

Émetteur : Mariline LAMOLIATTE

Date : 21/12/2016

Direction /Service : DT/DRD

Réf. DRD.16-099

---

Date de la réunion : 12/12/2016

Participants :

UKAD : Yvon LE COLLEN, Laurent CLUZEL, Patrick DELABORDE, Benoit DELVIN COURT, Aurélien PETITJEAN

AD : Hervé CHAVANNE, Christian DUMONT, Romain FORESTIER, Alexandre FORNARA, Philippe HERITIER, Mariline LAMOLIATTE, Jacques LECADET, Arnaud VEZIAN,

Ecotitanium : Raymond Allier, Jessica Escaffre

---

Lieu : UKAD

Destinataire(s) : Participants, Vincent ALBERT, Marion BESSAGNET, Eric GEORGES, Mélanie HERTEREAU, Stéphane HOLLARD, Philippe JACQUET, Jean-Baptiste MAILLET, Philippe PETIT, Fabrice POUHEY, Pierre VIVIES

Copie(s) : \_\_\_\_\_

Objet : Réunion UKAD/R&D trimestrielle (2016 n°4)

---

## Ordre du jour de la réunion

1. Point qualification Ecotitanium (Raymond Allier; Jessica Escaffre)
2. Situation qualité des demi-produits SMX (Alexandre Fornara; Mariline Lamoliatte)
3. Avancement analyse des causes d'apparition des criques (Aurélien Petitjean; Mariline Lamoliatte)
4. Essai « Press Forge » (gamme allégée) (Mariline Lamoliatte)
5. Résultats du nouvel essai « 3 et 7 chaudes » (Mariline Lamoliatte)
6. Situation problèmes qualité Ø330mm et essais en cours (Laurent Cluzel ; Mariline Lamoliatte)

## 1 Point qualification Ecotitanium (annexe 1)

Pilote : Raymond Allier, Jessica Escaffre

Une présentation globale de l'avancement de la construction de l'usine et du procédé a été réalisée.

Il y a également eu une présentation du planning des premières élaborations de lingots et des premiers forgeages.

### Elaboration et forgeage de barres Ø150mm pour certification selon AMS 4928

Le premier lingot est prévu pour mai 2017.

L'autorisation de prise de commande sera mise en place en octobre 2017, à l'issus de l'analyse des résultats sur le premier lingot.

Pour la certification, il y aura en tout élaboration et forgeage de 4 lingots. Les résultats des analyses sont prévus pour fin 2017.

### Elaboration et forgeage de barres Ø240 et 330mm (BIG RUNNER UKAD)

Ces fabrications seront comparées avec le métal UKTMP forgé à UKAD aujourd'hui. Les résultats des analyses sur cette matière sont prévus pour fin 2017.

- Les ressources pour les caractérisations sont à définir.

## 2 Situation qualité des demi-produits SMX (annexe 2)

Depuis quelques mois : 4 OF sont sortis de la SMX impactés par des problèmes de structure, tous liés à une surchauffe des barres. A chaque fois, la température déduit par l'observation de la microstructure et les relevés de températures des fours de la SMX ne coïncident pas. Exemple ABZW Annexe 2 : Passage du transus (plus de 985°C, mais estimé à plus de 1000°C) de certaines barres, alors que les relevés indiquent « seulement » un passage à 980°C pendant 2h au début du chauffage.

Sur cet exemple, nous n'arrivons pas à expliquer pourquoi ce sont les barres placées au milieu de la charge, et les bouts devant la porte qui sont impactés.

Plusieurs hypothèses s'offrent à nous :

- Problème d'homogénéité de la température dans la zone utile des fours (placement par rapport aux brûleurs ...)
- Echauffement lors du forgeage (vitesse de forgeage, pénétration ...)

Les paramètres de forgeage sont à priori toujours les mêmes, donc les paramètres de forgeage ne sont pas mis en cause pour le moment.

Une instrumentation poussée va être réalisée sur le four FD19 pendant une fabrication en S01. Il s'agit d'un « TUS dynamique », avec un lopin R&D supplémentaire. Cette instrumentation nous permettra de contrôler la bonne homogénéité dans le four.

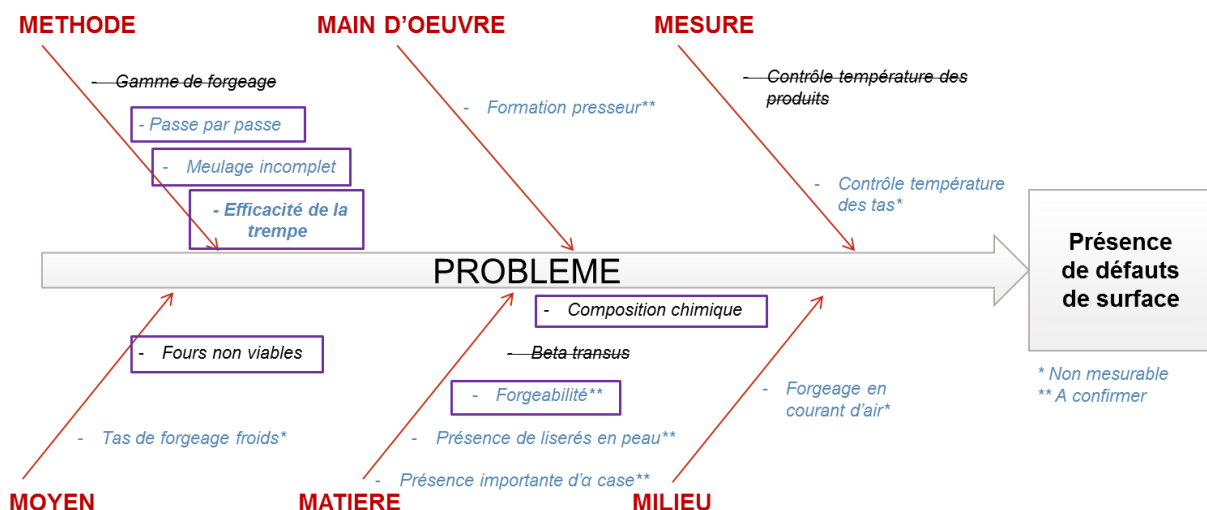
Lors de la réunion, nous avons évoqué le fait que fait qu'UKAD devrait avoir un regard sur les gammes de forgeage appliquée sur les barres à la SMX. Un échange doit avoir lieu entre UKAD et la Forge AD pour définir un fonctionnement à ce sujet.

Sur le problème de surchauffe de l'OF ABZW, UKAD a fait une réclamation à la forge AD et a demandé la réalisation d'un « 5 pourquoi ». La forge attend les disponibilités d'UKAD pour faire le retour de cette étude. Cela pourra également être à l'ordre du jour de l'échange évoqué précédemment.

- Prévoir un échange avec la Forge AD : [Benoit Delvincourt](#)

## 3 Avancement analyse des causes d'apparition des criques (annexe 3)

Pilote : Aurélien PETITJEAN



## Forgeabilité :

Les premiers essais montraient qu'il n'y avait pas de différence entre la nuance dite «  $\beta$  » et la nuance standard. Nous avons par contre vu que la forgeabilité était moins bonne sur un état traité «  $\beta$  ». Cet essai a été à l'origine de la modification de la répartition du corroyage : commencer à déformer peu après la trempe, car la forgeabilité est mauvaise, puis forger un peu plus à chaque chaude.

Un nouvel essai va être réalisé pour observer si l'efficacité de la trempe a un impact sur l'essai de forgeabilité (impact de la vitesse de refroidissement après traitement «  $\beta$  »).

## Efficacité de la trempe :

Nous avons vérifié si la trempe des quelques OF suivis avait été réalisée selon les consignes, et si le temps de consigne était suffisant. Les consignes de trempe ont bien été respectées, le temps de transfert jusqu'au bac d'eau est maîtrisé. Une modélisation a par contre montré que la consigne de 1h30 était insuffisante pour refroidir le cœur en dessous de 700°C. La consigne a donc été augmentée de 30 minutes.

## Meulage :

Des investigations sont en cours sur la méthode de meulage, le contrôle du meulage et l'efficacité du ressuage. L'état de l'art indique qu'il est préférable de meuler avec un grain grossier puis fin, or UKAD ne meule qu'avec un grain grossier.

Nous sommes revenus sur le passe par passe que nous avons mis hors de cause lors de la dernière réunion.

## Passe par passe et avances :

Suite aux problèmes de microstructures sur les R330mm Pamiers, le passe par passe a été modifié : pénétration maximum de 60mm (contre 80mm auparavant).

L'avance a également été réduite de 150 à 100mm.

Depuis la mise en place de la pratique : 23% (données sur 6 OF) des barres sont mises à terre contre 85% auparavant UKAD souhaite étendre la pratique à d'autres diamètres.

## **4 Essai Press Forge (annexe 4)**

Les planches en annexe 4 présentent une macro-gamme allégée qui a été testée en production. Le principe de cette gamme est de réaliser l'ébauchage bêta en 2 chaudes (1 seul refoulement), l'ébauchage  $\alpha/\beta$  en 1 chaude, recristalliser une section plus faible que les sections actuelles, et réaliser la finition en 3 chaudes.

La caractérisation de cet essai nous montre une structure de fond très correcte à mi-rayon et à cœur mais très mal globularisée en périphérie. On note de plus une présence importante de liserés sur toute la section, et surtout en peau ( $\approx 70$  liserés).

Ces structures ne sont pas conformes.

## **5 Influence du nombre de chaude en finition (annexe 5)**

Après un premier essai, où l'on a forgé des  $\varnothing 330$ mm en 3, 5 et 7 chaudes déformantes en finition, l'OF « 7 chaudes » n'avait pas donné les résultats attendus. Il a donc été décidé de refaire l'essai « 3 chaudes et « 7 chaudes ». L'essai « 7 chaudes » a été réalisé avec des passes plus profondes, pour ne plus avoir de biais apportés par des passes peu profondes (perte de température sous la presse) et pour vérifier l'hypothèse du bienfait de la remise au feu. L'essai « 3 chaudes » a normalement été reproduit de façon identique au premier pour vérifier la reproductibilité des essais. Pour rappel, pour ne pas introduire de biais sur la répartition du corroyage, toutes les chaudes ont un taux de corroyage équivalent.

Cette fois ci, l'essai « 7 chaudes » montrent des résultats très encourageant dépassant les résultats « 5 chaudes » de la première campagne : il y a globalement très peu de liserés et certaines micros n'en ont pas du tout. L'essai « 3 chaudes » de cette seconde campagne est par contre bien meilleur que celui de la première, détrônant même les résultats de l'essai « 5 chaudes ».

Les deux gammes « 3 chaudes » n'ont vraisemblablement pas eu le même passe par passe. Une analyse de l'acquisition presse permettra de vérifier les informations du rapport de forgeage recopié dans les slides de l'annexe 5.

Les résultats de ces essais sont intéressants, mais ne sont pas représentatifs des résultats sur R330mm actuels. Toutes les barres réalisées lors de ces essais ont une meilleure microstructure que les barres habituelles : Beaucoup moins de liserés et une structure en peau bien globulaire.

Les grandes modifications entre une gamme classique actuelle et l'essai « 5 chaudes » sont le forgeage à la recristallisation et la répartition du corroyage entre les chaudes. Peut-être que le principe de « l'iso-corroyage » permet l'obtention d'une meilleure structure. Ce principe va être testé sur deux OF R330mm (ACIJ et ACII).

## 6 Microstructures R330mm Pamiers (annexe 6)

Afin d'améliorer la mise au mille, la gamme du R330mm a été modifiée. Nous sommes passés de la gamme dite « 4 barres » à la gamme « 3 barres » (barres plus longue, plus de forgeage à la recristallisation, mais ajout d'une chaude pour préparation des bouts).

Depuis cette modification, les microstructures sont dégradées : plus de liserés sur toute la section, mais surtout en peau. Nous l'observons grâce à la cotation DL-T-0-43.

Ils semblent y avoir un phénomène d'extrémité sur les barres de la gamme « 3 barres ». Lorsque les barres sont recoupées, les microstructures sont meilleures, mais elles ne sont pas au niveau des structures de la gamme « 4 barres ».

Comme expliqué dans le paragraphe 3, des essais de réduction des pénétrations et de l'avance ont été réalisés. Sur deux OF, cette modification semble aider à la réduction du nombre de liserés, mais il y a encore du travail pour revenir à un niveau convenable.

Des essais à la marge nous ont montré que d'autres paramètres ont un rôle influant sur les liserés : l'absence de mise à terre en finition empêcherait les liserés de grossir, et l'allongement du temps des remises au feu semblent donner de meilleurs résultats (résultats ABUM dans les planches de l'annexe 5).

Un essai en ce sens va être réalisé en janvier après accord de Pamiers.

- Obtenir l'accord de Pamiers pour la réalisation de cet essai : [Marion Bessagnet](#)
- Planification et suivi de l'essai : [Aurélien Petitjean](#), [Mariline Lamoliatte](#)

Comme expliqué dans le paragraphe 5, le principe de l'iso-corroyage en finition va également être testé.

## 7 Cotations des microstructures

Au cours des discussions, le sujet de la cotation des microstructures a été abordé.

La méthode de cotation DL-T-043 prend beaucoup de temps, surtout lorsque les structures sont dégradées, comme c'est le cas actuellement.

Cette méthode mérite d'être améliorée, en introduisant des écarts-type notamment, pour évaluer la dispersion des résultats.

Nous avons abordé le sujet de l'analyse automatique des liserés. Une étude a été réalisée par le LESM afin d'évaluer la faisabilité de cette analyse avec le matériel et le logiciel actuellement disponible au laboratoire des Ancizes (ET16-399). L'étude démontre que l'analyseur est capable de détecter des liserés, mais qu'il n'est pas fiable à 100%. Il peut surestimer ou sous-estimer les liserés, ou ne pas les détecter.



# Compte-rendu de réunion

A notre connaissance, aucun laboratoire ne réalise ce type de mesure sur le titane. Il faut donc créer le protocole d'analyses.

En 2016, Sébastien Le Corre publie sa thèse sur «Influence du traitement thermomécanique sur la microstructure et les propriétés mécanique de l'alliage Ti6246 » (faculté d'ORSAY) dans laquelle il présente un algorithme pour quantifier la morphologie et mesurer la fraction de phase alpha dans le Ti6246.

Sébastien Le Corre est aujourd'hui en post-doc à l'ETS de Montréal. Le sujet de la détection et de la mesure des liserés les intéresse. Des discussions sont en cours entre l'ETS et ORSAY afin de trouver un accord sur la réalisation d'une telle étude.

- Suivre les discussions entre l'ETS et ORSAY pour la réalisation d'un post-doc sur le sujet de la détection et la mesure des liserés : [Romain Forestier](#)
- Améliorer la méthode de cotation DL-T-0-43 en introduisant un paramètre de dispersion des résultats : [Laurent Cluzel](#) ; [Mariline Lamoliatte](#)