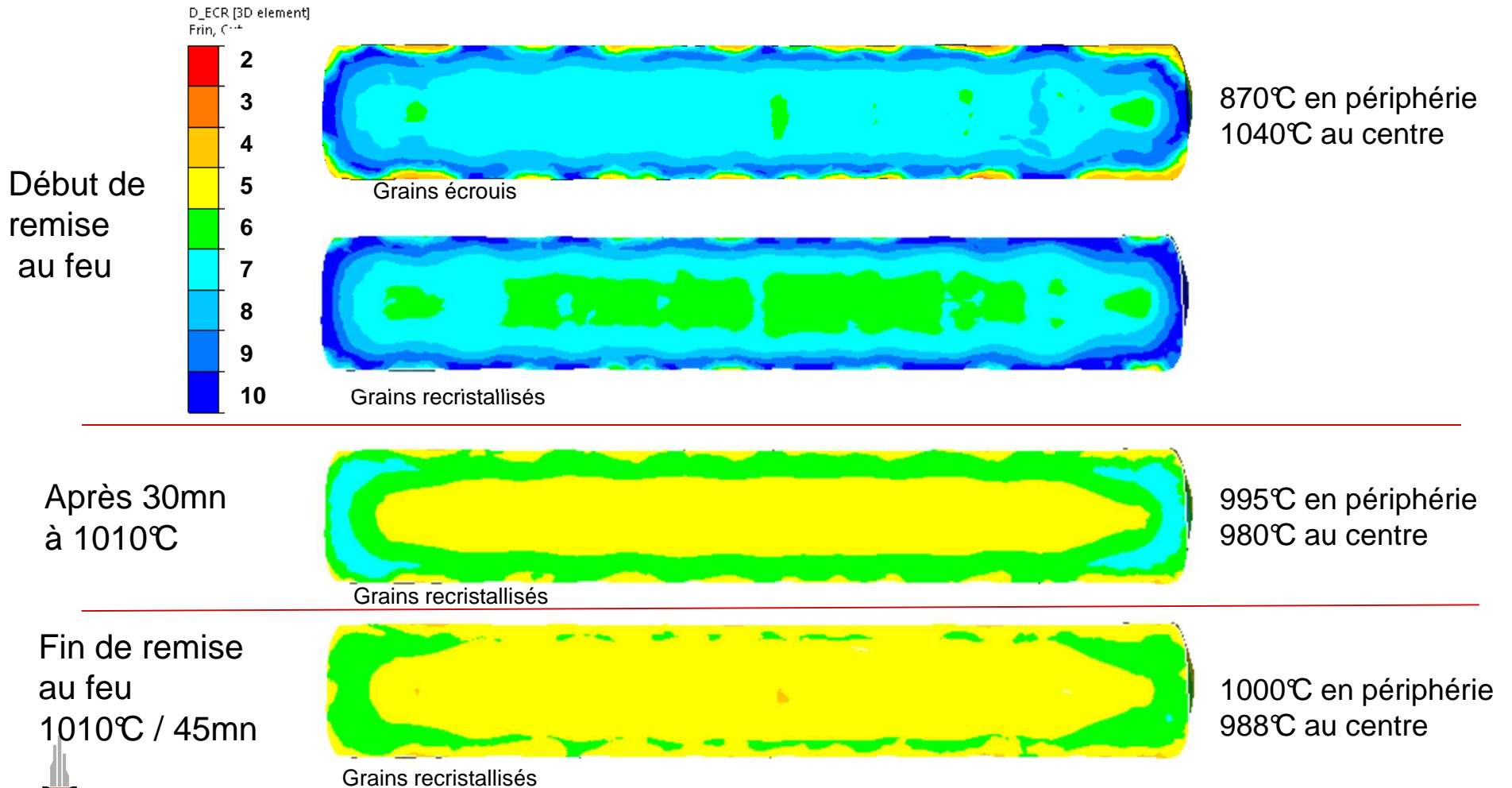
Déformation à la chaude

Modélisation des évolutions microstructurales

☐ Remise au feu 1010°C

CAA 330 / 380mm

Microstructure

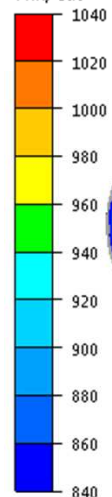


Modélisation des évolutions microstructurales

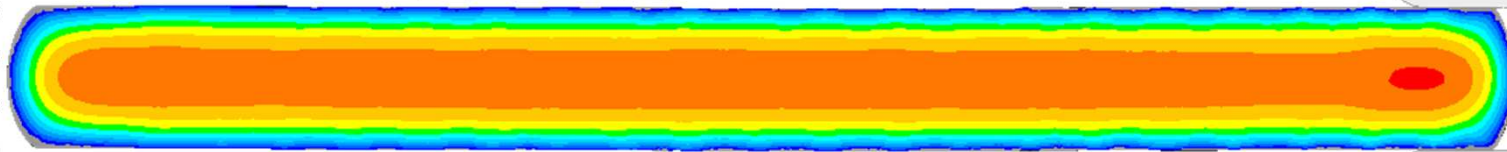
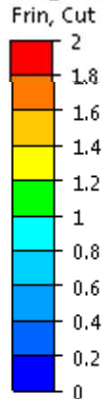
□ Etirage 4 à 1010°C

Température
Début de forgeage

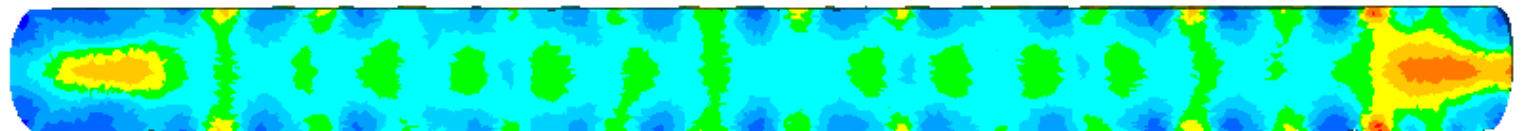
Température [node]
Unit: Celsius
Frin, Cut



DEF_CHAUDE [3D element]
Frin, Cut



Fin de forgeage CAA 265 / 315mm



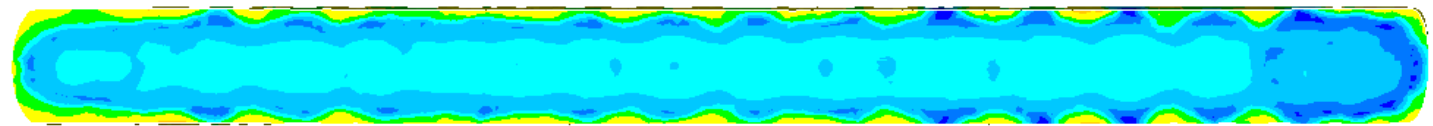
Déformation à la chaude

Modélisation des évolutions microstructurales

☐ Remise au feu 1010°C

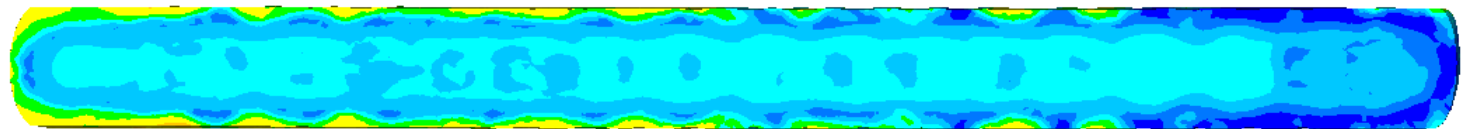
CAA 265 / 315mm

Microstructure



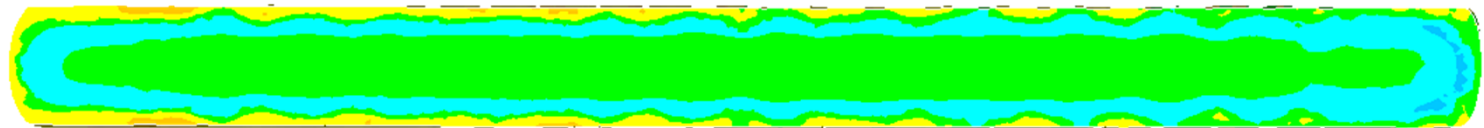
Grains écrouis

855°C en périphérie
1015°C au centre



Grains recristallisés

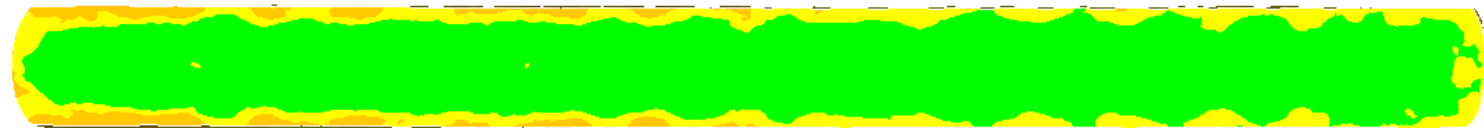
Après 30mn
à 1010°C



Grains recristallisés

980°C en périphérie
960°C au centre

Fin de remise
au feu
1010°C / 52mn



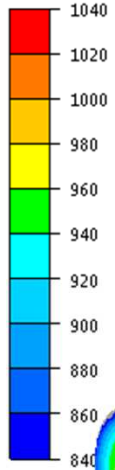
Grains recristallisés

995°C en périphérie
982°C au centre

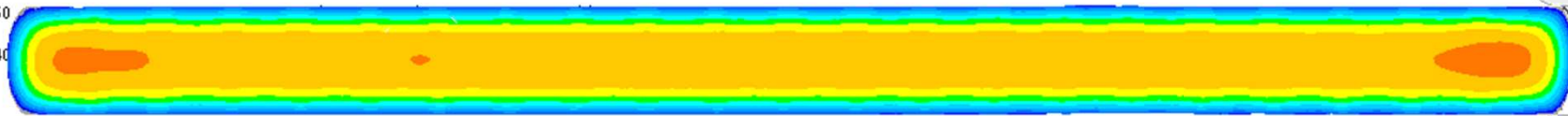
Modélisation des évolutions microstructurales

Température [node]  Etirage 5 à 1010°C

Unit: Celsius
Frin, Cut



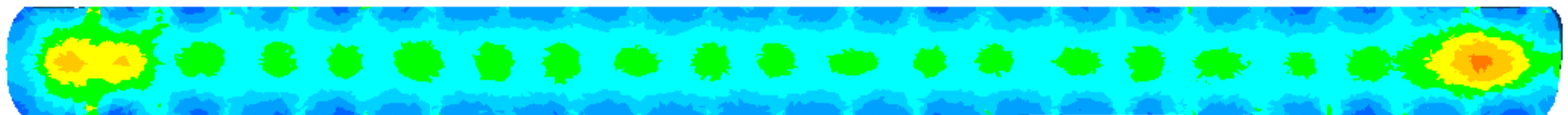
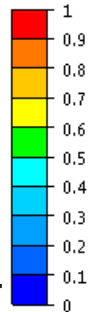
Température
Début de forgeage



Fin de forgeage Octo 265mm

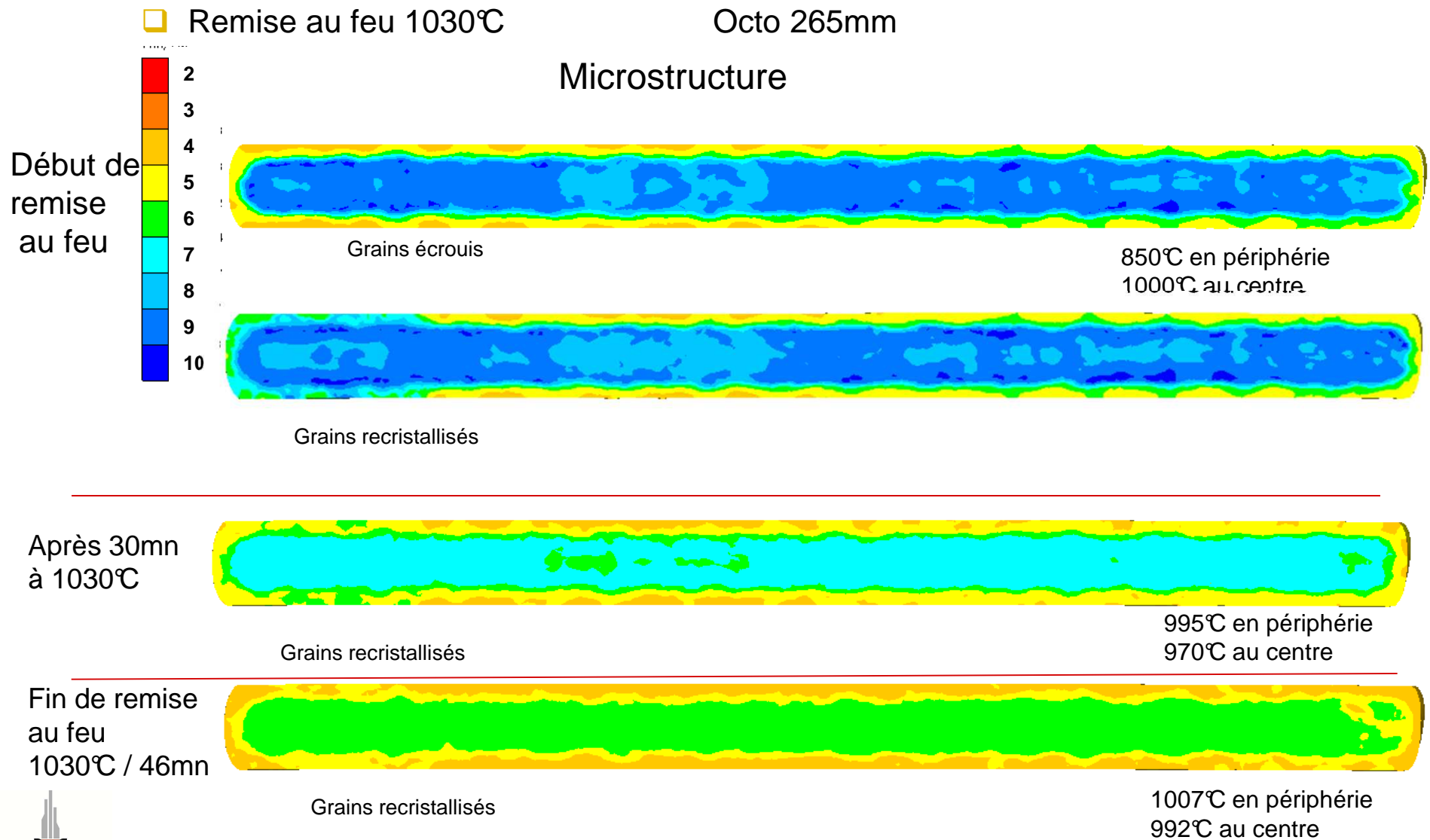
DEF_CHAUDE [3D element]

Frin, Cut

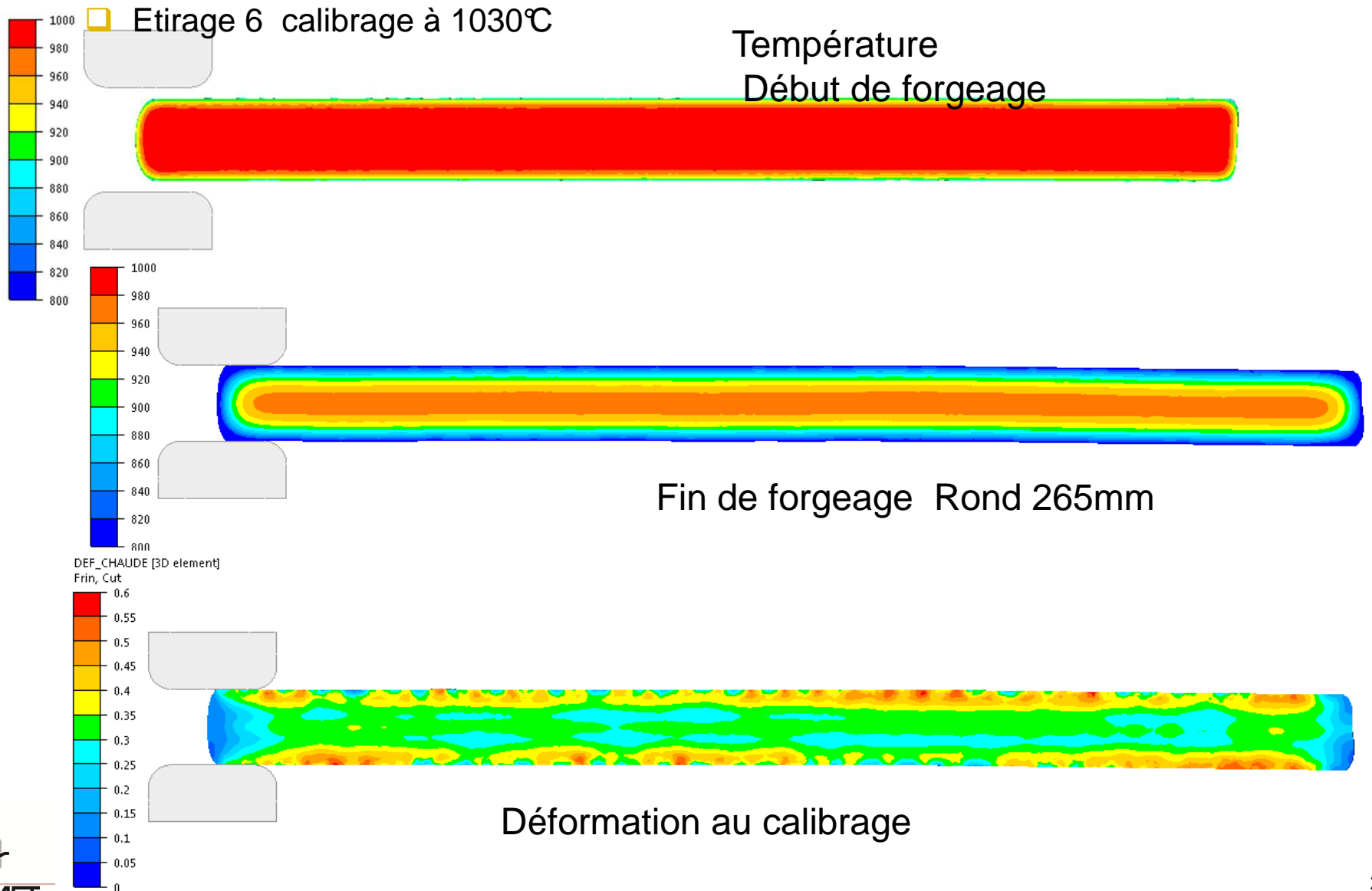


Déformation à la chaude

Modélisation des évolutions microstructurales



Modélisation des évolutions microstructurales

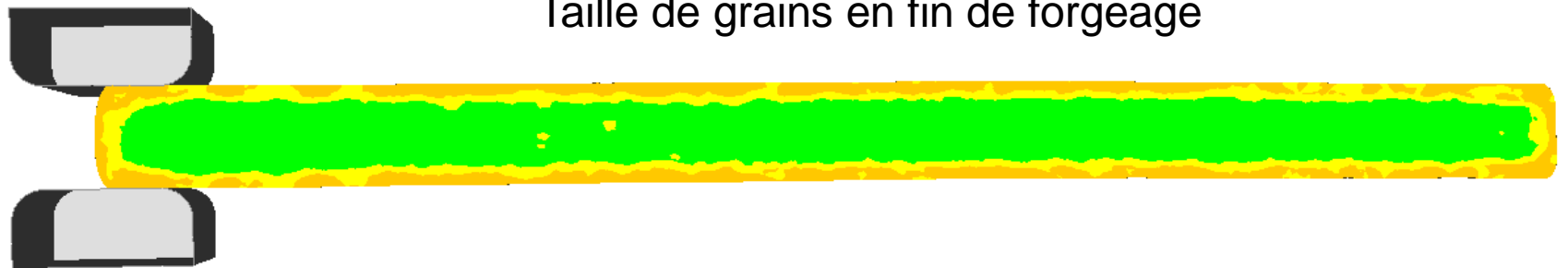
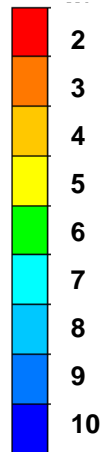


Modélisation des évolutions microstructurales

□ Etirage 6 calibrage à 1030°C

Rond 265mm

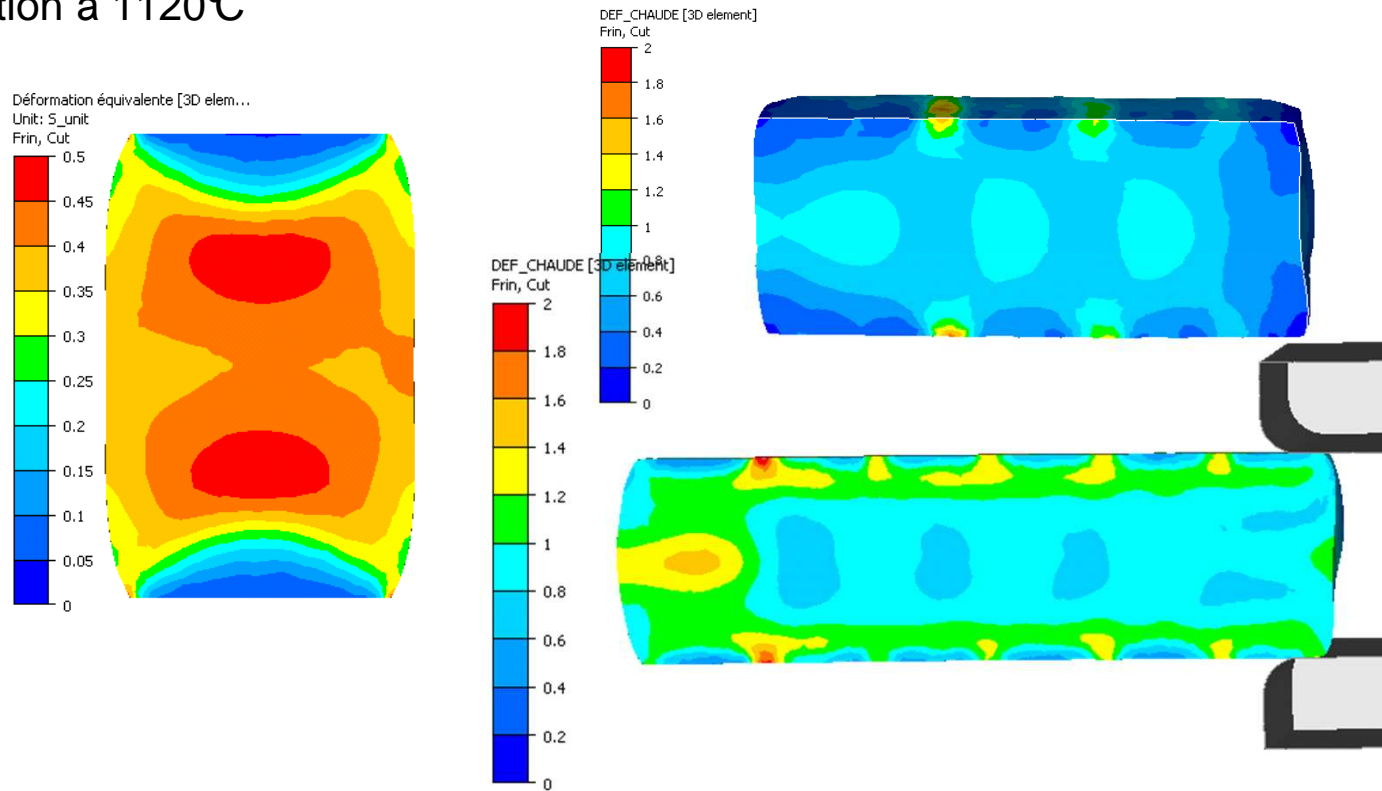
D_ECR [3D element]
Frin, Cut



Gamme CAA – Répartition des déformations

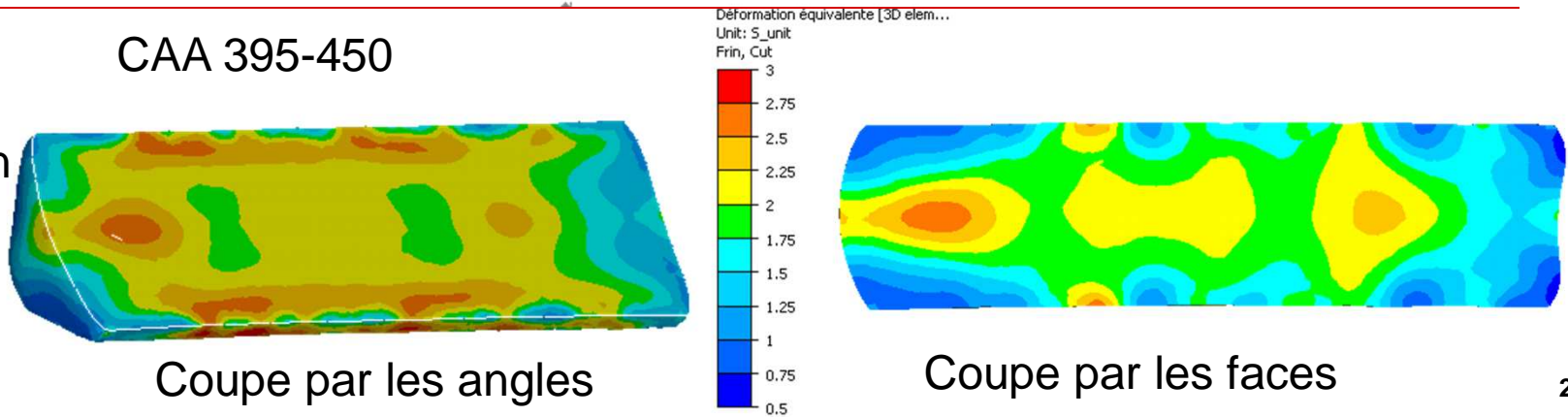
☐ Déformation à 1120°C

Déformation
par chaude



CAA 395-450

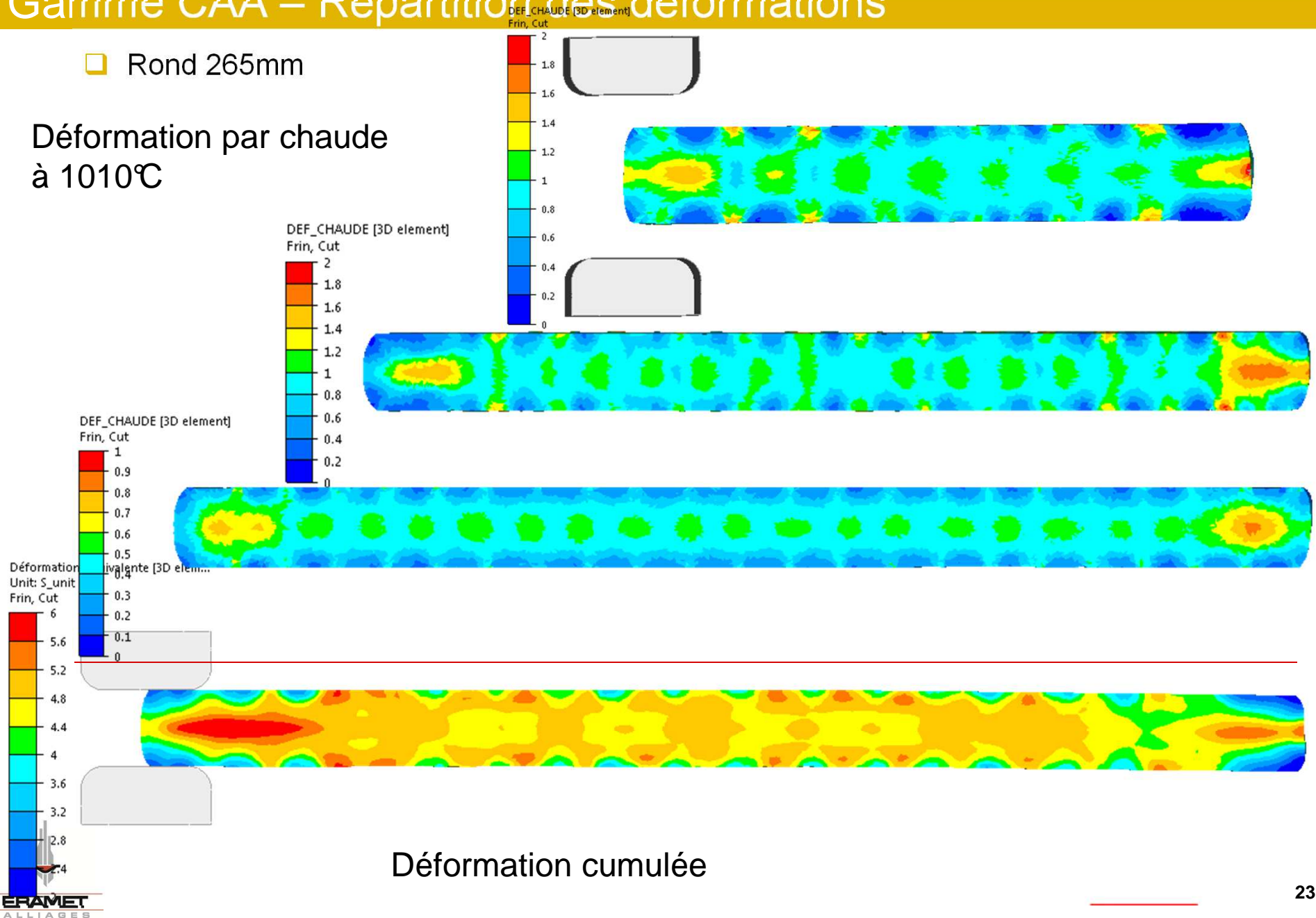
Déformation
cumulée



Gamme CAA – Répartition des déformations

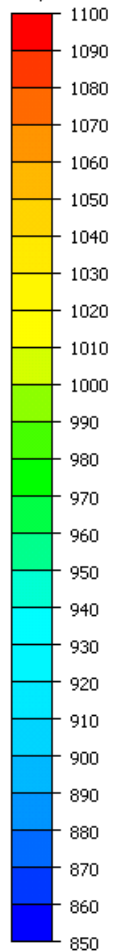
□ Rond 265mm

Déformation par chaude
à 1010°C



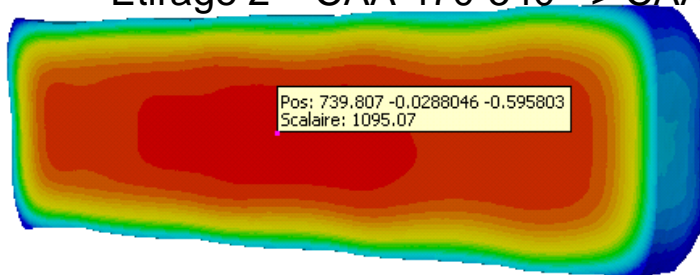
Modélisations gammes CAA

Température [node]
Unit: Celsius
Frin, Cut



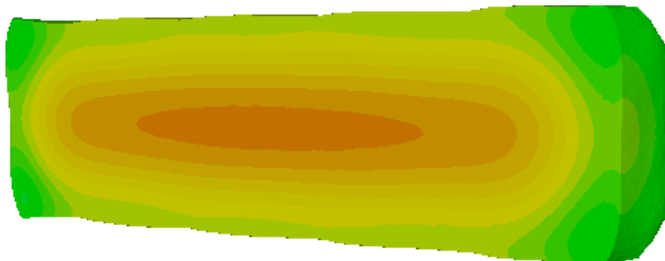
□ Champ de température en fin de chaude 3

- Etirage 2 CAA 470-540 -> CAA 395-450

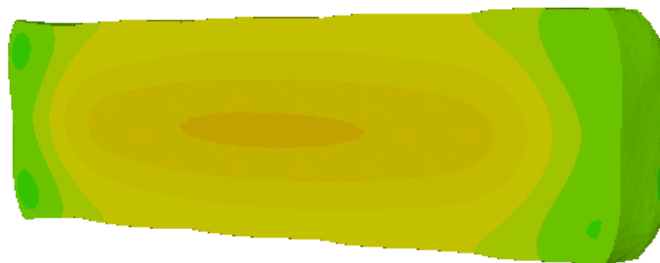


Fin de chaude 910°C en peau

Mesure pyromètre 959°C



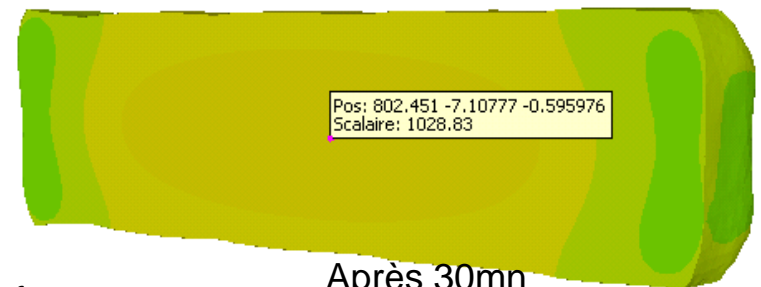
Remise au feu 1010°C
Après 10mn



Après 20mn



Après 60mn
Fin de remise au feu



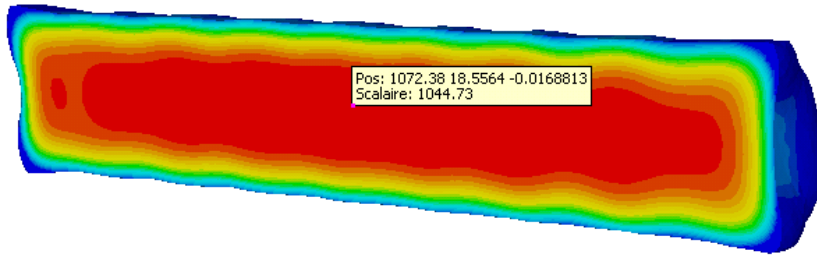
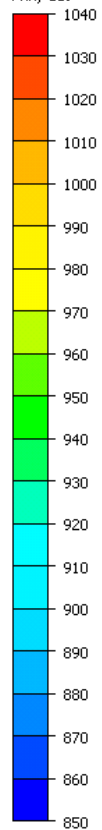
Après 30mn
de remise au feu

Modélisations gammes CAA –Essai 3

□ Champ de température en fin de chaude 4

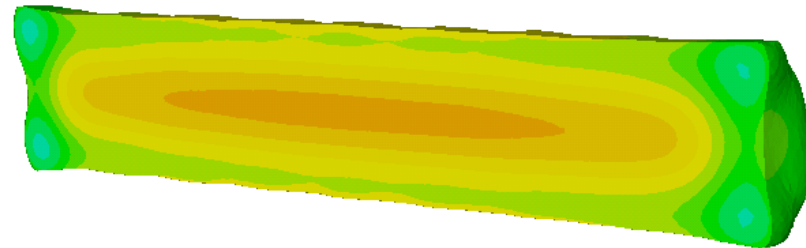
- Etirage 3 CAA 395-450 -> CAA 330-380

Température [node]
Unit: Celsius
Fini, Cut



Fin de chaude 870°C en peau

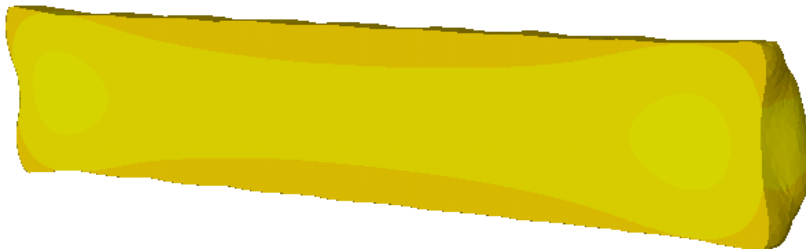
Mesure pyromètre 923°C



Remise au feu 1010°C
Après 10mn



Après 20mn

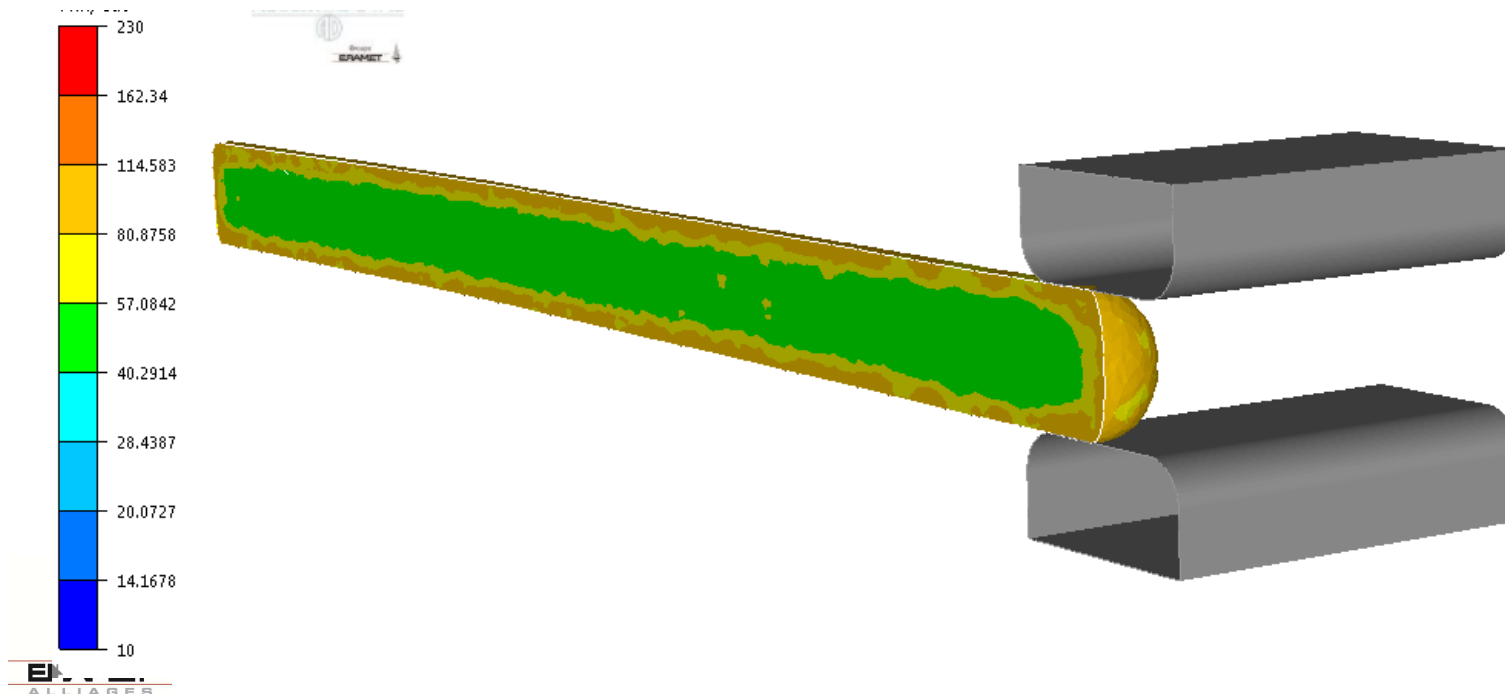


Après 45mn
Fin de remise au feu

Modélisations gammes CAA

- Champ de température en fin de chauffe 6
 - Calibrage Octo 265 - 315

Calibrage
Fin de chauffe 860°C

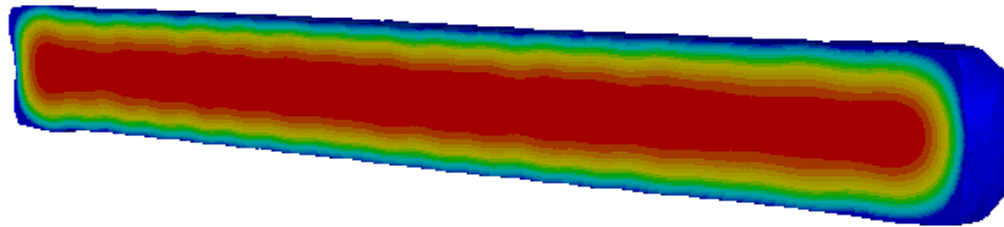
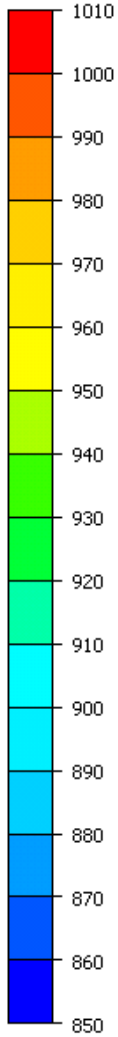


Modélisations gammes CAA

Température [node]
Unit: Celsius
Frin, Cut

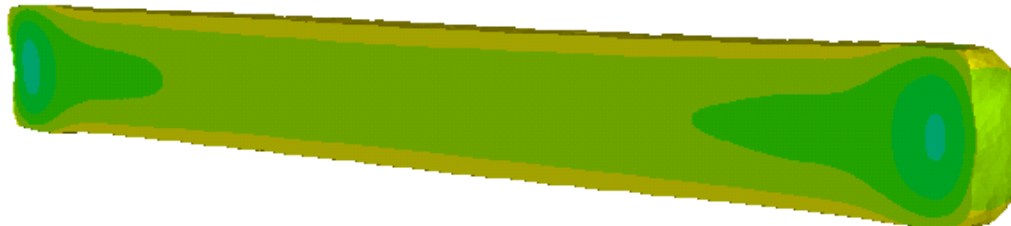
Champ de température en fin de chauffe 5

- Etirage 4 CAA 330 - 380 -> CAA 265 - 315



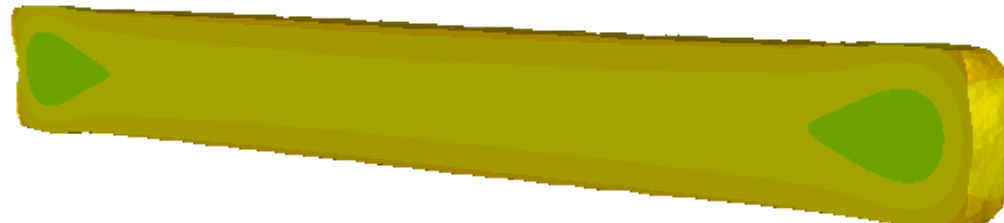
Fin de chauffe 860°C

Mesure pyromètre 903°C

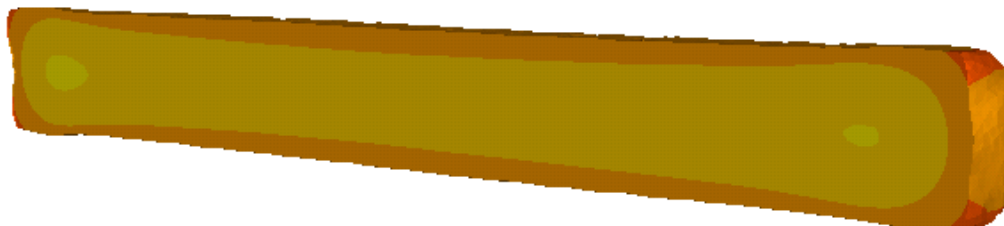


Remise au feu 1010°C

Après 15mn

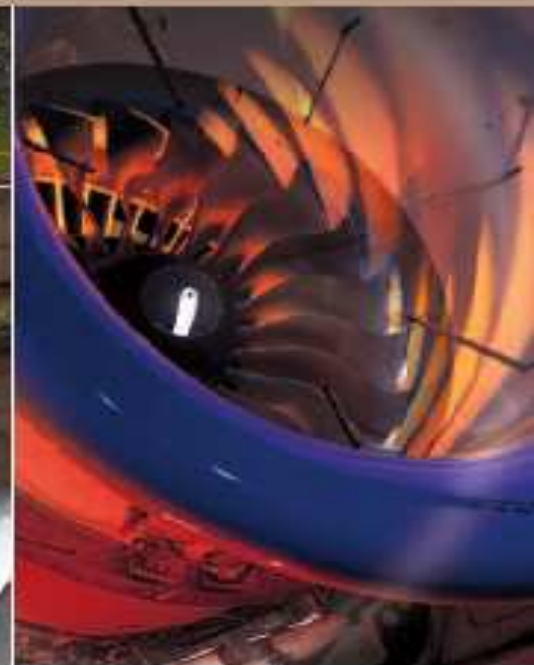


Après 30mn



Après 52mn

Fin de remise au feu



Plan d'essai d'amélioration des gammes de transformation UKAD

Réunion R&D 17/03/2014

UKAD – Aubert & Duval



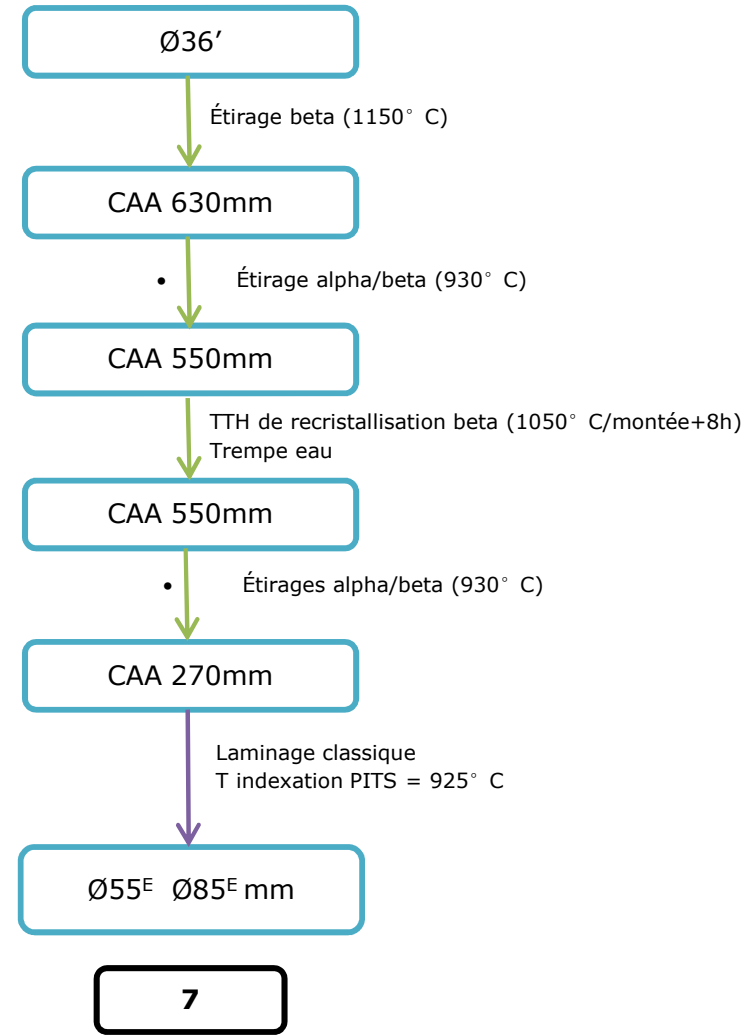
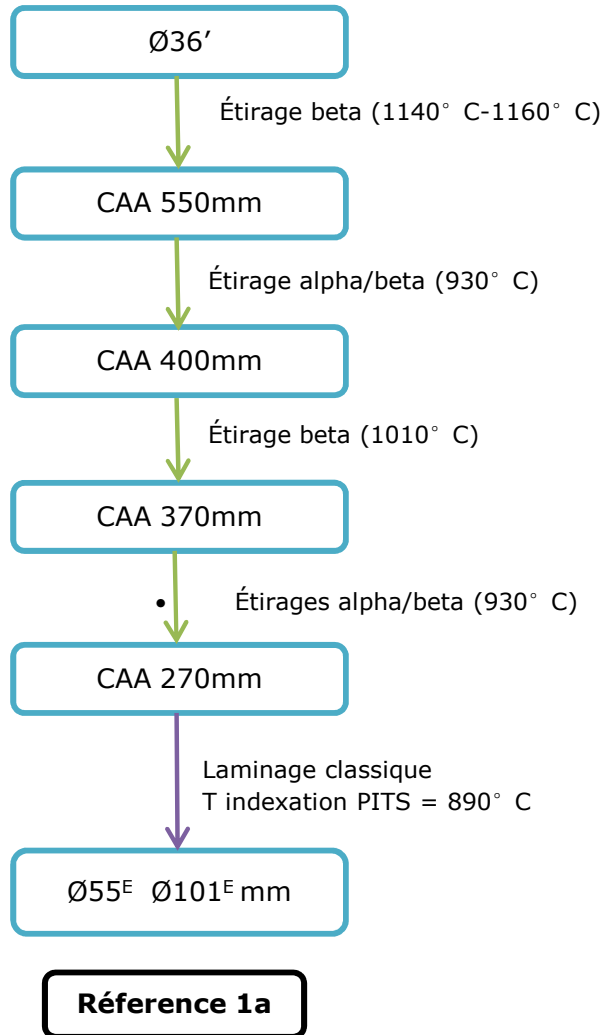
ERAMET

DES ALLIAGES,
DES MINERAIS ET DES HOMMES.

1. Retour sur les gammes de transformation “aval UKAD”

□ Rappel de la gamme de reference et de la gamme 7

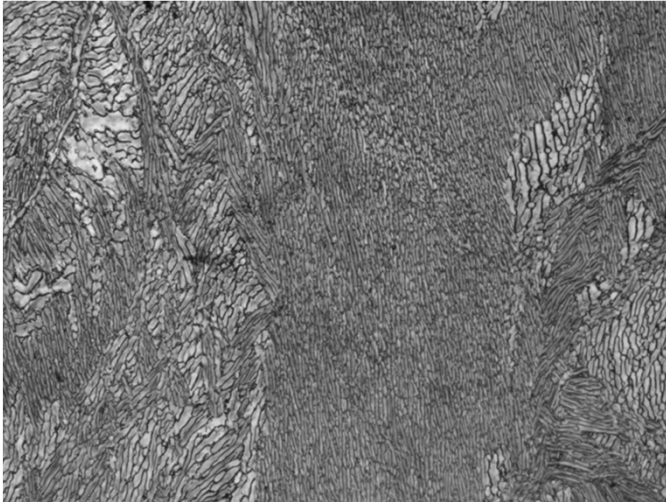
- Gamme forgeage UKAD modifiée afin d'augmenter au maximum le corroyage α/β



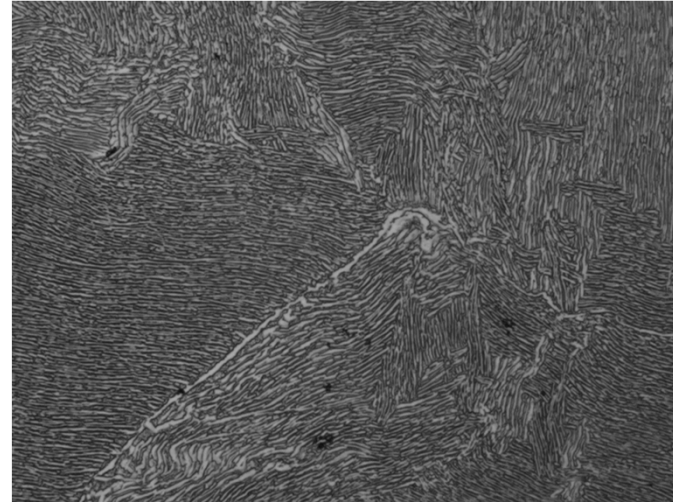
1. Retour sur les gammes de transformation “aval UKAD”

Rappel des micrographies issues de la gamme de référence (ex AABY)

Observation des demi-produits forgés au stade CAA270

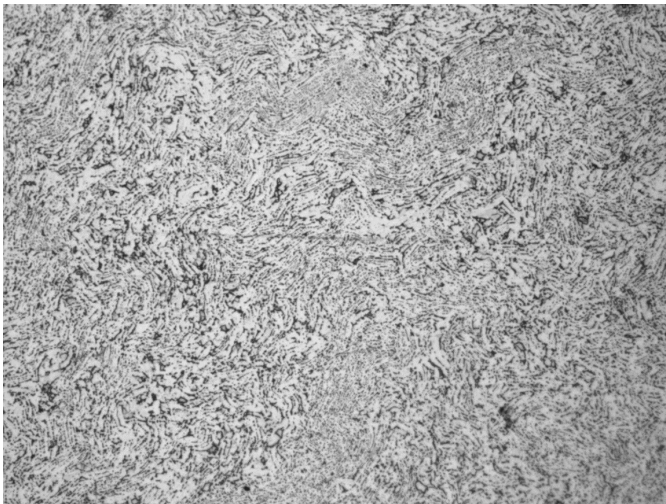


CAA 270 AABY 212 (brut de forge)
Périphérie sens L – x100

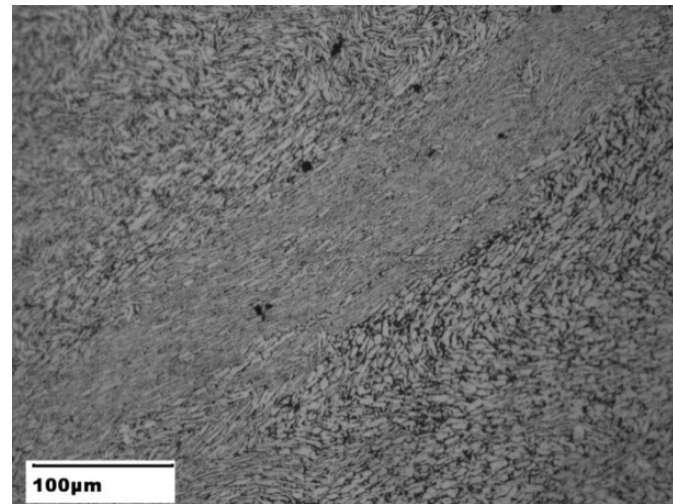


CAA 270 AABY 212 (brut de forge)
Périphérie sens T – x100

Observation des produits finis ($\text{Ø}55^{\text{E}}$ et $\text{Ø}70^{\text{E}}$ mm)



$\text{Ø}55^{\text{E}}$ mm (cliché A7-A9)



$\text{Ø}70^{\text{E}}$ mm (non livré à Stainless)

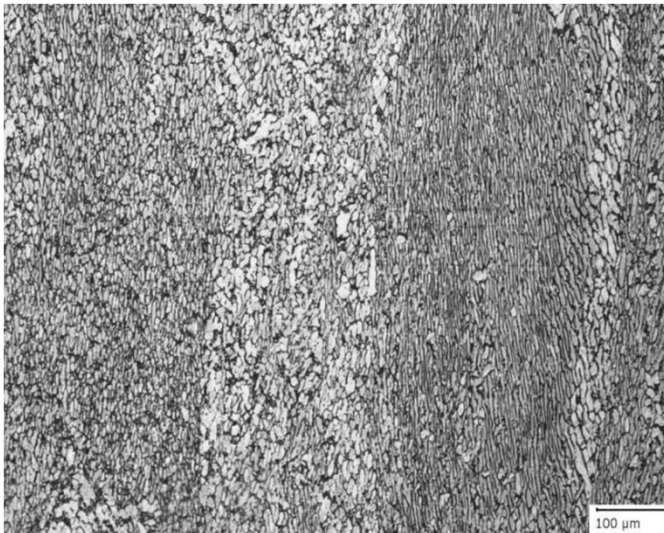
2. 1ers résultats issus de la gamme 7 (AAAG)

Matière utilisée

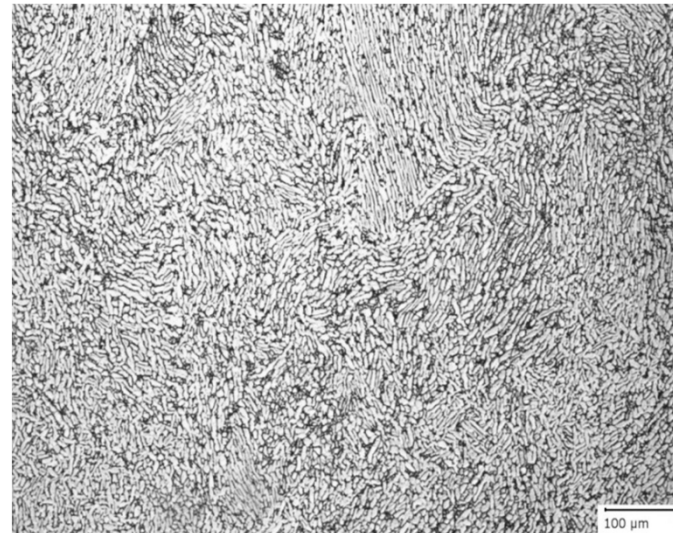
- ❑ Lingot K05S000006
- ❑ TA6V grade 5 rebuté pour O₂ faible (0,15% pour 0,16 selon analyse DRD.13-116)
- ❑ Considéré comme quasi ELI → représentatif pour l'essai
- ❑ β transus calculé (selon DL-T-0-40) : 988°C

Stade CAA 270

- ❑ Amélioration **significative** des microstructures du demi-produit



CAA 270 AAAG111X (brut de forge)
Cœur sens L – x100



CAA 270 AAAG111X (brut de forge)
Cœur sens T – x100

2. 1ers résultats issus de la gamme 7 (AAAG)

Produits laminés Ø70^E et Ø55^Emm

- ❑ Laminage de 4 ébauches CAA270 en décembre puis janvier

- ❑ Cotations microstructurales sur 3 bandes diamétrales/ébauches (tête/milieu/pied)
 - Cotations majoritaires : A3 – A5 à cœur (sévère) pour les deux dimensions
 - Microstructures homogènes sur les 3 positions
 - Aucun liseré observés, 1 nodule

- Microstructures d'une qualité équivalente au rond Ø55 d'origine ATI pour les deux dimensions

2. 1ers résultats issus de la gamme 7 (AAAG)

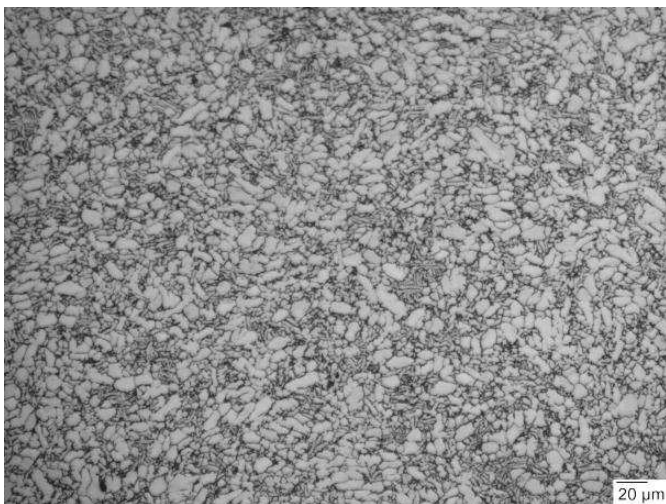
Cotation des micrographies

Produit	Position lingot	Repère	Position rayon			Commentaires	Conformité
			Cœur	Mi-rayon	Périphérie		
AAAG111 Ø72,4mm TTH UKAD	Tête	299-1	A5	A3	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
	Milieu	299-3	A5	A3	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
	Pied	299-5	A5	A3-A5	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
AAAG121 Ø72,4 mm	Tête	300-1	A3	A4	A4	Aucun liseré/nodule	Conforme
	Milieu	300-3	A3-A5	A3	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
	Pied	300-5	A3	A3	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
AAAG112 Ø57,4mm TTH UKAD	Tête	T2	A3-A5	A3	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
	Milieu	M2	A5	A3-A5	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
	Pied	P2	A3-A5	A3	A3-A5	Aucun liseré/nodule	Conforme
AAAG122 Ø57,4 mm	Tête	T1	A3-A5	A3	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
	Milieu	M1	A5	A3	A2	Aucun liseré/nodule	Conforme
	Pied	P1	A3-A5	A3	A2	Aucun liseré/ 1 petit nodule isolé	Conforme

TTH UKAD : 960°C/6h20 sur CAA270mm

2. 1ers résultats issus de la gamme 7 (AAAG)

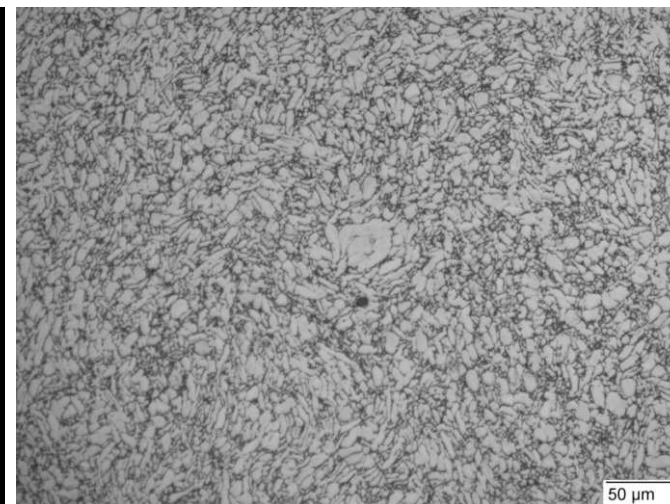
Micrographies sur produits laminés $\varnothing 70^E$ et $\varnothing 55^E$ mm (sans TTH)



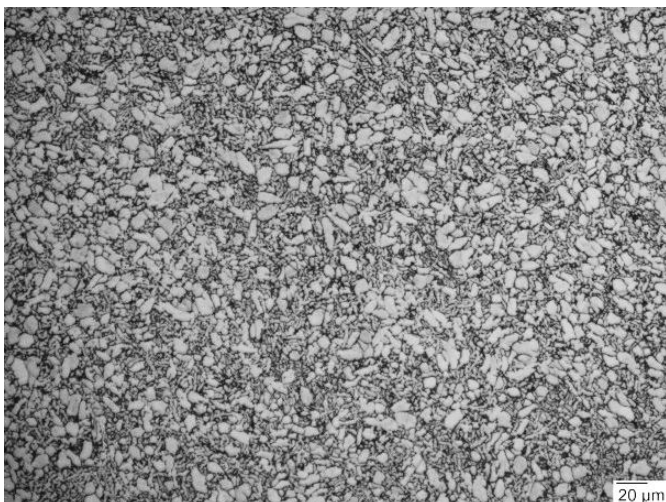
A3/A5 - LL0100300 (3), $\varnothing 70^E$ mm
Cœur, sens T, x200



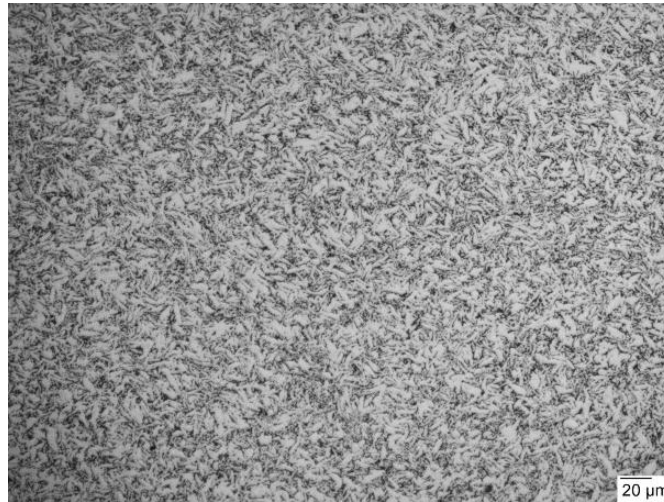
A2 - LL0100300 (3), $\varnothing 70^E$ mm
Périphérie, sens T, x200



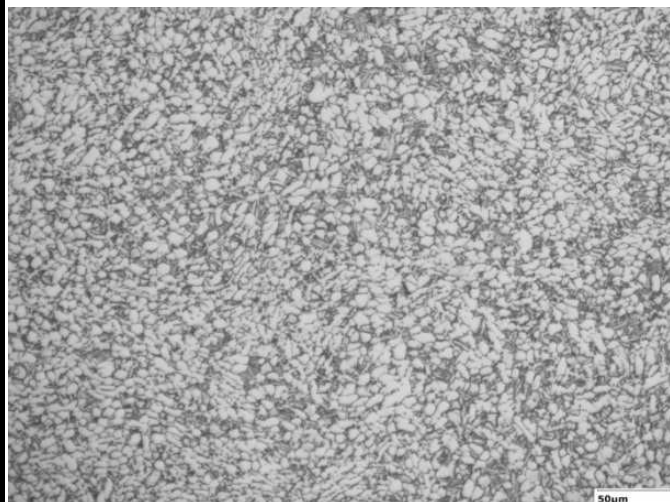
Nodule - LL0100307 $\varnothing 55^E$ mm,
Mi-rayon, sens T, x200



A5 - LL0100307 (M1), $\varnothing 55^E$ mm
Cœur, sens T, x200



A2 - LL0100307 (M1), $\varnothing 55^E$ mm
Périphérie, sens T, x200



Référence $\varnothing 55$ mm d'origine ATI
Cœur, sens T, x200

2. 1ers résultats issus de la gamme 7 (AAAG)

Conclusions de ces premiers essais

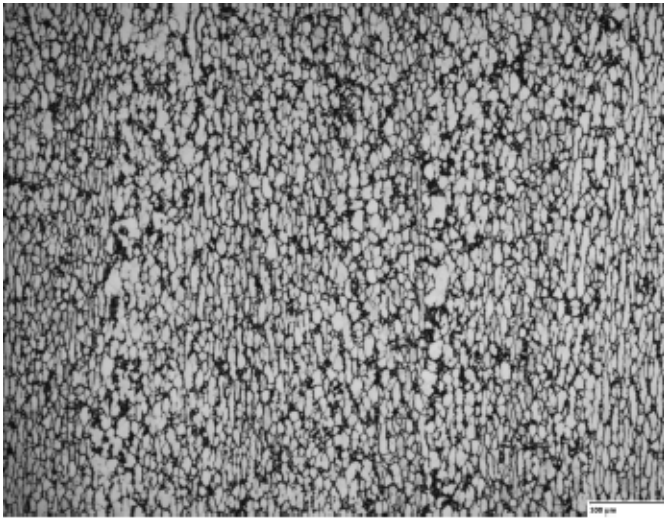
- ❑ La gamme n°7 apporte une amélioration très significative à la qualité des microstructures
- ❑ La qualité des microstructures est équivalente à ATI
- ❑ C'est la gamme de transformation choisie pour les produits Stainless Ø55^E jusqu'à Ø85^Emm
- ❑ Le TTH n'est pas nécessaire pour assurer le critère $ETTC2 \leq A5$
- ❑ L'utilisation et la mise au point du TTH serait à réaliser pour assurer le critère $ETTC2 \leq A5$
- ❑ Les autres gammes de transformation semblent moins intéressantes
 - Essais mis en stand by

2. Essais de reproductibilité de la gamme 7 (AAKL)

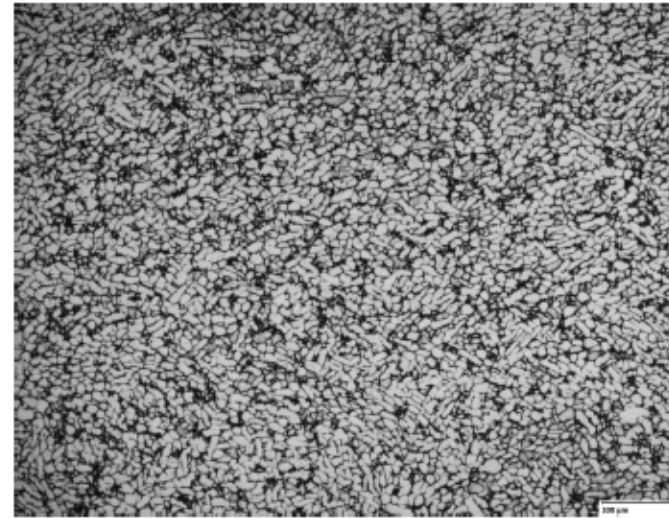
Matière utilisée

- ❑ Composition conforme au TA6V ELI (ET14-110)
- ❑ β transus calculé (selon DL-T-0-40) : 973°C

Stade CAA270 (ET14-110)



CAA 270 AAKL11 (brut de forge)
Cœur sens L – x100



CAA 270 AAKL11 (brut de forge)
Cœur sens T – x100

- ❑ Microstructure comparable à AAAG à ce stade

2. Essais de reproductibilité de la gamme 7 (AAKL)

Produits laminés $\text{Ø}70^{\text{E}}$, $\text{Ø}65^{\text{E}}$ et $\text{Ø}60^{\text{E}}$ mm

- ❑ Laminage de 8 ébauches CAA270 en février
 - 4 pour $\text{Ø}70^{\text{E}}$ mm
 - 4 pour $\text{Ø}60^{\text{E}}$ mm
 - 2 pour $\text{Ø}65^{\text{E}}$ mm pas encore caractérisé

- ❑ Cotations microstructurales sur 3 bandes diamétrales/ébauches (tête/milieu/pied)
 - Cotations majoritaires : **A5 – A8** à cœur (peu sévère) pour les deux dimensions
 - Microstructures non conformes
 - Aucun liseré observé, 2 nodules

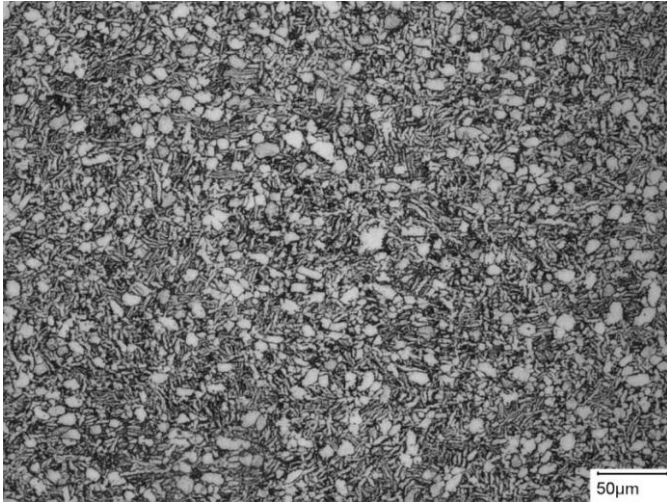
2. Essais de reproductibilité de la gamme 7 (AAKL)

Cotation des micrographies

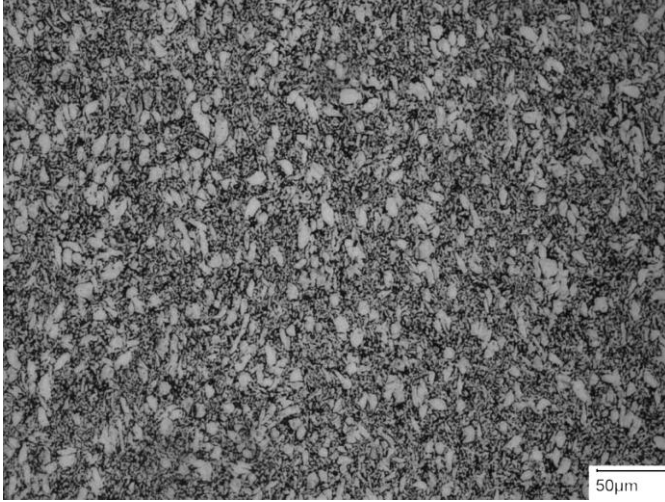
OF	Produit	Position lingot	Repère	Position rayon			Commentaires	Conformité
				Cœur	Mi-rayon	Périphérie		
AAKL LL0101697	Ø60mm	Tête	697-1	A8	A5	A2	Aucun liseré	Non conforme
		Milieu	697-2	A5	A5-A3	A2-A3	Aucun liseré	Conforme
		Milieu	697-3	A5 (limite A8)	A5 (limite A8)	A2-A3	Aucun liseré	A proposer à Stainless
		Pied	697-4	A8	A5	A2	Aucun liseré	Non conforme
AAKL LL0101864	Ø72,5mm	Tête	864-1	A8	A5	A2	Aucun liseré	Non conforme
		Milieu	864-2	A8	A5 (limite A8)	A2-A3	Aucun liseré	Non conforme
		Milieu	864-3	A5	A3-A5	A2	Aucun liseré	Conforme
		Pied	864-4	A5 (limite A8)	A5	A2	Aucun liseré/ 2 gros nodules	A proposer à Stainless

2. Essais de reproductibilité de la gamme 7 (AAKL)

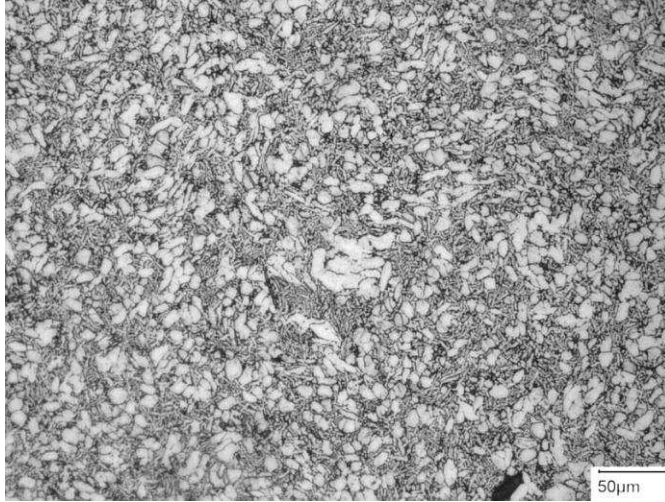
Micrographies sur produits laminés $\text{\O}70^E$ et $\text{\O}60^E$ mm



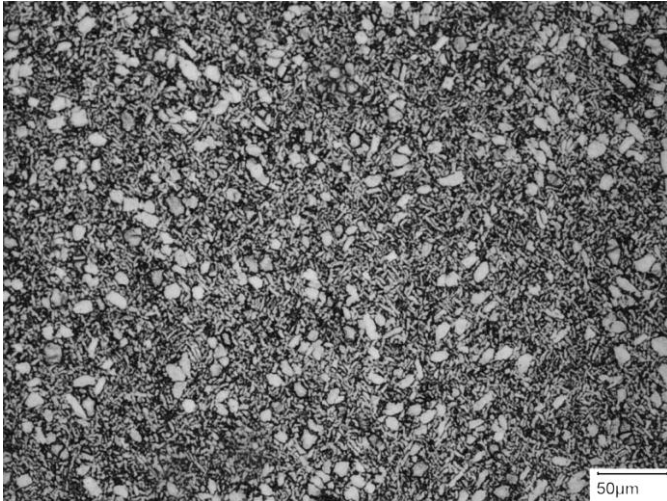
A8 - LL0101864 (2), $\text{\O}70^E$
Cœur, sens T, x200



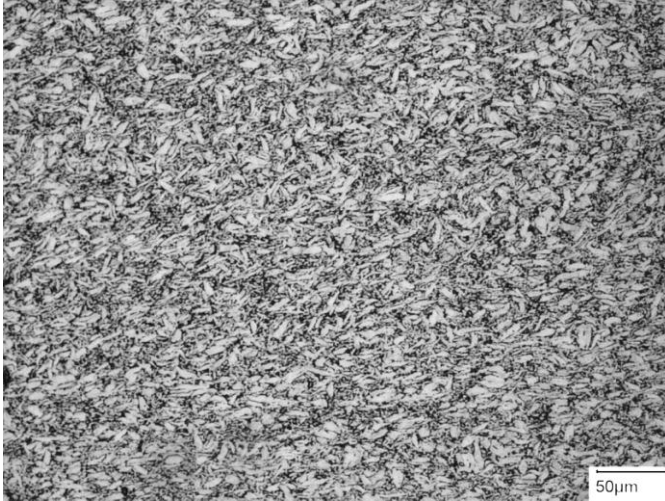
A2/A3 - LL0101864 (2), $\text{\O}70^E$
Périphérie, sens T, x200



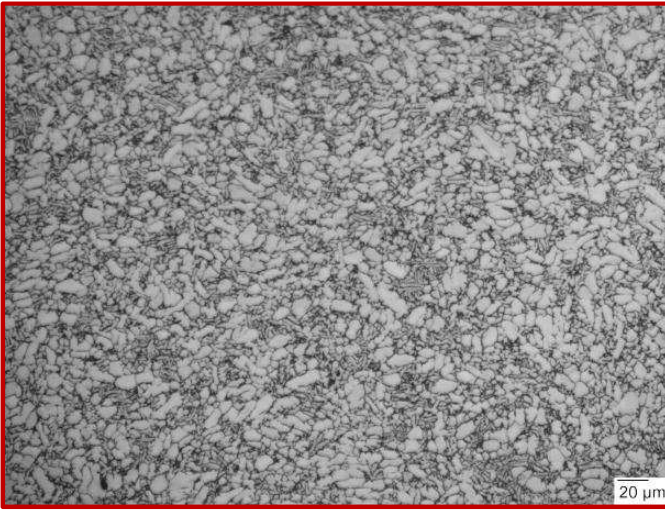
Nodule - LL0101864 (4), $\text{\O}70^E$
Périphérie, sens T, x200



A8 - LL0101697 (1), $\text{\O}60^E$
Cœur, sens T, x200



A2 - LL0101697 (1), $\text{\O}60^E$
Périphérie, sens T, x200



LL0100300 $\text{\O}70^E$ mm
Cœur, x200, sens T, x100

3. Cause de cette non conformité

- ❑ Relevés températures stables entre les 2 fabrications (même PITS)
- ❑ Problème d'écart de β transus (valeurs calculées)
 - AAAG : 988°C
 - AAKL : 973°C
- ❑ → Laminage en limite du β transus

4. Résultats attendus

Cotation des 2 AAKL pour Ø65^Emm (LL0101863)

- Consigne de laminage identique aux fabrications précédentes
 - Attente de résultats au moins identiques aux précédents
- Résultats microstructures courant S12

Laminage de 2 CE AAKL supplémentaires pour Ø70^Emm (LL0102164)

- Laminés le 13 mars en Ø74mm au lieu de 72,4mm
- Consignes PITS diminuées (920°C au lieu de 940°C)
- Résultats courant S13