



ERAMET
RESEARCH

38.10.026-JM

Trappes, le 23 août 2010

**EXPERTISE COMPARATIVE DE BARRES DIAMETRE 20 MM D'ALLIAGE TA6V
D'ORIGINE BAOTI ET DAÏDO**

ETUDE N° 23300 / 2566

DISTRIBUTION :

AUBERT & DUVAL

P. DELABORDE

C. DUMONT

Y. LE COLLEN

P. HERITIER

BROWN EUROPE

M. GUY

G. ROUSSILHE

ERASTEEL

L. SANCHO

S. SELLA


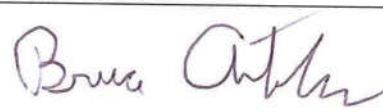
ERAMET RESEARCH

J-P. CESCUTTI

B. ANTOLOVICH

E. BAILLET

Documentation

Auteur : J. MONTAGNON	Approbateur : B. ANTOLOVICH
	

KEYWORDS : BRANCHE ALLIAGE°ERASTEEL°AUBERT&DUVAL°BROWN EUROPE°
EXPERTISE°ALLIAGE TA6V°BARRE°ECHANTILLONS DE LA
CONCURRENCE°

RÉSUMÉ-CONCLUSIONS :

INTRODUCTION

AUBERT&DUVAL demande l'expertise métallurgique de deux barres diamètre 20 mm d'alliage TA6V provenant des sociétés BAOTI et DAÏDO.

L'expertise a pour objet l'analyse structurale des deux produits à l'aide du MEB-FEG d'ERAMET RESEARCH. Elle comporte une analyse des structures granulaires et des textures à l'aide d'examen MEB-EBSD.

CONCLUSIONS :

Les structures des barres DAÏDO et BAOTI sont notablement dissemblables :

- La barre d'origine DAÏDO est caractérisée par une microstructure équiaxe très fine et très homogène dans tout le volume du produit. Le produit est à l'état recuit. La taille du grain est micrométrique. Les cartographies d'orientation montrent une tendance marquée à l'alignement en bandes de grains ayant les mêmes orientations. On retrouve la description classique de la texture de l'alliage TA6V, qui se décrit par la composante (0001) <10-10>. On note une variation de texture selon le rayon du fil, corrélée avec l'alignement plus ou moins parfait de l'axe c <0001> de la structure hexagonale sur la seule direction radiale.
- La barre BAOTI présente une structure très écrouie et peu recristallisée. Sa structure granulaire est hétérogène dans toute la section de la barre, ce qui se traduit par une large distribution de taille de grain, les plus grossiers atteignant une trentaine de microns. Toutefois, le produit BAOTI comporte une texture qui est à peine plus marquée que celle du produit DAÏDO.
- La faible différence de l'indice de texture entre les deux produits peut s'expliquer par le fait que les bandes d'amas de petits grains ayant une orientation identique dans la structure de la barre DAÏDO ont une taille aussi grossière que celle des gros grains de la structure de la barre BAOTI.

Le traitement de qualité du TA6V, par mise en solution, trempe et revenu, induit la recristallisation des deux produits. La structure granulaire de la barre DAÏDO reste fine et homogène, mais on y retrouve des alignements ou amas de grains d'orientations communes qui constituent une sous-structure en bandes grossières : l'indice de texture reste à un niveau élevé. On peut en attendre une anisotropie significative du produit.

La structure granulaire de la barre BAOTI reste grossière, tandis que la plupart des grains sont accolés dans des chapelets de grande longueur : son indice de texture est néanmoins significativement abaissé.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	4
2. EXAMENS DE STRUCTURE	4
La barre d'origine DAÏDO	4
La barre d'origine BAOTI.....	4
3. EXAMENS DES STRUCTURES TRAITÉES	5
4. DISCUSSION/CONCLUSIONS	5
5. LES ANNEXES	6
ANNEXE 1 : EXAMENS DE LA STRUCTURE EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE	7
ANNEXE 2 : ANALYSE DES TEXTURES	13
ANNEXE 3 : EXAMENS DE STRUCTURE DES PRODUITS TRAITES PAR TREMPÉ ET REVENU	20

1. INTRODUCTION

AUBERT&DUVAL demande l'expertise métallurgique de deux barres diamètre 20 mm d'alliage TA6V provenant des sociétés BAOTI et DAÏDO.

L'expertise a pour objet l'analyse structurale des deux produits à l'aide du MEB-FEG d'ERAMET RESEARCH. Elle comporte une analyse des structures granulaires et des textures à l'aide d'examen MEB-EBSD.

2. EXAMENS DE STRUCTURE

LA BARRE D'ORIGINE DAÏDO est caractérisée par une microstructure très fine et très homogène dans tout le volume du produit. L'examen en diffraction électronique à l'aide de la technique EBSD (Electron Back scattering Diffraction) permet d'atteindre les données suivantes :

- Les grains de phase alpha sont globulaires et présentent une distribution de taille homogène (cf. Annexe 1a) ; leur taille est inférieure à 8 microns et leur distribution de taille est centrée sur 1,5 microns (Annexe 1c).
- Le matériau comporte environ 6 % surfacique de la phase Beta ; celle-ci est disposée essentiellement en position intergranulaire (cf. Annexe 1d).
- On retrouve la description classique de la texture de l'alliage TA6V, qui se décrit par la composante (0001) <10-10> (cf. Annexes 2a et 2b). Dans la direction de laminage, la direction <10-10> apparaît clairement parallèle à la direction de laminage, en particulier à cœur de la barre (cf. Annexe 2b). Une large fraction de la structure granulaire présente une texture transverse, ayant les axes c <0001> de la maille hexagonale de la phase Alpha orientés dans la direction transverse (le plan de base hexagonale est parallèle à la direction de laminage). Cet effet est très marqué à cœur du produit où la direction <0001> est nettement radiale. Les cartographies d'orientation de l'Annexe 2a montrent une tendance marquée à l'alignement en bandes de grains ayant les mêmes orientations.
- L'intensité maximale de la fonction de distribution des orientations cristallines (FDOC ou indice de texture) est relativement élevée dans la barre, en particulier à cœur, malgré la très petite taille des grains (cf. Annexe 2e). Ceci est dû au fait que les amas par bandes de grains voisins conservent les mêmes orientations cristallographiques, vraisemblablement celles d'anciens gros grains de la structure à un stade antérieur sur demi-produit (cf. Annexe 2f). En revanche, la finesse de la structure granulaire permet de conserver un indice de texture à peu près constant quel que soit le grandissement d'observation de x500 à x2000.

LA BARRE D'ORIGINE BAOTI présente une structure très écrouie et faiblement recristallisée (cf. Annexe 1b). La structure granulaire est hétérogène dans toute la section de la barre, ce qui se traduit par une large distribution de taille de grain, les plus grossiers atteignant une trentaine de microns (cf. Annexe 1c).

- Le taux de phase beta est de l'ordre de 5%. Cette phase est plus fréquemment disposée en position intergranulaire.
- La texture est caractérisée par sa composante (0001) <10-10> décrite ci-avant. L'axe c <0001> de la structure hexagonale prend globalement des orientations comprises dans le plan de la section de la barre, inclinées de 20 à 40° de part et d'autre de la direction radiale (cf. Annexes 2c-2d). L'orientation <10-10> s'aligne préférentiellement selon la direction de laminage (Annexe 2c). L'orientation <11-20> est très présente en périphérie de la barre, alignée elle aussi selon la direction de laminage.

- A faible grandissement, c'est-à-dire lorsqu'une forte quantité de grains est prise en compte, l'intensité maximale de la fonction de distribution des orientations cristallines n'est pas plus élevée que dans le cas du produit DAÏDO (cf. Annexe 2e). Donc, malgré un écrouissage résiduel et une structure granulaire hétérogène, le produit BAOTI comporte une texture qui n'est pas plus marquée que celle du produit DAÏDO parfaitement recristallisé à grains très fins.
- La faible différence de l'indice de texture entre les deux produits peut s'expliquer par le fait que les bandes d'amas de petits grains ayant une orientation identique dans la structure de la barre DAÏDO ont une taille aussi grossière que celle des gros grains de la structure de la barre BAOTI (cf. Annexe 2f).

3. EXAMENS DES STRUCTURES TRAITEES

Il est intéressant d'apprécier la réponse structurale des deux produits DAÏDO et BAOTI lors du traitement de qualité généralement appliqué pour leur utilisation finale. Le traitement suivant a été appliqué à des échantillons des barres : 927°C / 1h / eau + 500°C / 4h.

Environ 50% de la phase alpha est mise en solution à cette température. La phase beta formée se transforme au refroidissement en une structure aciculaire de type martensitique. Les structures obtenues sont présentées en Annexe 3 :

- La barre DAÏDO offre une structure homogène dans toute sa section (cf. Annexe 3a). La distribution de taille des grains « alpha primaire » est centrée sur 5 microns (cf. Annexe 3c). La taille maximale de ces grains est de 11 microns. La distribution de taille de grain de la barre BAOTI est plus large : elle est centrée sur 6 microns et la taille maximale atteint 20 microns, tandis que la forme des grains n'est pas parfaitement équiaxe (cf. Annexe 3b). En outre, la plupart des grains sont accolés dans des chapelets de grande longueur.
- La texture n'est pas vraiment atténuée dans les produits traités (cf. Annexe 3f) : les indices de texture restent à des niveaux élevés, en relation avec soit la forte taille des grains alpha primaires dans la barre BAOTI (cf. Annexe 3e), soit la subsistance d'alignements ou d'amas de grains de même orientation dans la barre DAÏDO (cf. annexe 3d).

4. DISCUSSION/CONCLUSIONS

Les structures des barres DAÏDO et BAOTI sont notablement dissemblables :

- La barre d'origine DAÏDO est caractérisée par une microstructure équiaxe très fine et très homogène dans tout le volume du produit. Le produit est à l'état recuit. La taille du grain est micrométrique. Les cartographies d'orientation montrent une tendance marquée à l'alignement en bandes de grains ayant les mêmes orientations. On retrouve la description classique de la texture de l'alliage TA6V, qui se décrit par la composante (0001) $\langle 10\text{-}10 \rangle$. On note une variation de texture selon le rayon du fil, corrélée avec l'alignement plus ou moins parfait de l'axe c $\langle 0001 \rangle$ de la structure hexagonale sur la seule direction radiale.
- La barre BAOTI présente une structure très écrouie et peu recristallisée. Sa structure granulaire est hétérogène dans toute la section de la barre, ce qui se traduit par une large distribution de taille de grain, les plus grossiers atteignant une trentaine de microns. Toutefois, le produit BAOTI comporte une texture qui est à peine plus marquée que celle du produit DAÏDO.
- La faible différence de l'indice de texture entre les deux produits peut s'expliquer par le fait que les bandes d'amas de petits grains ayant une orientation identique dans la structure de la barre DAÏDO ont une taille aussi grossière que celle des gros grains de la structure de la barre BAOTI.

Le traitement de qualité du TA6V, par mise en solution, trempe et revenu, induit la recristallisation des deux produits. La structure granulaire de la barre DAÏDO reste fine et homogène, mais on y retrouve des alignements ou amas de grains d'orientations communes qui constituent une sous-structure en bandes grossières : l'indice de texture reste à un niveau élevé. On peut en attendre une anisotropie significative du produit.

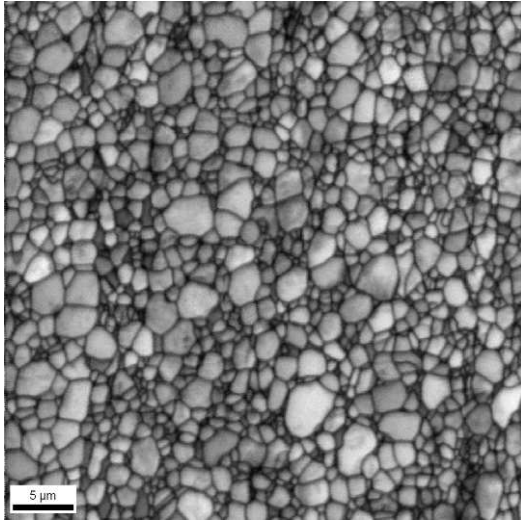
La structure granulaire de la barre BAOTI reste grossière, tandis que la plupart des grains sont accolés dans des chapelets de grande longueur : son indice de texture est néanmoins significativement abaissé.

5. LES ANNEXES

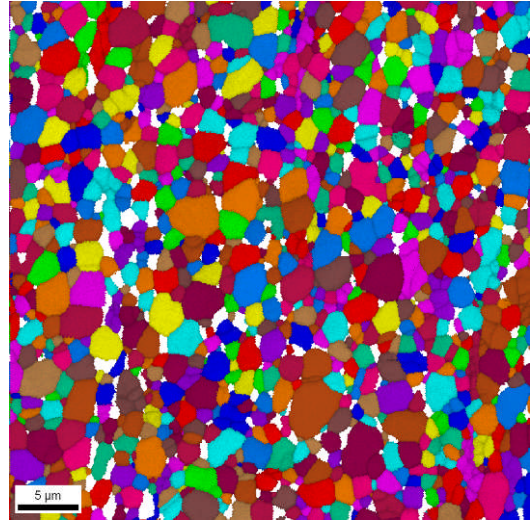
**ANNEXE 1 : EXAMENS DE LA STRUCTURE EN MICROSCOPIE
ELECTRONIQUE**

Annexe 1a : Barre TA6V diamètre 20 mm d'origine DAÏDO
Examen structural MEB-EBSD

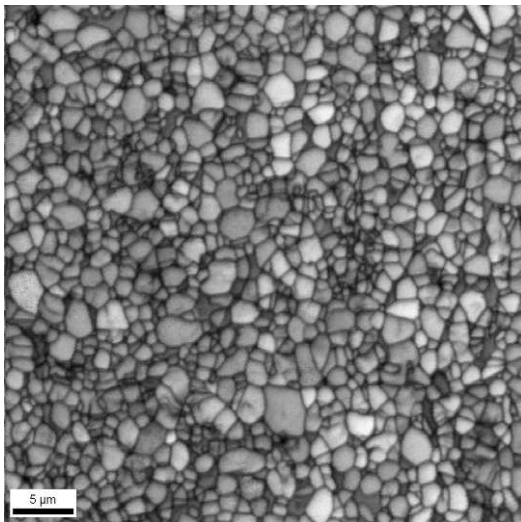
Indice de qualité de diffraction (x2000)



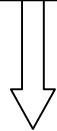
Structure granulaire (x2000)



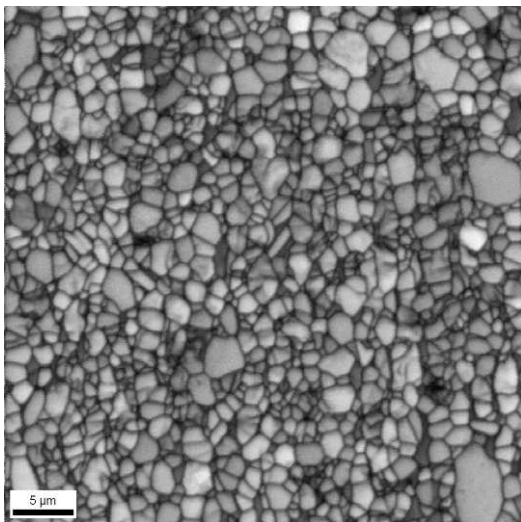
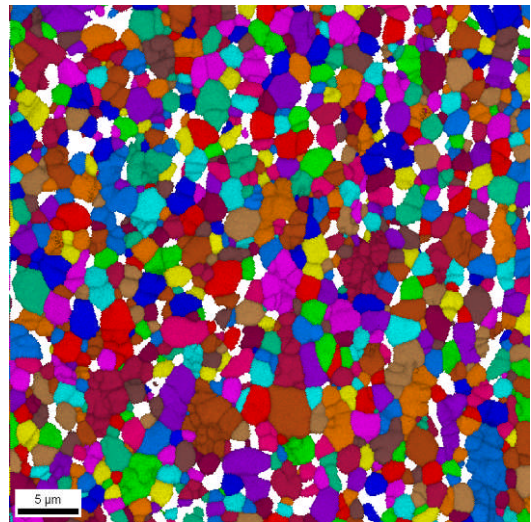
Périphérie



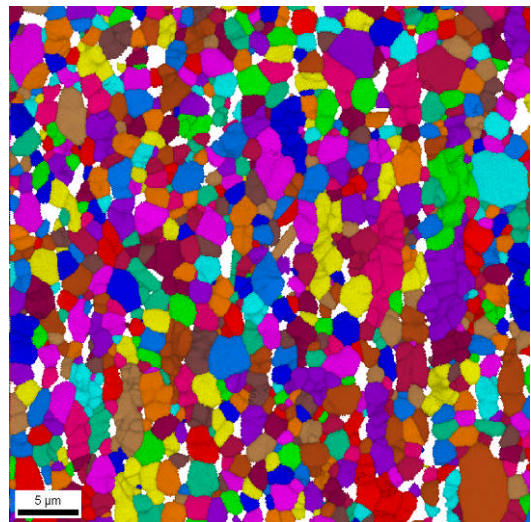
Sens
Long



Mi-rayon



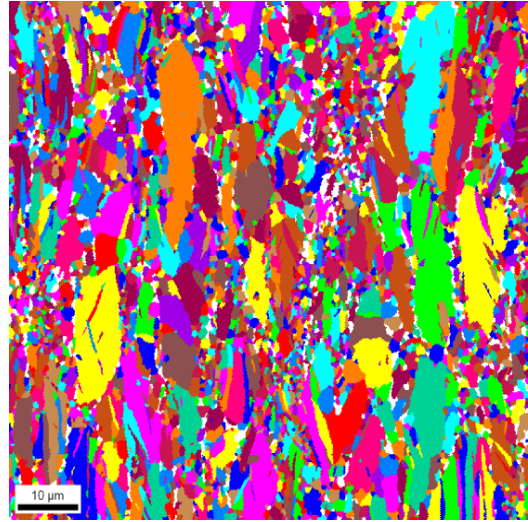
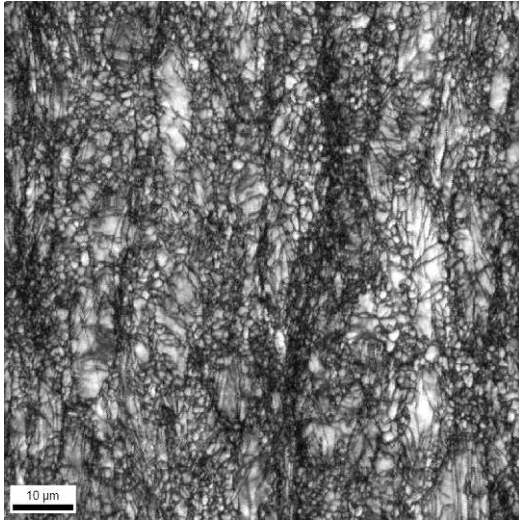
Centre



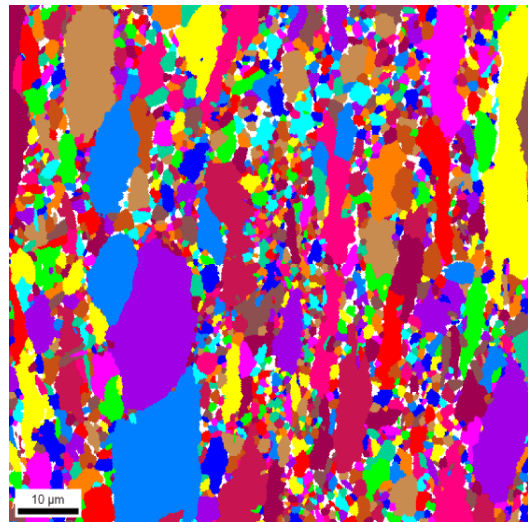
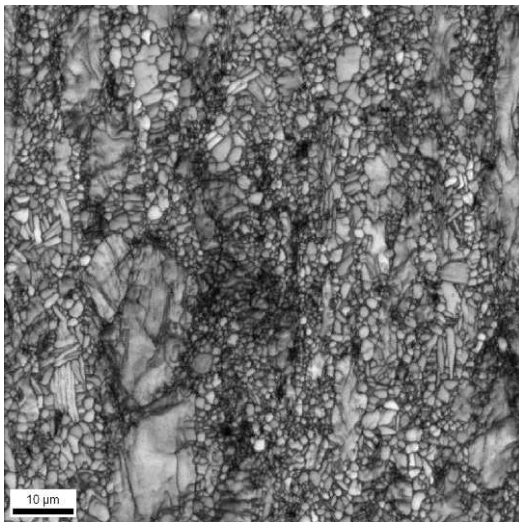
**Annexe 1b : Barre TA6V diamètre 20 mm d'origine BAOTI
Examen structural MEB-EBSD**

Indice de qualité de diffraction (x1000)

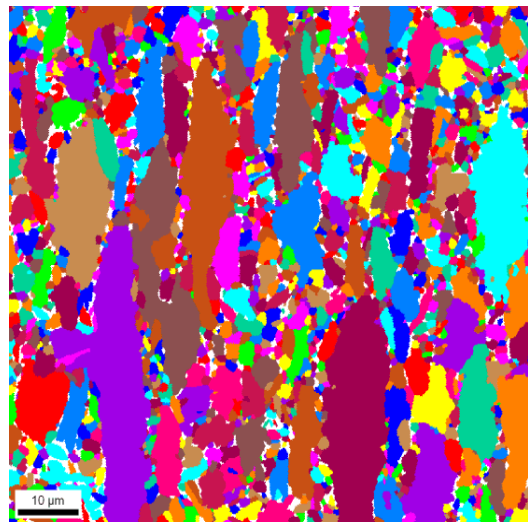
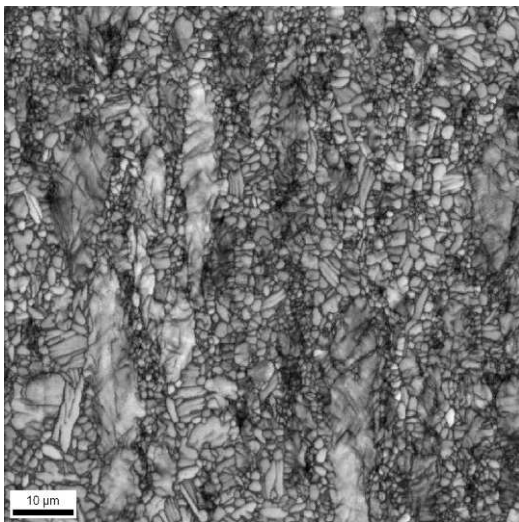
Structure granulaire (x1000)



Périphérie



Mi-rayon

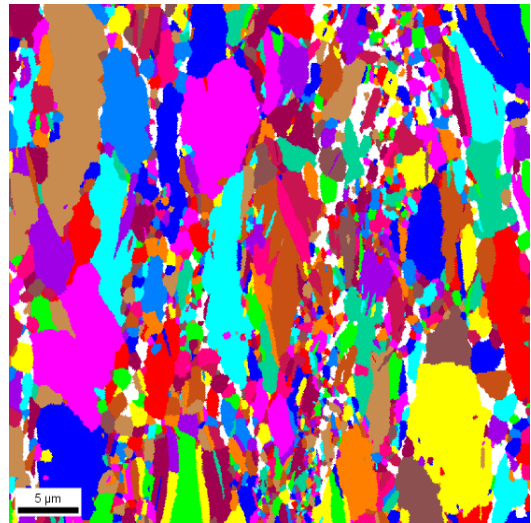
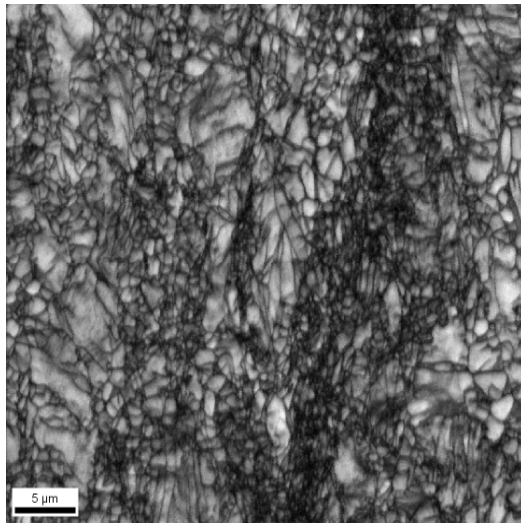


Centre

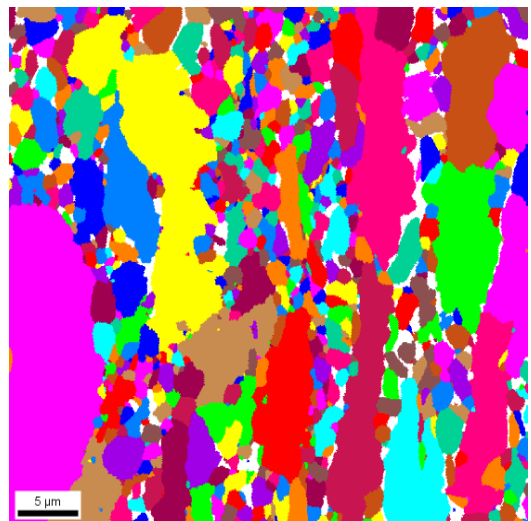
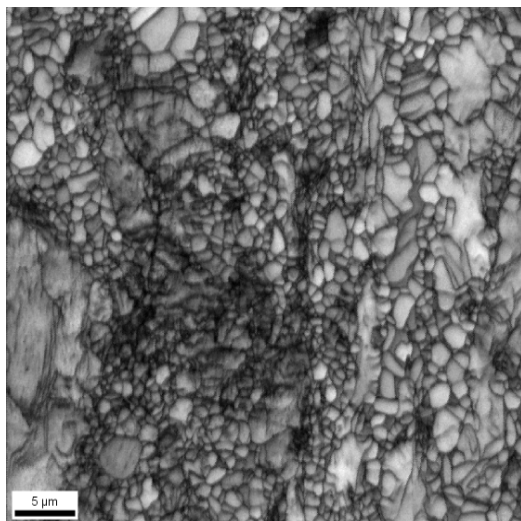
**Annexe 1b (suite) : Barre TA6V diamètre 20 mm d'origine BAOTI
Examen structural MEB-EBSD**

Indice de qualité de diffraction (x2000)

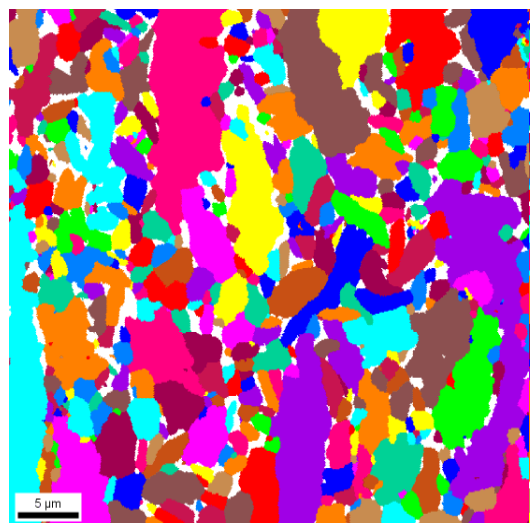
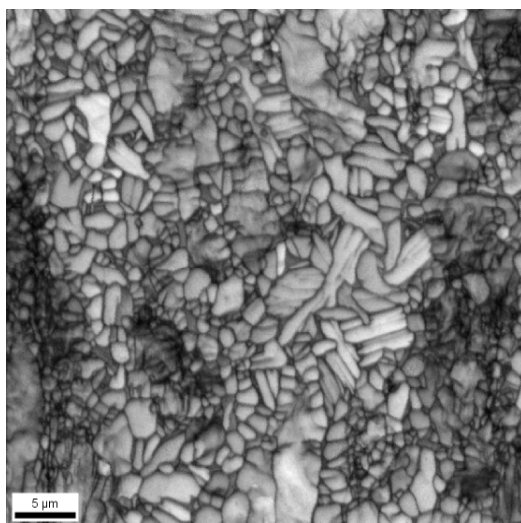
Structure granulaire (x2000)



Périphérie

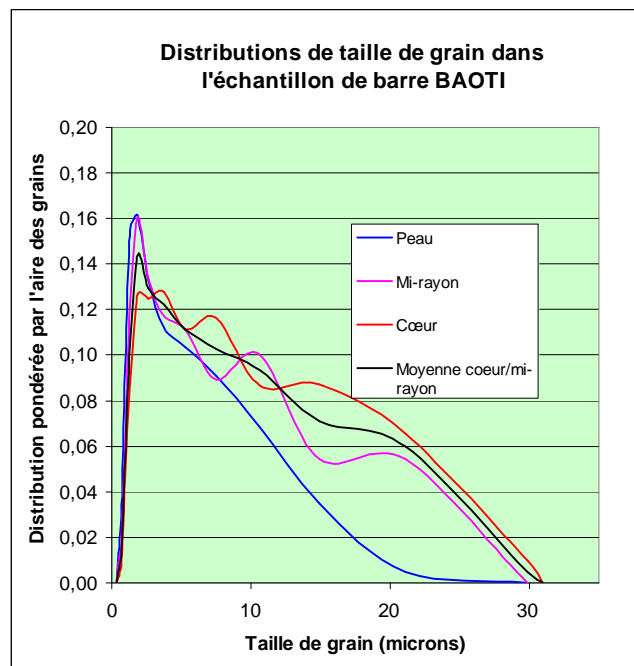
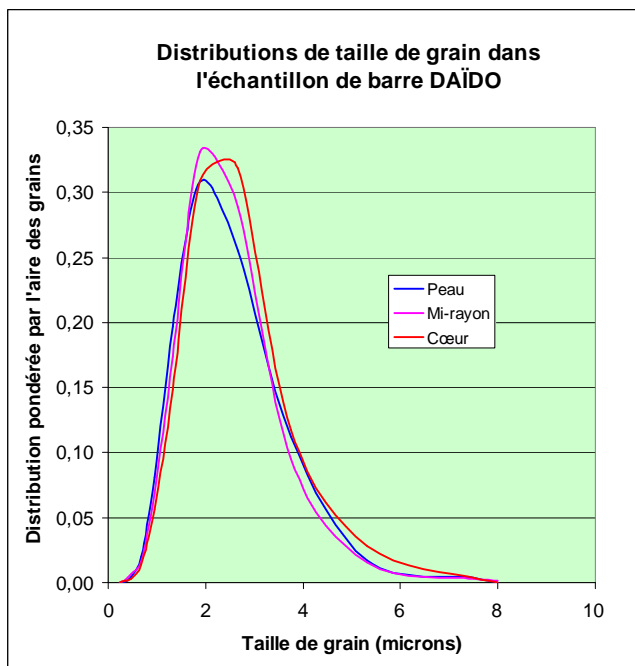


Mi-rayon



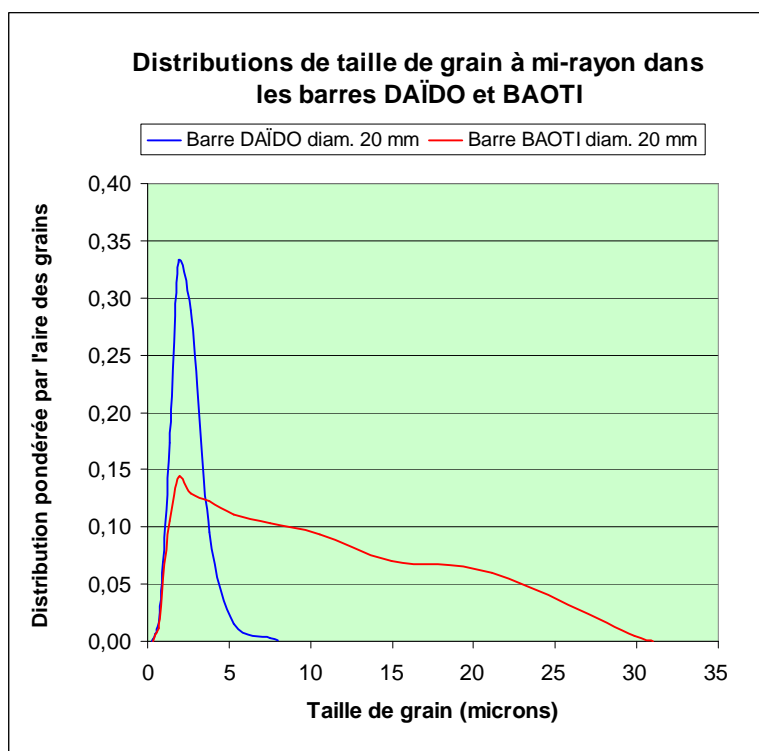
Centre

Annexe 1c : Barres TA6V diamètre 20 mm d'origine DAÏDO et BAOTI
Examen structural MEB-EBSD _ Cotation de taille de grain



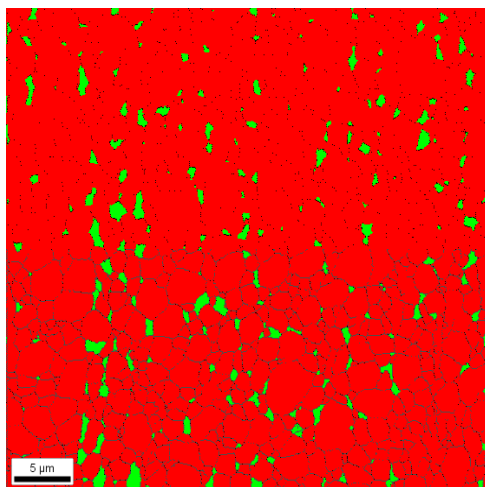
DAÏDO : Taille moyenne des grains (microns)				
	Peau	Mi-rayon	Cœur	Moyenne
Population	1,4445	1,58	1,3764	1,47
Aire	2,1425	2,30	2,0622	2,17

BAOTI : Taille moyenne des grains (microns)				
	Peau	Mi-rayon	Cœur	Moyenne
Population	1,3515	1,55	1,7070	1,54
Aire	3,9805	5,14	6,4800	5,20



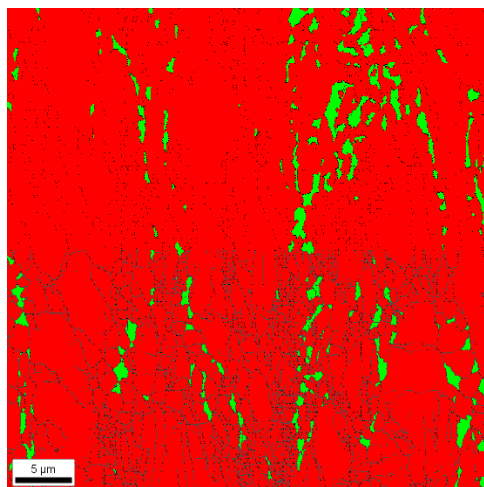
**Annexe 1d : Barres diamètre 20 mm d'alliage TA6V d'origine DAÏDO et BAOTI
Examen structural MEB-EBSD _ Cartographie de phases**

Barre DAÏDO (x2000)



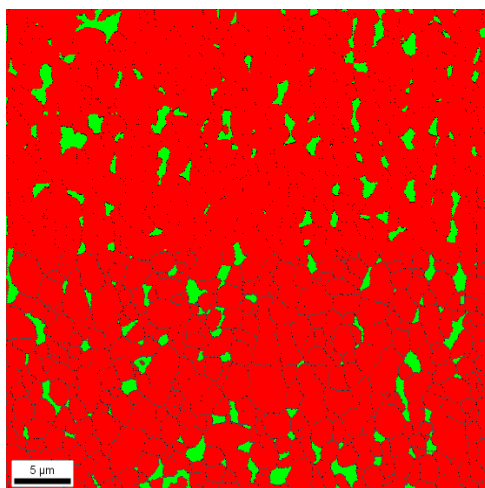
4,9% phase beta

Barre BAOTI (x2000)

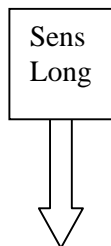


5,3% phase beta

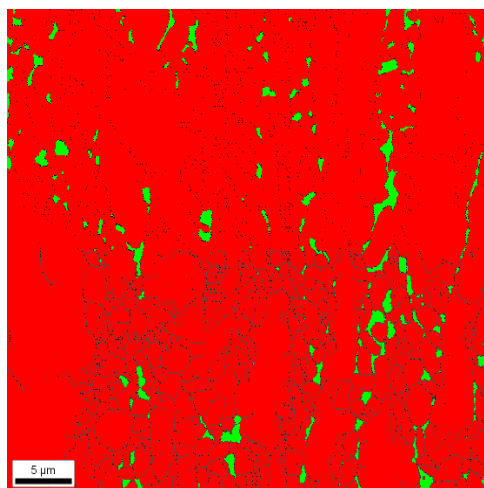
Périphérie



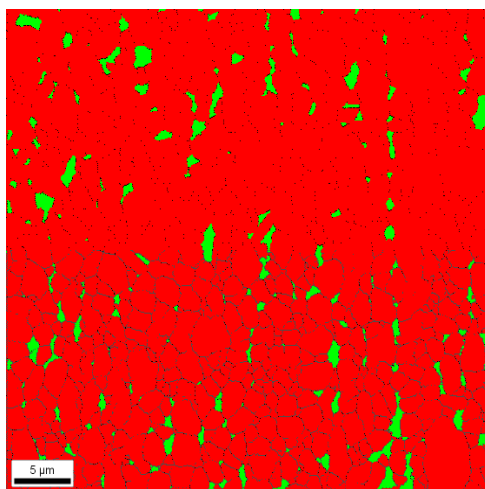
6,8% phase beta



Mi-rayon

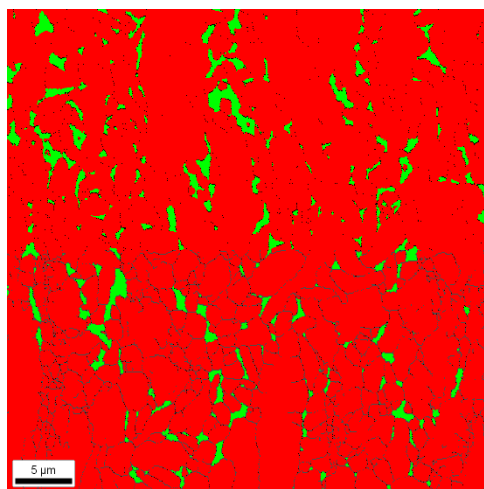


3,9% phase beta



5,0% phase beta

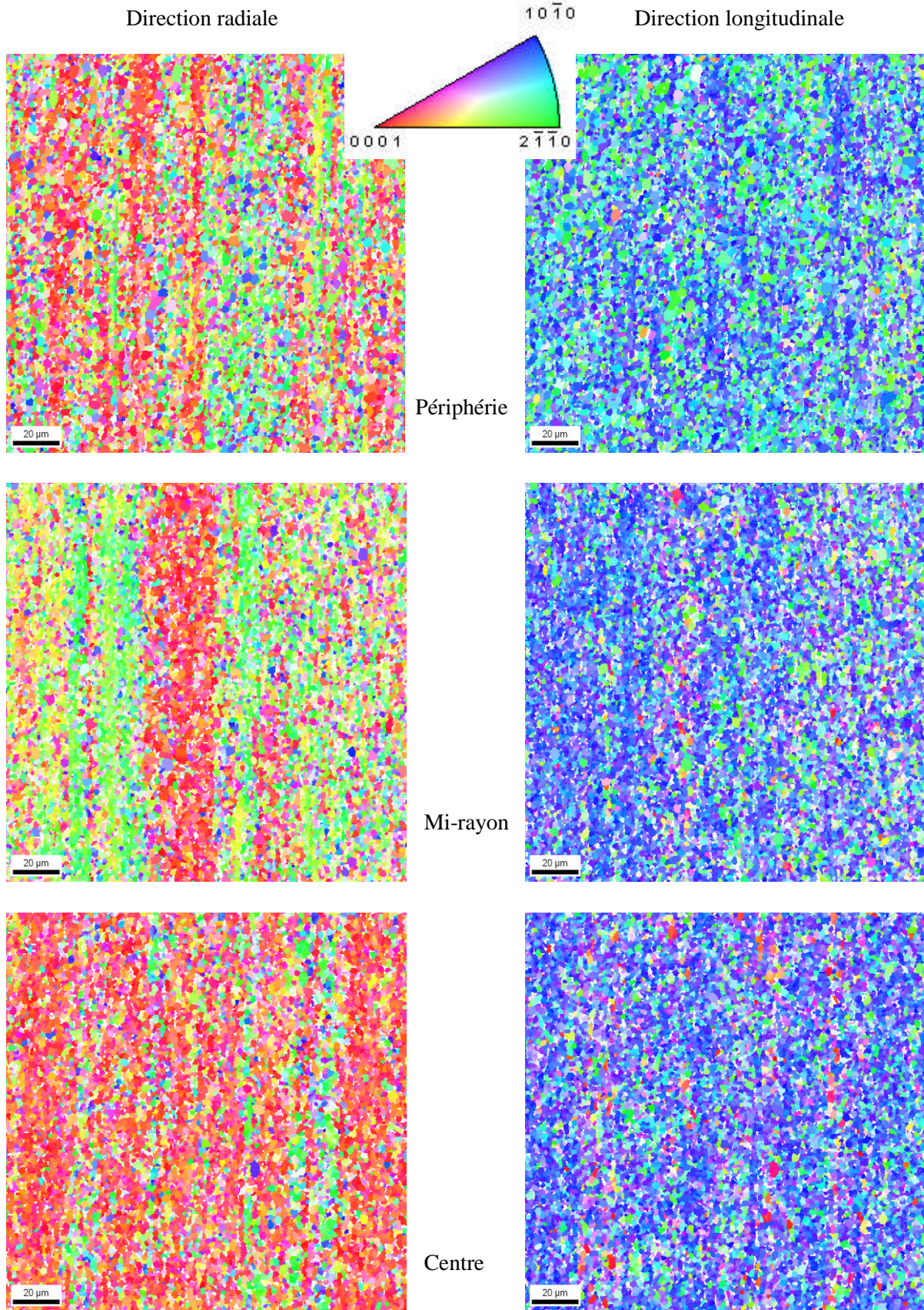
Centre



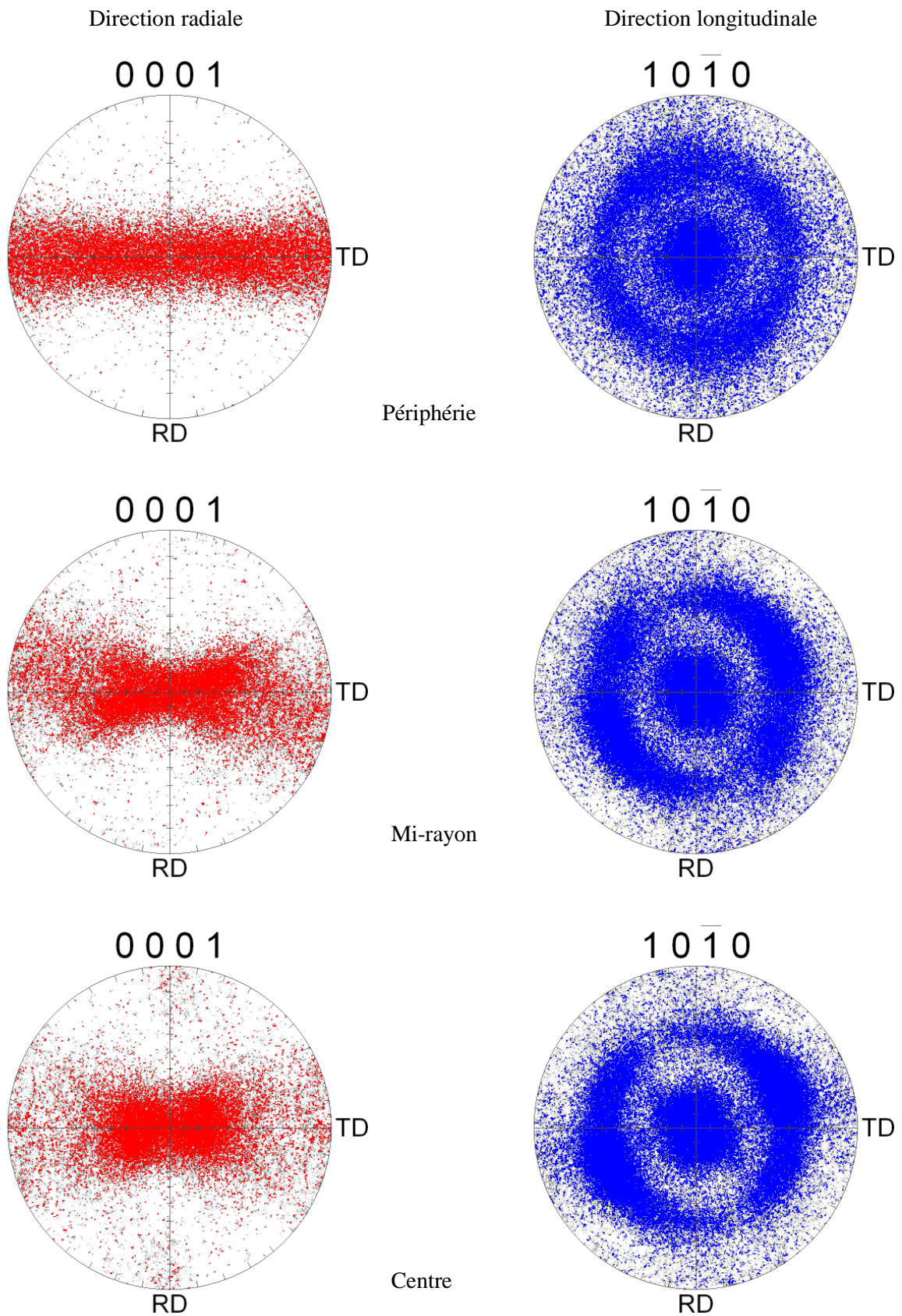
6,2% phase beta

ANNEXE 2 : ANALYSE DES TEXTURES

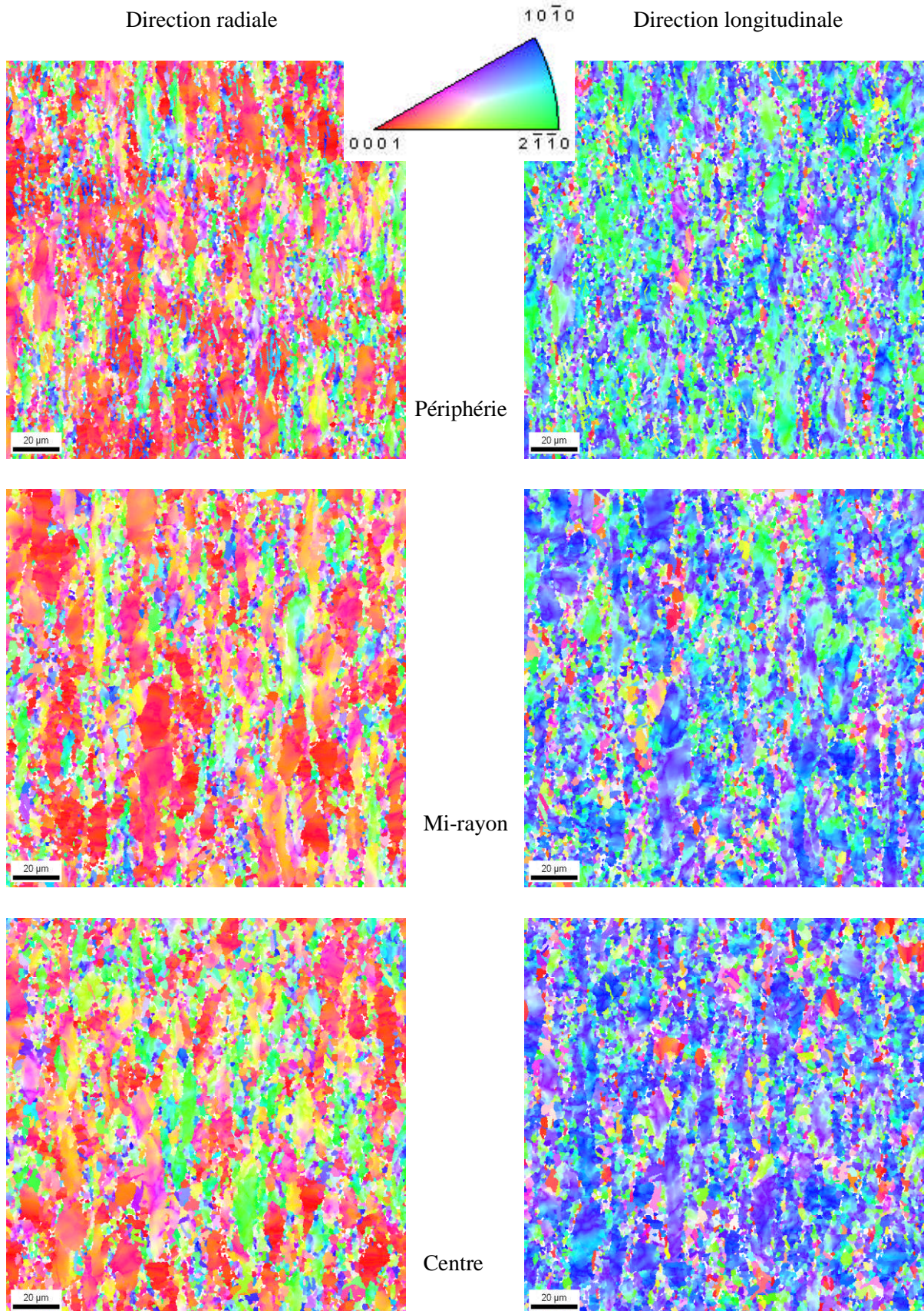
Annexe 2a : Examens MEB-EBSD de la barre TA6V diamètre 20 mm d'origine DAÏDO
Cartographies d'orientation de la phase alpha
(Grandissement x500 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)



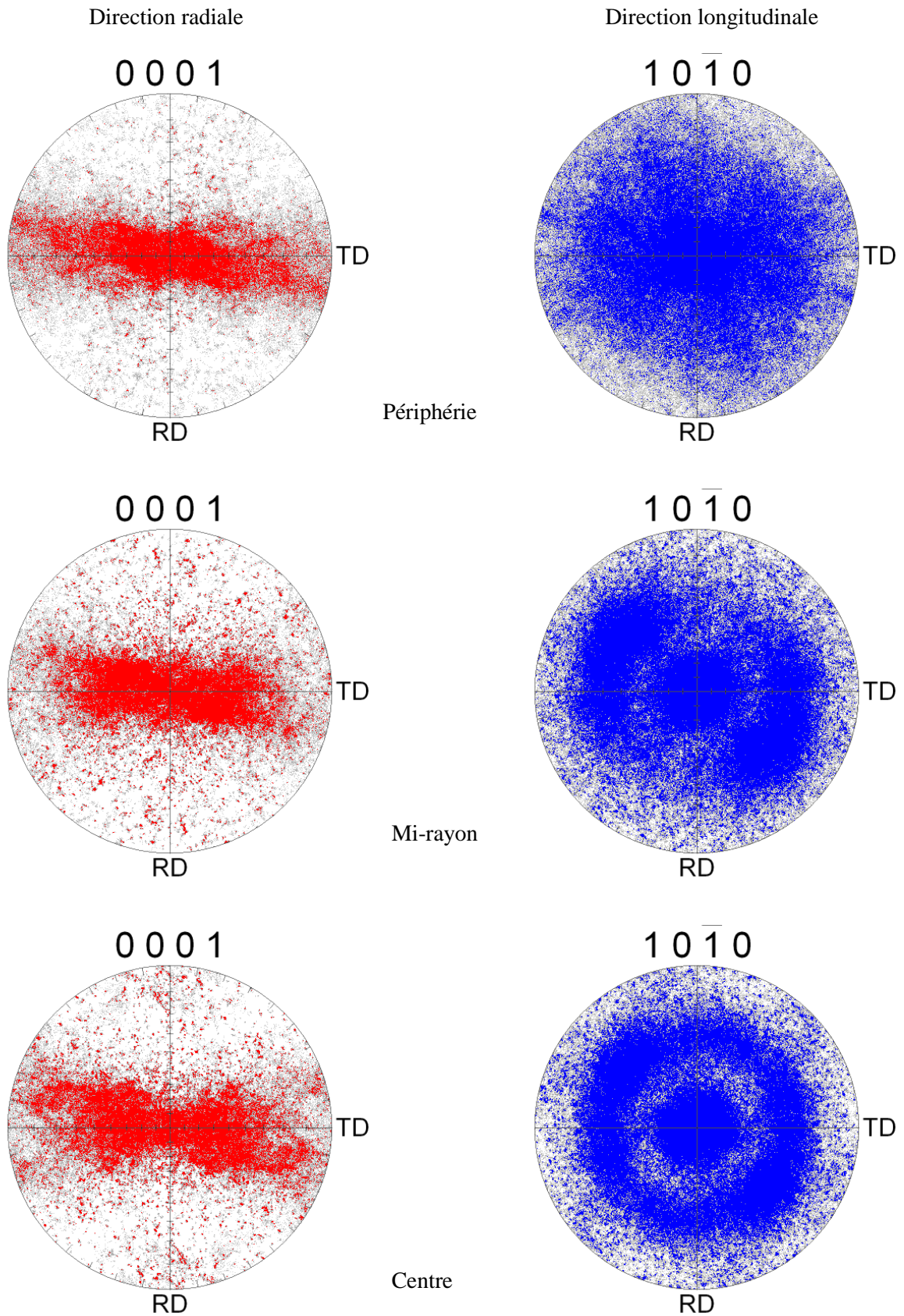
Annexe 2b : Examens MEB-EBSD de la barre TA6V diamètre 20 mm d'origine DAÏDO
Figures de pôles discrétisées de la phase alpha
 (Grandissement x500)



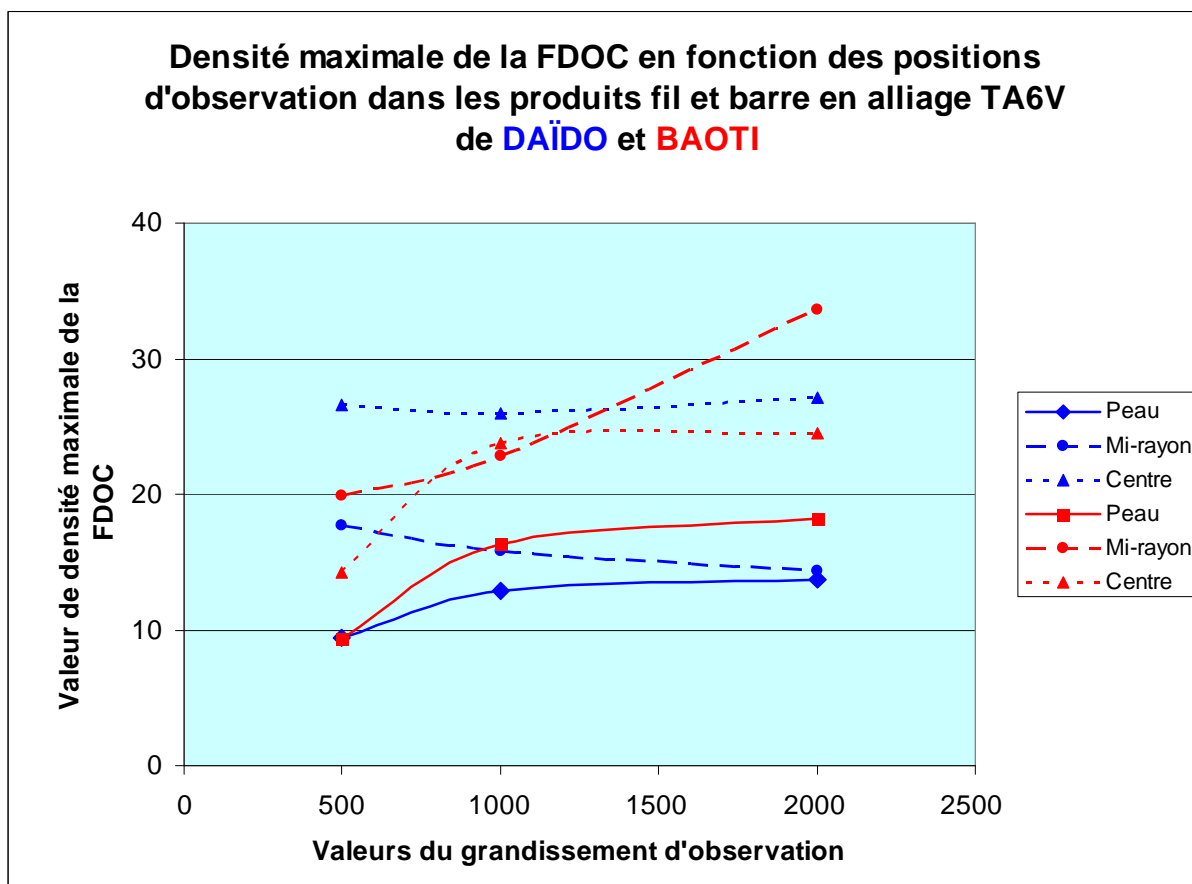
Annexe 2c : Examens MEB-EBSD de la barre TA6V diamètre 20 mm d'origine BAOTI
Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x500 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)



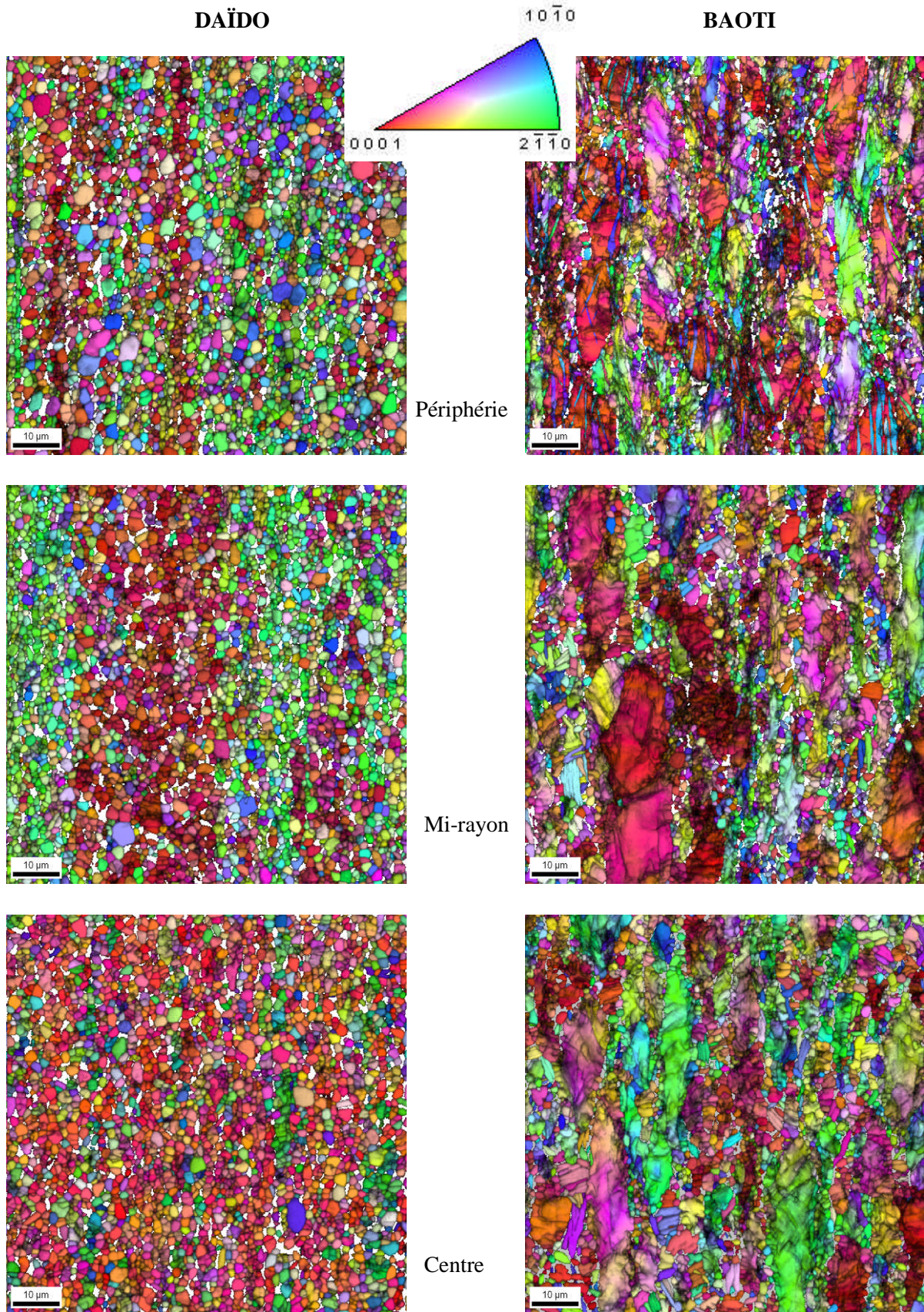
Annexe 2d : Examens MEB-EBSD de la barre TA6V diamètre 20 mm d'origine BAOTI
Figures de pôles discrétisées de la phase alpha
(Grandissement x500)



Annexe 2e : Barres d'alliage TA6V d'origine DAÏDO et BAOTI
Cotation de texture à l'aide de la Fonction de Distribution d'Orientation Cristallographique (FDOC)



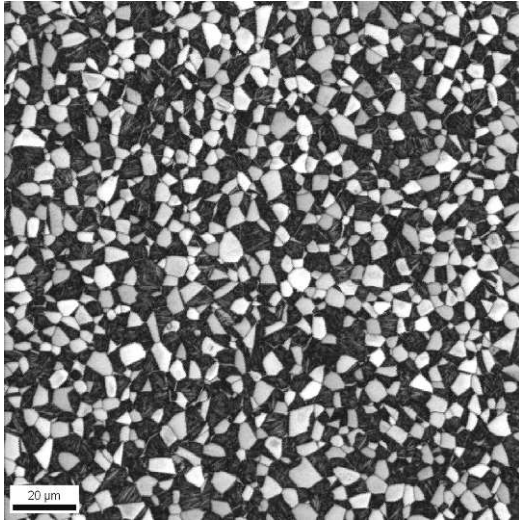
Annexe 2f : Barres d'alliage TA6V d'origine DAÏDO et BAOTI
Examen structural MEB-EBSD _ Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x1000 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)



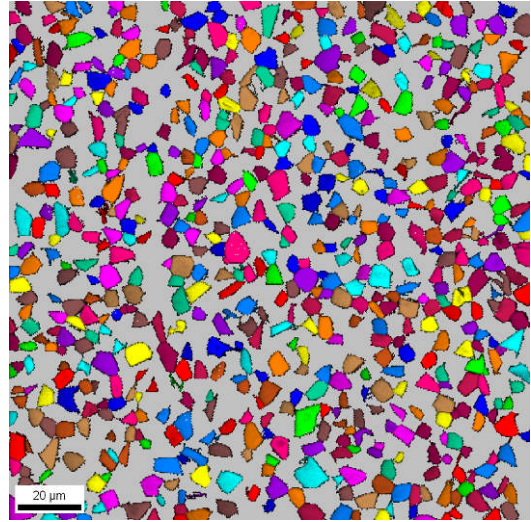
**ANNEXE 3 : EXAMENS DE STRUCTURE DES PRODUITS TRAITES PAR
TREMPE ET REVENU**

**Annexe 3a : Barre TA6V diamètre 20 mm d'origine DAÏDO
Examen structural MEB-EBSD du produit traité par trempe et revenu**

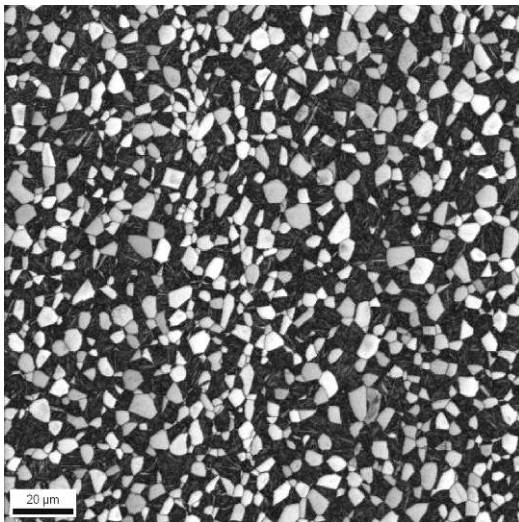
Indice de qualité de diffraction (x500)



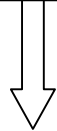
Structure de grains α « primaires » (x500)



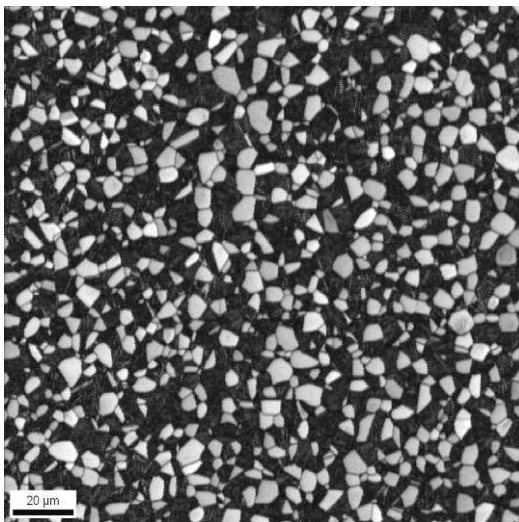
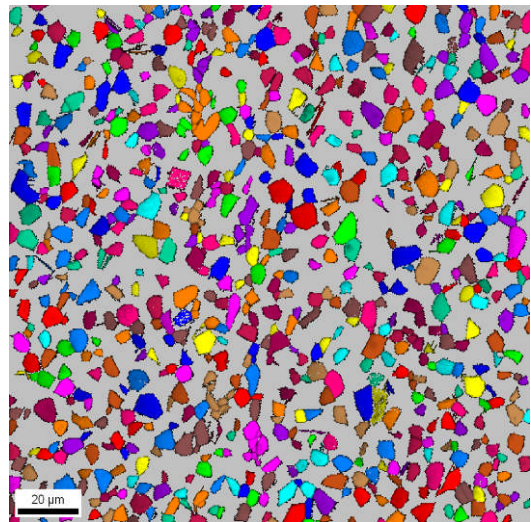
Périphérie



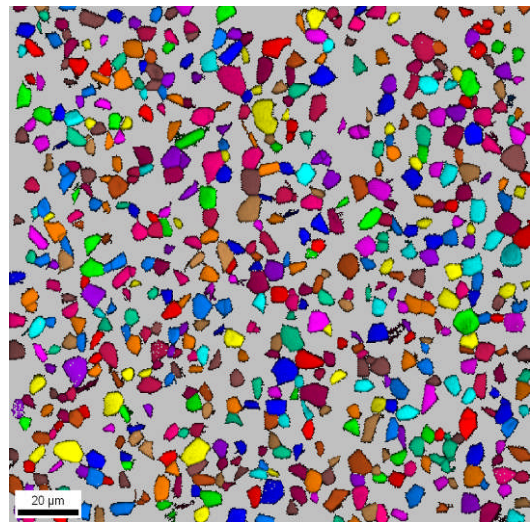
Sens
Long



Mi-rayon

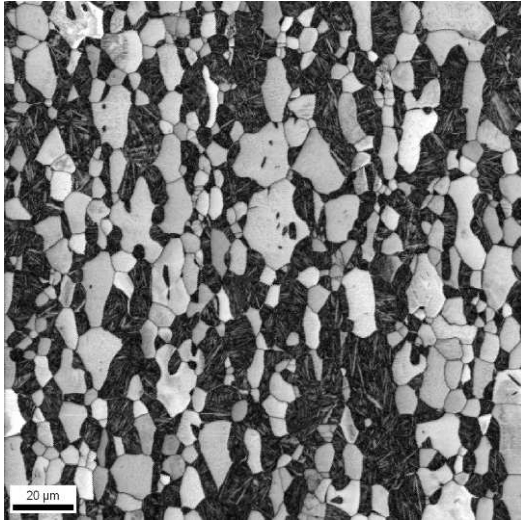


Centre



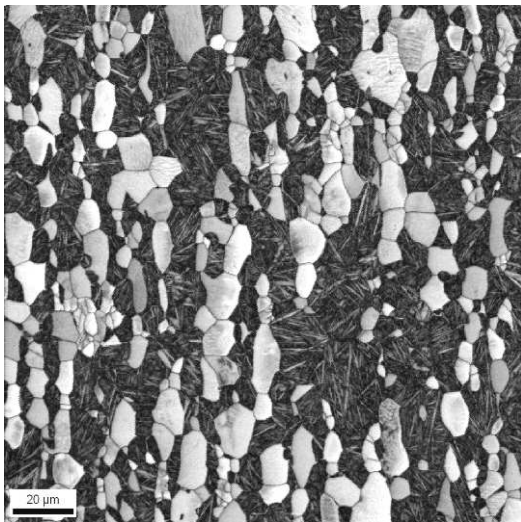
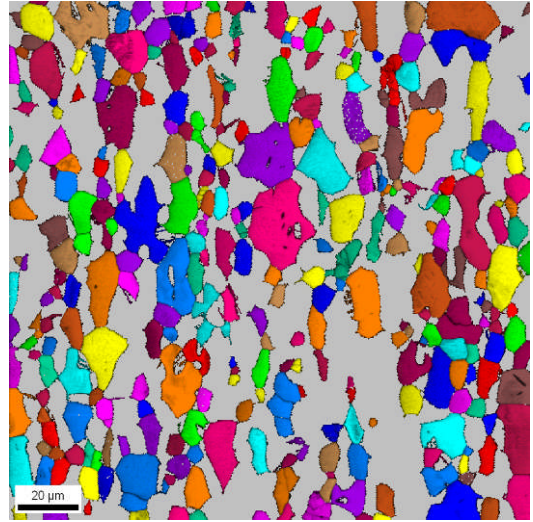
**Annexe 3b : Barre TA6V diamètre 20 mm d'origine BAOTI
Examen structural MEB-EBSD du produit traité par trempe et revenu**

Indice de qualité de diffraction (x500)

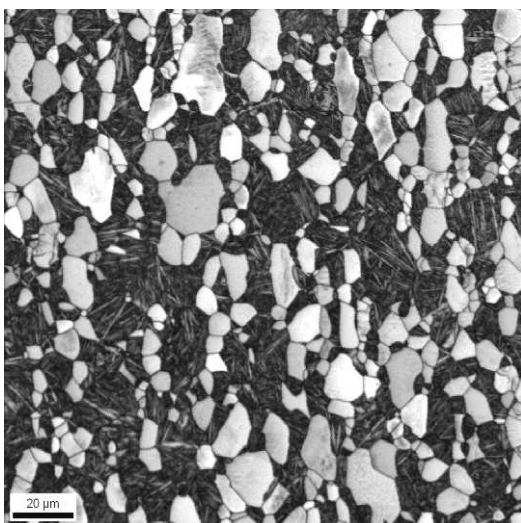
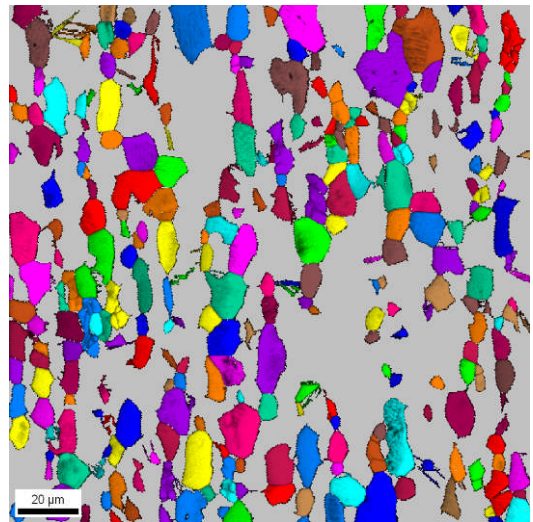


Périphérie

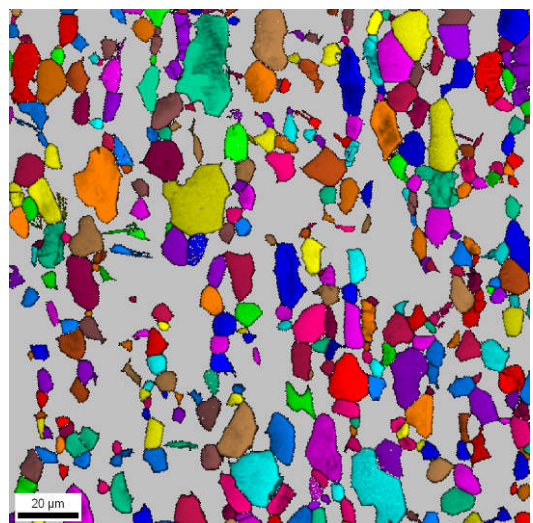
Structure de grains α « primaires » (x500)



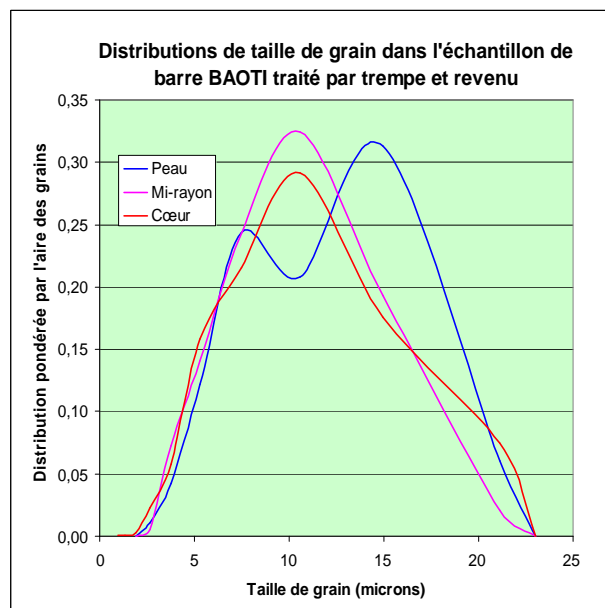
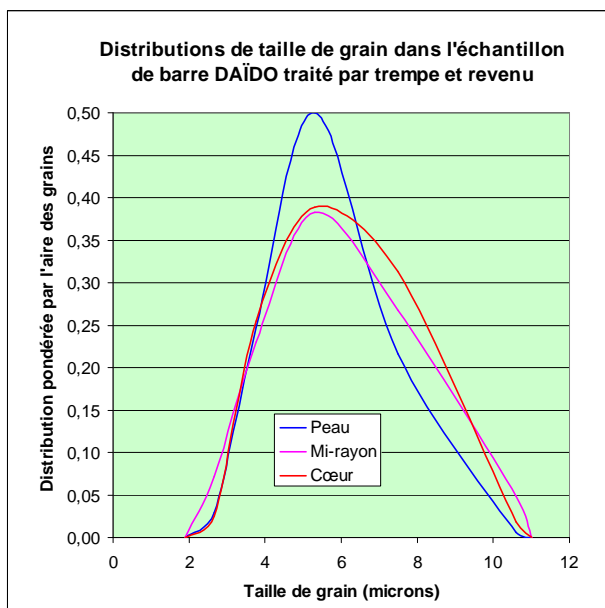
Mi-rayon



Centre

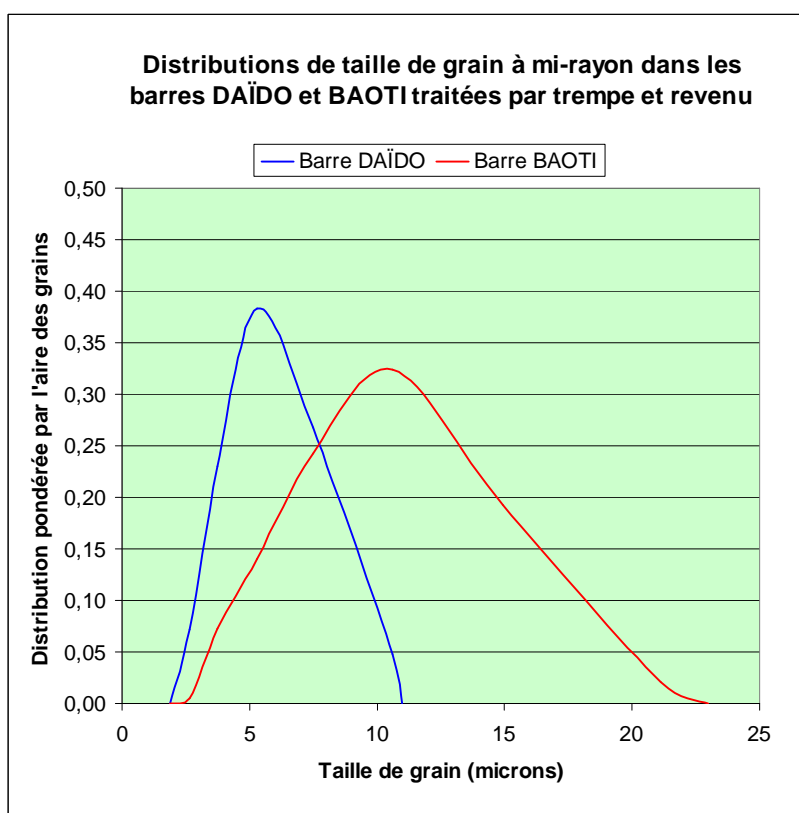


**Annexe 3c : Barres TA6V diamètre 20 mm d'origine DAÏDO et BAOTI
Cotation de taille de grain des produits traités par trempe et revenu**

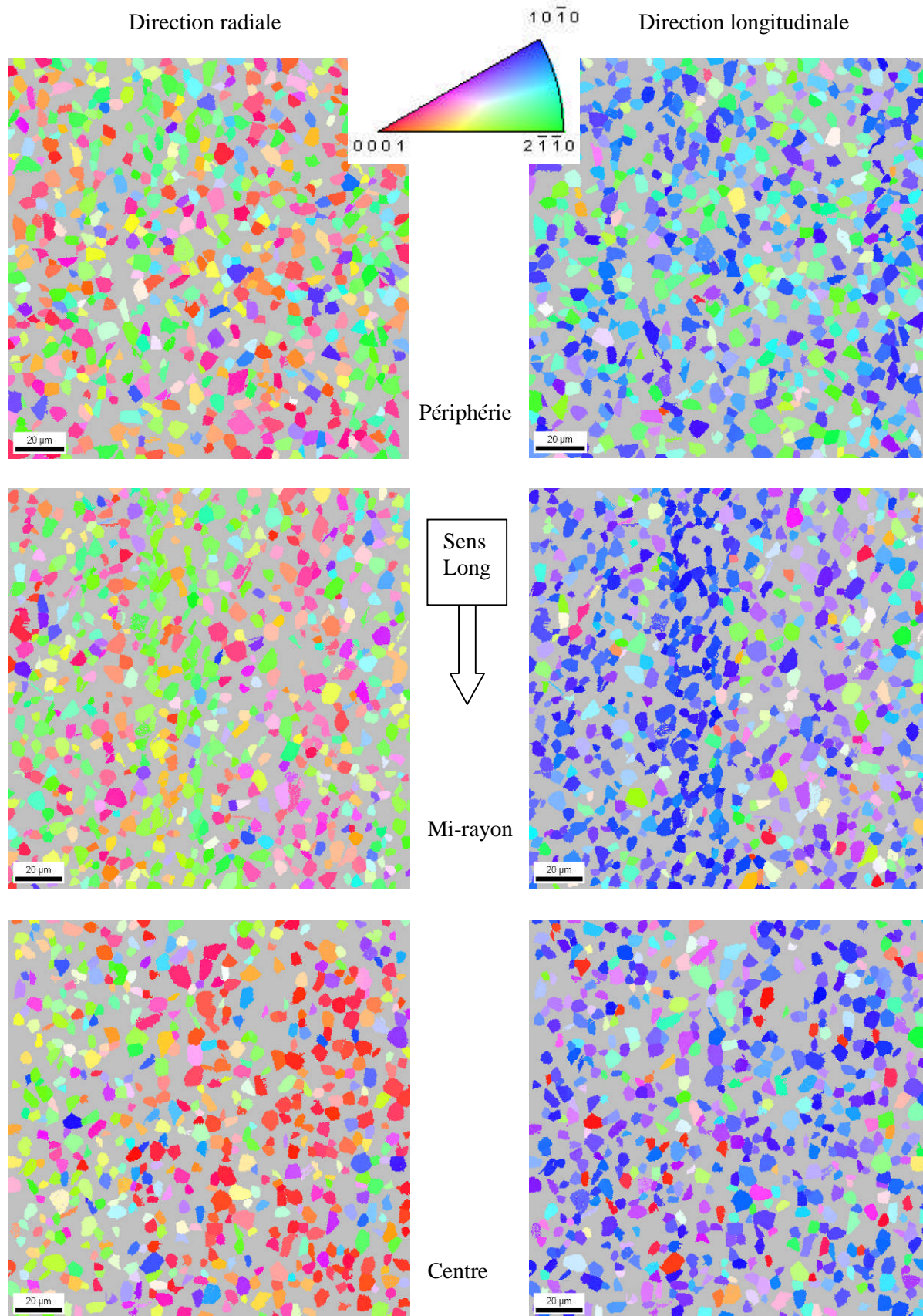


DAÏDO : Taille moyenne des grains (microns)				
	Peau	Mi-rayon	Cœur	Moyenne
Population	4,723	4,515	4,810	4,68
Aire	5,349	5,561	5,585	5,50

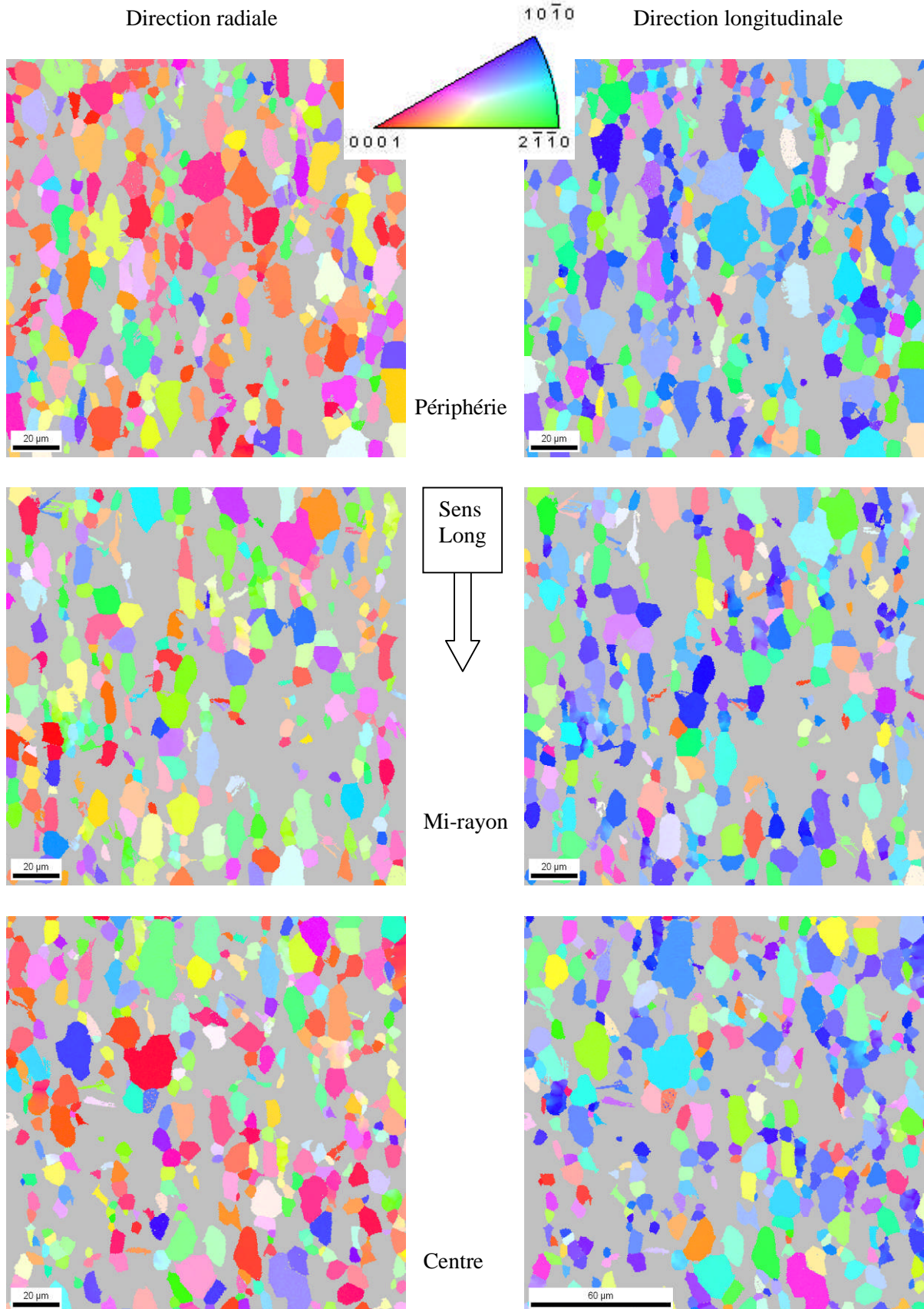
BAOTI : Taille moyenne des grains (microns)				
	Peau	Mi-rayon	Cœur	Moyenne
Population	6,965	5,097	5,787	5,95
Aire	10,722	6,222	10,012	8,99



Annexe 3d : Examens MEB-EBSD de la barre TA6V d'origine DAÏDO à l'état traité
Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x1000 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)



Annexe 3e : Examens MEB-EBSD de la barre TA6V d'origine BAOTI à l'état traité
Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x500 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)



**Annexe 3f : Barres d'alliage TA6V d'origine DAÏDO et BAOTI à l'état traité
Cotation de texture à l'aide de la Fonction de Distribution d'Orientatation Cristallographique (FDOC)**

FDOC	DAÏDO HT			BAOTI HT		
	Peau	Mi-rayon	Centre	Peau	Mi-rayon	Centre
	23,866	56,132	26,664	16,895	20,501	13,923