

Émetteur : C. DUMONT

Date : 4 juillet 2013

Direction / service : Technique/GRD

Réf. DRD/CD/13.067

---

Date de la réunion : 15 avril 2013

Participants : Christophe REBILLON – Jacques LECADET – Laurent CLUZEL – Denis BECHET – Philippe HERITIER  
– Philippe JACQUET – Louis-Marie RABBE – Philippe PETIT – Olivier LURDOS – Alexandre FORNARA – Eric  
GEORGES – Jean-Baptiste MAILLET – Christian DUMONT

---

Lieu : UKAD

Destinataire(s) : Participants

Copie(s) :

---

Objet : Programme R&D UKAD

1. Ordre du jour de la réunion

- relecture du précédent compte rendu
- point d'avancement sur les programmes en cours
  - o validation des outils UKAD
  - o études TA6V

Les différentes présentations sont jointes en annexes.

2. Compte rendu de la précédente réunion

a. forgeabilité TA6V

réévaluer la question de la forgeabilité du TA6V (influence de la chimie ...), nos produits étant de ce point de vue moins bons que certains concurrents (VSMPO notamment) dans le domaine des basses températures (< 800 °C).

⇒ **action R&D : à lancer en se coordonnant avec SME**

b. Thermique des fours

Une 1<sup>ère</sup> série d'essais avec lopin instrumenté pour analyser la thermique lors des renfournements à 940 °C a été réalisée le 28/02/2013, toutefois sans lopin supplémentaire en TA6V (cf. § 3).

Pour mémoire, cette action prioritaire est passée devant les travaux initialement programmés (influence de la charge des fours, cas des enfournements en 1050 ou 1150 °C).

⇒ **action UKAD et R&D : actions à poursuivre**

c. Modélisation des efforts de forgeage

Un jeu de données complètes a pu cette fois-ci être analysé et dépouillé (cf. § 4)

- d. Démultiplication des travaux auprès des équipes UKAD  
Toujours pas de disponibilité trouvée côté UKAD pour conduire à bien cette action  
  
⇒ **action UKAD et R&D : action à relancer ?**
  
  - e. Gamme d'étirage PER 718  
Nouveaux essais programmés le jour de la réunion
  
  - f. Modélisation FORGE des gammes TA6V et PER 718 à partir des acquisitions presse  
  
⇒ **action UKAD : la transmission des acquisitions presse ne fonctionne pas encore de façon optimisée**
3. Etude des renfournements à 940 °C (cf. présentation en annexe 1)

L'accent a été mis sur cette étude suite à une baisse de la qualité des microstructures sur billettes, avec une nette augmentation de la proportion de liserés. Ces mauvais résultats sont associés a priori à des temps de remise au feu insuffisants entre chaque séquence de forgeage  $\alpha/\beta$ . Cette dérive est à mettre sur le compte de la montée en puissance d'UKAD, qui se traduit par un chargement accru des fours, d'où des temps de remontée en température également plus longs. De fait, ceux-ci sont aujourd'hui passés de 1 h 30 à 2 h 15.

La campagne analysée révèle que les temps de séjour pour une billette donnée sans ouverture de porte peuvent être inférieurs à ces durées, même si l'on considère la visée la plus courte. Or, comme le montre la planche 10, nous cumulons des pertes de température à chaque défournement, même à cœur du lopin instrumenté. De fait, nous allons poursuivre les dépouillements via FORGE pour définir un temps de séjour minimum entre 2 ouvertures de porte successive. Pour compléter ces investigations, d'autres campagnes seront à mettre en œuvre, programmées pour début juin :

- Avec un chargement différent (soit par exemple 6 Ø 240 mm)
- Avec un lopin instrumenté complémentaire en TA6V.

⇒ **action UKAD et R&D : programmer les essais de chauffage avec lopin instrumenté (dont une billette instrumentée en TA6V) avec 6 billettes enfournées + essais à 1150 °C**

⇒ **R&D : terminer les dépouillements de la campagne du 28 février**

Un point d'attention a par ailleurs été signalé sur des temps d'attente avant renfournement qui pourraient être raccourcis et qui pénalisent la cinétique de remontée en température :

- Dépose sur pop-up de la billette à forger avant de renfourner la précédente

- Coupe en 2 de la chaude

#### 4. Modélisation du comportement de la presse avec FORGE (cf. présentation en annexe 2)

A partir des acquisitions presse lors d'un refoulement sur un lingot LF860 en PER706, un jeu de données FORGE a pu être identifié (cinématique de la presse avec prise en compte des pertes de charges).

⇒ **action R&D et UKAD : valider le jeu de données identifié à partir de nouvelles acquisitions sur le même type de lingots ou de nouveaux formats (dont LF1020). Pour ces derniers, il s'agit notamment de statuer sur le taux de refoulement maximal atteignable.**

#### 5. Autres investigations et points divers

- a. Acquisition presse et simulation FORGE

⇒ **action UKAD et R&D: récupérer des acquisitions presse sur des phases d'étrirage**

- b. Bac de trempe

⇒ **action UKAD et R&D : profiter de la billette instrumentée en TA6V pour réaliser un essai de trempe après traitement 1050 °C. Les coefficients d'échange et les vitesses de refroidissement identifiés seront à corrélérer avec les microstructures obtenues sur une billette recristallisée (classiquement  $\square$  550 mm) et coupée par le milieu (taille des liserés sur la section en dessous de la zone trempée)**

- c. Points divers

Origine des ségrégations annulaires observées en pied

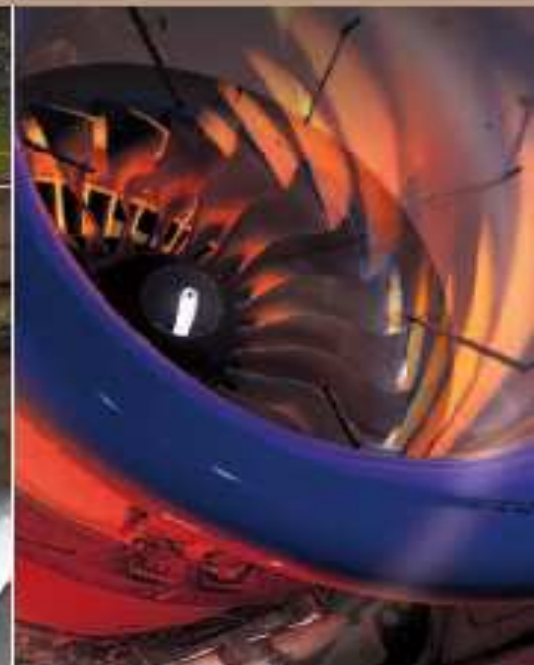
⇒ **action UKAD : voir UKTMP sur cette question spécifique**

#### 6. Prochaine réunion

La prochaine réunion est fixée au 15 juillet 2013 de 9 h à 12 h à UKAD.

En plus des actions citées plus haut, nous aborderons a priori les points supplémentaires suivants :

- Retour sur les essais PER718 du 15 avril
- Retour sur les travaux de stages en cours (globularisation de la phase  $\alpha$  aux Ancizes et recristallisation du grain  $\beta$  sur prélèvements lingot à l'ARDEM)



# Réunion R&D UKAD

## Avril 2013



**ERAMET**

DES ALLIAGES,  
DES MINERAIS ET DES HOMMES.

# **Demi-produits en TA6V**

## **Non conformités (liserés alpha)**

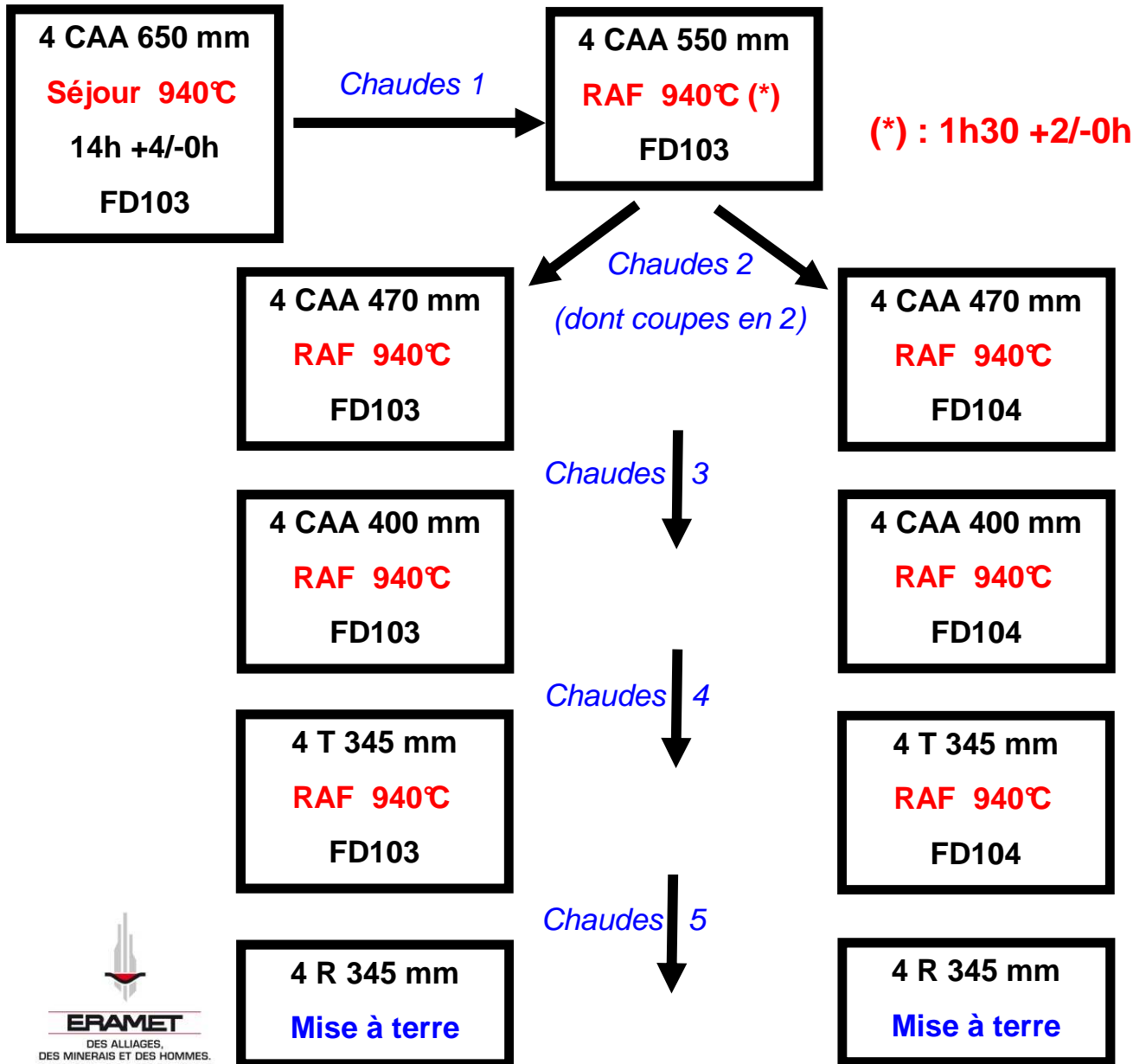
**Retour sur les essais « thermiques des fours » (28/02)**

- Analyse du déroulé des défournements/RAF**
- 1<sup>ers</sup> calculs FORGE**

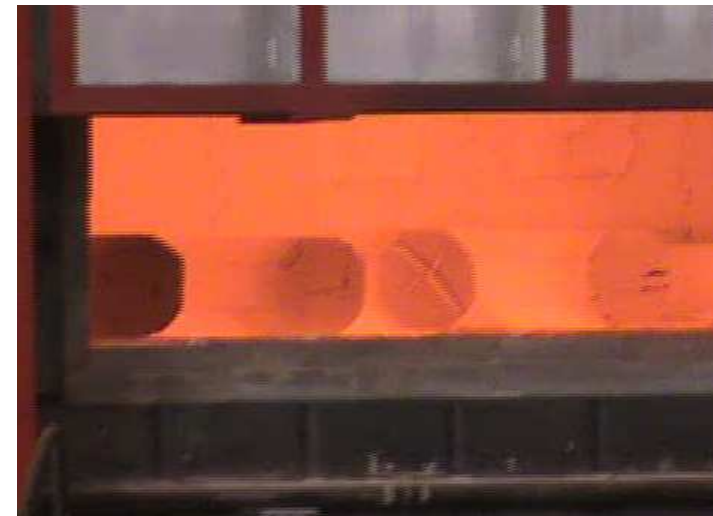
# Demi-produits en TA6V

## Non conformités (liserés alpha)

### Synoptique de la fabrication suivie (gamme rond 330mm depuis trempe eau)



Lopin instrumenté RetD,  
pyrométrie, video, acquisition  
presse (exploitation données presse à venir)



Ordre d'arrivée des produits  
(ex. : RAF de T 350 mm)

# Demi-produits en TA6V

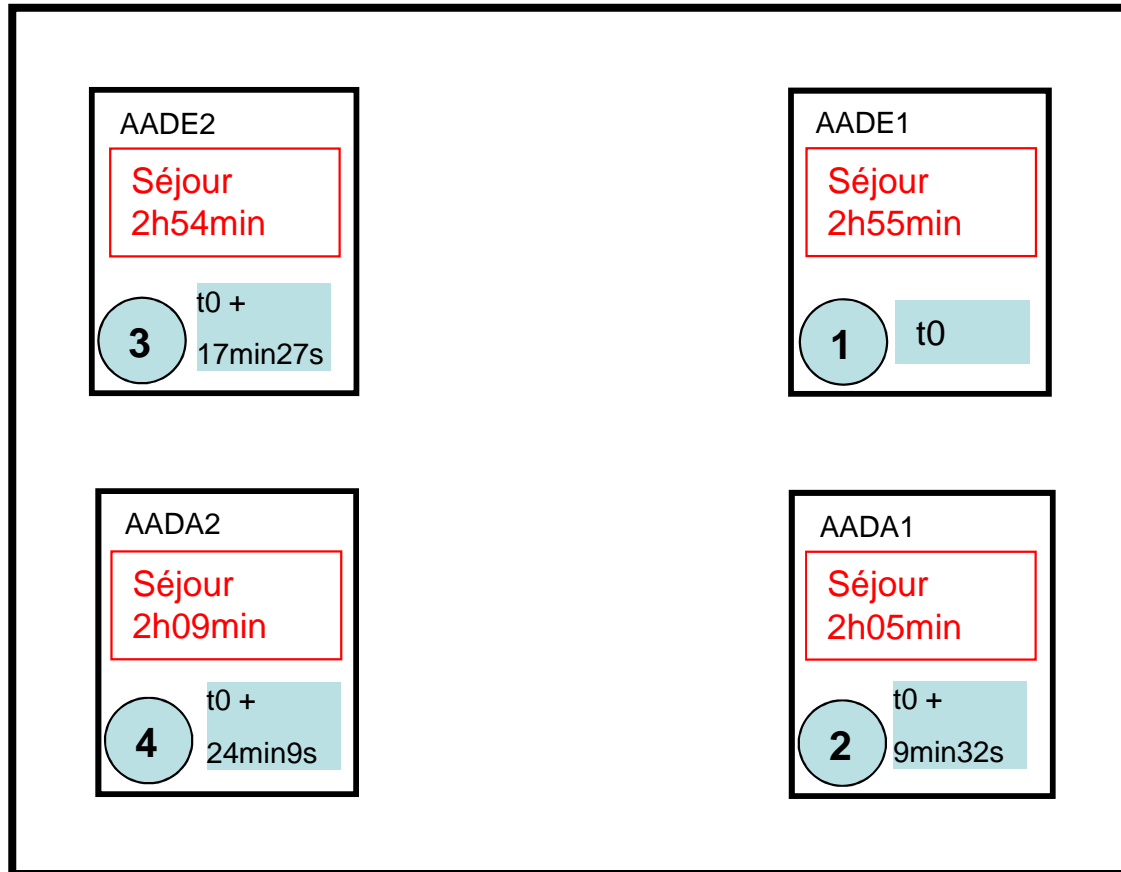
## Non conformités (liserés alpha)

### Analyse des séquences de RAF – CAA 550 mm

FD103

Côté fond

Ordre d'arrivée



Côté porte

Moyenne des températures en peau (pyrométrie) :

- À la mise à disposition sur Pop-up (fin de forgeage) :

818°C

- A la RAF :

799°C

Ouverture de porte à t0+2h15min pour 1<sup>er</sup> forgeage CAA 470mm : AADA2 arrivé en dernier a eu 1h51mn de séjour sans ouverture de porte

# Demi-produits en TA6V

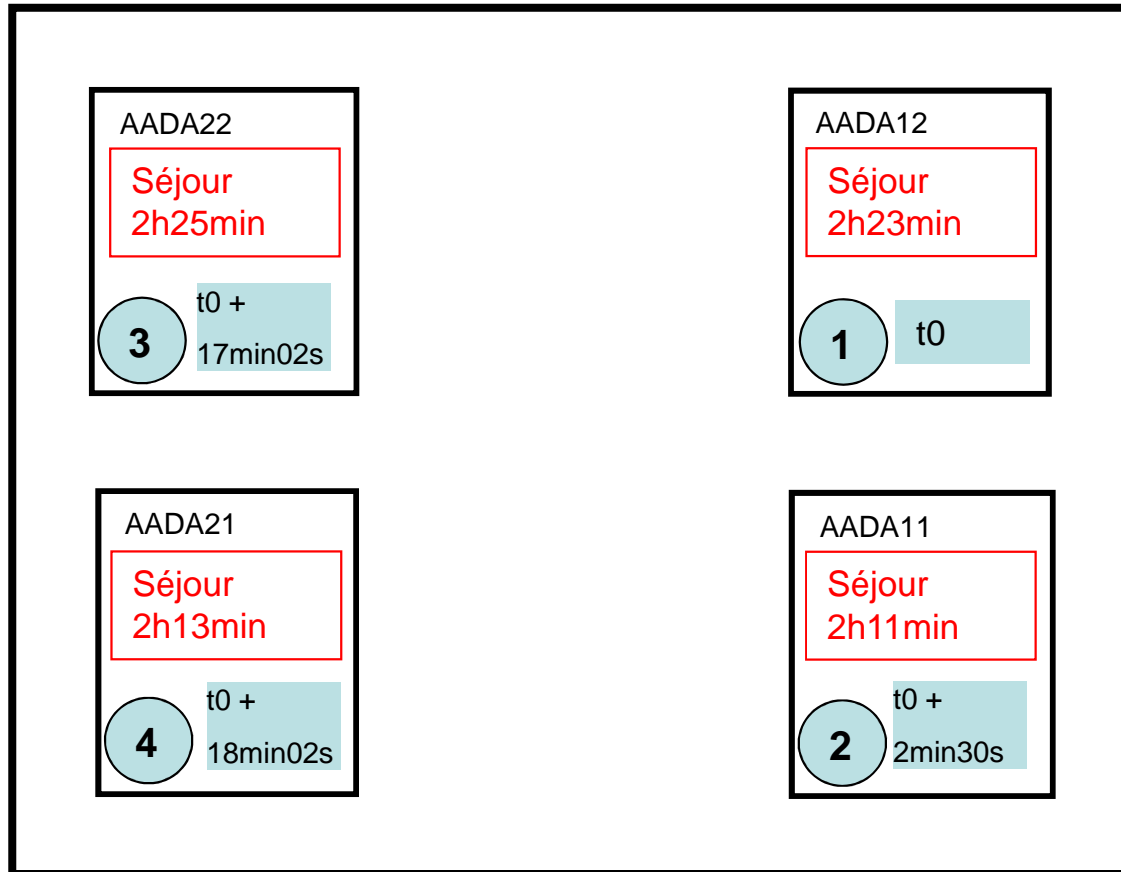
## Non conformités (liserés alpha)

### Analyse des séquences de RAF – CAA 470 mm (repères AADA)

FD104

Côté fond

Ordre d'arrivée



Côté porte

Moyenne des températures en peau (pyrométrie) :

- À la mise à disposition sur Pop-up (fin de forgeage) :

737.5°C

- A la RAF :

722.5°C

(à noter : coupe de la chaude, deux produits renfournés sans attente)

Ouverture de porte à t0+2h13min pour 1<sup>er</sup> forgeage CAA 400mm : AADA21 arrivé en dernier a eu 1h55mn de séjour sans ouverture de porte

# Demi-produits en TA6V

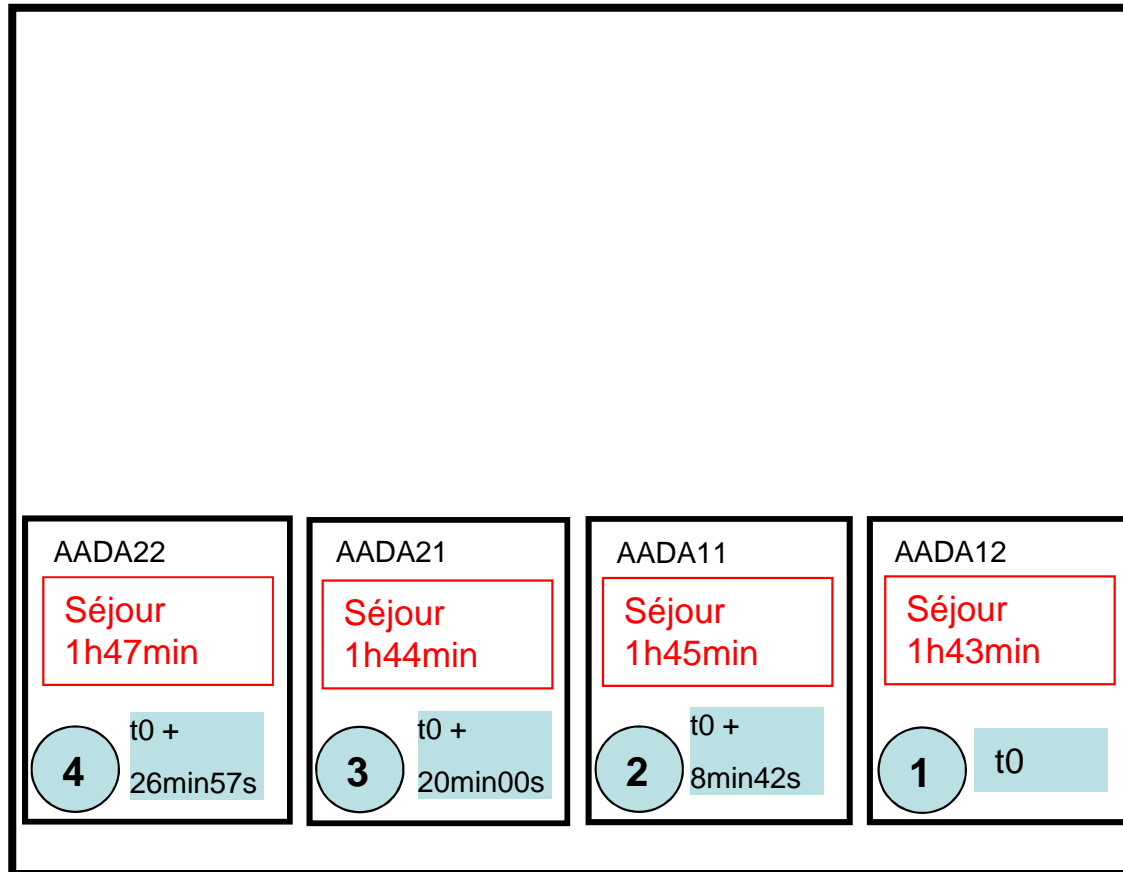
## Non conformités (liserés alpha)

### Analyse des séquences de RAF – CAA 400 mm (repères AADA)

FD104

Côté fond

Ordre d'arrivée



Côté porte

Moyenne des températures en peau (pyrométrie) :

- À la mise à disposition sur Pop-up (fin de forgeage) :

788C

- A la RAF :

768°C

Ouverture de porte à t0+1h43min pour 1<sup>er</sup> forgeage T 345mm : AADA22 arrivé en dernier n'a eu que **1h16mn de séjour sans ouverture de porte**

# Demi-produits en TA6V

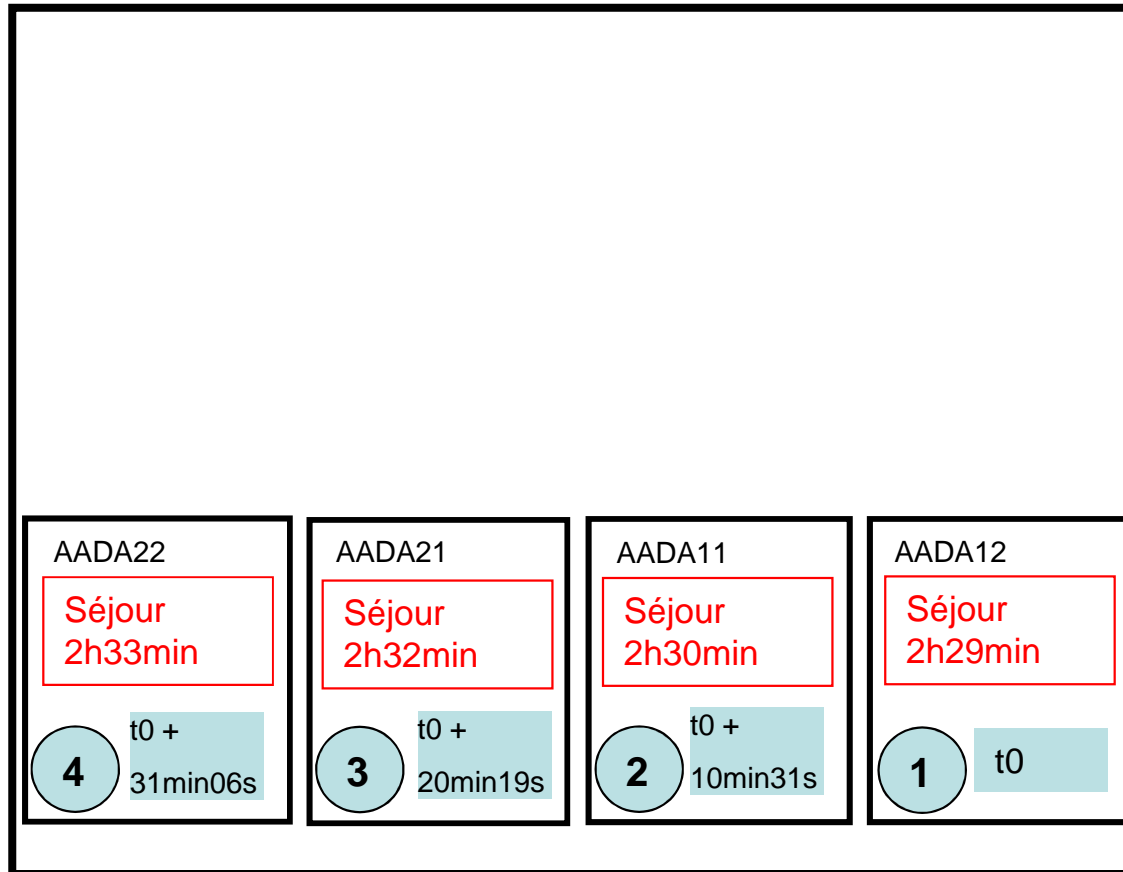
## Non conformités (liserés alpha)

### Analyse des séquences de RAF – T 345 mm (repères AADA)

FD104

Côté fond

Ordre d'arrivée



Moyenne des températures en peau (pyrométrie) :

- À la mise à disposition sur Pop-up (fin de forgeage) :

774°C

- A la RAF :

766°C

Côté porte

Ouverture de porte à t0+2h29min pour 1<sup>er</sup> forgeage R 345mm : AADA22 arrivé en dernier a eu 1h58mn de séjour sans ouverture de porte

## **Demi-produits en TA6V Non conformités (liserés alpha)**

### **Analyse des séquences de RAF – POINTS D'ATTENTION/PROPOSITIONS**

**- PERTES DE TEMPERATURES LORS DES ATTENTES ENTRE MISE A DISPOSITION SUR POP UP APRES FORGEAGE ET REMISE AU FEU (JUSQU'À 30°C DE PERTE CONSTATE EN PEAU)**

**→ renfourner directement le produit après forgeage**

**- PERTES DE TEMPERATURES CONSEQUENTES LORS DES COUPES EN DEUX DE LA CHAUDE (DE L'ORDRE DE 80°C SUPPLEMENTAIRE EN PEAU)**

**→ imposer une RAF systématique avant coupe en deux**

**- DUREES DE SEJOURS DANS FOURS SANS OUVERTURES DE PORTES POUVANT ETRE INFERIEURES A LA CONSIGNE DE TEMPS MINIMUM**

**→ imposer la durée de séjour sur le dernier produit renfourné**

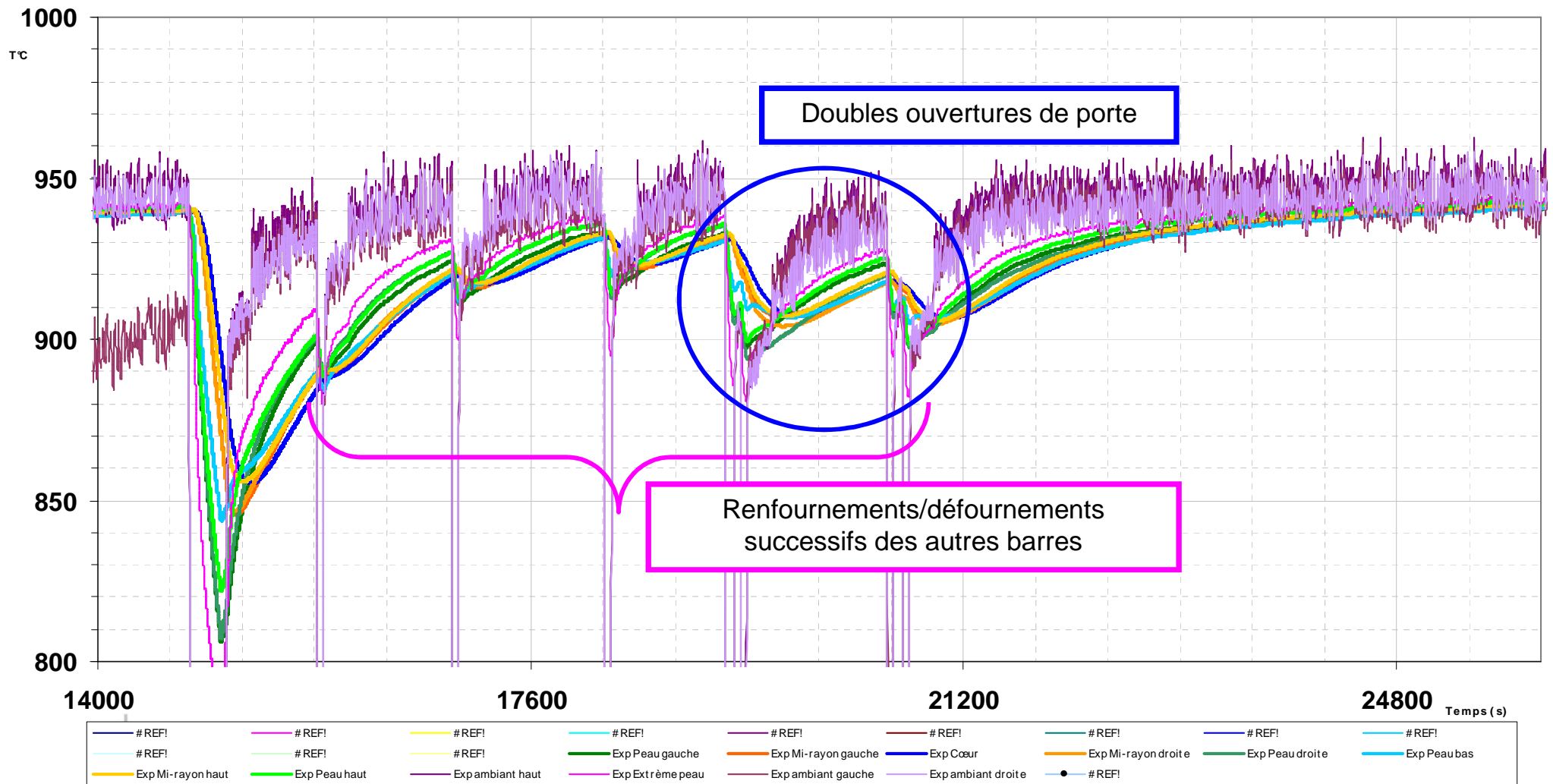


# Demi-produits en TA6V

## Non conformités (liserés alpha)

### ESSAIS AVEC LE LOPIN INSTRUMENTE RetD

Configuration « barre étirée en premier »

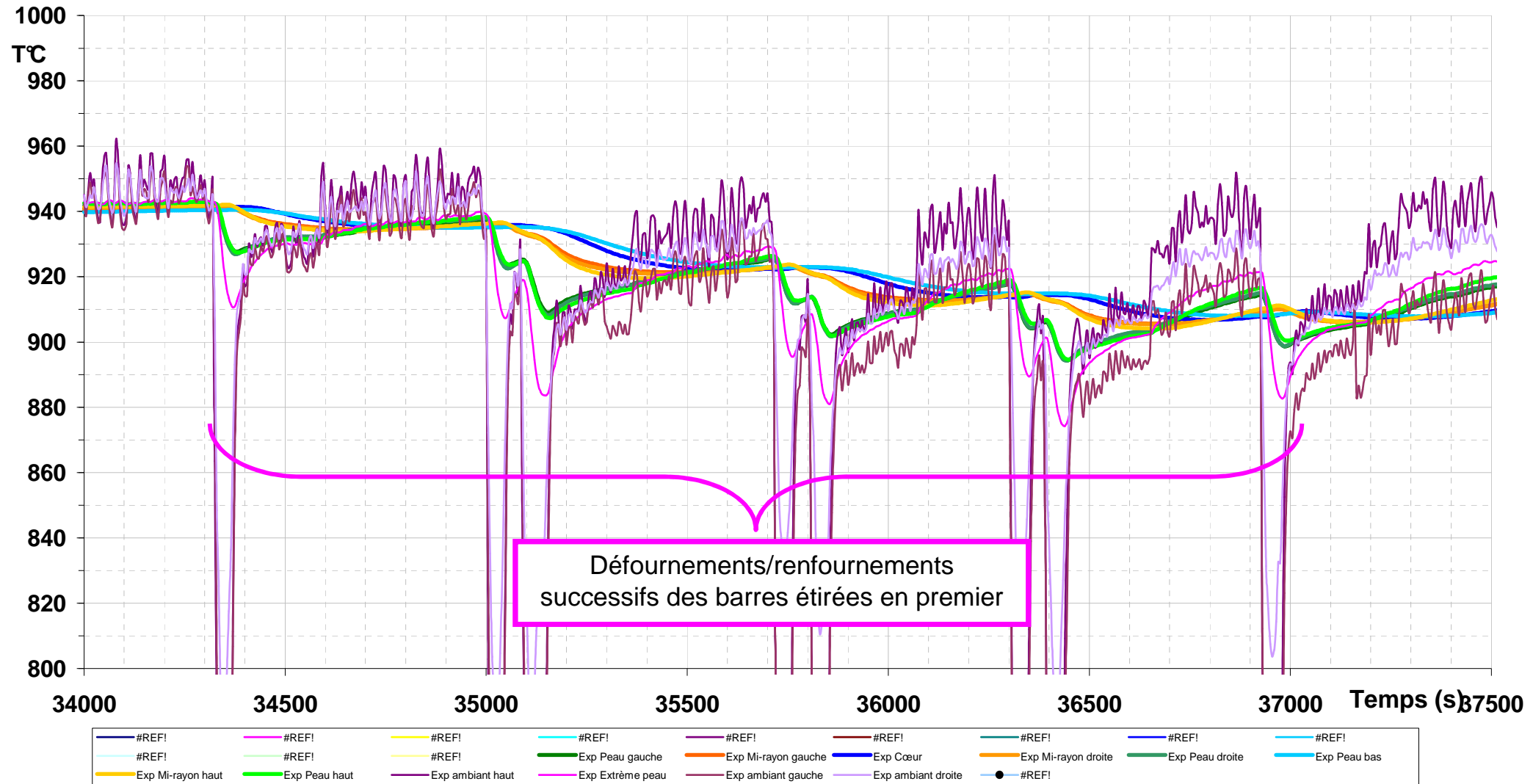


# Demi-produits en TA6V

## Non conformités (liserés alpha)

### ESSAIS AVEC LE LOPIN INSTRUMENTE RetD

Configuration « barre étirée en dernier »



# **Demi-produits en TA6V**

## **Non conformités (liserés alpha)**

### **PREMIERS CALCULS FORGE DE RAF**

*Premiers résultats sous EXCEL*

# **Demi-produits en TA6V**

## **Non conformités (liserés alpha)**

### **PERSPECTIVES**

- **TERMINER LA PREMIERE SERIE DE CALCULS FORGE (fin S16)**
  - **Estimation de durée de RAF mini sans ouverture de porte pour Tlopin >930°C, impact de l'attente avant renfournement, d'une coupe en deux de la chaude...**
  
- **COMPLETER LES ESSAIS DE RAF PAR UNE DEUXIEME CAMPAGNE AVEC CAA270mm EN TA6V INSTRUMENTE (ET CAMERA THERMIQUE IR) (S23 au plus tard)**
  - **ajustements attendus sur les coefficients d'échanges thermiques à prendre en compte**

**AUBERT&DUVAL**



# **Presse UKAD**

## **Analyse de cas de refoulement de lingot en PER706**

**07/02/2013**

# Analyse de cas de refoulement sous effort maximal ( 6150 T)

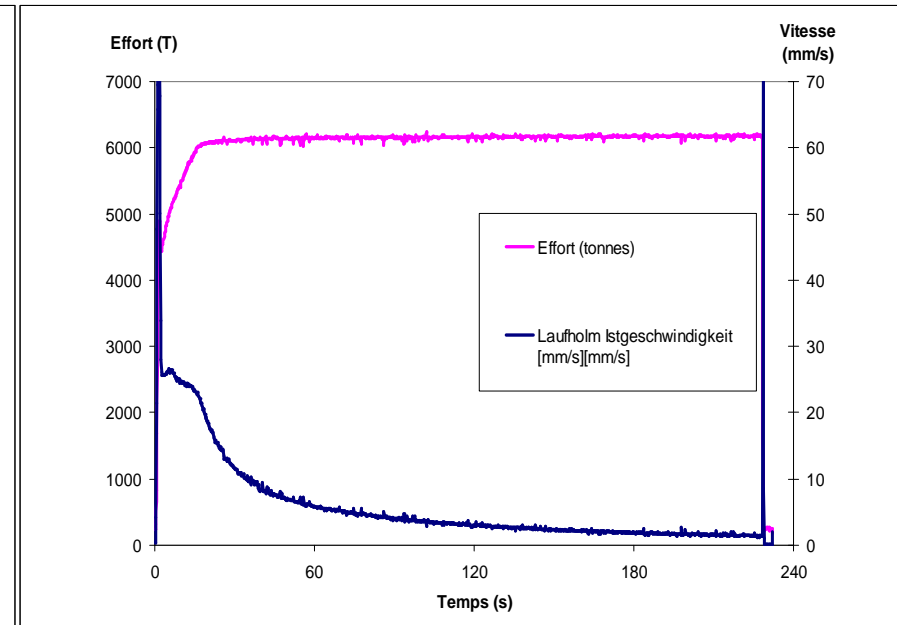
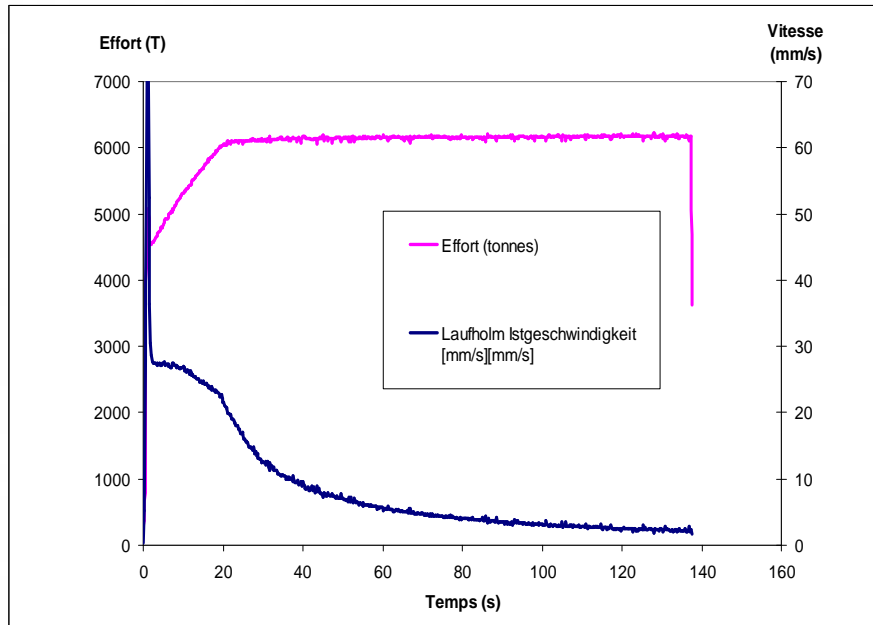
- PER706 –Lingot Carpenter LF860

PA 454 - 11213 KG  
 - Chauffage 1150°C

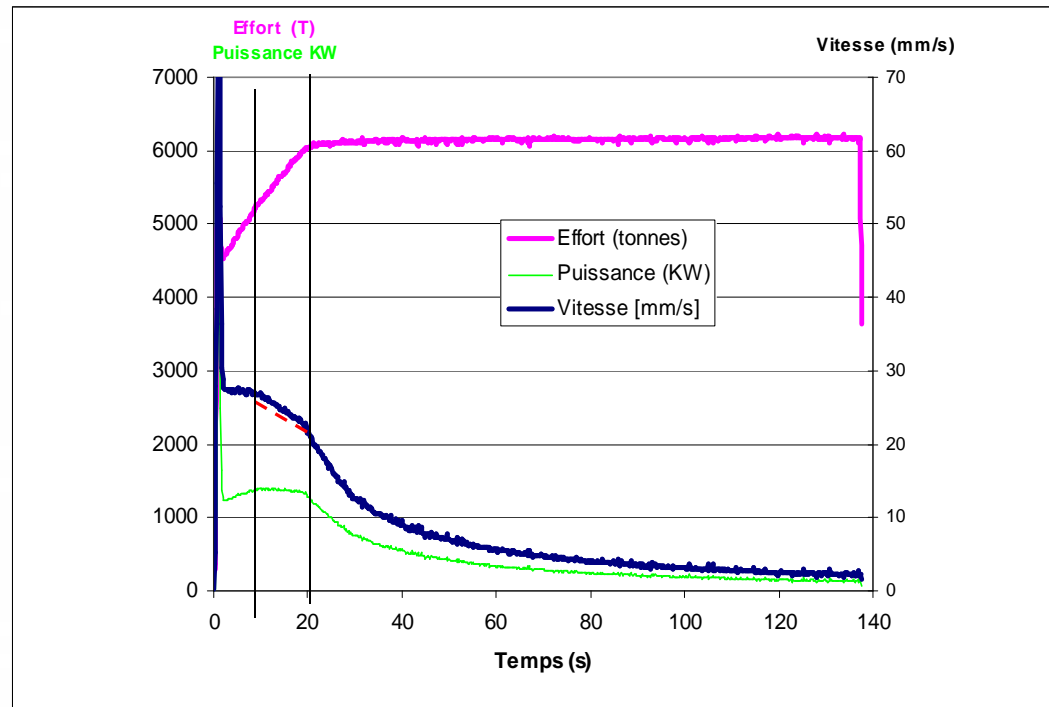
Forgeage les 19 et 20 Décembre 2012

1<sup>er</sup> refoulement Ø867mm (côte à chaud)  
 H 2465mm -> 1260mm (côtes à chaud)

2<sup>eme</sup> refoulement Ø838mm  
 H 2630mm -> 1230mm (côtes à chaud)



- Analyse de la vitesse presse



– Décroissance de la vitesse en 2 étapes

- 1 --- Limitation en puissance =  $F \times V = 1350 \text{ à } 1400 \text{ KW}$
- 2 - Limitation en effort à 6150 T



- Paramètre de pilotage de la cinématique presse

General	Palier 1	Palier 2	Palier 3
Vitesse 1 (mm/s)	1		
Pente vitesse 1 (mm/s <sup>2</sup> )	12		
Vitesse rationnelle 1 (s <sup>-1</sup> )			
Effort impose 1 (T)			
Effort max presse 1 (T)			
Perte de charge 1 (T/(mm/s) <sup>2</sup> )			
m Perte de charge 1			
Puissance max presse 1 (kW)			
Raideur presse 1 (N/m)			
Hauteur fin palier 1 (mm)			
Vitesse fin palier 1 (mm/s)	28		
Effort debut maintien 1 (T)			
Temps maintien 1 (s)			
General	Palier 1	Palier 2	Palier 3
Vitesse 2 (mm/s)		28	
Pente vitesse 2 (mm/s <sup>2</sup> )		0	
Vitesse rationnelle 2 (s <sup>-1</sup> )			
Effort impose 2 (T)			
Effort max presse 2 (T)		6150	
Perte de charge 2 (T/(mm/s) <sup>2</sup> )		0.3	
m Perte de charge 2			
Puissance max presse 2 (kW)		1350	
Raideur presse 2 (N/m)			
Hauteur fin palier 2 (mm)			
Vitesse fin palier 2 (mm/s)			
Effort debut maintien 2 (T)		6140	
Temps maintien 2 (s)		300	

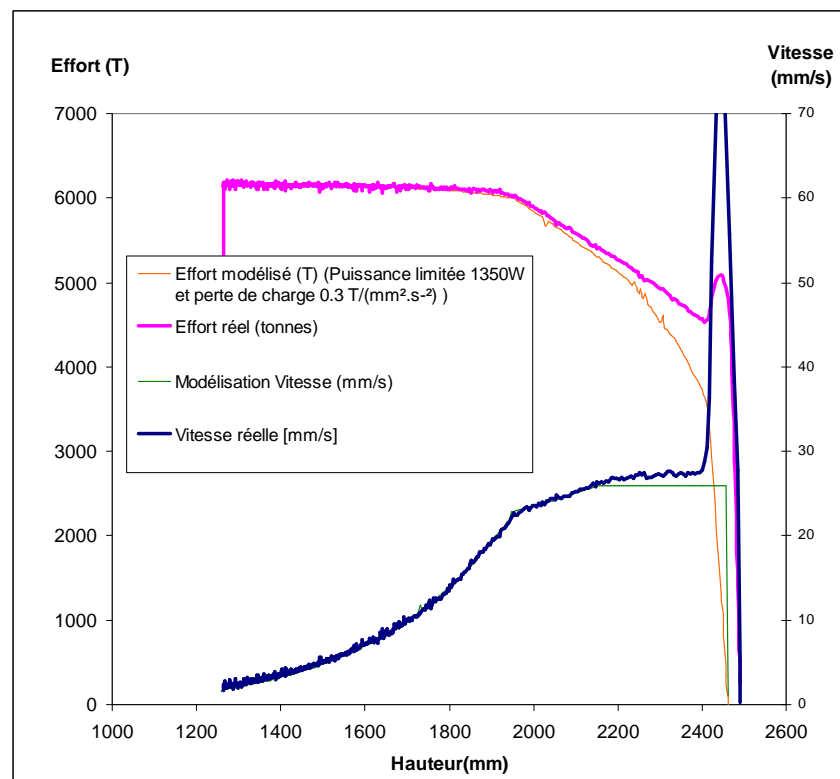
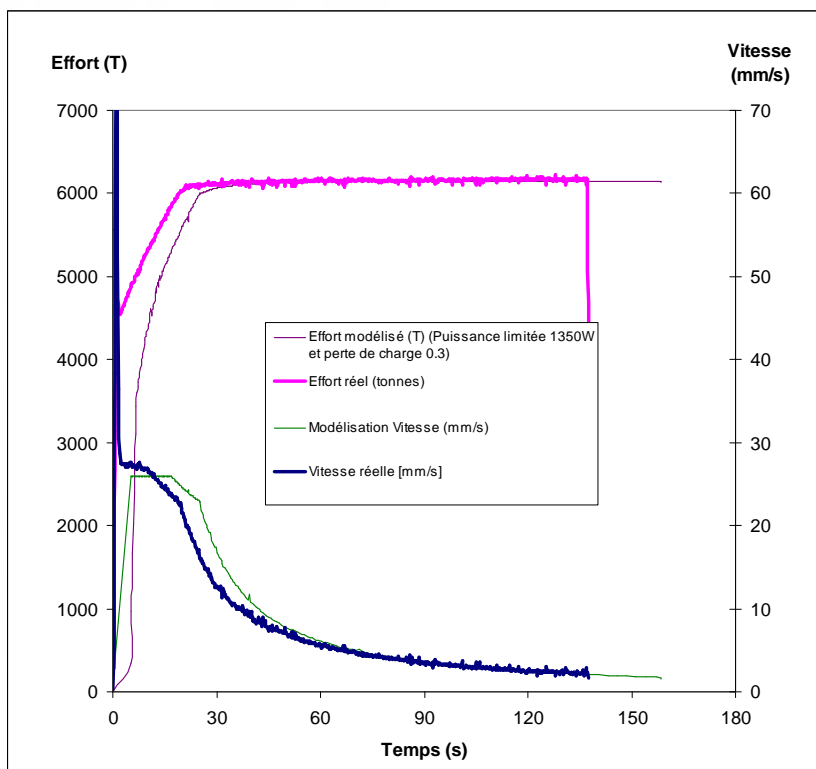
- 1 - Limitation en puissance = 1350 KW
- 2 - Limitation en effort à 6150 T
  - avec perte de charge  $0.3T/mm^2s^{-2}$



- PER706 – Forgeage Carpenter Lingot LF860 - PA 454 - 11213 KG

1<sup>er</sup> refoulement Ø867mm

H 2465mm -> 1260mm ( côtes à chaud)



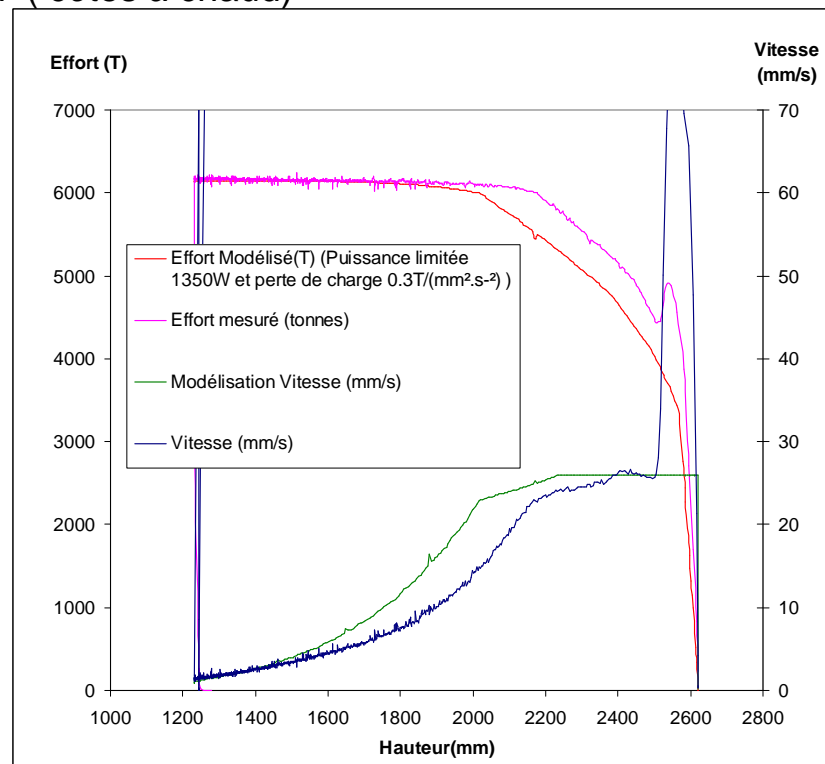
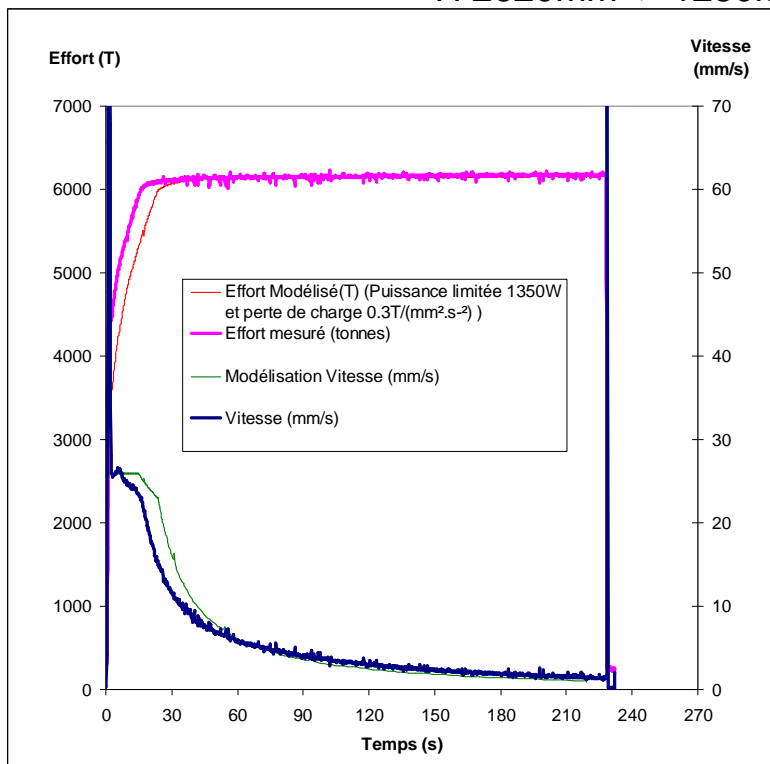
Profil de la vitesse et temps de forgeage représentatifs de la réalité



- PER706 – Forgeage Carpenter Lingot LF860 - PA 454 - 11213 KG
  - Remise au feu 1150°C

2<sup>eme</sup> refoulement Ø838mm

H 2620mm -> 1230mm ( côtes à chaud)



Profil de la vitesse et temps de forgeage représentatifs de la réalité



## Prédiction sur les gammes Lingot LF1020 Ancizes

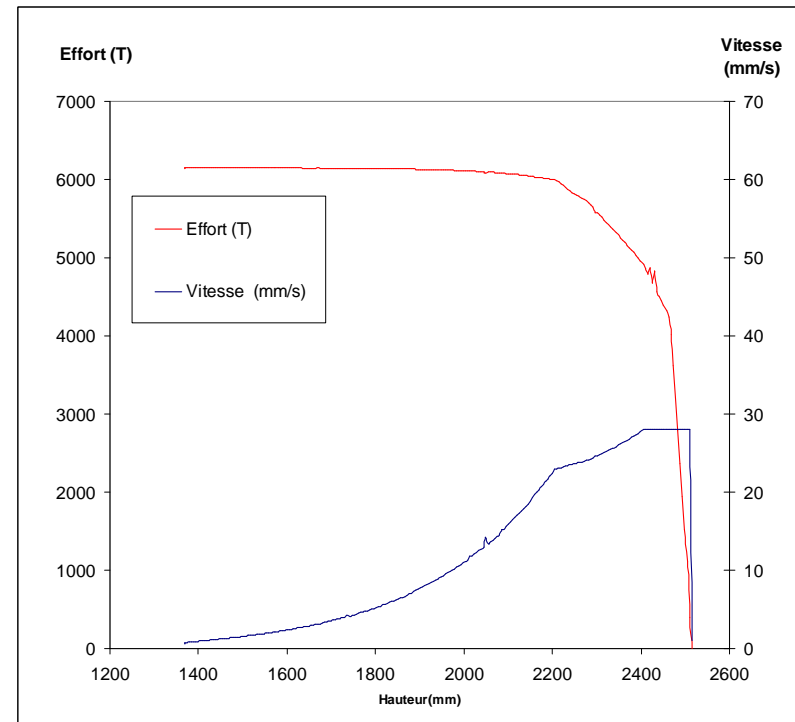
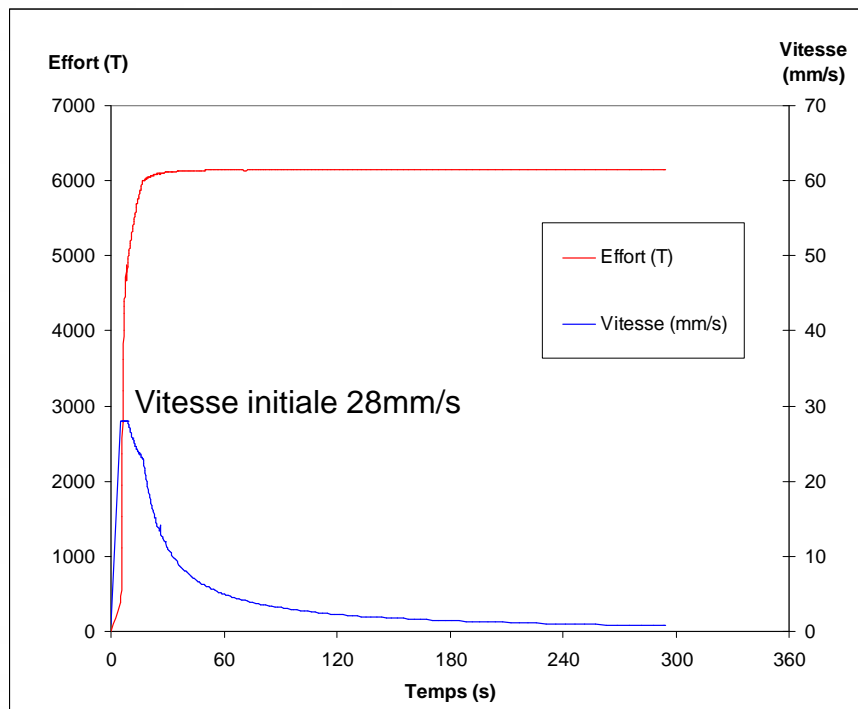
Gammes UKAD LF1020 ANC

Familie		12	13	14	15	16	17	18		
Produit de depart	Gamme	7FA	7FA	7FA	9FA	9FA	9FB	9FB		
	PIECE	RT1 ou RT2	SP1/2	RT3+SP2/3	RT1 ou RT2 ou SP1/2	RT3 ou SP2/3	SP2/3	SP1/2		
	Ø (mm)	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020		
	Lg (mm)	1268	1509	2037	2116	1759	1916	2460		
	poids* (Kg)	8400	10000	13500	14025	11660	12700	16300		
	Elancement	1,24	1,48	2,00	2,07	1,72	1,88	2,41		
1ère HOMO	Chauffage/Homogénéisation									
Forgeage ébauche	1ère chaude	Etirage	1ère partie homogénéisation - 1150°C						maintien 48H	
			Ke	1,58	1,47	1,19	1,17	1,30	1,25	1,05
			Octo	790	820	910	920	870	890	970
			Lg (mm)	2003	2214	2426	2466	2293	2386	2579
	2ème chaude	Refoulement	Remise au feu						1150°C - 3H	
			Refoul	1113	1230	1348	1370	1274	1326	1433
			Ø équiva	1089	1130	1254	1268	1199	1226	1337
			Kr	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
	3ème chaude	Etirage	Remise au feu						1100°C - 2H30	
			Ke	1,33	1,29	1,30	1,28	1,28	1,29	1,30
			Oct	920	970	1070	1090	1030	1050	1140
			Lg (mm)	1477	1582	1755	1757	1636	1715	1867
	4ème chaude	Etirage	Remise au feu						1150°C - 2H30	
			Ke	1,39	1,40	1,38	1,40	1,40	1,39	1,38
			Octo	780	820	910	920	870	890	970
			Lg (mm)	2055	2214	2426	2466	2293	2386	2579
	2ème HOMO	Homogénéisation								
			2e partie homogénéisation - 1180°C - Montée 1H puis maintien 32H							
		Pièce posée								
		Passage par le froid pour reprise sur gamme 5ch avec possibilités de mix avec lingots CARTECH selon SMP-AN-003								
		Réchauffage								
		350°C - 5H puis 900°C - 4H puis 1150°C - 11H								
5ème chaude	Refoulement	Refoul	1142	1230	1348	1370	1274	1326	1433	
		Ø équiva	1075	1130	1254	1268	1199	1226	1337	
		Kr	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	
		H/D	1,06	1,09	1,08	1,08	1,06	1,08	1,07	
6ème chaude	Etirage	Remise au feu						1150°C - 2H30		
		Ke	1,29	1,29	1,30	1,28	1,28	1,29	1,28	
		Octo	920	970	1070	1090	1030	1050	1150	
		Lg (mm)	1477	1582	1755	1757	1636	1715	1834	

- PER706 – Modélisation du refoulement de Gamme 9FA- 14025 KG
  - Chauffage 1150°C

Lingot préalablement étiré en octo 920 x 2466mm

Refoulement H2515mm -> 1390mm (côtes à chaud) - taux de refoulement 1.8

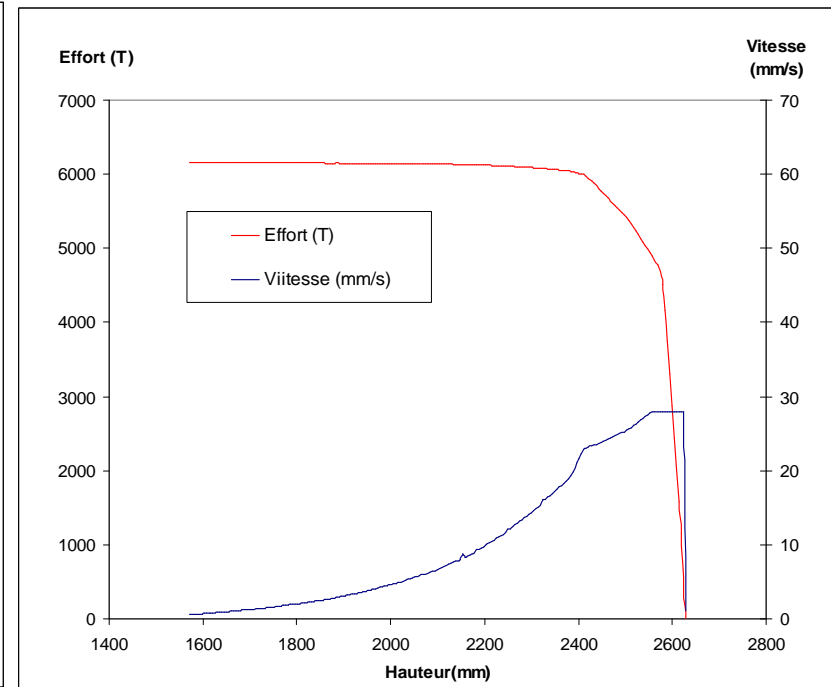
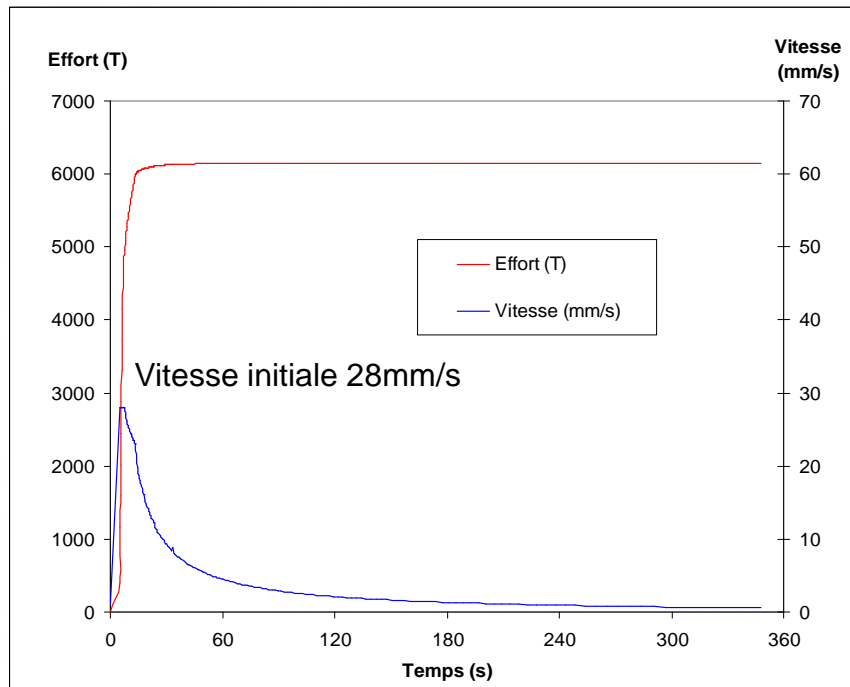


Cote visée atteinte après 4.5mn - vitesse finale 0.8mm/s - Température en peau 890°C

- PER706 – Modélisation du refoulement de Gamme 9FA- 16300 KG  
– Chauffage 1150°C

Lingot préalablement étiré en octo 970 x 2580mm

Refoulement H2630mm -> 1460mm (côtes à chaud) - taux de refoulement 1.8



Cote non atteinte après près de 6mn - vitesse 0.6mm/s - Température en peau 880°C

Hauteur de calage environ 1570mm soit un taux de refoulement 1.67



- 1<sup>er</sup> jeu de données identifié pour la cinématique presse sous effort maximal
  - Résultats à conforter avec la prochaine campagne de forgeage 706 (Semaine 16)
  
- PER706 – 9FA – SP 1/2 - 16300 Kg - Lingot LF 1020
  - Remise en cause de la gamme de forgeage envisagée
    - Taux de refoulement 1.8 non compatible