

Émetteur : Mariline LAMOLIATTE

Date : 30/05/2016

Direction /Service : DT/DRD

Réf. DRD.16-040

Date de la réunion : 23/05/2016

Participants :

UKAD : Yvon LE COLLEN, Patrick DELABORDE, Benoit DELVINCOURT, Philippe JACQUET Aurélien PETITJEAN

AD : Christian DUMONT, Romain FORESTIER, Alexandre FORNARA, Eric GEORGES, Philippe HERITIER, Mariline LAMOLIATTE, Jacques LECADET, Jean-Baptiste MAILLET, Arnaud VEZIAN,

Lieu : UKAD

Destinataire(s) : Participants, Laurent CLUZEL, Vincent ALBERT, Marion BESSAGNET, Hervé CHAVANNE, Mélanie HERTEREAU, Stéphane HOLLARD, Philippe PETIT, Fabrice POUHEY, Pierre VIVIES

Copie(s) : Mohamed EL HADRI, Jean-Charles NIETO

Objet : Réunion UKAD/R&D trimestrielle (2016 n°2)

Tableaux disponibles sur le réseau : \\AK11V01\Ukad\03_Projets\00_UKAD\12 - Métallurgie\R&D\Essais Récapitulatif des essais à venir et des actions :

N° essai	Principe de l'essai	Projet	Validation	Statut	Conditions d'essai	Période de l'essai	Pilote / Equipe
1	Sur lot STUBS : enfournement four chaud 1150°C sur 3 lingots + le mannequin en X18MNBZ, avec 11h de temps de maintien.	BA002	Essai validé	A démarrer	Définies	à partir de S24	Aurélien PETITJEAN / Alexandre FORNARA, Mariline LAMOLIATTE
2	Sur commande (pas de risque de détériorer la structure) : Refaire un essai de refroidissement lent après avoir réchauffé le produit à 940°C. Le faire refroidir au moins jusqu'à 900°C	BA003	Essai validé	A démarrer	Définies	A bien eu lieu 22 mai, à recommencer !	Aurélien PETITJEAN / Mariline LAMOLIATTE
3	Sur lot STUBS : recommencer l'essai "3 chaudes" et "7 chaudes" en finition, avec un autre passe par passe pour l'essai "7 chaudes"	BA003	Essai validé	A démarrer	Définies	enfournement lingot S18, finition S24 En cours	Aurélien PETITJEAN / Mariline LAMOLIATTE
5	Essais gamme Presse Forge		Essai validé	A démarrer	Définies	début S18	Aurélien PETITJEAN
6	Sur lot STUBS : 1 gamme sans MAT à la finition, une gamme avec recristallisation tardive, une gamme avec les deux.	BA003	En standby				
7	Sur lot commande : Enchaînement de la trempe et de la finition + sans MAT en finition	BA003	En standby				

Projets R&D :

- BA002 - Optimisation du chauffage et validation outils UKAD
- BA003 - Mise au mille, gammes et qualité barres en TA6V

Tableau 1 : Récapitulatif des essais atelier



N° de l'action	Action	Projet	Délai	Pilote(s)	Statut	Commentaire
1	Planifier et définir les conditions de l'essai n°1	BA002	S19	Mohamed El Hadri, Alexandre FORNARA, Mariline LAMOLIATTE, Aurélien PETITJEAN	en cours	Condition d'essai rédigée
4	Planifier et définir les conditions de l'essai n°2	BA003	S19	Mohamed El Hadri, Mariline LAMOLIATTE, Aurélien PETITJEAN	en cours	Oubli de la mise à terre, à refaire !
7	Rédaction du rapport d'étude présentant les premiers résultats (comparaison métal UKAD/concurrent)	BA003	S25	Mariline LAMOLIATTE	A démarrer	
8	Réalisation des essais complémentaires définis dans le tableau du CR DRD.15-039 (comparaison métal UKAD/concurrent)	BA003	S25	Mariline LAMOLIATTE	A démarrer	
9	Mettre en production la nouvelle méthode de cotation	BA003	S36	Mariline LAMOLIATTE Laurent CLUZEL Joseph CALLA	en cours	
11	Micro sur barres traitées Ø430mm ABFG et AAJA 2		S18	Philippe JACQUET Mariline LAMOLIATTE	A démarrer	
12	Coter un Ø330mm standard pour créer une référence et comparer avec les résultats de cet essai	BA003	S17	Mariline LAMOLIATTE	en cours	1 cotation / 2
13	Faire le bilan du nombre de liserés sur le carré et analyser la réduction du nombre de liserés entre le carré et le rond.	BA003	S18	Mariline LAMOLIATTE	A démarrer	
14	Analyse du taux de phase alpha primaire en fonction de la température de 2 coulées standards et 2 coulées bêta	BA003	S20	Mariline LAMOLIATTE Laurent CLUZEL	en cours	
15	Trouver une billette (suffisamment massive) pour servir de 4ème lingot pour l'essai 1	BA002	S24	TOUS, Piste de Philippe JACQUET	en cours	
16	Terminer l'intercomparaison (DL-T-0-43)	BA003	S30	Mariline LAMOLIATTE Laurent CLUZEL	en cours	
17	Organiser une réunion avec le laboratoire	BA003	S26	Laurent CLUZEL	A démarrer	

Tableau 2 : Récapitulatif des actions

Ordre du jour de la réunion

- ✓ Bilan des actions (tableau de suivi) (ML et tous)
- ✓ 1 Conditions des prochains essais (ML)
 - Enfournement four chaud 1150°C
 - Refroidissement lent après remise au feu
 - Détermination de l'influence du nombre de chaudes en finition
- ✓ 2 Détermination de la température de forgeage α/β de la nouvelle chimie bêta (haut transus) (ML)
- ✓ 3 Mise en place d'un nouveau système de cotation des microstructures du TA6V (ML, LCL)
- ✓ 4 Synthèse des dernières études académiques : Acquis, incertitudes et perspectives (CD)
- ✓ 5 Conclusion sur chauffage SMX sur plusieurs lits dans le FD12 (AF, ML)

1 Conditions des prochains essais

1.1 Chauffage lingot à 1150°C - Enfournement four chaud (annexe 1)

Pilote : Yvon LE COLLEN

L'enfournement de 3 lingots pour STUBS dans un four chaud aura lieu à partir de S24. Il ne sera pas nécessaire d'instrumenter la charge, car cela a déjà été fait à plusieurs reprises. Par contre, il est nécessaire de mettre un 4^{ème} « lingot » dans le four pour reproduire l'effet d'ombrage. Le mannequin instrumenté aurait pu faire office de 4^{ème} lingot, mais il ne sera sûrement pas disponible pour l'essai. Une billette est peut être disponible à UKAD pour réaliser l'essai.

Action 1 : Planifier un **essai 1** d'enfournement four chaud lors d'une campagne STUBS sur 3 lingots + le mannequin, avec 11h de temps de maintien

Action 15 : Trouver une billette (suffisamment massive) pour servir de 4^{ème} lingot pour l'**essai 1**.

1.2 Refroidissement lent après remise au feu (annexe 2)

Les résultats de l'essai de refroidissement final sur la globularisation n'ont pas été concluants, alors que les essais en laboratoire l'avaient été. Néanmoins, en laboratoire, la micrographie avait été rechauffée avant le refroidissement lent. Il a donc été décidé de répéter l'essai de refroidissement lent final en ayant réalisé une remise au feu entre le dernier forgeage et le refroidissement. Cet essai a été réalisé sur une commande (ABYH) le 22 mai. Il faudra le refaire car la remise au feu n'a pas été faite.

Action 4/Essai 2 : Refaire un essai de refroidissement lent après avoir rechauffé le produit à 950°C.

Fait le 22 mai, mais à refaire -> oubli de la remise au feu

1.3 Influence du nombre de chaude en forgeage finition sur la microstructure (annexe 2)

Pilote : Aurélien PETITJEAN

Les stages sur les mécanismes de globularisation ont montré les effets bénéfiques des maintiens en température et des remises au feu sur échantillons en laboratoire. Industriellement, cela revient à augmenter le nombre de chaude. Un essai industriel a eu lieu en décembre. Le but était de valider que plus il y a de chaude, meilleure est la microstructure (globularisation et liserés).

Un premier essai a consisté à forger 3 lingots de la même manière jusqu'à la trempe. Lors de la finition, on applique un nombre de chaudes différent.

Les OF sont les suivants :

- WAFN : 4 chaudes (3 déformantes, $K \approx 1,65$)
- WAFO : 6 chaudes (5 déformantes, $K \approx 1,35$)
- WAFP : 8 chaudes (7 déformantes, $K \approx 1,25$)

Les résultats sont globalement les suivants :

- La gamme WAFN avec 3 chaudes déformantes en finition donne des résultats plus mauvais en termes de liserés. La gamme présentant la meilleure note globale est WAFO (5 chaudes déformantes en finition). WAFP (7 chaudes déformantes en finition) n'a pas donné les résultats escomptés.
- En analysant le passe par passe (voir présentation en annexe), on se rend compte que la gamme de WAFP a des passes peu déformantes et que les barres ont globalement plus refroidies au cours du forgeage. Ces conditions n'ont sans doute pas été favorables à la globularisation.
- Il a donc été décidé de refaire l'essai avec des passes plus profondes pour la gamme « 7 chaudes déformantes en finition, pour vérifier l'hypothèse du bienfait de la remise au feu, sans le biais apporté par des passes peu profonde (même si cela n'est pas industriel). Le nouveau passe par passe est disponible dans la présentation en annexe 2, slide 7. Les lingots ont été engagés, et la finition devrait avoir lieu en S24.

- **Action 5/Essai 3** : Sur lot STUBS : recommencer l'essai "3 chaudes" et "7 chaudes" en finition, avec un autre passe par passe pour l'essai "7 chaudes"

2 Détermination de la température de forgeage α/β de la nouvelle chimie bêta (annexe 3)

Pilote : Laurent CLUZEL

L'augmentation du carbone de la nuance TA6VK05SB («chimie bêta») a augmenté sa température de bêta transus entre 20 et 30°C (1020°C environ contre 990°C habituellement pour le K05S). La température de forgeage est néanmoins restée la même (940°C). Cela a généré des criques sur les produits, tandis que la microstructure restait correcte.

Pour éviter l'apparition de ces criques, la température de forgeage a été relevée à 960°C. Le forgeage se passe à présent mieux. Les résultats microstructuraux sont à pister.

Nous nous sommes interrogés sur la différence entre le taux de phase alpha primaire sur un K05S forgé à 940°C et un K05SB forgé à 960°C.

Des premières observations montrent qu'entre 940 et 960°C, le taux de phase alpha primaire n'est pas très différent entre K05S et K05SB. Il faut donc s'attendre à avoir une structure avec moins de phase alpha primaire sur les barres forgées à 960°C. Après 985°C, le taux de phase alpha primaire chute très rapidement pour la nuance K05S, tandis qu'elle stagne autour de 3% pour le K05SB (voir figure 1).

Il faut multiplier les mesures sur au moins une seconde coulée de chaque nuance pour confirmer ce résultat.

- **Action 14** : Analyse du taux de phase alpha primaire en fonction de la température de 2 coulées standards et 2 coulées bêta

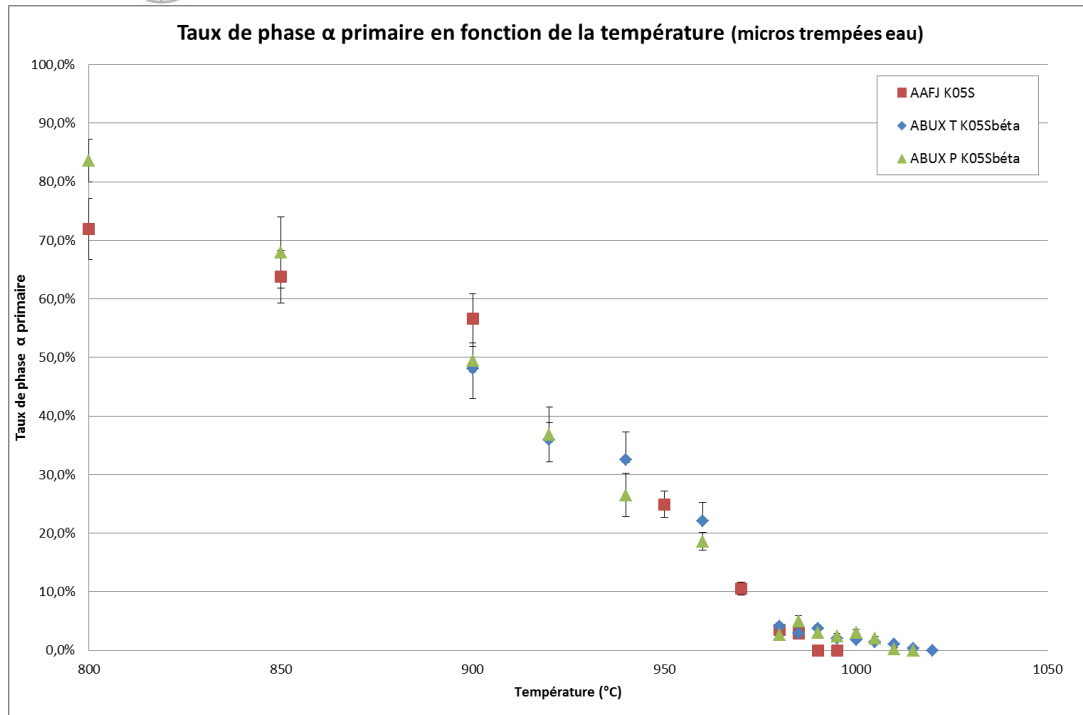


Figure 1 : taux de phase alpha primaire sur une coulée K05S et K05SBeta

3 Mise en place nouvelle cotation des microstructures (annexe 4)

Pilote : Laurent CLUZEL

La procédure de la nouvelle méthode de cotation est écrite et validée. Elle porte le numéro DL-T-0-43. La méthode sera présentée sous ce numéro.

La méthode a évolué depuis la présentation des premières cotations réalisées : Les coefficients ont été modifiés pour donner plus de poids à la note « structure ».

Une intercomparaison est en cours pour s'assurer que tous les opérateurs amenés à coter des microstructures de TA6V côte de la même manière. 8 personnes sur 12 ont déjà coté l'éprouvette témoin, et les résultats sont très différents. Les notes globales vont de 8 à 28. Ce qui varie le plus est la note « défauts ». Le nombre de défauts détecté est globalement le même, mais tout le monde n'est pas d'accord sur la nature des défauts.

La mise en place de la méthode au laboratoire est compliquée. Nous avons besoin d'un sponsor sur place pour appuyer cette mise en place. Une réunion est à prévoir avec les laboratoires.

En termes de planning, il faut que la méthode soit mise en place en septembre.

- **Action 2** : Terminer la rédaction de la procédure de cotation, terminée ✓
- **Action 3** : Revoir la cotation afin de relever la part « structure » de la note, terminée ✓
- **Action 9** : Mettre en production la méthode DL-T-0-43 : attente du bilan de l'intercomparaison
- **Action 16** : Terminer l'intercomparaison (DL-T-0-43)
- **Action 17** : Organiser une réunion avec les laboratoires.



4 Synthèse des dernières études académiques : Acquis, incertitudes et perspectives (annexe 5)

Une synthèse des derniers acquis et les perspectives des stages de l'école des mines de Saint-Etienne a été faite (voir planches annexe 5).

Nous avons également discuté des points durs techniques quant au développement des nuances PQ/DQ. Un projet R&D « TA6V PQ/DQ » va être ouvert prochainement pour travailler sur ces points durs.

Ce point a été l'occasion de détecter des pratiques à venir allant à l'encontre des conclusions discutées. Il est prévu, à moyen/long terme, par manque de place, de faire refroidir les barres dehors. Il y a un risque de dégrader les microstructures (refroidissement trop rapide). Il faut investiguer d'avantage l'aspect vitesse de refroidissement et donner des limites en terme de vitesse.

Il a été décidé de réaliser plus de modélisations sur différentes gammes afin d'avoir une vision claire de l'histoire thermique et de la répartition des déformations dans les barres (exemples : gammes en production de différents diamètres ; gammes 3, 5 et 7 chaudes déformantes en finition etc...)

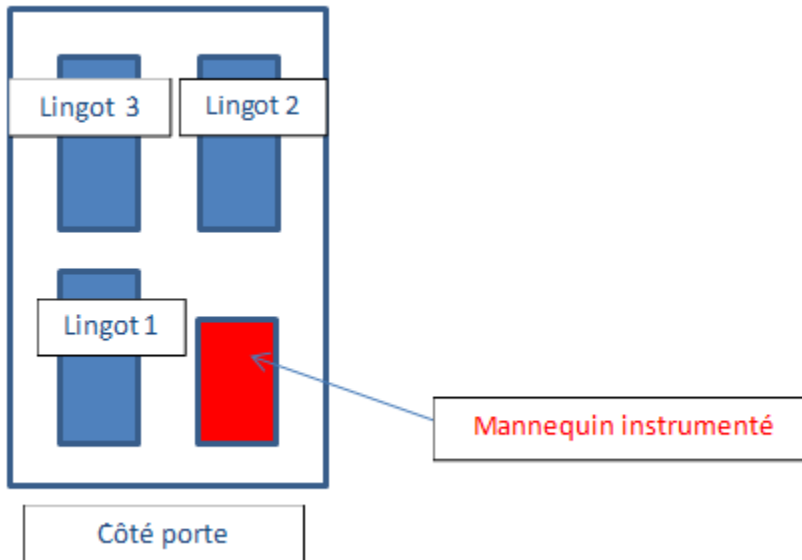
5 Conclusion sur chauffage SMX sur plusieurs lits dans le FD12 (annexe 6)

Les résultats métallurgiques sur les barres ABTF sont conformes (rapport LESM ET16_143). Le chauffage sur plusieurs lits dans le FD12 est donc validé. Le temps de maintien à appliquer est de 7h00 (temps vérifié par recalage de simulation).

Un essai du même type sera réalisé dans le FD19.


ESSAI ENFOURNEMENT FOUR CHAUD 1150°C

- Prévu S24
- Four à gaz FD101/FD102/FD103/FD104
- Fournée de 4 lingots : 3 Stubs + tronçon X18MNBZ (\varnothing 915mm x H1500mm) avec TC à cœur
- Assurer un préchauffage de four :
 - o 48h préalable à $T > 940^{\circ}\text{C}$
 - o Maintien four à $1150^{\circ}\text{C}/2\text{h}$ mini avant enfournement
- **Enfournement à 1150°C**
Maintien four 11h (-0/+0) avant forgeage
- Plan de chargement (vue de dessus)



- Forgeage des stubs selon gamme PAMIERS \varnothing 330mm (pour contrôle qualité)
Mise à terre du mannequin libre





 **CONDITIONS DES PROCHAINS ESSAIS**

PLAN DE LA PRÉSENTATION

- 1 – Enfournement lingot à 1150°C four chaud
- 2 – Refroidissement lent après remise au feu
- 3 – Influence du nombre de chaude en finition

2 **CONDITIONS DES PROCHAINS ESSAIS**

 **ERAMET**
DES ALLIAGES,
DES MINÉRAIS ET DES HOMMES.




CONDITIONS DES PROCHAINS ESSAIS

ENFOURNEMENT LINGOT À 1150°C FOUR CHAUD

➤ a

3 CONDITIONS DES PROCHAINS ESSAIS

Thèse N. Vanderesse & publication Shi et Al





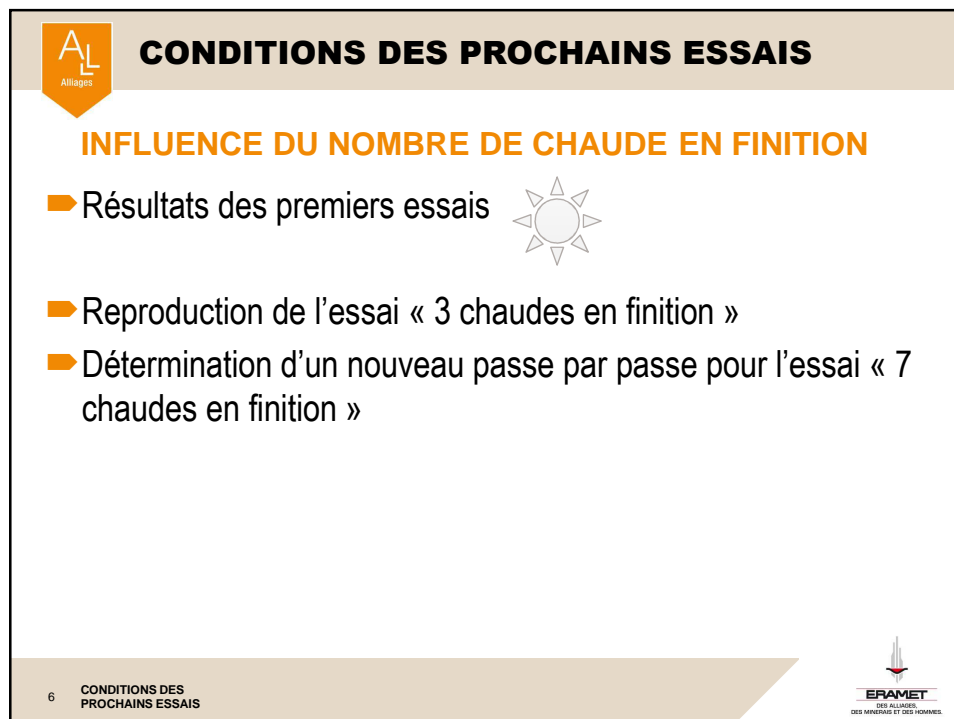
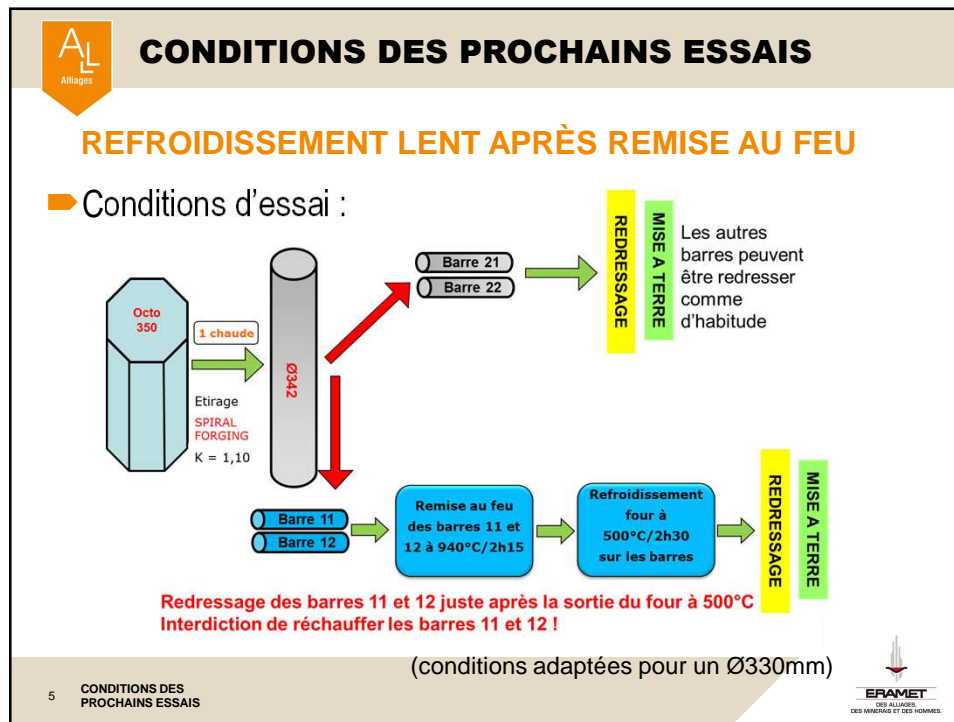
CONDITIONS DES PROCHAINS ESSAIS


REFROIDISSEMENT LENT APRÈS REMISE AU FEU

- Le premier essai, réalisé en décembre 2015 a consisté à :
 - Etudier l'influence d'un refroidissement lent à la mise à terre intermédiaire pour pour changer la morphologie des liserés si présents et espérer les fragmenter d'avantage
→ Réduction des liserés observée
 - Etudier l'influence d'un refroidissement lent final pour terminer de globulariser la structure → N'a pas eu l'effet escompté
- L'effet de refroidissement lent en laboratoire avait donné des résultats satisfaisant. Le métal avait été rechauffé à 950°C avant le refroidissement
- Objectif de ce nouvel essai : voir l'influence d'une remise au feu suivi d'un refroidissement sur la globularisation

4 CONDITIONS DES PROCHAINS ESSAIS








CONDITIONS DES PROCHAINS ESSAIS

INFLUENCE DU NOMBRE DE CHAUDE EN FINITION


► Passe par passe de l'essai « 7 chaudes »

WAFP																					
n° chaudière	Chaudière 1			Chaudière 2			Chaudière 3			Chaudière 4			Chaudière 5			Chaudière 6			Chaudière 7		
sections	CAA 650/810 -> 590/730			CAA 590/730 -> 530/660			CAA 530/660 -> 470/580			CAA 470/580 -> 420/520			CAA 420/520 -> 380/470			CAA 380/470 -> 340/420			CAA 340/420 -> T335		
K	1,21			1,24			1,27			1,25			1,22			1,25			1,21		
temps de forgeage	/			/			/			/			/			/			/		
température fin	/			/			/			/			/			/			/		
Passe	Face forgée	Cote	Pénétrant*	Face forgée	Cote	Pénétrant*	Face forgée	Cote	Pénétrant*	Face forgée	Cote	Pénétrant*	Face forgée	Cote	Pénétrant*	Face forgée	Cote	Pénétrant*	Face forgée	Cote	Pénétrant*
1	C	580	80	C	520	70	C	460	70	C	410	60	C	370	50	C	330	50	C	330	
2	C	590	80	C	530	70	C	470	70	C	420	60	C	380	70	C	340	60	C	330	
3	C	590	10	C	530	10	C	470	10	C	420	10	C	380	50	C	340	10	C	330	
4	A	730	80	A	660	70	A	580	80	A	520	60	A	470	60	A	420	60	A	390	
5	A	730	80	A	660	70	A	580	80	A	520	60	A	470	60	A	420	60	A	390	
6	C	580	20	C	520	20	C	460	20	C	410	20	C	370	60	C	330	20	A	335	
7	C	590	10	C	530	10	C	460	20	C	410	20	C	370	60	C	330	20	A	335	
8							C	470	10	C	420	10	C	380	50	C	340	10	C	331	
9																			C	331	
10																			C	331	
11																			A	331	
12																			A	331	
13																			C	331	
14																			C	331	
15																			A	331	
16																			A	331	
17																			A	335	


PROCHAINS ESSAIS



RENDEZ-VOUS SUR LE WEB



www.eramet.com



ERAMET
DES ALLIAGES,
DES MINÉRAIS ET DES HOMMES.



AL
Alliages

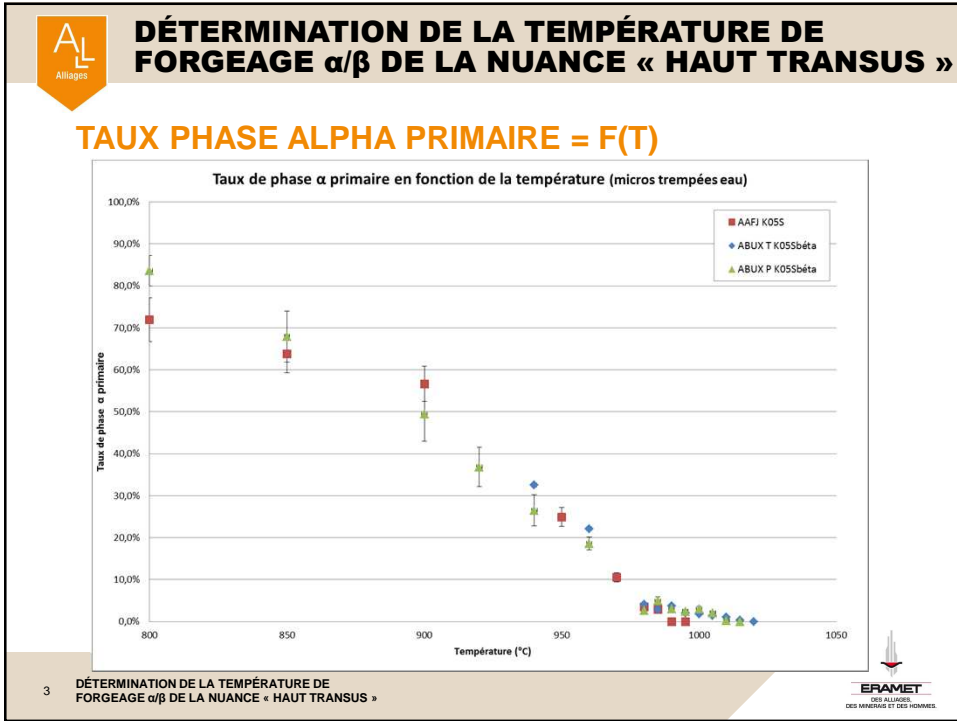
DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE DE FORGEAGE α/β DE LA NUANCE « HAUT TRANSUS »


HISTORIQUE


- Nouvelle nuance haut carbone
 - Béta transus passe de 995°C à 1015°C
- Problèmes de criques lors du forgeage de ces nuances
- Décision d'augmenter la température de forgeage de 940°C à 950°C puis à 960°C (résultats avec 960°C ?)
- Nécessité de vérifier si à 960°C sur cette nuance, il y a le même taux de phase alpha primaire qu'à 940°C sur coulée standard

2 DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE DE FORGEAGE α/β DE LA NUANCE « HAUT TRANSUS »

ERAMET
DES ALLIAGES,
DES MINÉRAIS ET DES HOMMES.








DES ALLIAGES.
DES MINÉRAIS ET DES HOMMES.

RENDEZ-VOUS SUR LE WEB



www.eramet.com



MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V

Projet BA003 – J1 Etude de la globularisation



MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V

MODIFICATION DE LA MÉTHODE

➤ La part structure a été augmenté


- Matrice version a

Indice de gravité	0 (sens L)	0 (sens T)	1a		1b		2	diamètre équivalent	3		4	
			Longueur minimum en µm						selon planche type 3a et 3b			selon planche type
			e	m	e	m			a	b		
0,5	C1	B3			300	300	60	très rare	rare	-		
1	C1/C2	B3/B4			300	400		-	-	-		
1,5	C2	B4	300	300	400	500	120	-	quelques	"moyen"		
2	C2/C3	B2/B4	300	400	500	1000	300	rare	-	-		
2,5	C3	B2	400	500	1000	1500		-	-	nombreux		
3	C3/C4	B1/B2	500	1000	1500			-	-	-		
3,5	C4	B1	1000	1500				quelques	-	"critique"		
4	-	B10	1500									

- Matrice version c

Indice de gravité	0 (sens L)	0 (sens T)	1a		1b		2	3			4		
			Longueur minimum en µm					diamètre équivalent	selon planche type 3a et 3b			selon planche type 4	
			e	m	e	m			a	b	c	moyen	marquée
0,5	C1	B3			300	300	100	-	-	-	-	-	
1	C1/C2	B3/B4			300	400		-	-	-	Quelques	-	
1,5	C2	B4 ou B3 qq B10	300	300	400	500	200	-	-	-	-	-	
2	C2/C3	B2/B4	300	400	500	1000	500	Rares	Très rares	-	Nombreux et plus	Quelques	
2,5	C3 ou C2/C4	B2	400	500	1000	1500		-	-	-	-	-	
3	C3/C4	B1/B2	500	1000	1500			Quelques	-	-	-	-	
3,5	C4	B1 ou B1.8 B4/B10	1000	1500				-	Rares	-	-	-	
4	-	B10	1500					-	-	-	-	-	
8	-	-						Nombreux	-	-	Nombreux et plus	-	
12	-	-						Quelques	-	-	-	-	
100	-	-						Majoritaires	Majoritaires	Toute proportion	-	Toute proportion	

2 MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V




MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V


MISE EN PLACE AU LABORATOIRE

- Procédure écrite et validée
- Mise en place compliqué : besoin d'un sponsor coté AD

3

MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V





MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V

RÉFÉRENCES DE COTATION Ø330MM (DL-T-0-43C)

- ABUM (essai UKAD)


ABUM R330mm - Note globale en fonction de la barre, du sens et de la position

Barre	Position	Note liserés + phases massives	Note Structure
11	C	2	0
	MR	3	0
	P	10	5
	C	1	0
	MR	1	0
	P	28	3
21	C	1	0
	MR	2	0
	P	7	3
	C	1	0
	MR	1	0
	P	12	1
22X	C	4	0
	MR	2	0
	P	3	3
	C	1	0
	MR	1	0
	P	4	4

- Temps de chauffage à chaque chaude proche du maxi (en général 3h au feu)
- Etirage en alpha-beta (le premier) qui a donné
CAA970 -> CAA840 -> CAA740
au lieu de
CAA990 -> CAA860 -> CAA740
- Chaude de cassage des angles après trempe

4

MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V




MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V


RÉFÉRENCES DE COTATION Ø330MM (DL-T-0-43C)


➤ ABVE (forgeage standard)

5

MISE EN PLACE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE COTATION DES MICROSTRUCTURES DU TA6V








ERAMET
DES ALLIAGES,
DES MINÉRAIS ET DES HOMMES.

**RENDEZ-VOUS
SUR LE WEB**



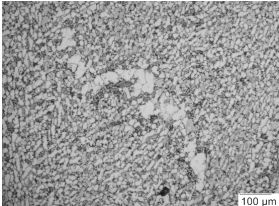
www.eramet.com



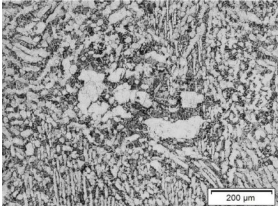
AL
Alliages

**DERNIERS ACQUIS DES PROJETS R&D
«AMONT UKAD»**

PHASE α MASSIVE

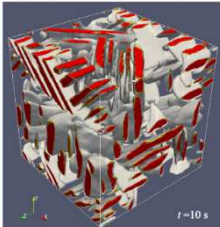


100 μm

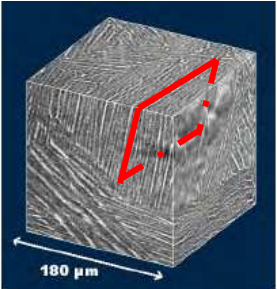


200 μm

- Joint de grain β ou latte α interceptée dans le plan de coupe
- Aspect 3D de la microstructure !
- Non lié à une ségrégation \rightarrow disparaît par traitement à $T \approx T\beta$




$t=10\text{ s}$



180 μm

2 SYNTHÈSE AVANCÉES / POINTS DURS

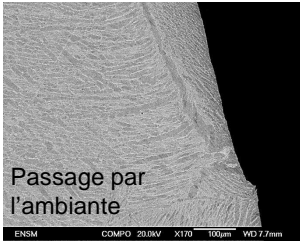
ERAMET
DES ALLIAGES
DES MINERAIS ET DES HOMMES.



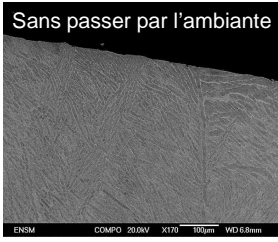
DERNIERS ACQUIS DES PROJETS R&D «AMONT UKAD»

PROBLÉMATIQUE LISERÉS

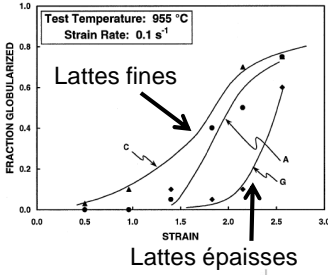
- ▶ Liserés = phase α précipitée aux joints de grains (1^{er} site de précipitation)
- ▶ Croissance de la phase α au cours des maintiens à $T < T_\beta$
- ▶ Croissance plus rapide aux joints de grains, d'autant que $T \downarrow$
- ▶ \uparrow épaisseur \rightarrow plus difficile à morceler
- ▶ Aspects peu étudiés dans la littérature



Passage par l'ambiante



Sans passer par l'ambiante




Test Temperature: 955 °C
Strain Rate: 0.1 s⁻¹


Lattes fines

Lattes épaisses

2 essais de compression enchaînés – bord échantillon

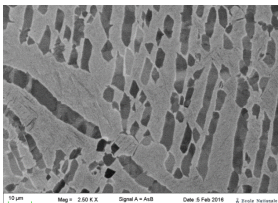
3 SYNTHÈSE AVANCÉES / POINTS DURS





DERNIERS ACQUIS DES PROJETS R&D «AMONT UKAD»

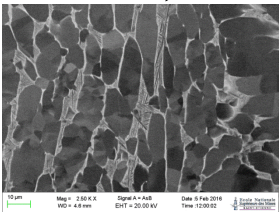
IMPORTANCE DE LA VITESSE DE REFROIDISSEMENT



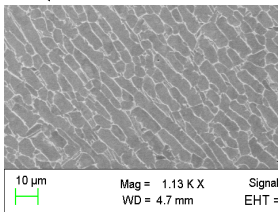
2 compressions successives
Vref = 300 °C/min \rightarrow état à 950 °C

$\alpha/\beta = 30/70$ à 950 °C \rightarrow 90/10 à $T < 600$ °C
avec beaucoup d'évolutions morphologiques

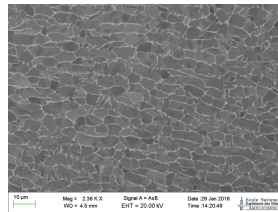
1 °C/min.




10 °C/min.



70 °C/min.



4 SYNTHÈSE AVANCÉES / POINTS DURS



AL
Alliages

**DERNIERS ACQUIS DES PROJETS R&D
«AMONT UKAD»**

GAMME DQ TIMET **CORROYAGE α/β FINAL**

Chauffage 1150°C	Refoulement + forgeage □ 800mm	<ul style="list-style-type: none"> • Etirage final : $4 < K < 6$ • La globularisation doit être suffisamment avancée avant : <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Laminage → déformation trop unidirectionnelle ⇒ SMX → déformation trop faible à cœur
Chauffage 960°C	Forgeage 750 x 600	
Chauffage 1050°C	forgeage 700 x 500 Trempe Eau	
Chauffage 950°C	Forgeage multiple	

Billette 41,42,81 → Carré 260mm (K = 6,7) Billette 82 → octo 320mm
 octo 320mm → Chauffage 1050°C + tempe eau → Chauffage 950°C - forgeage → Octo 267mm (K = 1,8)
 Carré 260mm → Rond 267mm Octo 267mm → Rond 267mm

ERAMET
DES ALLIAGES
DES MINÉRAUX ET DES HOMMES

AL
Alliages

**DERNIERS ACQUIS DES PROJETS R&D
«AMONT UKAD»**

QUELLE STRATEGIE APRES TREMPE ?

INCONVENIENTS

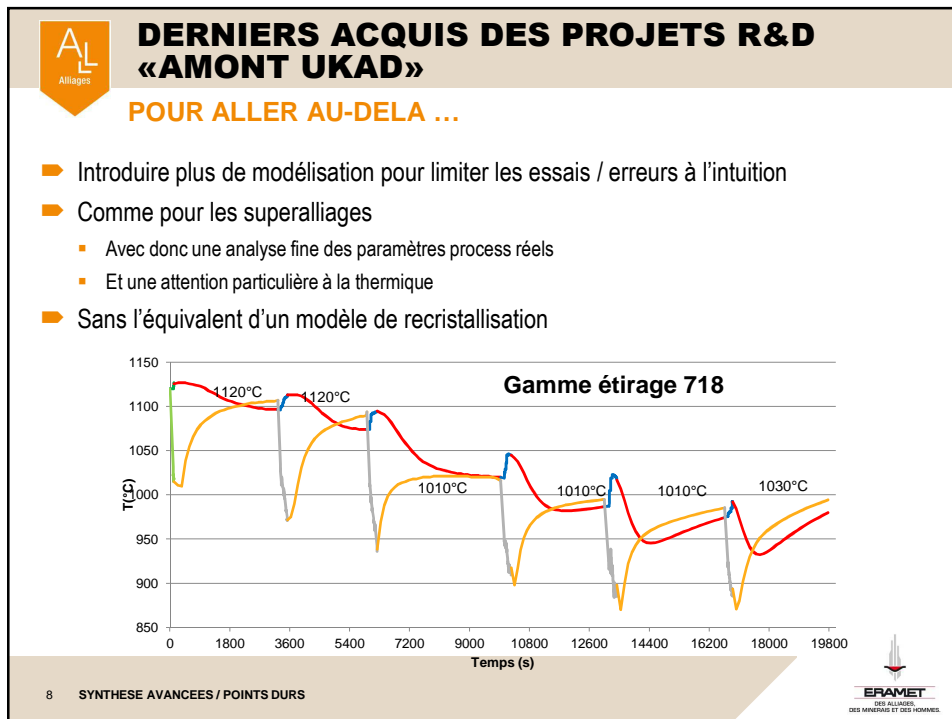
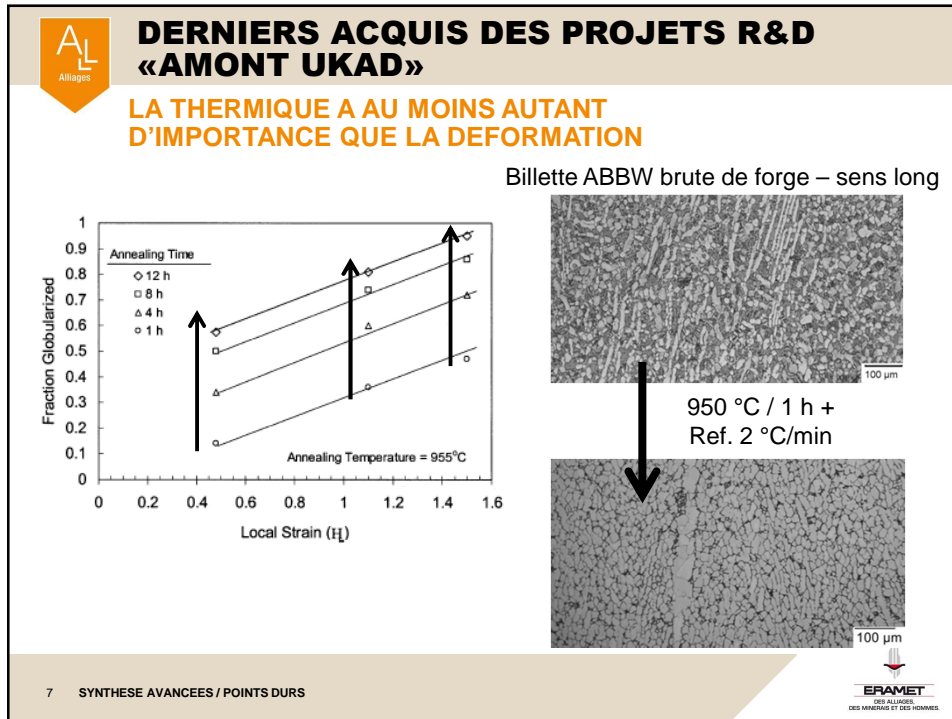
- Plus lourd à mettre en œuvre
- Déformation par passe
- Plus de RAF à iso-temps
- *** PERTES THERMIQUES !**


QUEL COMPROMIS ?

- Défauts, replis, ...
- Déformation moins homogène (visible en US pour qualité DQ)

6 SYNTHÈSE AVANCÉES / POINTS DURS

ERAMET
DES ALLIAGES
DES MINÉRAUX ET DES HOMMES





DERNIERS ACQUIS DES PROJETS R&D «AMONT UKAD»

AUTRES QUESTIONS ?

GAMME DQ TIMET


Chauffage 1150°C Refoulement + forgeage
□ 800mm

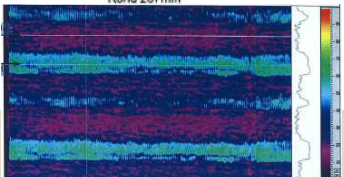
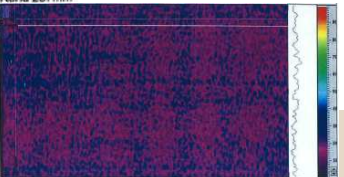
Chauffage 950°C Forgeage
750 x 600


Chauffage 1050°C forgeage
700 x 500
Trempé Eau


Chauffage 950°C Forgeage multiple


- Intérêt d'un forgeage avant trempé β ?
✓ pas compris et abandonné
- Trempé sur épaisseur 500 mm
✓ impact sur épaisseur des lattes
✓ trempé sur rectangle pour $K \geq 6$
- Réponse US sur qualité PQ / DQ
✓ Réintroduire les forgeages à l'angle ?











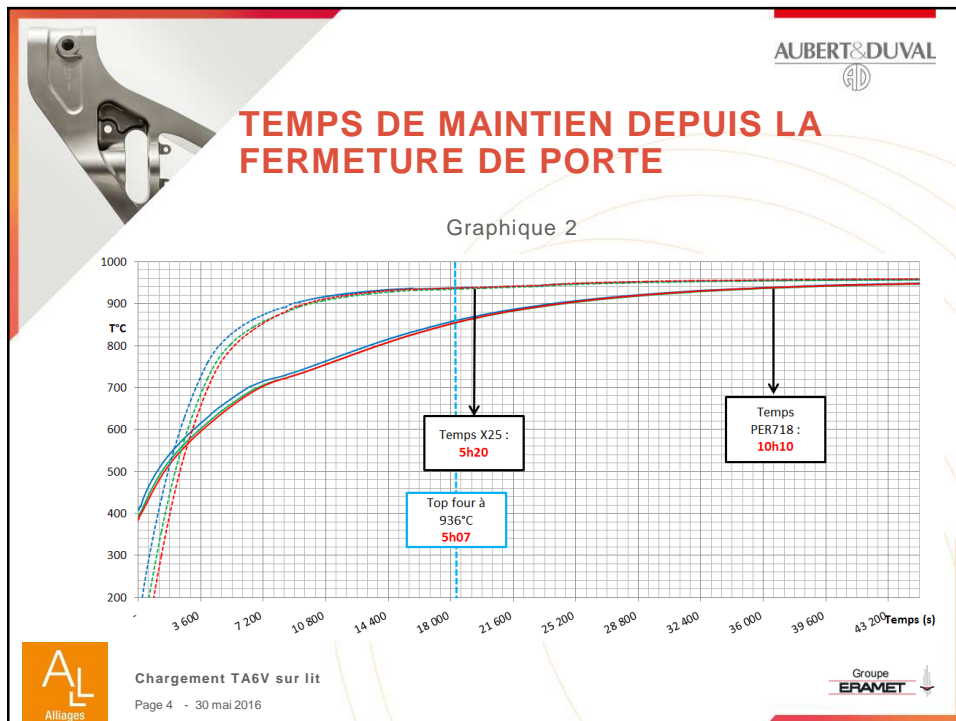
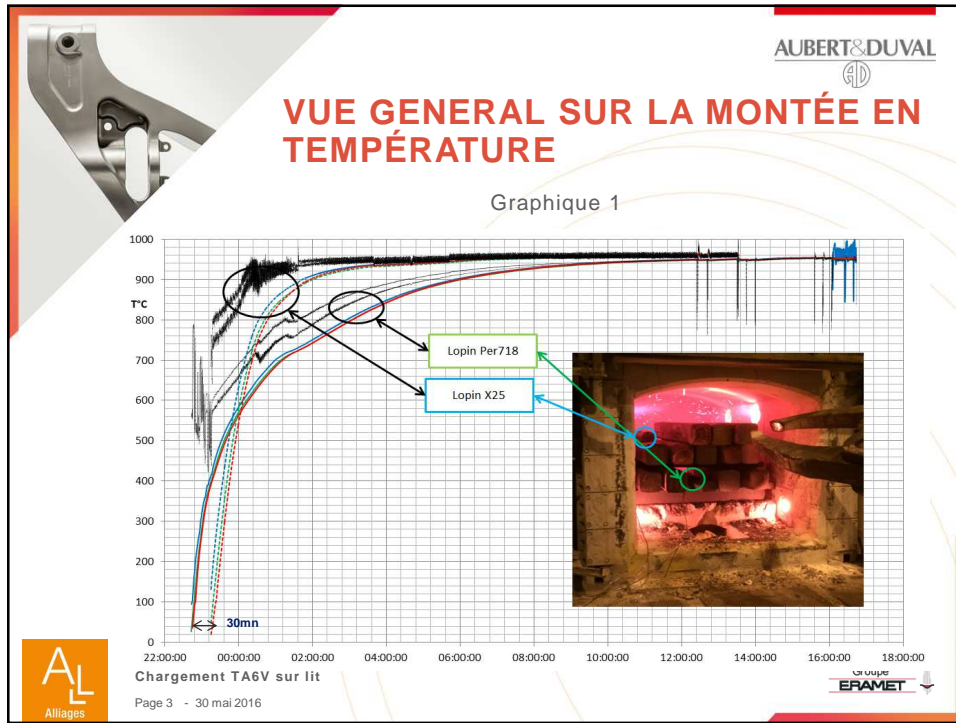


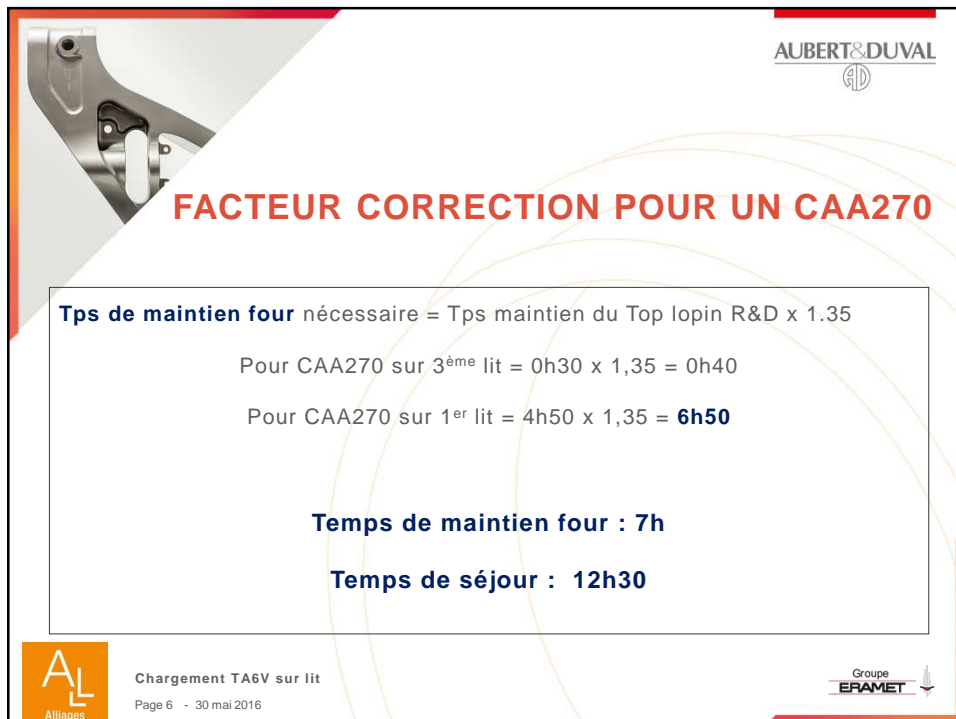
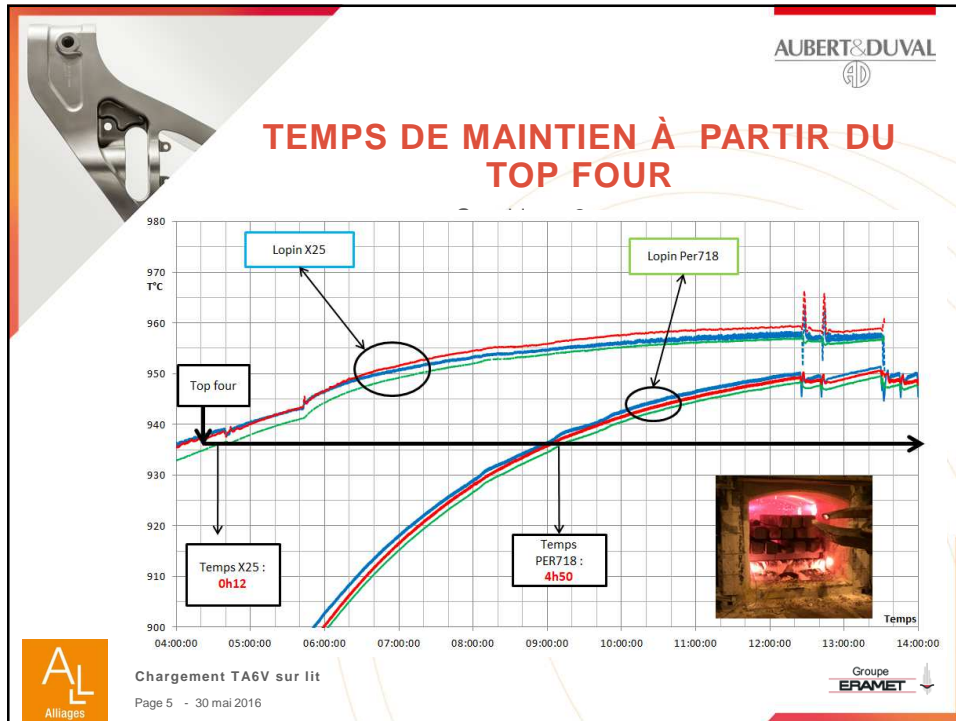
**RENDEZ-VOUS
SUR LE WEB**



www.eramet.com

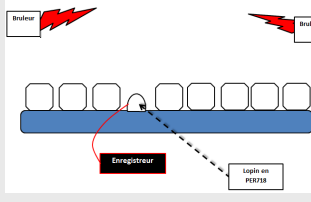
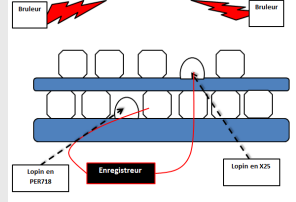






AUBERT & DUVAL
AD

FUTUR ESSAIS

Four	FD19	FD14
Objectif	Ajuster au minimum le temps chauffage pour les fournées sur un lit	Etudier le temps de remontée du lopin sur le 2 nd lit avec 2 voisins
Schéma		

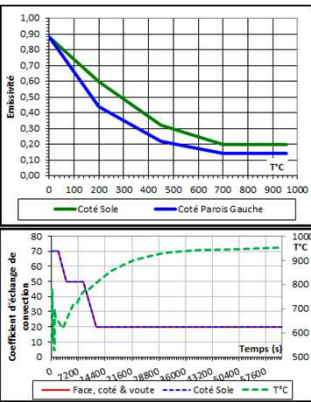
Chargement TA6V sur lit
Page 7 - 30 mai 2016

Groupe
ERAMET

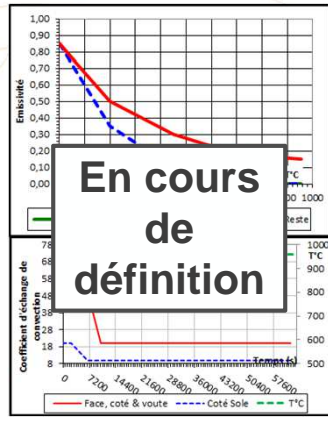
AUBERT & DUVAL
AD

PARAMÈTRE D'ÉCHANGE THERMIQUE

PER718



X25



Chargement TA6V sur lit
Page 8 - 30 mai 2016

Groupe
ERAMET

