



ERAMET
RESEARCH

38.10.043-JM

Trappes, le 23 novembre 2010

**EXAMENS COMPARATIFS MEB-EBSD DE BILLETES DIAMETRE 240 MM
D'ALLIAGE TA6V D'ORIGINE VSMPO ET RTI**

ETUDE N° 23300 / 2566

DISTRIBUTION :

AUBERT & DUVAL

ERASTEEL

P. DELABORDE

L. SANCHO

C. DUMONT

S. SELLA

Y. LE COLLEN

P. HERITIER

ERAMET RESEARCH

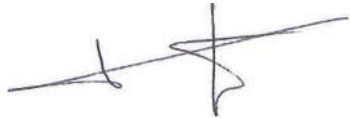

J-P. CESCUTTI

B. ANTOLOVICH

E. BAILLET

C. GOUNY

Documentation

Auteur : J. MONTAGNON	Approbateur : B. ANTOLOVICH
	

KEYWORDS : BRANCHE ALLIAGE ° ERASTEEL ° AUBERT&DUVAL ° EBSD °
ALLIAGE TA6V ° BILLETES ° CARACTERISATION STRUCTURALE

RÉSUMÉ-CONCLUSIONS :

INTRODUCTION

L'un des objectifs principaux du projet « Titane aval UKAD » piloté par AUBERT&DUVAL est l'investigation de ses moyens de production en vue de la fabrication d'articles en alliages de titane. Diverses productions ont été réalisées courant 2010 en partant de deux billettes diamètre 240 mm d'origine VSMPO et RTI.

Cette étude présente l'analyse MEB-EBSD des structures et textures de ces deux demi-produits.

RESUME / DISCUSSION

Les deux demi-produits présentent quelques caractéristiques propres à chacun et un point commun relativement inhabituel au regard de ce que l'on observe sur les produits laminés au stade de finition.

- Parmi les points communs aux deux billettes, on peut citer la taille identique des grains alpha « primaire », de l'ordre de 15 microns, ce qui implique une gamme similaire de finition en $\alpha+\beta$ et des températures voisines de réchauffage.
- Le produit VSMPO est très probablement livré à l'état recuit de recristallisation aux alentours de 900°C, suivi d'un refroidissement à l'air comme en témoigne la gradation de sa structure en fonction de la profondeur sous la surface de la billette. La structure de la billette RTI semble brute de transformation, comme en témoignent la présence de grains primaires écrouis et d'une structure granulaire secondaire à grains très fins.
- Parmi les points communs « inhabituels », on peut citer l'orientation particulière de la composante de texture (0001) $\langle 10-10 \rangle$ dont l'orientation $\langle 0001 \rangle$ est préférentiellement alignée selon l'axe des billettes, tandis que l'orientation $\langle 10-10 \rangle$ l'est plutôt selon la direction radiale, à l'inverse de ce que l'on a constaté sur les produits laminés au stade de la finition. Il est possible, parmi d'autres hypothèses éventuelles, que cette texture soit héritée de celle de la solidification des lingots. Cet aspect inhabituel d'orientation cristalline est caractérisé dans la billette RTI, mais est un peu moins vrai dans la billette VSMPO, en particulier en position mi-rayon, où l'orientation $\langle 10-10 \rangle$ tend à s'aligner sur l'axe du produit, comme dans les barres laminées.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	4
2. EXAMENS DE STRUCTURE	4
2.1. Examen des structures granulaires	4
2.1.1. Billette VSMPO	4
2.1.2. Billette d'origine RTI	4
2.2. Analyse des structures	5
2.2.1. Billette VSMPO	5
2.2.2. Billette d'origine RTI	5
3. RESUME/DISCUSSION	5
4. LES ANNEXES	6
<i>ANNEXE 1 : Examens des structures granulaires des billettes</i>	<i>7</i>
<i>ANNEXE 2 : Analyse des textures dans les billettes</i>	<i>14</i>

1. INTRODUCTION

L'un des objectifs principaux du projet « Titane aval UKAD » piloté par AUBERT&DUVAL est l'investigation de ses moyens de production en vue de la fabrication d'articles en alliages de titane. Diverses productions ont été réalisées courant 2010 en partant de deux billettes diamètre 240 mm d'origine VSMPO et RTI.

Cette étude présente l'analyse MEB-EBSD des structures et textures de ces deux demi-produits.

2. EXAMENS DE STRUCTURE

Les prélèvements de matière fournis à ERAMET RESEARCH sont issus de sections des deux billettes, d'épaisseur 20 mm environ. Un schéma de prélèvement est présenté en Annexe 1a. Les examens portent sur les deux positions repérées MR (mi-rayon) et P (périphérie). Le positionnement angulaire approximatif de la face examinée a été estimé en vue d'orienter les données cristallographiques d'analyse EBSD par rapport à un repère échantillon axisymétrique conventionnel (radial / longitudinal). Les angles de rotation des données cristallographiques sont indiqués sur le schéma en fonction des positions d'examen.

2.1. EXAMEN DES STRUCTURES GRANULAIRES

2.1.1. BILLETTE VSMPO

La billette VSMPO offre une structure granulaire de type équiaxe (cf. Annexes 1b et 1c) dont la distribution de taille de grain pondérée par leur surface est centrée sur 14 microns, aussi bien en position mi-rayon qu'en périphérie (Annexe 1d). Le produit VSMPO est très vraisemblablement à l'état recuit de « recristallisation », à une température que l'on peut estimer aux alentours de 900°C. En périphérie de la billette, les plages de phase β en équilibre à la température du dernier réchauffage se sont transformées en plaquettes massives de phase α lors du refroidissement. En revanche, en position mi-rayon, la quasi-totalité de la structure granulaire est de type « équiaxe globularisée ». Le refroidissement appliqué lors du cycle thermique final de recuit (ou tout autre traitement) produit des cinétiques de refroidissement lentes et différenciées en fonction de la profondeur dans la billette. On peut imaginer une opération de défournement à l'air en fin de maintien de recuit.

Le taux de phase β résiduelle est lui aussi dépendant de la cinétique de refroidissement (Annexe 1e): il varie de 4% en peau du produit à 8% à mi-rayon où la cinétique thermique a permis la diffusion des éléments chimiques qui stabilise cette phase β .

2.1.2. BILLETTE D'ORIGINE RTI

Le caractère équiaxe de la structure granulaire est moins affirmé dans la billette RTI (cf. Annexes 1b et 1c). En effet, à mi-rayon du produit les grains apparaissent étirés dans une direction, tandis qu'ils sont fortement déformés en périphérie. D'autre part, la périphérie de la billette est caractérisée par une structure granulaire mixte où les grains grossiers de phase alpha « primaire » sont enrobés dans une structure à grains fins. Ce type de structure est très similaire à celle d'un produit brut de transformation thermo-mécanique dans le domaine biphasé $\alpha+\beta$. Un recuit final a pu être appliqué, mais à une température suffisamment basse pour contenir le grossissement de la fraction de grains fins. La distribution de taille moyenne des grains pondérée par leur surface est centrée sur 11 microns pour les deux positions d'examen.

Le taux de phase beta résiduelle est de 6% et est constant de mi-rayon à périphérie (cf. Annexe 1e).

2.2. ANALYSE DES STRUCTURES

2.2.1. BILLETTE VSMPO

La composante de texture (0001) $\langle 10\text{-}10 \rangle$ caractéristique de l'alliage TA6V est observée dans la billette VSMPO, mais semble nettement atténuée par référence à des examens antérieurs d'autres produits. Un recuit de recristallisation post-transformation peut justifier un tel effet d'atténuation de texture à l'échelle des grains.

A mi-rayon, l'orientation $\langle 10\text{-}10 \rangle$ tend à s'aligner sur l'axe de la billette (cf. Annexes 2a, 2b) ; on note la présence d'une macro-texture, où des plages de grains prennent une orientation différente de celle dominante.

En périphérie, on ne retrouve pas l'alignement habituel de l'orientation $\langle 10\text{-}10 \rangle$ sur l'axe longitudinal. Cette orientation cristallographique $\langle 10\text{-}10 \rangle$ semble préférentiellement se placer dans la direction circonférentielle de la billette (Figure de pôles $\langle 10\text{-}10 \rangle$ en Annexe 2f).

Une constante de la texture dans la billette VSMPO est le positionnement essentiellement radial de l'orientation $\langle 11\text{-}20 \rangle$ (cf. Annexes 2c, 2d).

2.2.2. BILLETTE D'ORIGINE RTI

La composante de texture (0001) $\langle 10\text{-}10 \rangle$ est bien présente dans ce produit mais, cette fois, l'orientation $\langle 10\text{-}10 \rangle$ est préférentiellement alignée en direction circonférentielle dans les deux positions examinées (Figures de pôles en Annexe 2f), et on retrouve l'orientation $\langle 0001 \rangle$ alignée selon des directions proches de l'axe de la billette (Figures de pôles à tendance « centrale » en Annexe 2b). Ce cas de figure, différent de celui observé jusqu'alors dans de multiples produits finis, est similaire à celui de la texture en position périphérie de la billette VSMPO.

La fonction FDOC donne des intensités de texture quelque peu plus élevées dans la billette RTI, malgré une taille moyenne de grain inférieure (cf. Annexe 2g).

3. RESUME/DISCUSSION

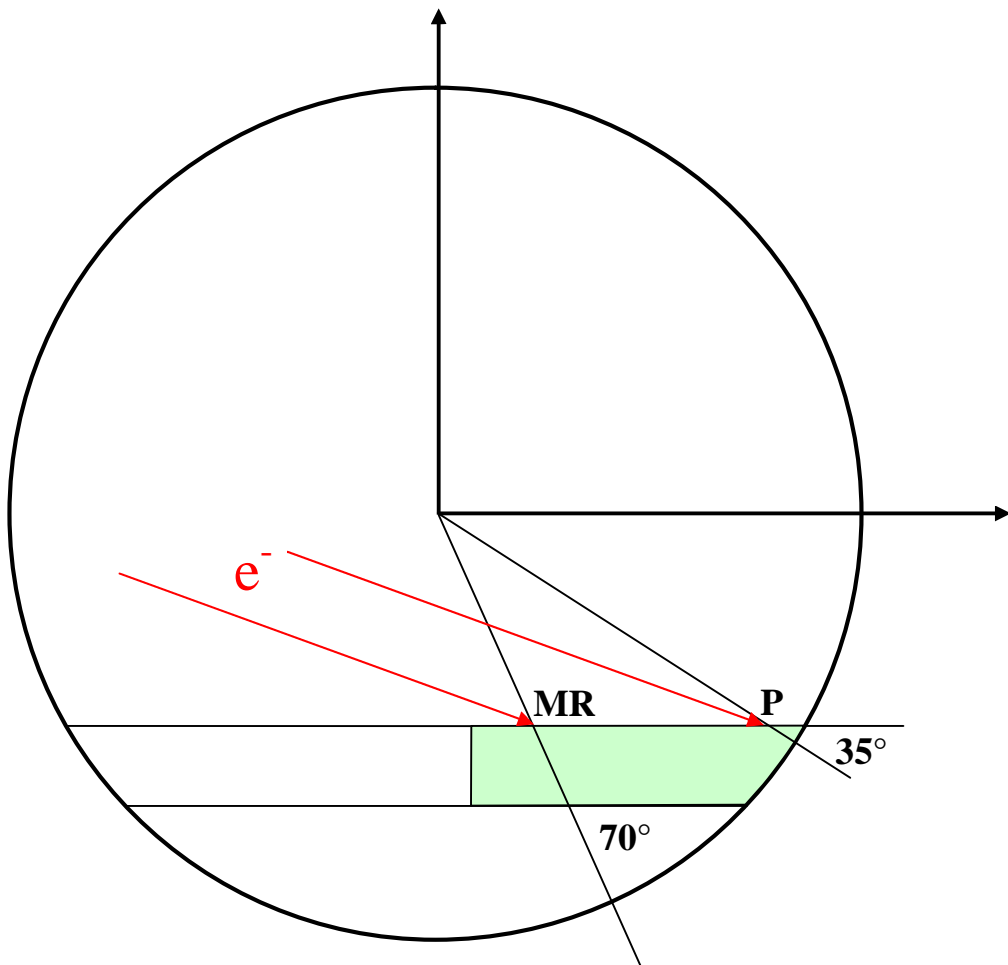
Les deux demi-produits présentent quelques caractéristiques propres à chacun et un point commun relativement inhabituel au regard de ce que l'on observe sur les produits laminés au stade de finition.

- Parmi les points communs aux deux billettes, on peut citer la taille identique des grains alpha « primaire », de l'ordre de 15 microns, ce qui implique une gamme similaire de finition en $\alpha+\beta$ et des températures voisines de réchauffage.
- Le produit VSMPO est très probablement livré à l'état recuit de recristallisation aux alentours de 900°C, suivi d'un refroidissement à l'air comme en témoigne la gradation de sa structure en fonction de la profondeur sous la surface de la billette. La structure de la billette RTI semble brute de transformation, comme en témoignent la présence de grains primaires écrouis et d'une structure granulaire secondaire à grains très fins.
- Parmi les points communs « inhabituels », on peut citer l'orientation particulière de la composante de texture (0001) $\langle 10\text{-}10 \rangle$ dont l'orientation $\langle 0001 \rangle$ est préférentiellement alignée selon l'axe des billettes, tandis que l'orientation $\langle 10\text{-}10 \rangle$ l'est plutôt selon la direction radiale, à l'inverse de ce que l'on a constaté sur les produits laminés au stade de la finition. Il est possible, parmi d'autres hypothèses éventuelles, que cette texture soit héritée de celle de la solidification des lingots. Cet aspect inhabituel d'orientation cristalline est caractérisé dans la billette RTI, mais est un peu moins vrai dans la billette VSMPO, en particulier en position mi-rayon, où l'orientation $\langle 10\text{-}10 \rangle$ tend à s'aligner sur l'axe du produit, comme dans les barres laminées.

4. LES ANNEXES

ANNEXE 1 : EXAMENS DES STRUCTURES GRANULAIRES DES BILLETES

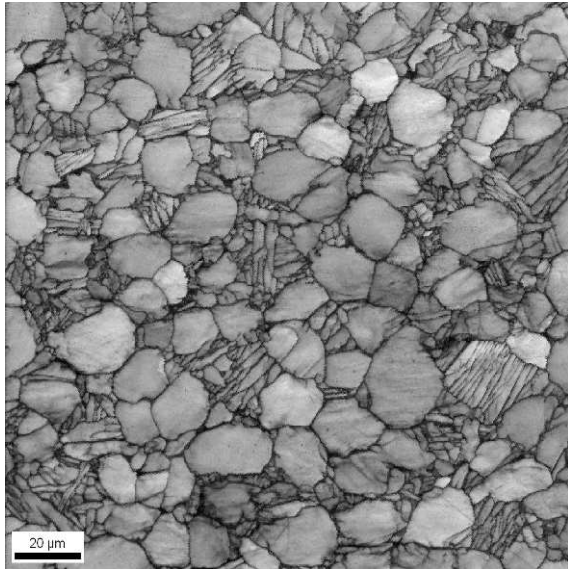
Annexe 1a : Plan de prélèvement des échantillons dans la section des billettes



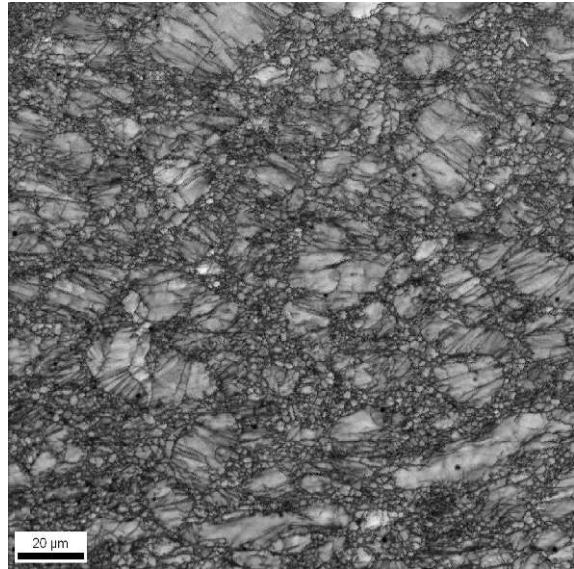
MR : Position mi-rayon
P : Position périphérie

Annexe 1b : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Examen structural MEB-EBSD : Indice de qualité de diffraction (x 500)

VSMPO

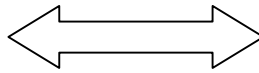


RTI

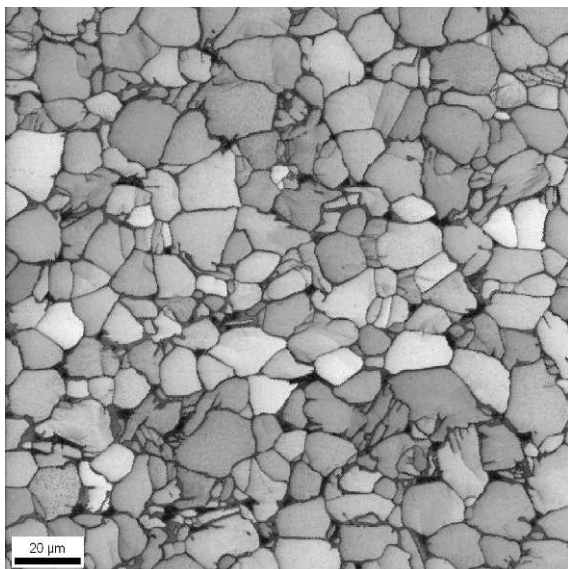


Position périphérie

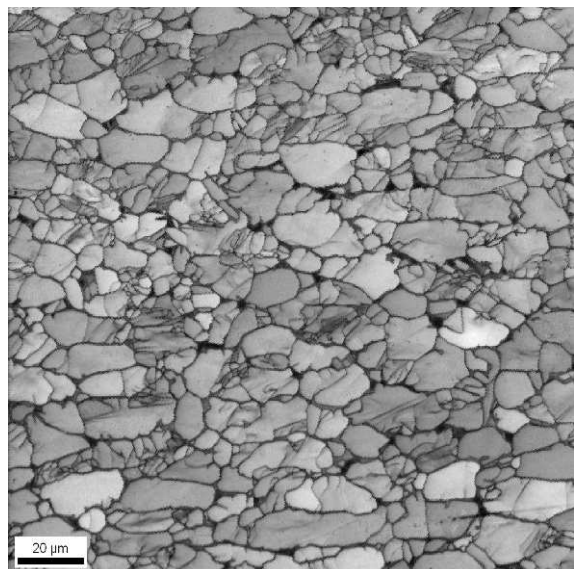
Sens Long



VSMPO



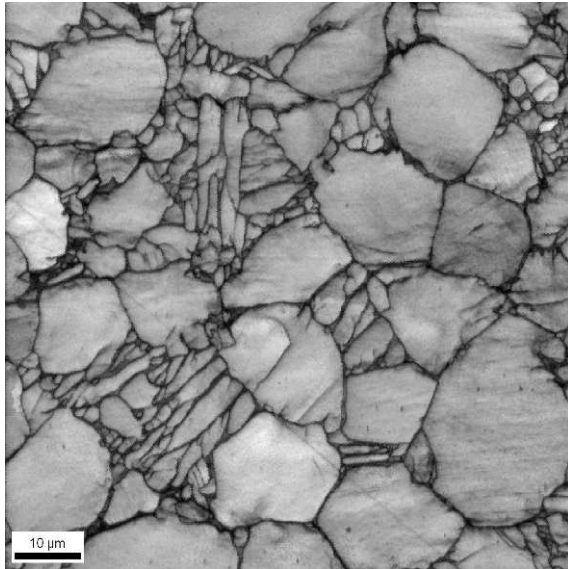
RTI



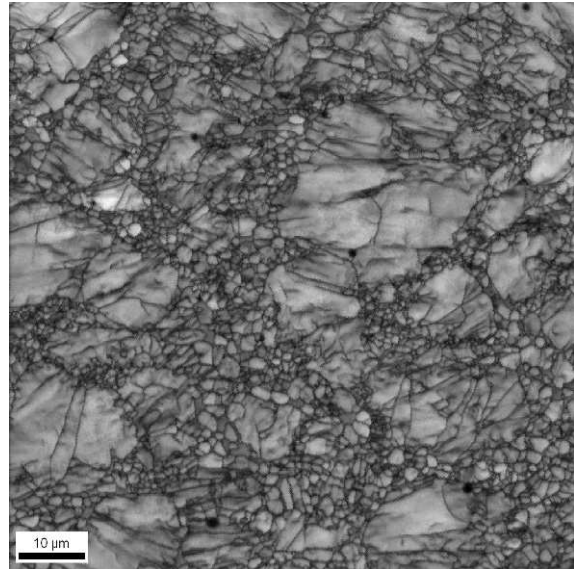
Position mi-rayon

Annexe 1b (bis) : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Examen structural MEB-EBSD : Indice de qualité de diffraction (x 1000)

VSMPO

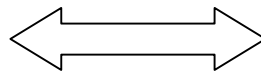


RTI

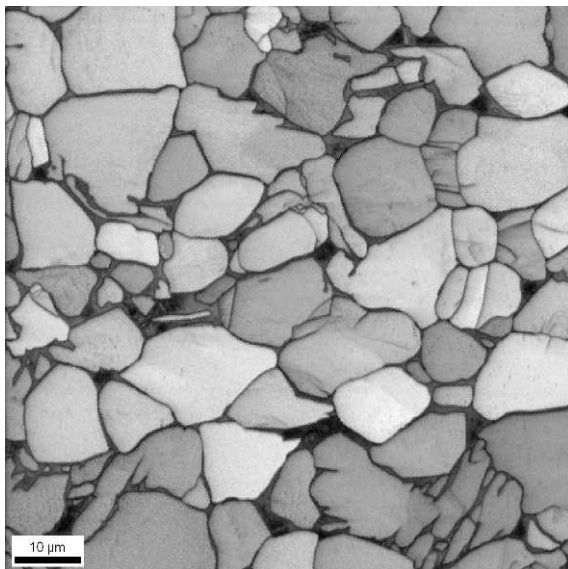


Position périphérie

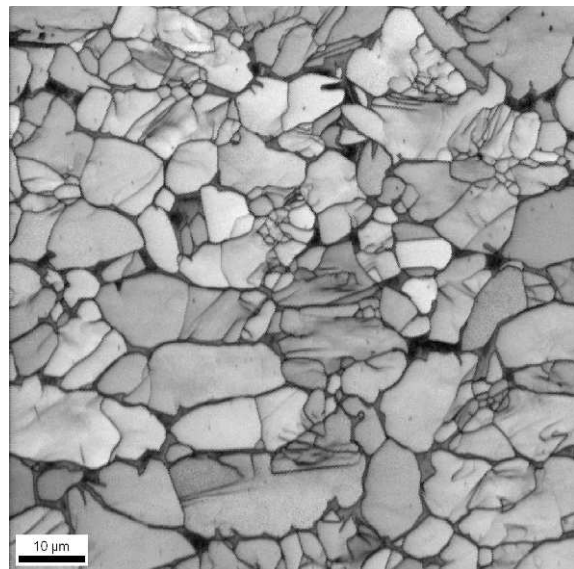
Sens Long



VSMPO



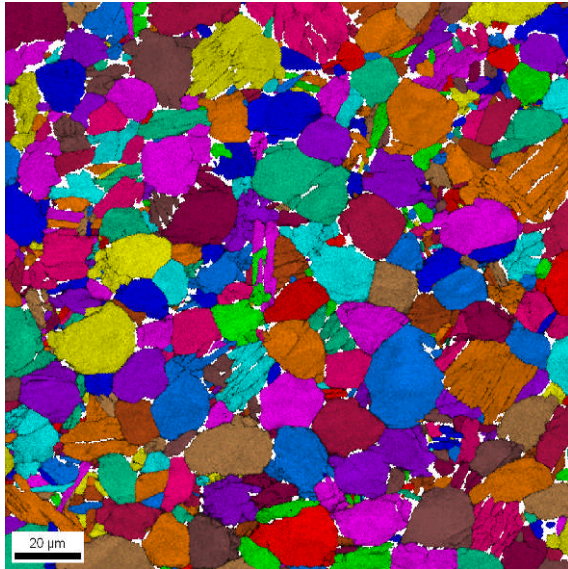
RTI



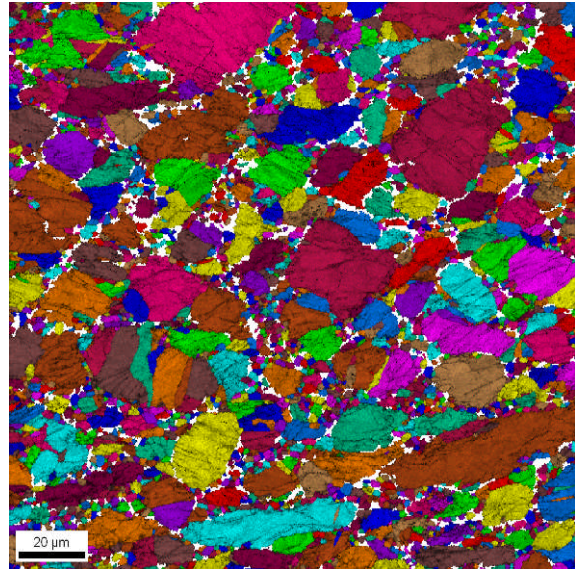
Position mi-rayon

Annexe 1c : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Examen structural MEB-EBSD : Structure granulaire de la phase alpha (x 500)

VSMPO

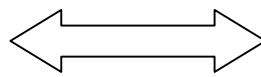


RTI

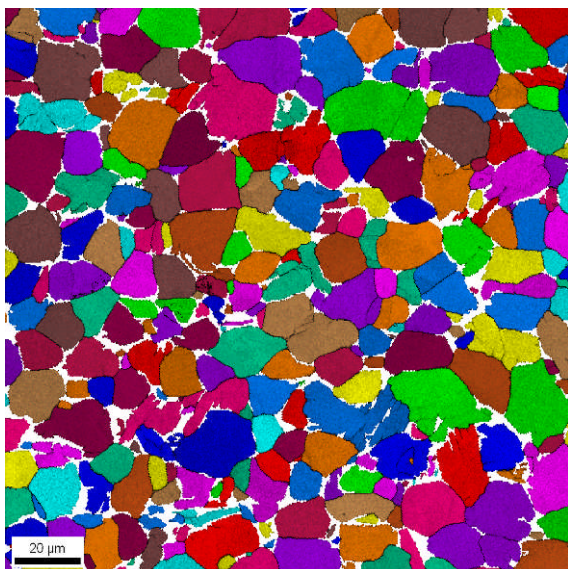


Position périphérie

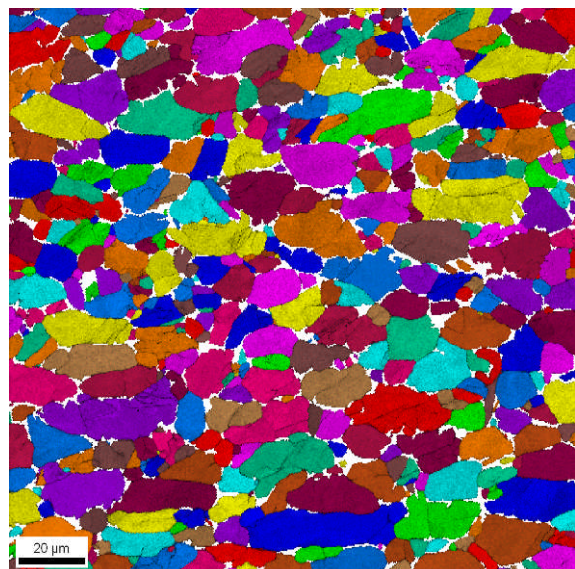
Sens Long



VSMPO

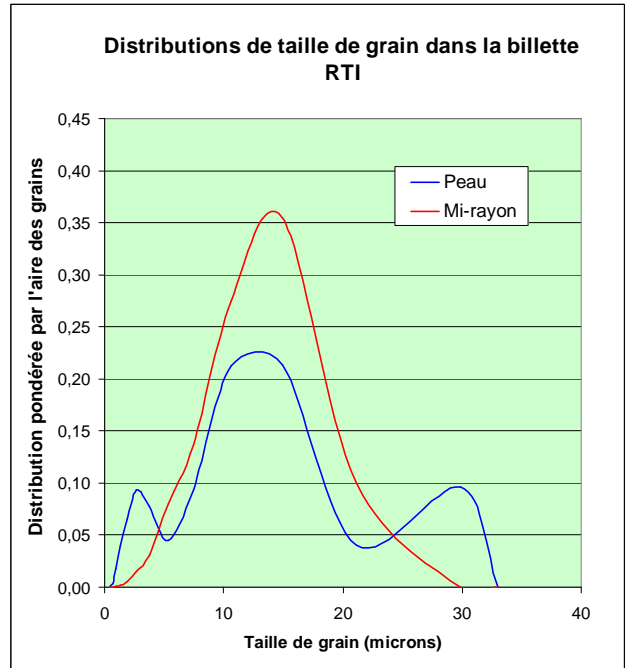
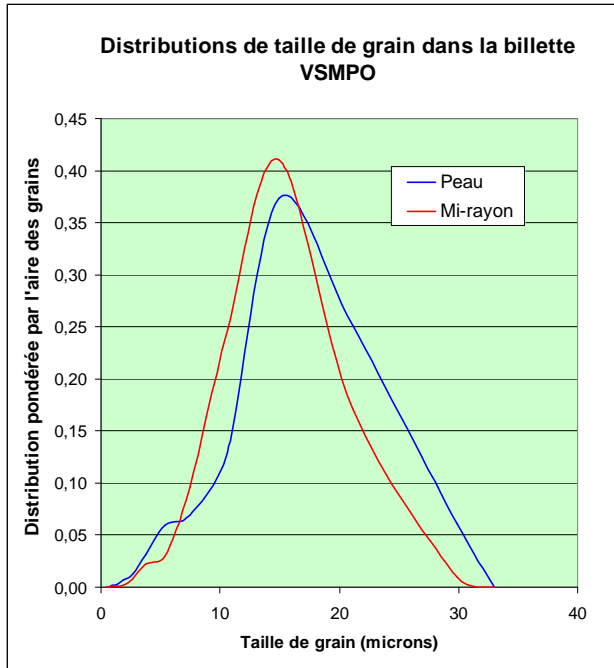


RTI

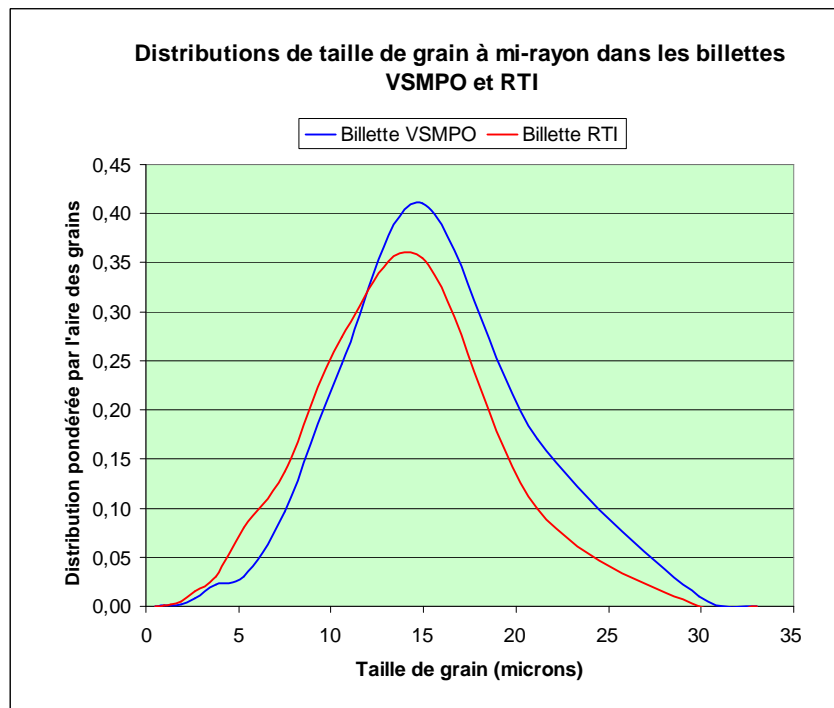


Position mi-rayon

Annexe 1d : Billettes TA6V diamètre 240 mm d'origine VSMPO et RTI
Examen structural MEB-EBSD _ Cotation de taille de grain



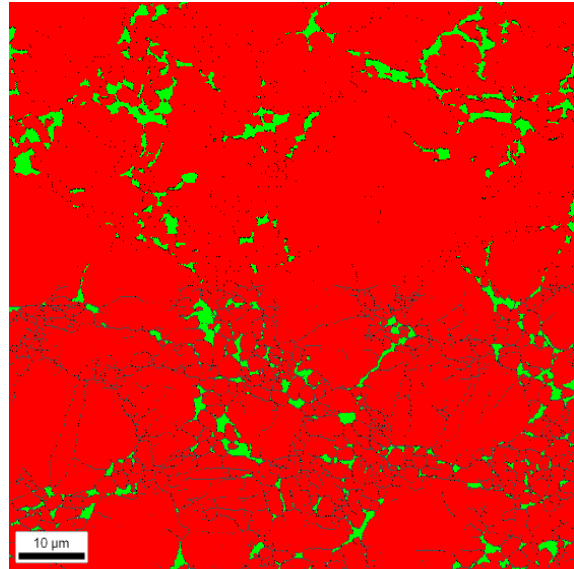
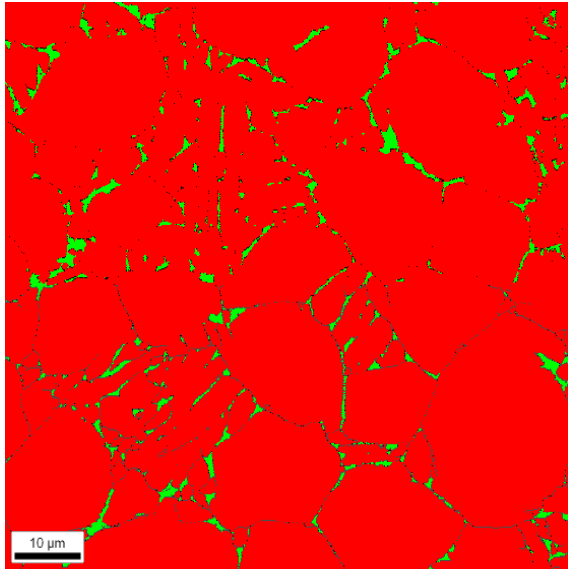
Billette VSMPO : Taille moyenne des grains (microns)				Billette RTI : Taille moyenne des grains (microns)			
	Peau	Mi-rayon	Moyenne		Peau	Mi-rayon	Moyenne
Population	5,5060	6,87	6,19	Population	2,1770	5,84	4,01
Aire	14,7840	13,55	14,17	Aire	10,7570	11,98	11,37



Annexe 1e : Billettes diamètre 240 mm d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Examen structural MEB-EBSD _ Cartographies de phases (x 1000)

VSMPO

RTI

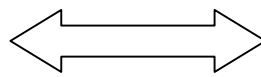


4,1% phase beta

6% phase beta

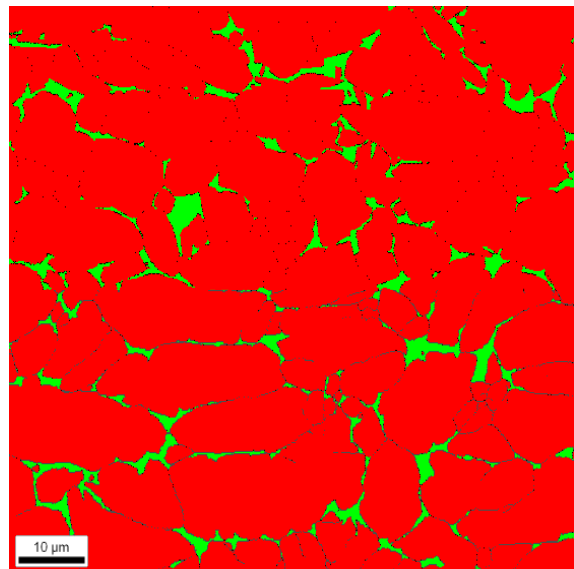
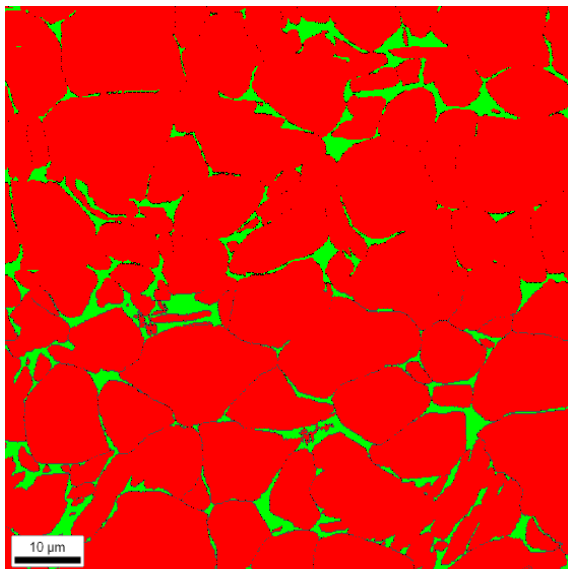
Position périphérie

Sens Long



VSMPO

RTI



7,8% phase beta

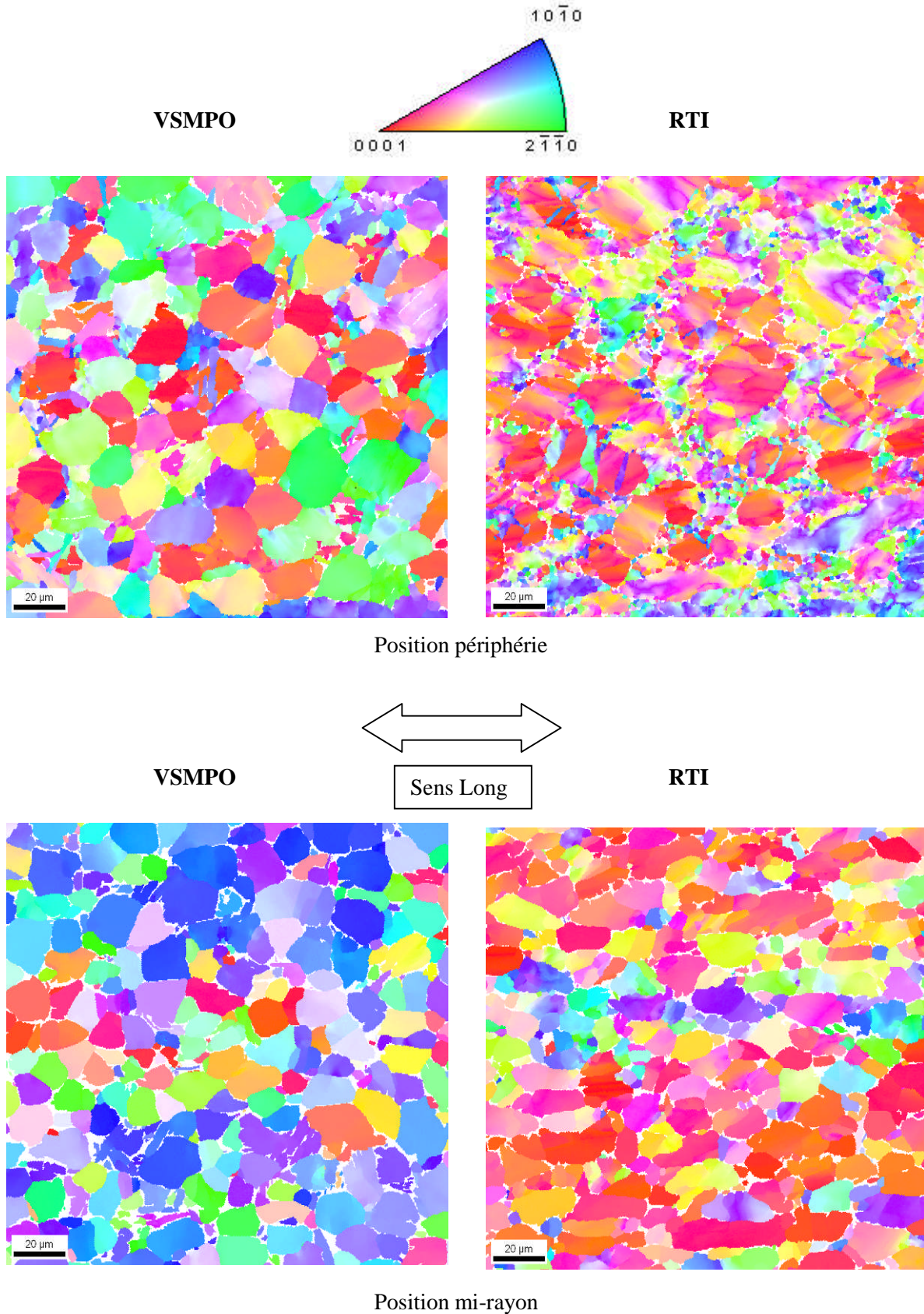
6,5% phase beta

Position mi-rayon

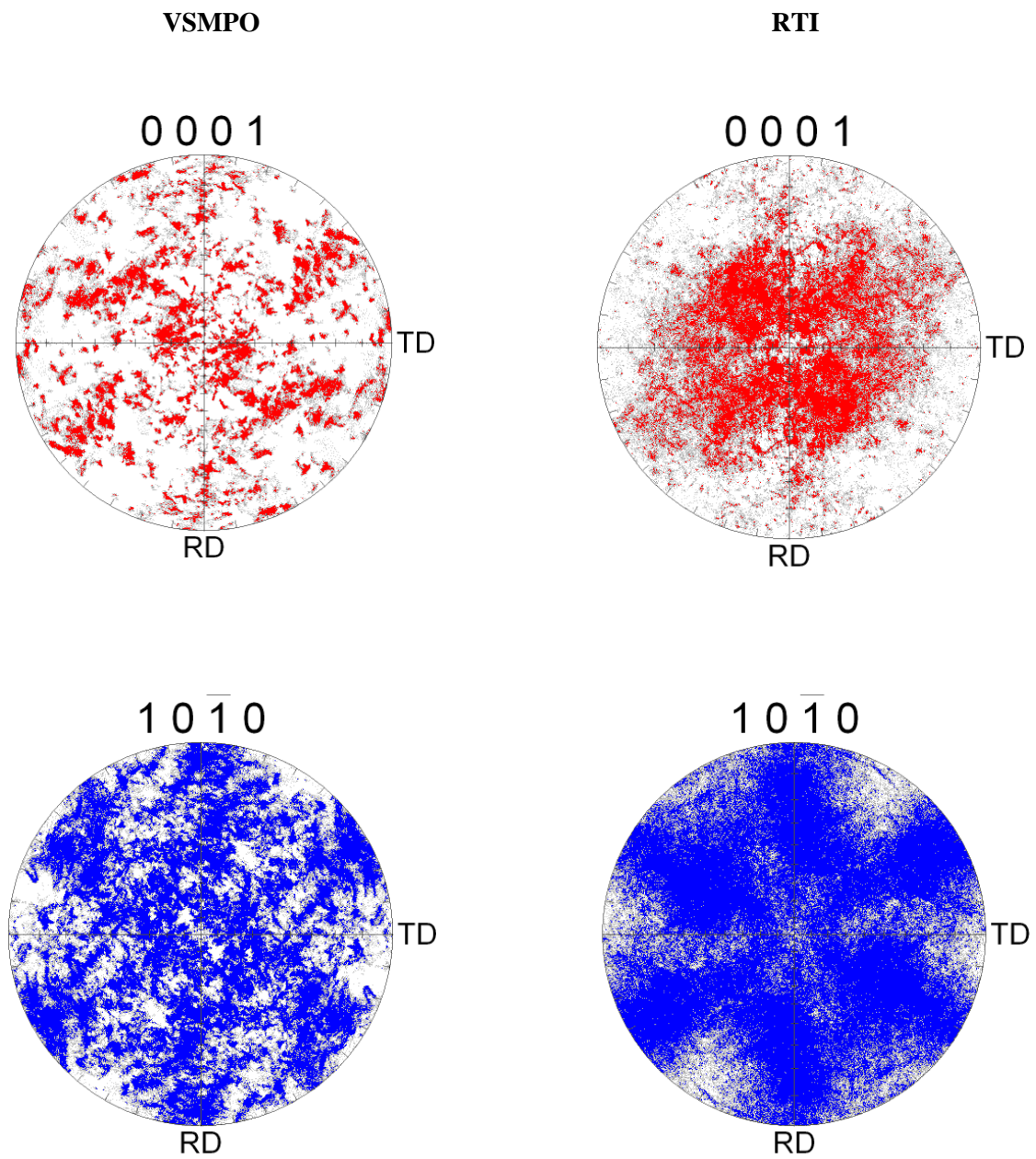
ANNEXE 2 : ANALYSE DES TEXTURES DANS LES BILLETES

Annexe 2a : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI

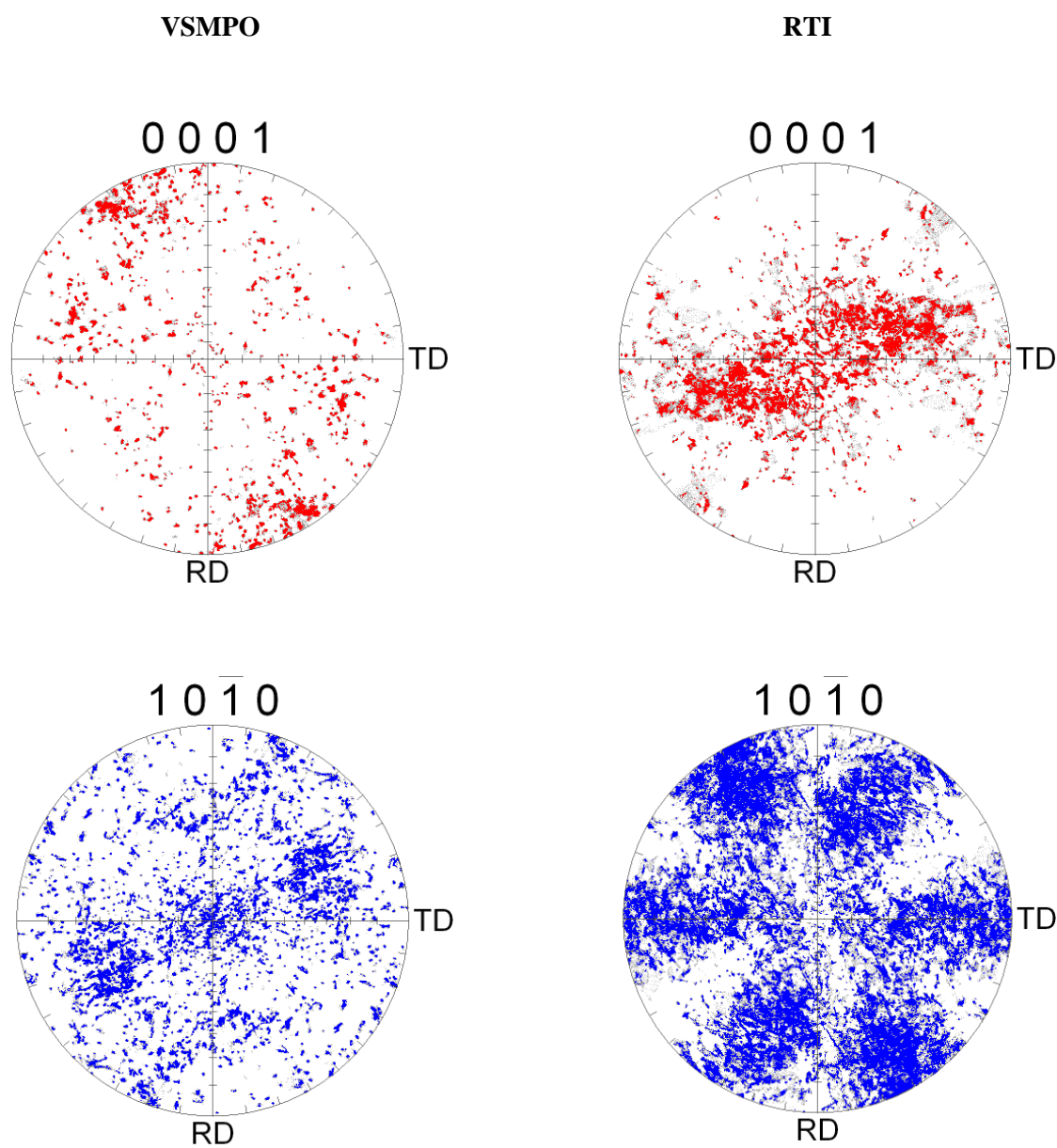
Examens MEB-EBSD : Cartographies d'orientation de la phase alpha en **direction longitudinale**
(Grandissement x500 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)



Annexe 2b : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Figures de pôles discrétisées de la phase alpha projetées en **direction longitudinale**
Position périphérie

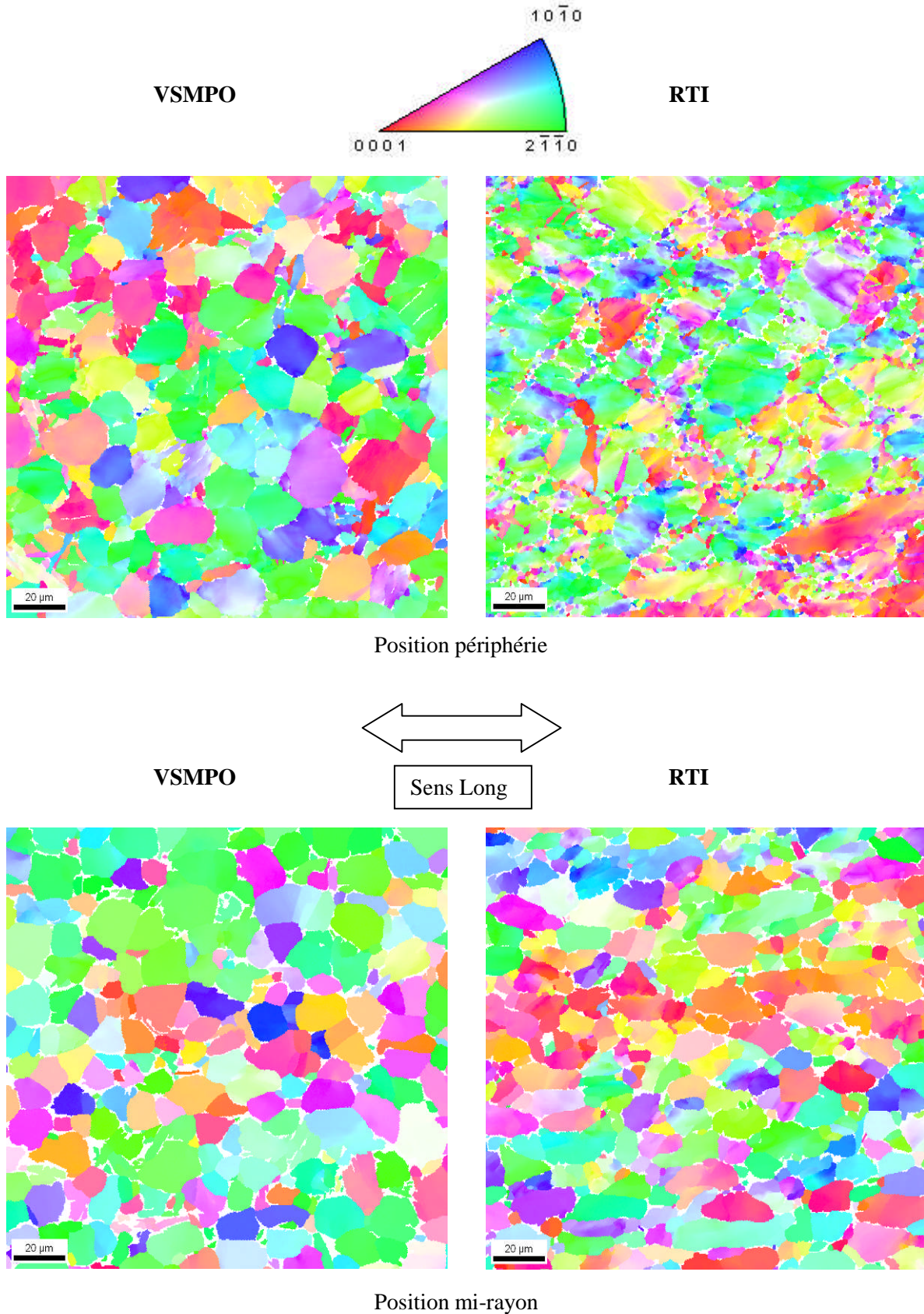


Annexe 2b (suite) : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Figures de pôles discrétisés de la phase alpha projetées en **direction longitudinale**
Position mi-rayon

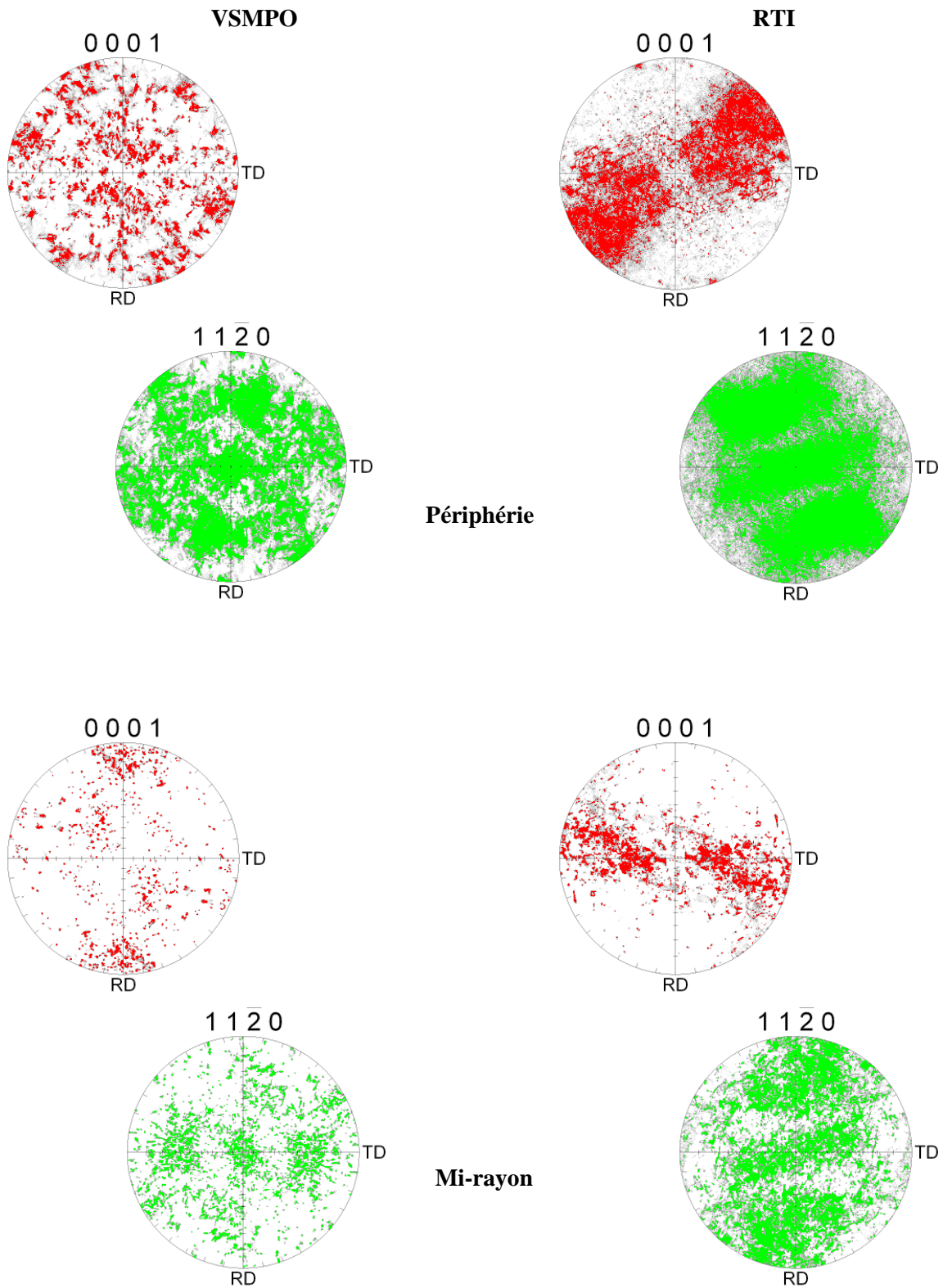


Annexe 2c : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI

Examens MEB-EBSD : Cartographies d'orientation de la phase alpha en **direction radiale**
(Grandissement x500 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)

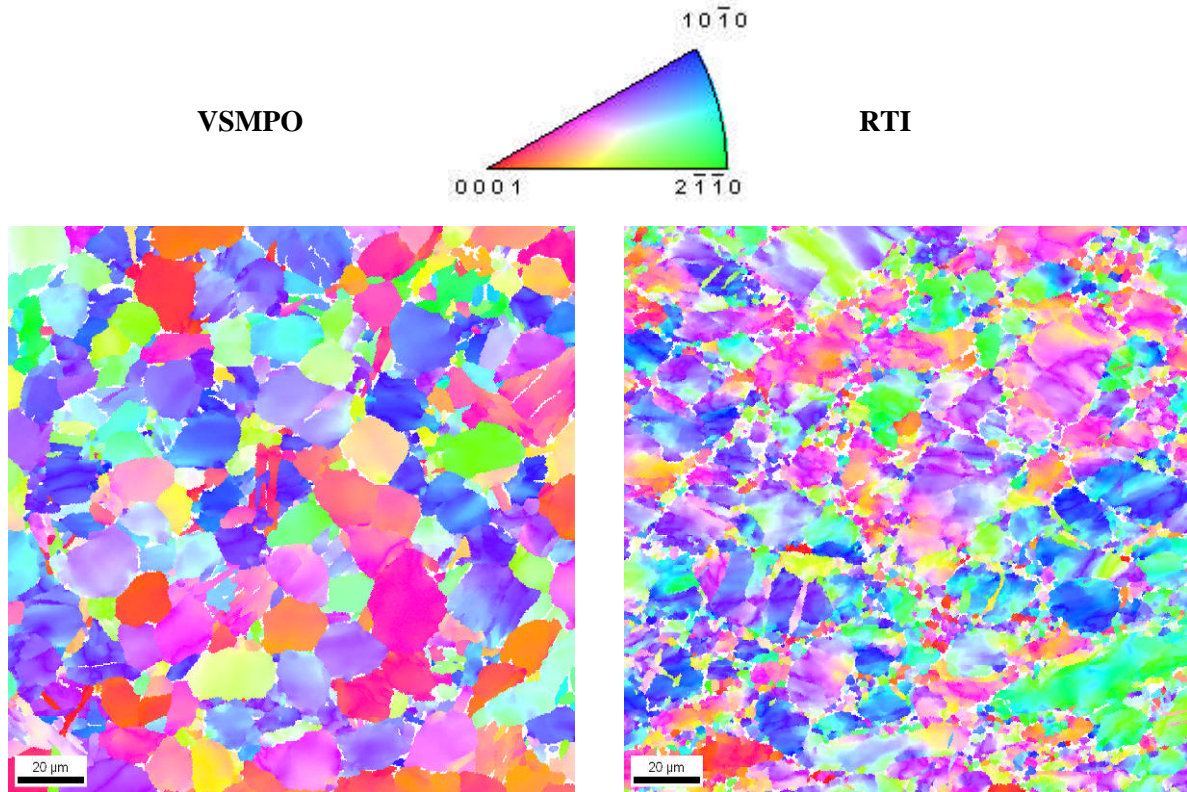


Annexe 2d : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Figures de pôles discrétisées de la phase alpha projetées en direction radiale

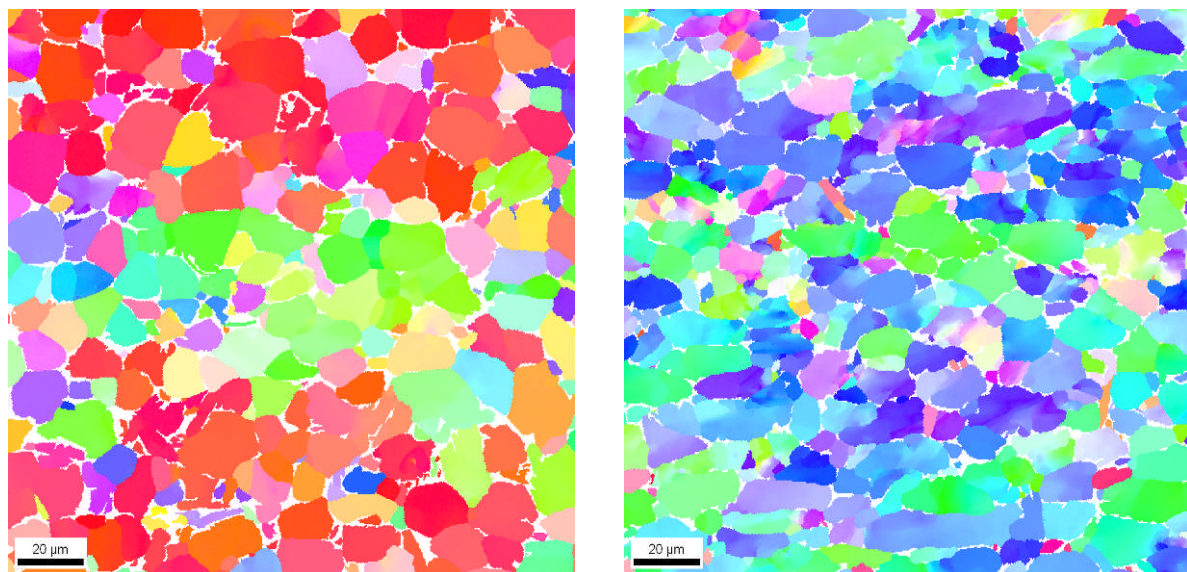
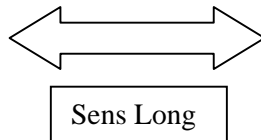


Annexe 2e : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI

Examens MEB-EBSD : Cartographies d'orientation de la phase alpha en **direction circonférentielle**
 (Grandissement x500 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)

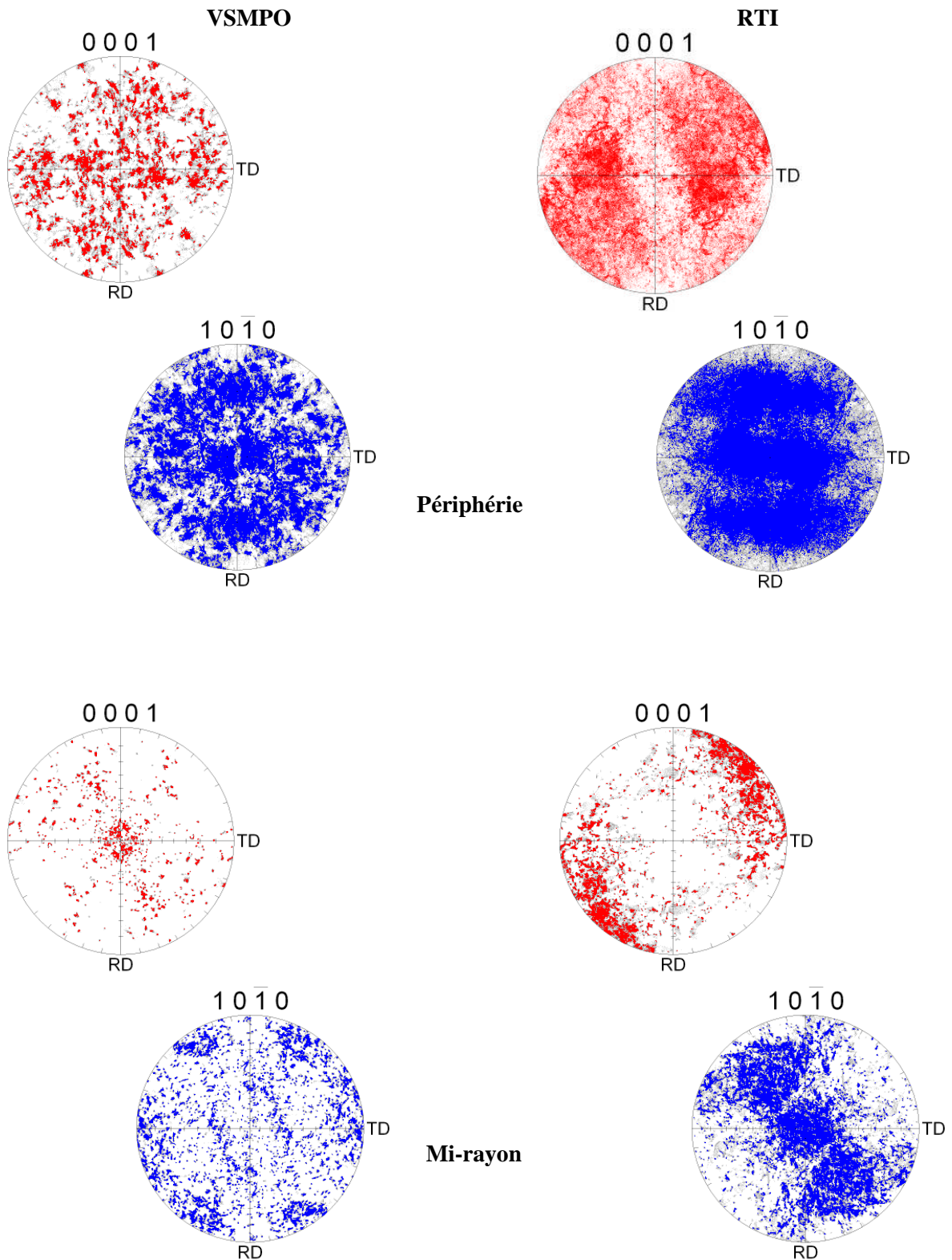


Position périphérie



Position mi-rayon

Annexe 2f : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Figures de pôles discrétisées de la phase alpha projetées en direction circonférentielle



Annexe 2g : Billettes d'alliage TA6V d'origine VSMPO et RTI
Cotation de texture à l'aide de la Fonction de Distribution d'Orientatation Cristallographique (FDOC)

