



**CARACTERISATION MEB-EBSD D'UN FIL COURONNE DIAMETRE 6.0 MM
D'ALLIAGE TA6V LAMINE SUR L'INSTALLATION R&D DE LA SOCIETE KOCKS**

ETUDE N° 23300 / 2566

DISTRIBUTION :

ERAMET
J-M. FOURCADE

AUBERT & DUVAL

D. BECHET
M. DECRONSONNIERE
P. DELABORDE
C. DUMONT
P. HERITIER
Y. LE COLLEN
O. LURDOS

BROWN EUROPE

G. ROUSSILHE

ERASTEEL

R. BARET
L. SANCHO
S. SELLA
L. VAILLANT DE GUELIS

ERAMET RESEARCH

B. ANTOLOVICH
J-P. CESCUTTI
C. GOUNY
Ch. PETIT
Documentation

Auteur : J. MONTAGNON	Approbateur : B. ANTOLOVICH

KEYWORDS : BRANCHE ALLIAGE°ERASTEEL°AUBERT&DUVAL° EXPERTISE°
ALLIAGE TA6V°BARRE°LAMINAGE°EBSD°STRUCTURE°

RÉSUMÉ-CONCLUSIONS :

INTRODUCTION

L'expertise a pour objet l'analyse structurale selon les directions longitudinale et transversale d'un fil couronne d'alliage TA6V de diamètre 6,0 mm laminé sur l'installation R&D de la société KOCKS. L'expertise comporte une analyse des structures granulaires et des textures à l'aide du MEB-FEG d'ERAMET RESEARCH.

CONCLUSIONS

La structure granulaire de ce fil diamètre 6.0 mm est extrêmement fine : elle est de taille micrométrique dans l'ensemble du produit. Quelques grains étirés de taille maximale inférieure à 8 microns sont observés en sens longitudinal à cœur du fil.

Les intensités maximales associées aux figures de pôles (0001) et (10-10) sont de faibles valeurs moyennes dans la masse du fil. Cependant l'analyse de texture selon un secteur périphérique montre une forte variation de l'intensité du pôle (0001). Aux intensités les plus fortes correspond une orientation franchement radiale de la direction $\langle 0001 \rangle$, qui est généralisée à la majorité des grains de la structure.

La composante de texture (0001) $\langle 10-10 \rangle$ est donc relativement hétérogène en périphérie de ce fil, ce qui pourrait se traduire par une anisotropie de ses propriétés.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	4
2. DESCRIPTION DES POSITIONS D'OBSERVATION	4
3. EXAMENS DE STRUCTURE :	4
3.1. Examens en sens long	4
3.2. Examens en sens travers	5
4. CONCLUSIONS	5
5. ANNEXES	5
<i>ANNEXE 1 : Examens en microscopie électronique de la structure en sens long du fil diamètre 6.0 mm laminé à l'aide d'un train KOCKS</i>	6
<i>ANNEXE 2 : Examens en microscopie électronique de la structure en sens travers du fil diamètre 6.0 mm laminé a l'aide d'un train KOCKS</i>	14

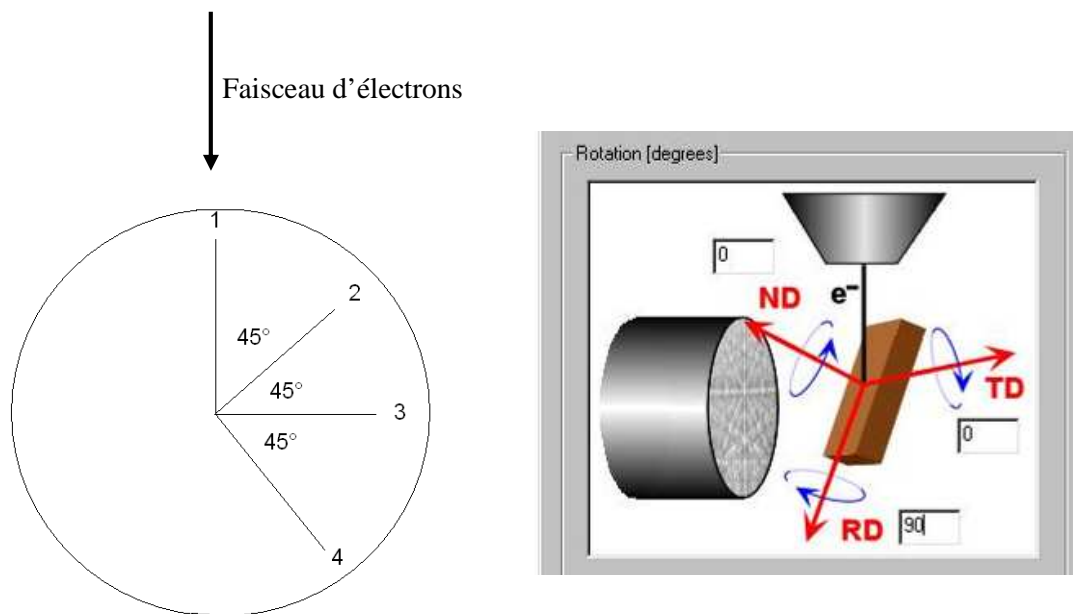
1. INTRODUCTION

L'expertise a pour objet l'analyse structurale selon les directions longitudinale et transversale d'un fil couronne d'alliage TA6V de diamètre 6,0 mm (repère 5-1b) laminé sur l'installation R&D de la société KOCKS. L'expertise comporte une analyse des structures granulaires et des textures à l'aide du MEB-FEG d'ERAMET RESEARCH.

2. DESCRIPTION DES POSITIONS D'OBSERVATION

Les examens en direction longitudinale sont réalisés à cœur, mi-rayon et périphérie d'un plan diamétral. Les structures en direction transversale sont examinées en quatre positions de la périphérie de la barre, décalées de 45° les unes des autres. Les plages analysées sont positionnées à 500 μm de la peau de la barre.

Examens sur coupe transversale : Le faisceau d'électrons passe par un plan diamétral de l'échantillon dont le seul déplacement est une rotation d'une position à la suivante (de 1 à 4). Ainsi, la direction RD correspond systématiquement à un rayon de l'échantillon et la direction ND à l'axe long du produit. On bascule les données d'orientation cristallographique de l'un à l'autre de ces deux axes par simple rotation de 90° autour de l'axe TD.



3. EXAMENS DE STRUCTURE :

Les observations sont réalisées à grossissements 2000 et 5000.

3.1. EXAMENS EN SENS LONG

La structure est fortement écrouie et comporte une structure granulaire très fine qui évolue quelque peu du cœur vers la périphérie du fil (cf. Annexes 1a et 1b) : En peau du fil, la taille de grains est centrée sur 1.5/2 microns si on considère la distribution pondérée par l'aire et les grains les plus grossiers ne dépassent pas 4 microns de diamètre moyen (cf. Annexe 1c). A cœur, la taille de grain est centrée sur 2.5/3 microns et les grains les plus grossiers atteignent 8 microns. Ces gros grains prennent une forme allongée.

Néanmoins, la structure est globalement équiaxe.

Le taux de phase beta mesuré en sens long varie peu de la périphérie à cœur du fil et reste inférieur à 4 % surfacique.

La direction $\langle 0001 \rangle$ de la structure hexagonale de la phase alpha est essentiellement distribuée dans le plan de section du fil (cf. Annexes 1d et 1e), tandis que la direction $\langle 10-10 \rangle$ est préférentiellement alignée sur l'axe (Pôle central (10-10) en Annexe 1g).

L'intensité maximale calculée pour les figures de pôles (0001) et (10-10) est de relativement faible valeur par comparaison avec les valeurs relevées sur le fil diamètre 5.5 mm de la même série d'essais industriels.

3.2. EXAMENS EN SENS TRAVERS

La structure granulaire est homogène en toutes positions de la circonférence (cf. Annexes 2a, 2b, 2c et 2k). La taille moyenne des grains est sensiblement plus petite en sens travers qu'en sens long, ce qui résulte de leur étirement selon la direction de laminage : la distribution de population pondérée par l'aire est centrée sur environ 1.5 microns.

On retrouve bien en sens travers les distributions préférentielles des directions $\langle 0001 \rangle$ et $\langle 10-10 \rangle$ respectivement selon le plan de section et l'axe de la barre (cf. Annexes 2e et 2f).

L'intensité maximale relative aux figures de pôles (0001) est très variable d'une position à l'autre : elle évolue continûment de 5 à 15 selon un secteur angulaire de 90° (Annexe 2h). Les plus fortes intensités correspondent à une orientation purement radiale de la direction $\langle 0001 \rangle$ (Annexe 2g).

4. CONCLUSIONS

La structure granulaire de ce fil diamètre 6.0 mm est extrêmement fine : elle est de taille micrométrique dans l'ensemble du produit. Quelques grains étirés de taille maximale inférieure à 8 microns sont observés en sens longitudinal à cœur du fil.

Les intensités maximales associées aux figures de pôles (0001) et (10-10) sont de faibles valeurs moyennes dans la masse du fil. Cependant l'analyse de texture selon un secteur périphérique montre une forte variation de l'intensité du pôle (0001). Aux intensités les plus fortes correspond une orientation franchement radiale de la direction $\langle 0001 \rangle$, qui est généralisée à la majorité des grains de la structure.

La composante de texture (0001) $\langle 10-10 \rangle$ est donc relativement hétérogène en périphérie de ce fil, ce qui pourrait se traduire par une anisotropie de ses propriétés.

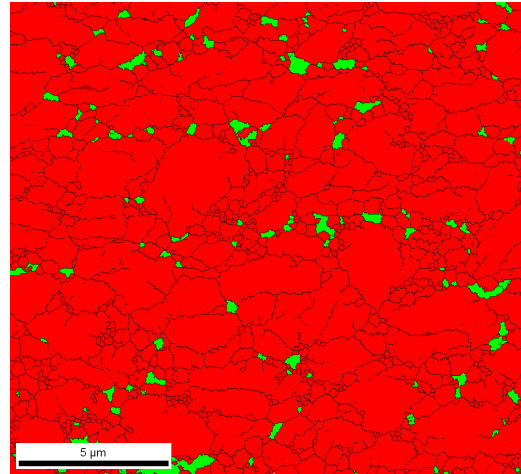
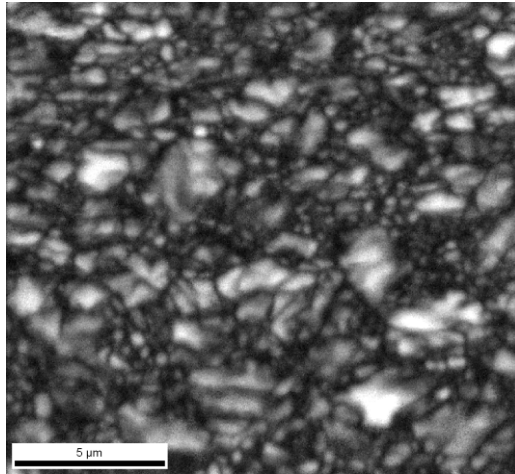
5. ANNEXES

**ANNEXE 1 : EXAMENS EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE DE LA
STRUCTURE EN SENS LONG DU FIL DIAMETRE 6.0 MM LAMINE A L'AIDE
D'UN TRAIN KOCKS**

Annexe 1a : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long

Indice de qualité de diffraction (x5000)

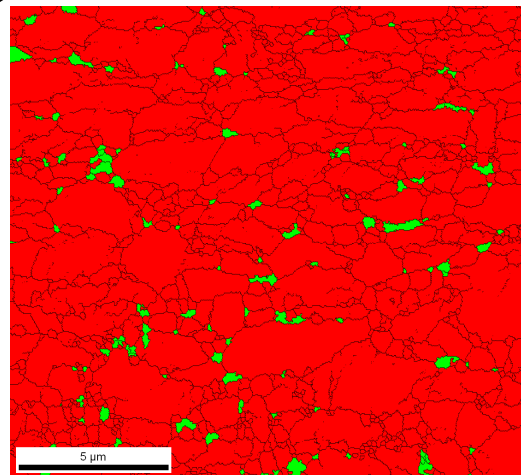
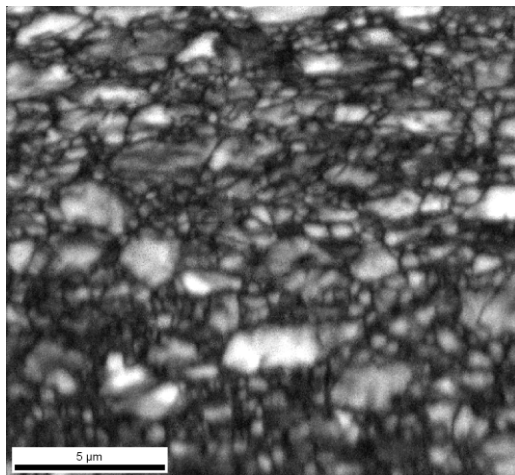
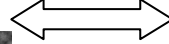
Cartographies de phases (x5000)



Périphérie

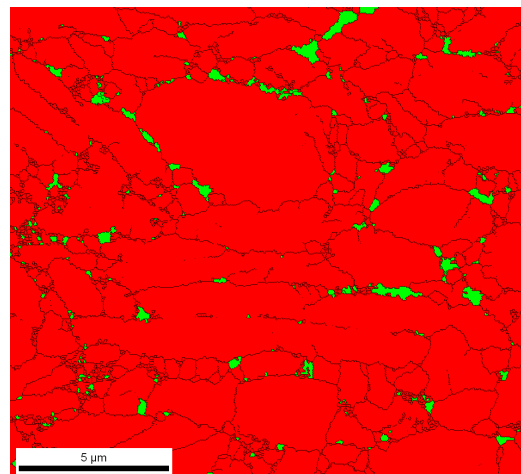
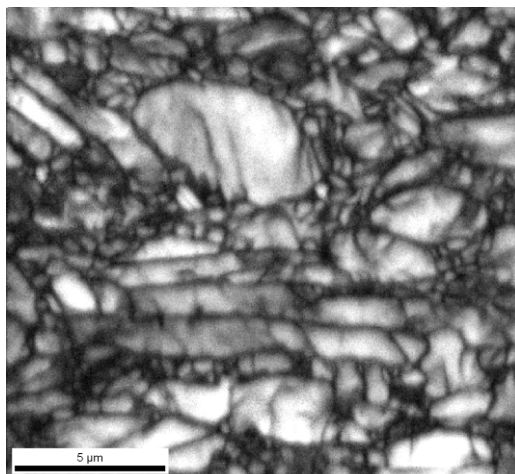
3.5% phase beta

Sens long



Mi-rayon

2.9% phase beta



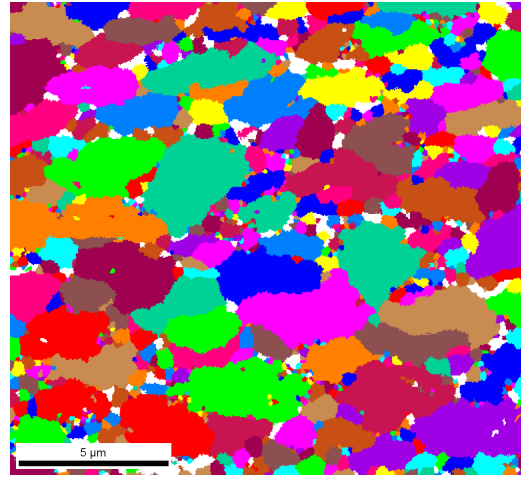
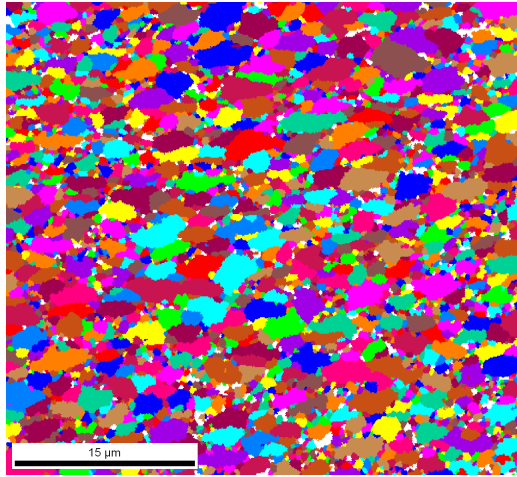
Centre

2.7% phase beta

Annexe 1b : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Structure granulaire
(Les joints de grain sont définis par des désorientations angulaires $\geq 5^\circ$)

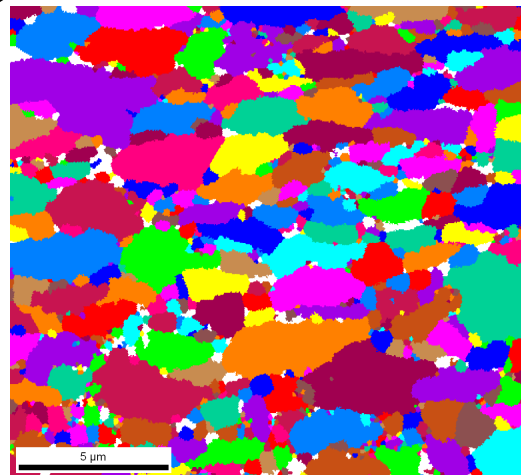
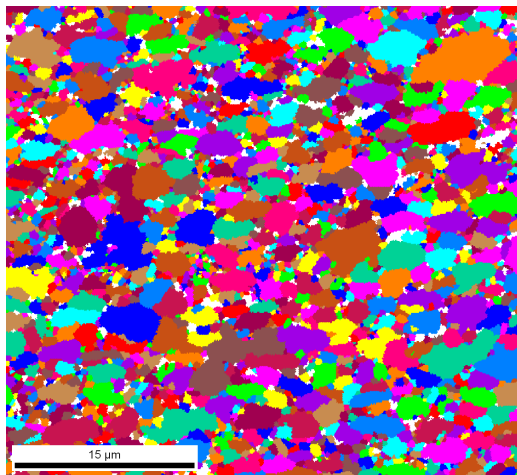
(x2000)

(x5000)

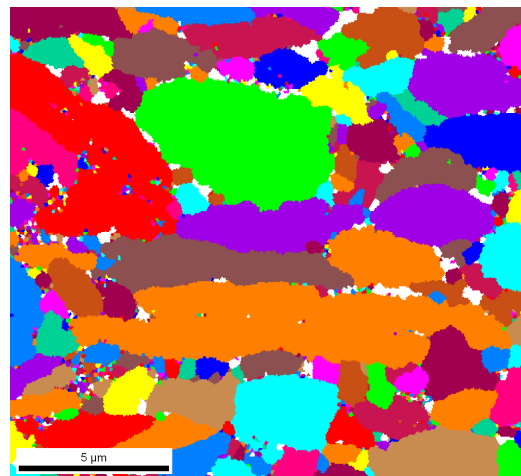
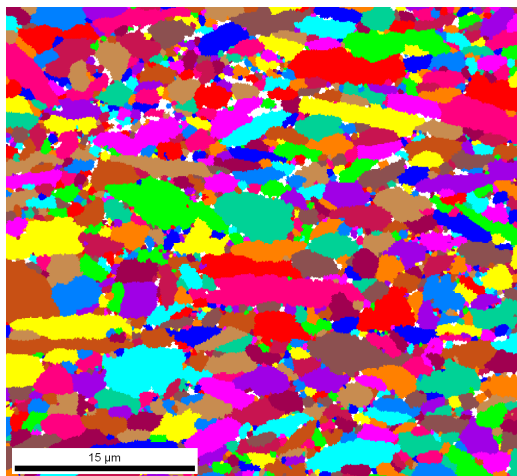


Périphérie

Sens long
↔

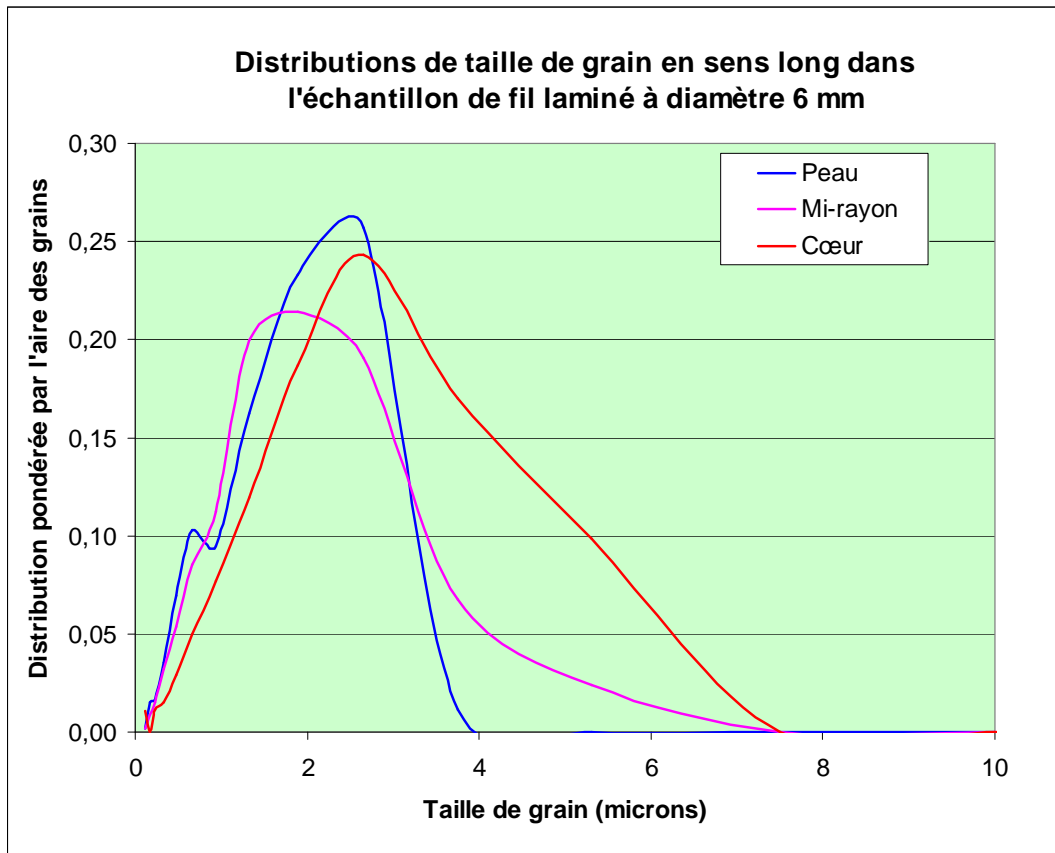


Mi-rayon



Centre

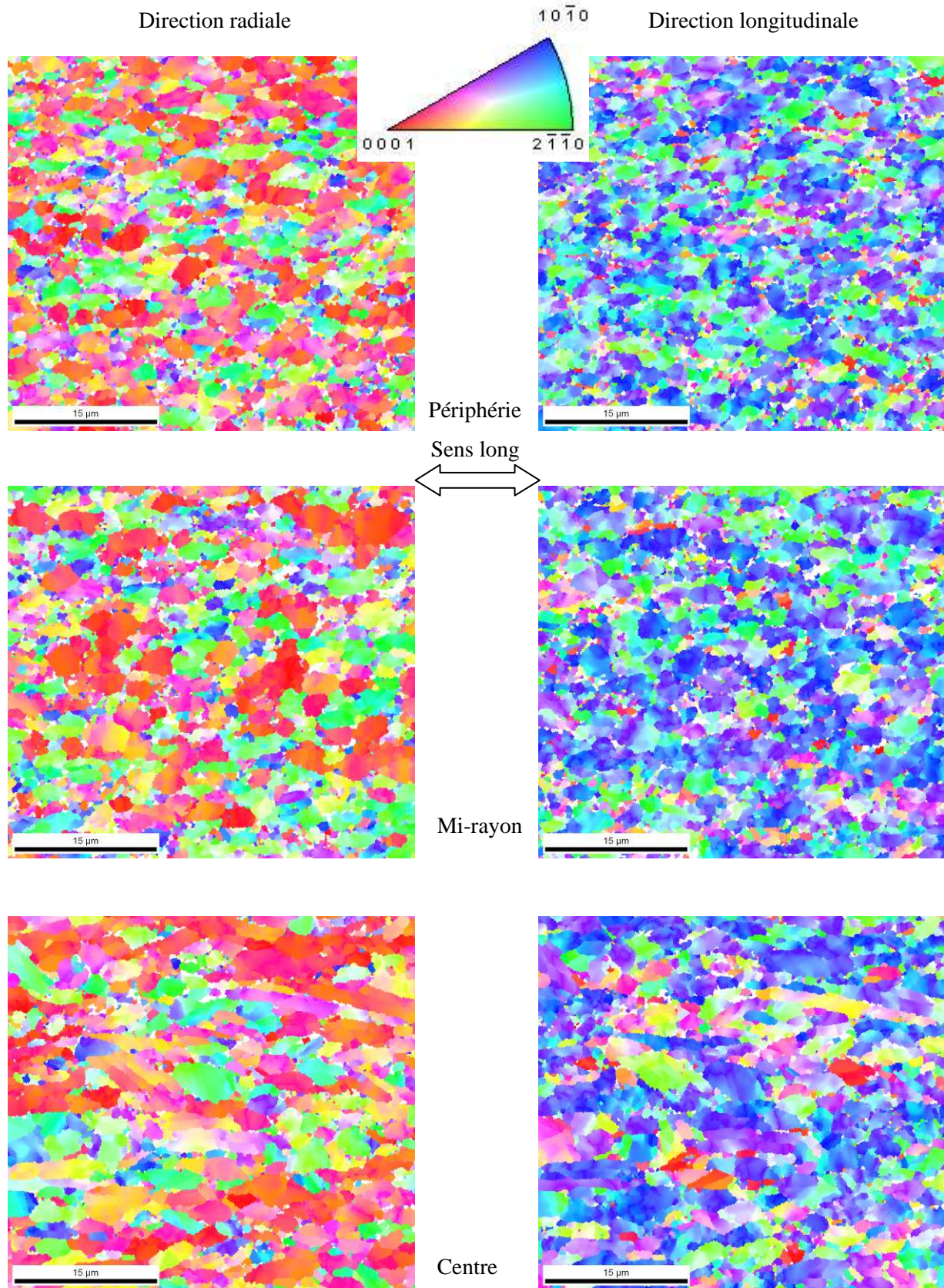
**Annexe 1c : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Cotation de taille de grain**



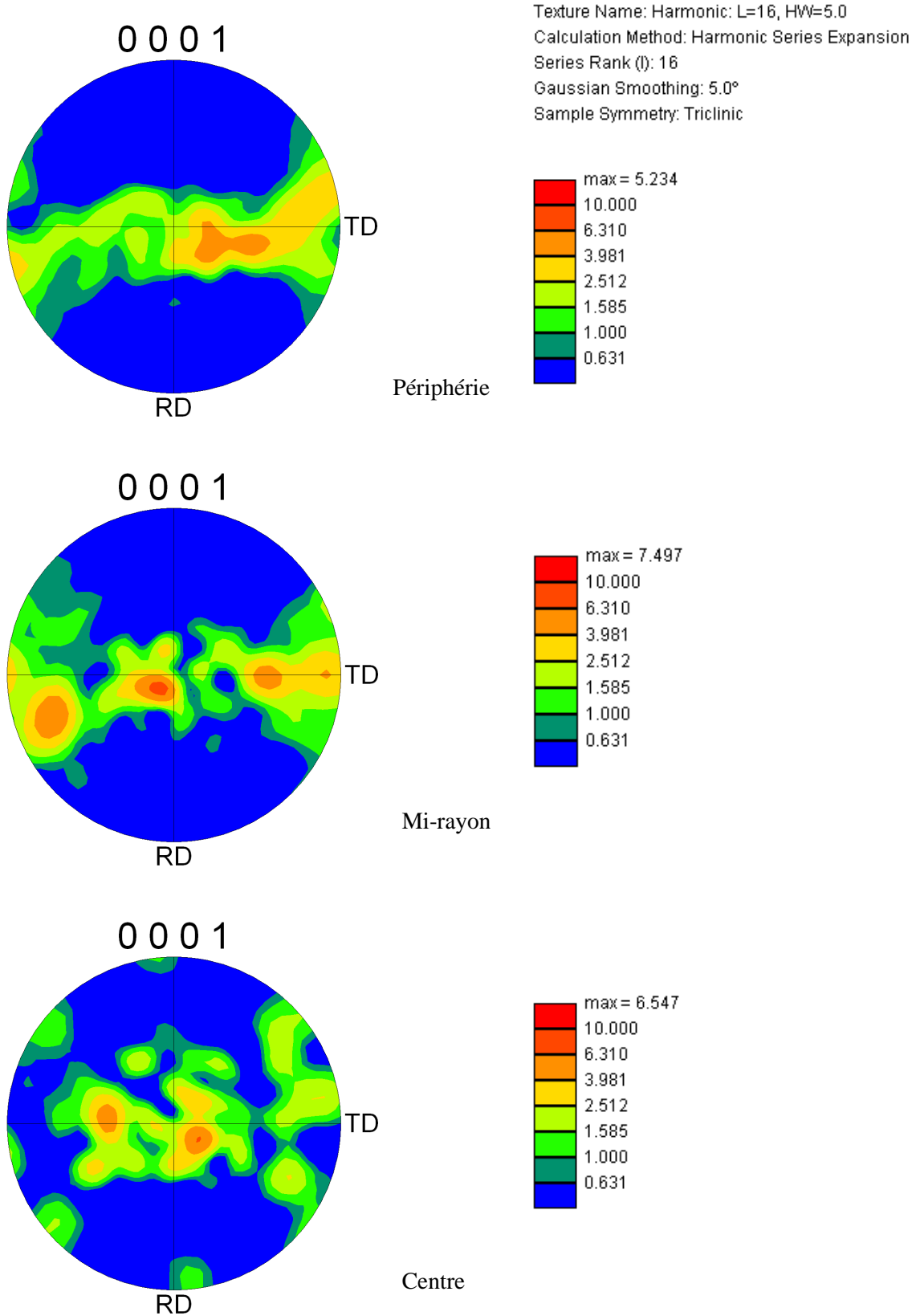
La distribution est pondérée par l'aire des grains, ce qui permet de donner une représentation de la distribution des plus gros grains mais qui, en contrepartie, décale la distribution vers les tailles élevées.

Fil laminé diam. 6,0 mm sens long : Taille moyenne des grains (microns)				
	Peau	Mi-rayon	Cœur	Moyenne
Population	0,52	0,58	0,80	0,63
Aire	1,60	1,74	2,60	1,98

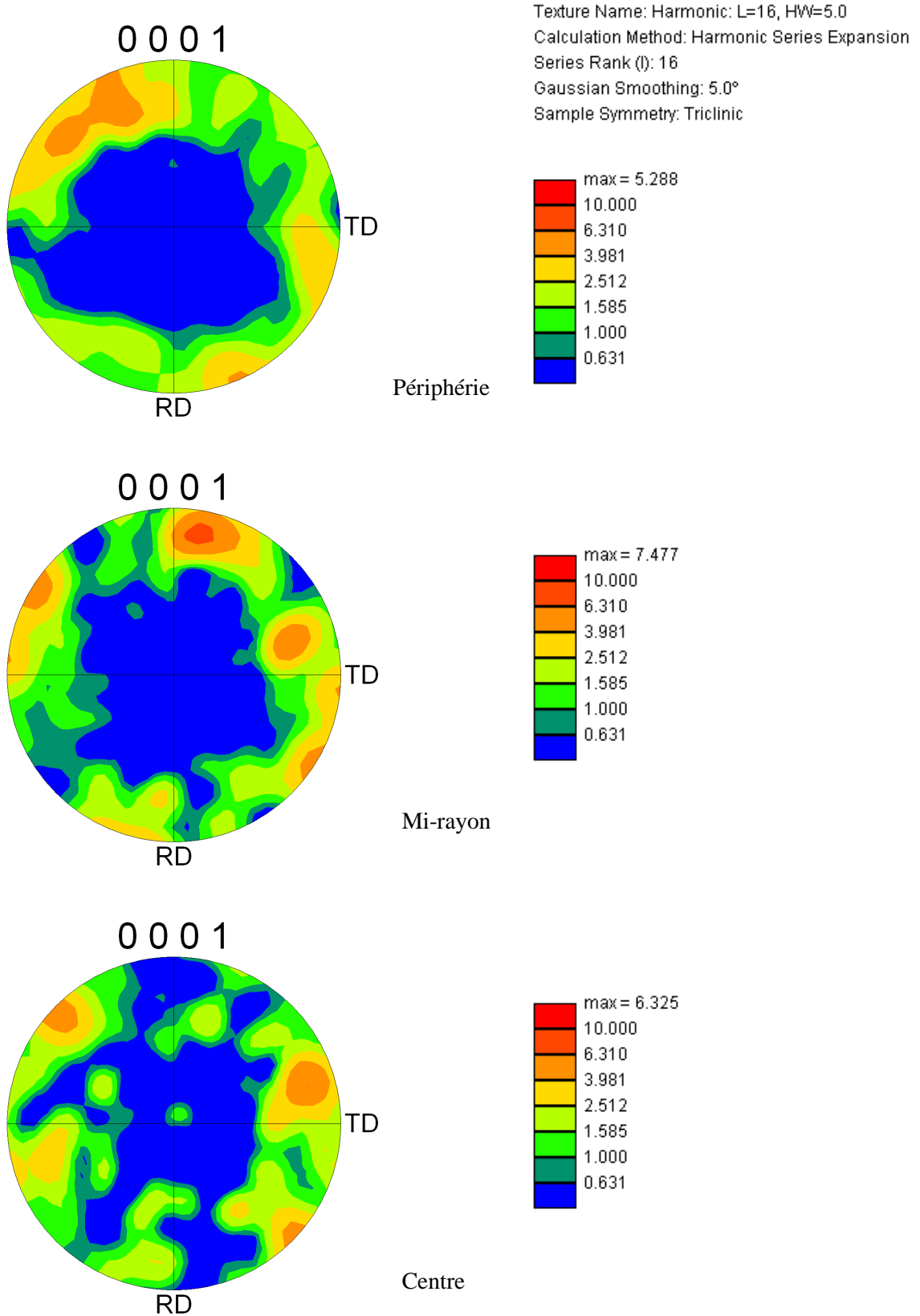
Annexe 1d : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x2000 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)



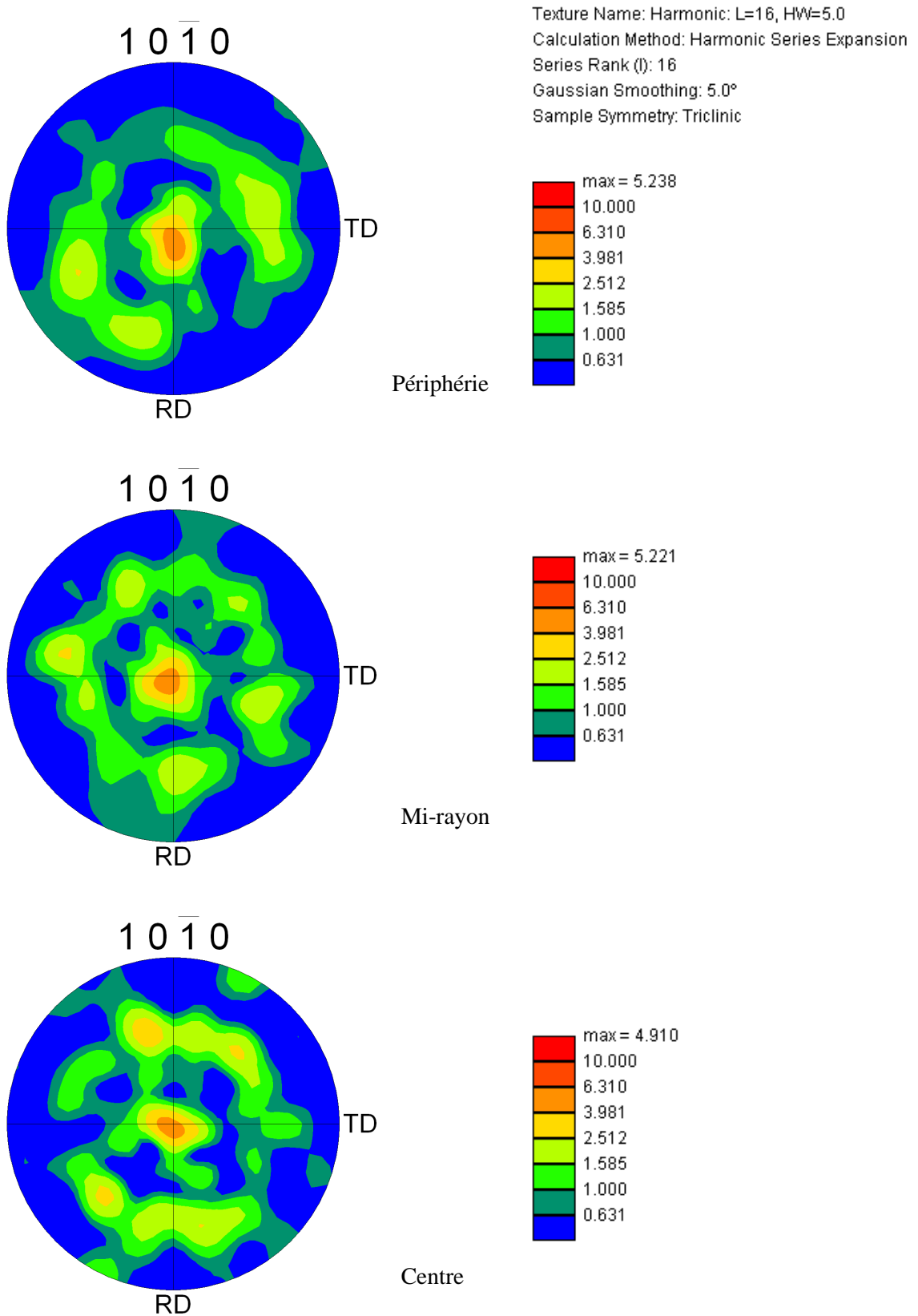
Annexe 1e : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction radiale (RD//sens long) _ Grandissement x2000



Annexe 1f : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x2000

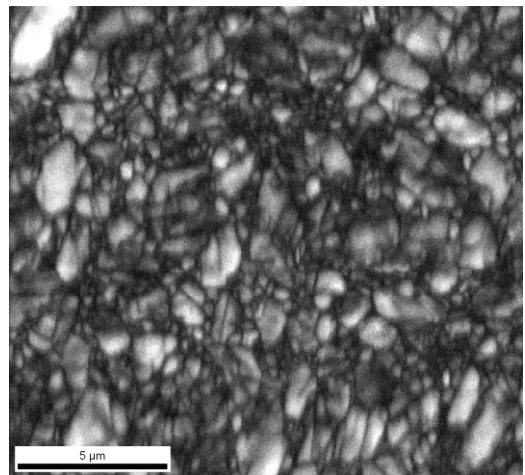
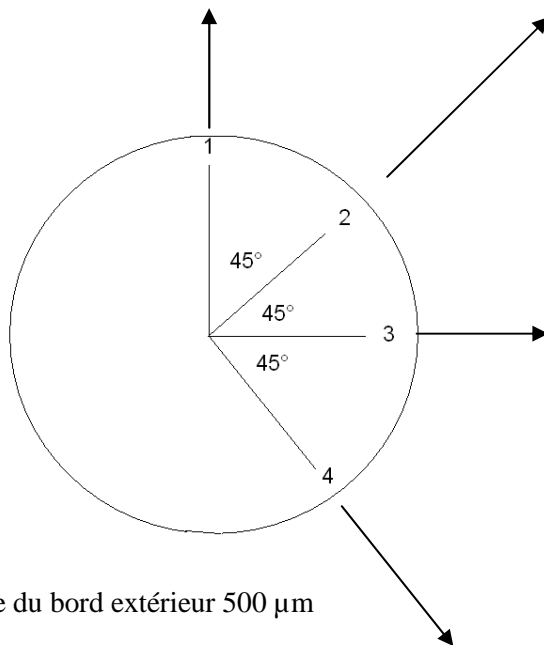
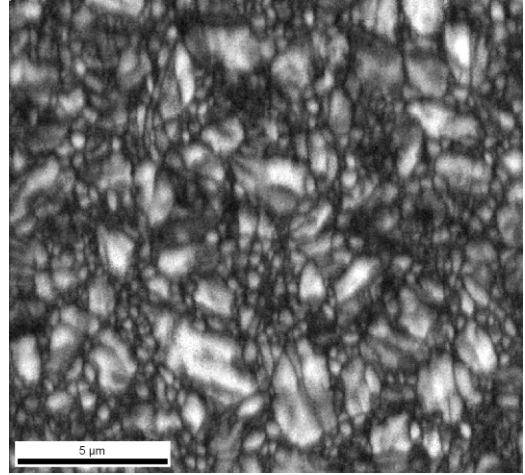
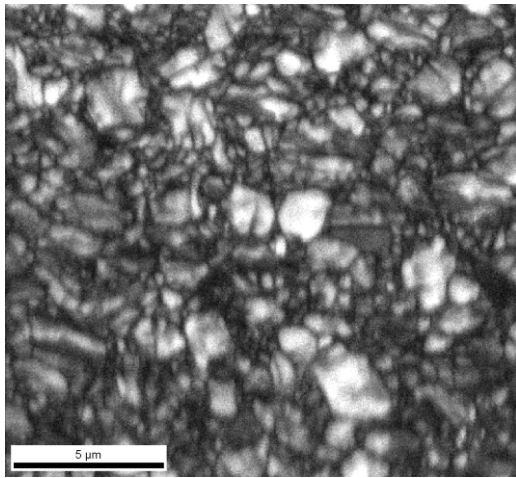


Annexe 1g : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Figures de pôles (10-10) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x2000



**ANNEXE 2 : EXAMENS EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE DE LA
STRUCTURE EN SENS TRAVERS DU FIL DIAMETRE 6.0 MM LAMINE A
L'AIDE D'UN TRAIN KOCKS**

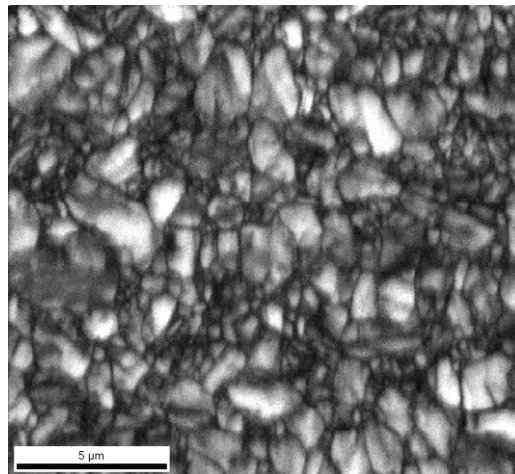
Annexe 2a : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Indice de qualité de diffraction (x5000)



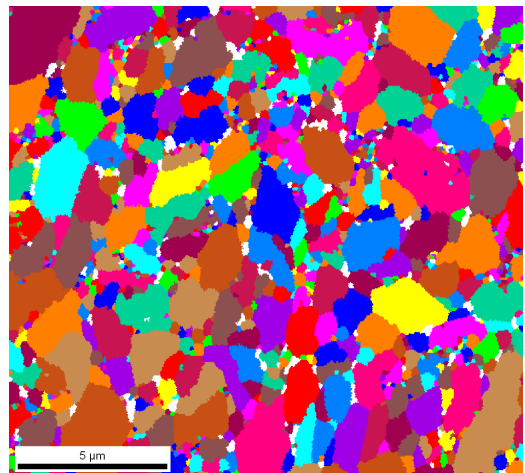
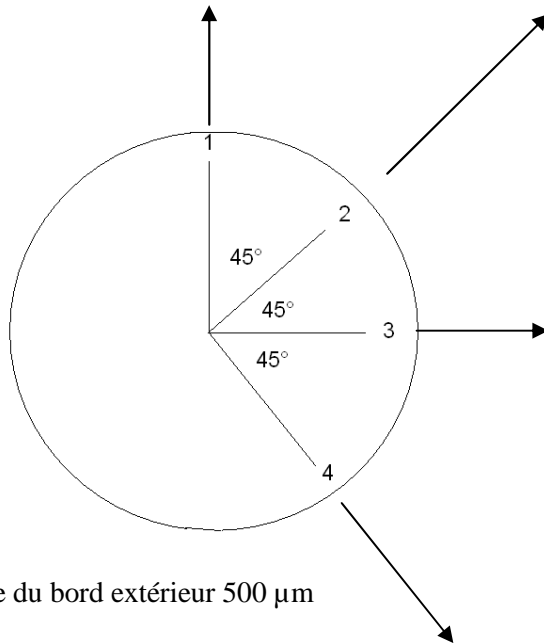
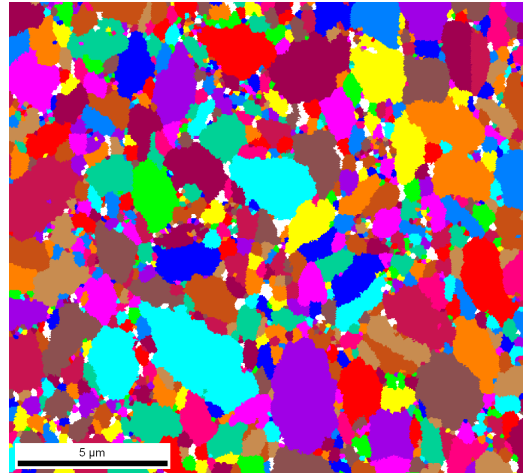
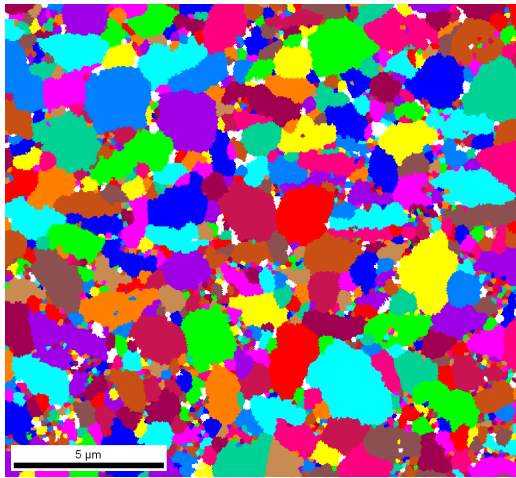
Distance du bord extérieur 500 µm

- Position 1 référence 0°
- Position 2 45°
- Position 3 90°
- Position 4 135°

L'orientation haut-bas des cartographies correspond à une direction radiale de la barre.



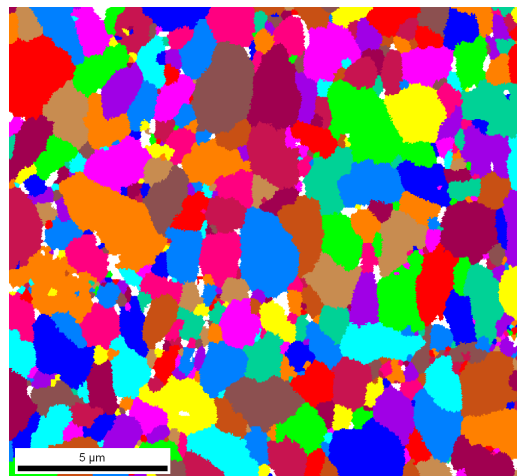
Annexe 2b : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Structure granulaire (x5000)
 (Les joints de grain sont définis par des désorientations angulaires $\geq 5^\circ$)



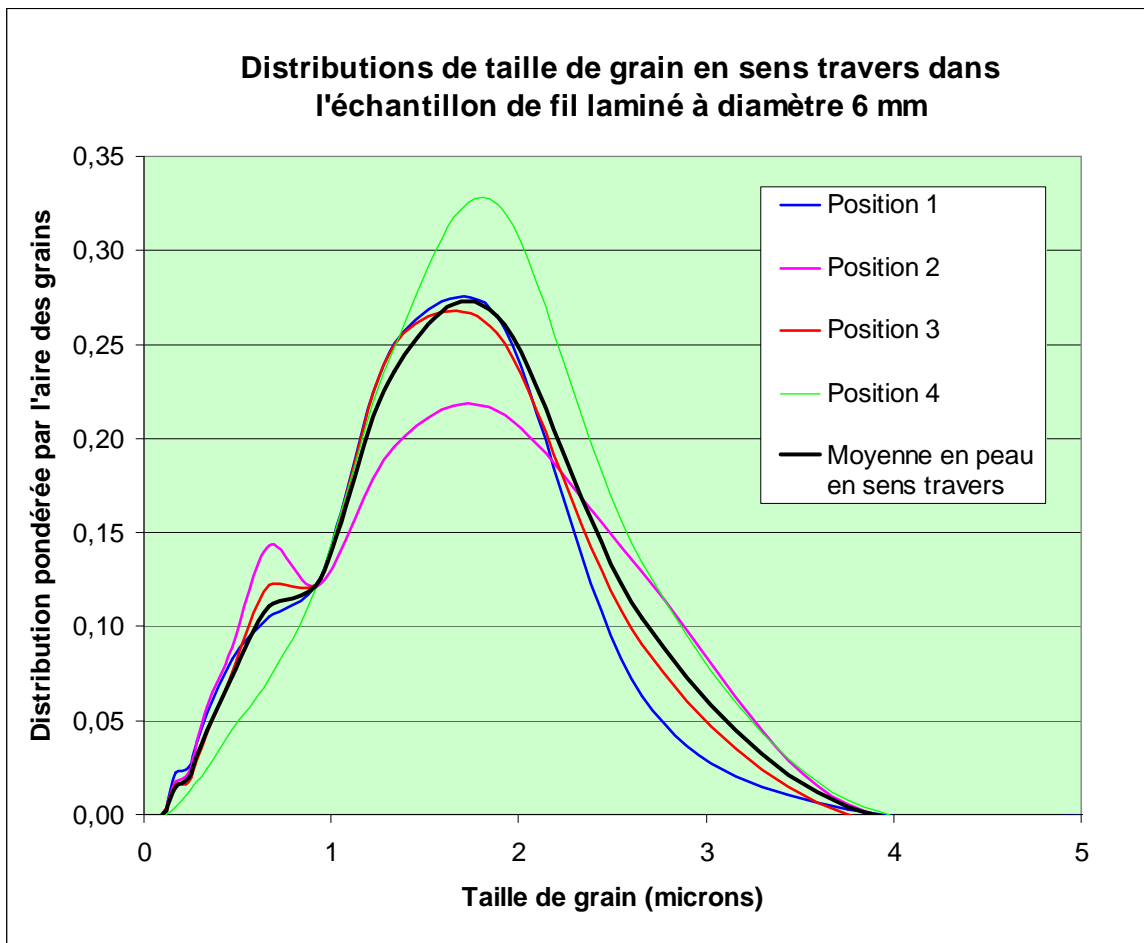
Distance du bord extérieur 500 μm

- Position 1 référence 0°
- Position 2 45°
- Position 3 90°
- Position 4 135°

L'orientation haut-bas des cartographies correspond à une direction radiale de la barre.

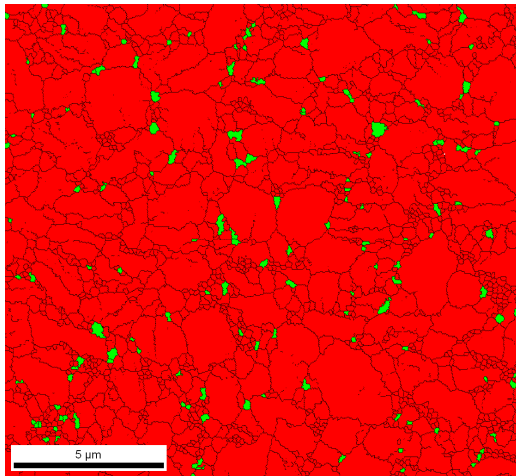


**Annexe 2c : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Cotation de taille de grain**

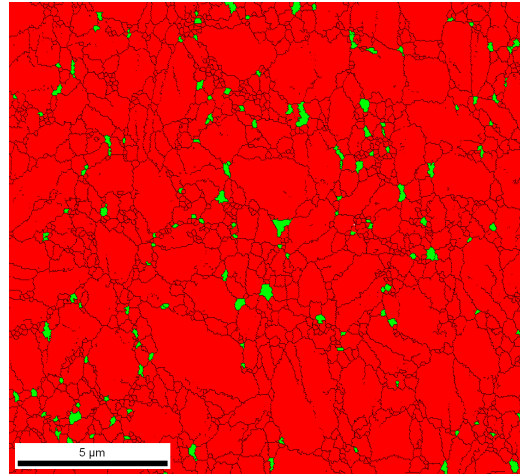


Fil laminé diam. 6,0 mm sens travers : Taille moyenne des grains (microns)					
	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4	Moyenne
Population	0,48	0,48	0,51	0,69	0,54
Aire	1,30	1,30	1,31	1,51	1,35

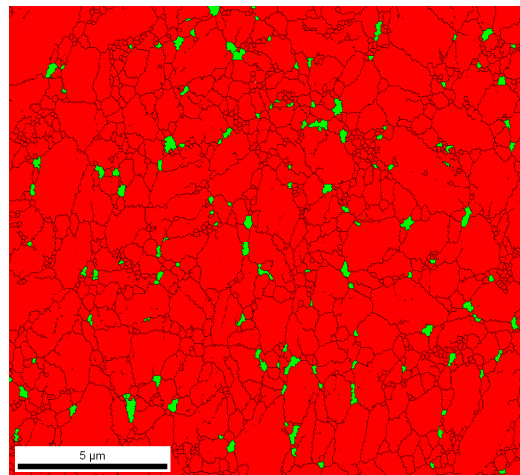
**Annexe 2d : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Cartographies de phases (x5000)**



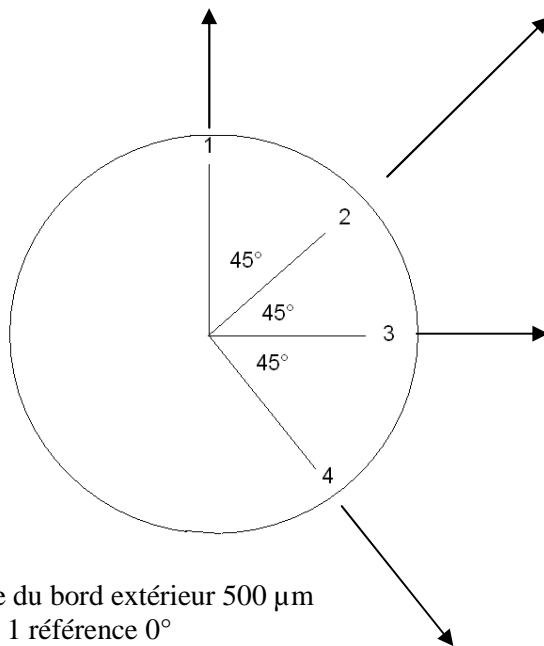
2,0% phase beta



2,0% phase beta



2,2% phase beta

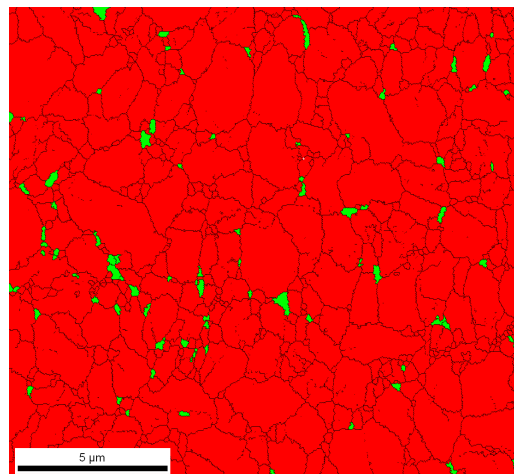


Distance du bord extérieur 500 μm
 Position 1 référence 0°
 Position 2 45°
 Position 3 90°
 Position 4 135°

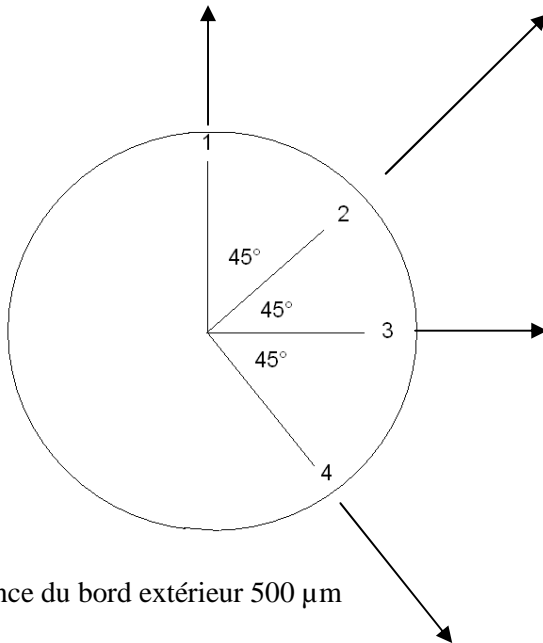
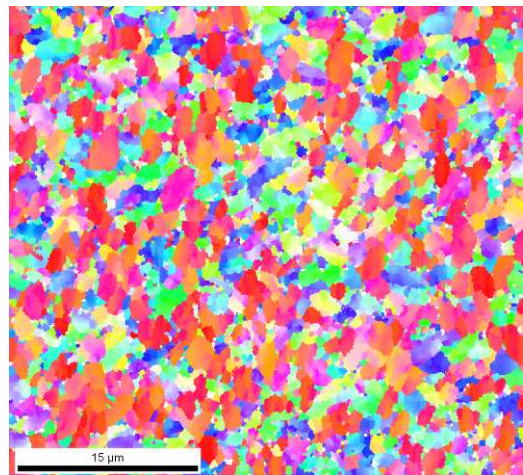
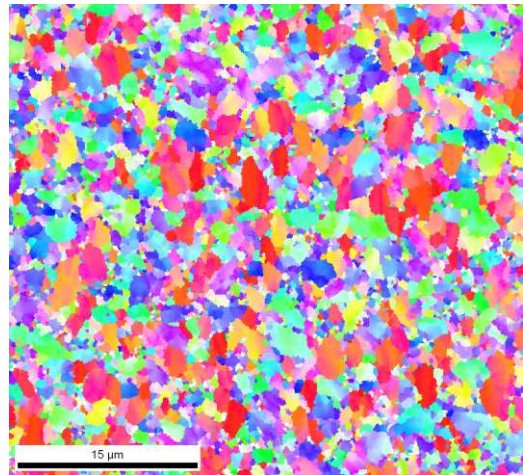
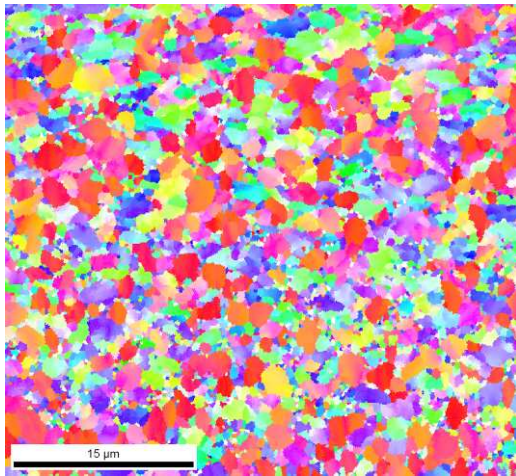
L'orientation haut-bas des cartographies correspond à une direction radiale de la barre.



1,6% phase beta



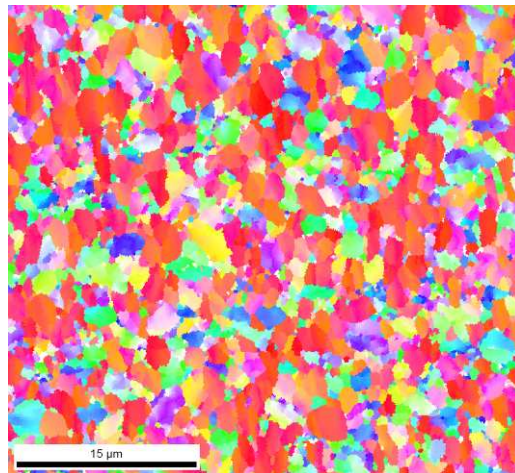
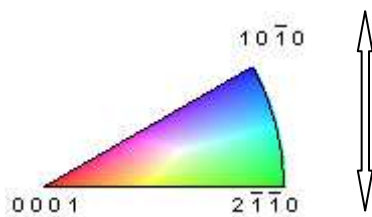
Annexe 2e : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x2000 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)
 Analyse en direction radiale



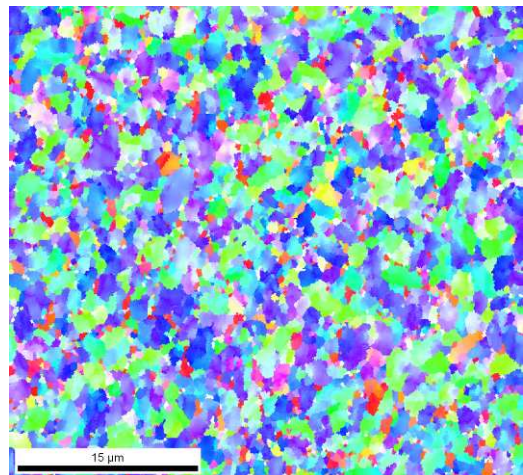
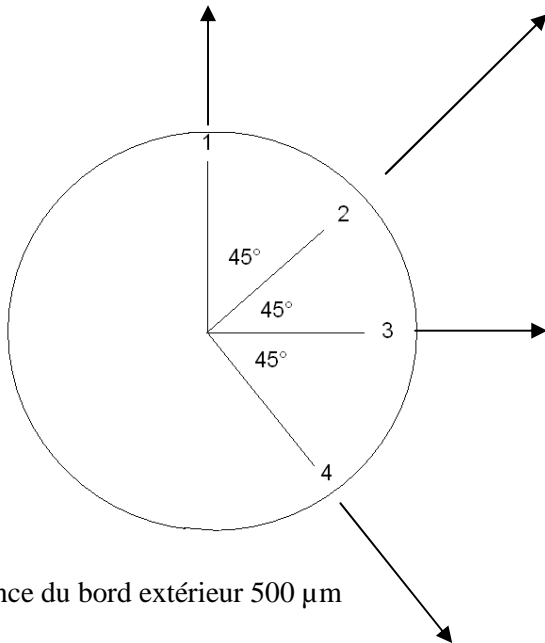
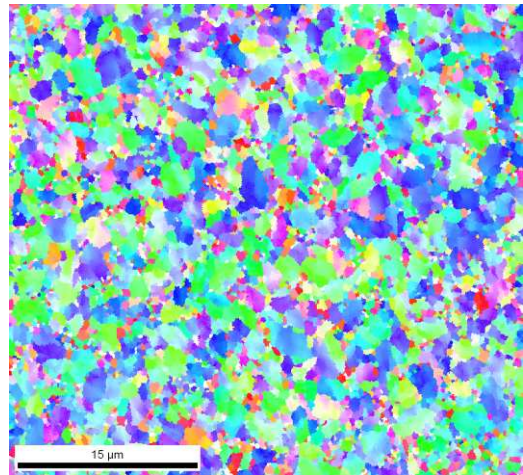
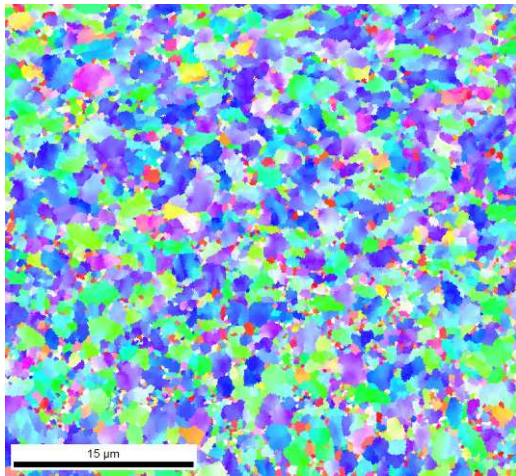
Distance du bord extérieur 500 μm

- Position 1 référence 0°
- Position 2 45°
- Position 3 90°
- Position 4 135°

L'orientation haut-bas des cartographies correspond à une direction radiale de la barre.



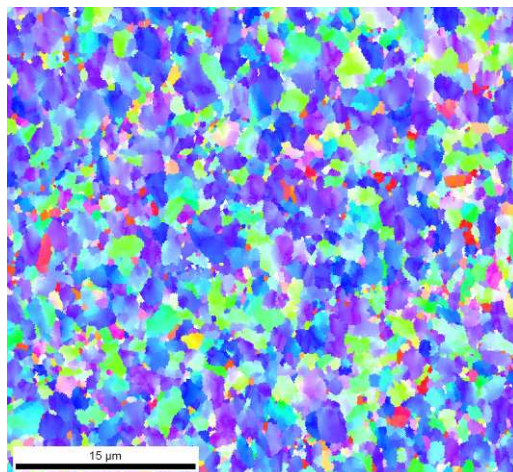
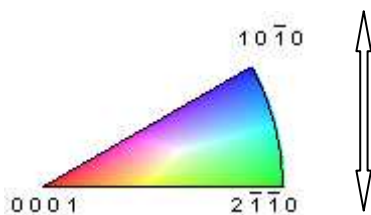
Annexe 2f : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x2000 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)
 Analyse en direction longitudinale



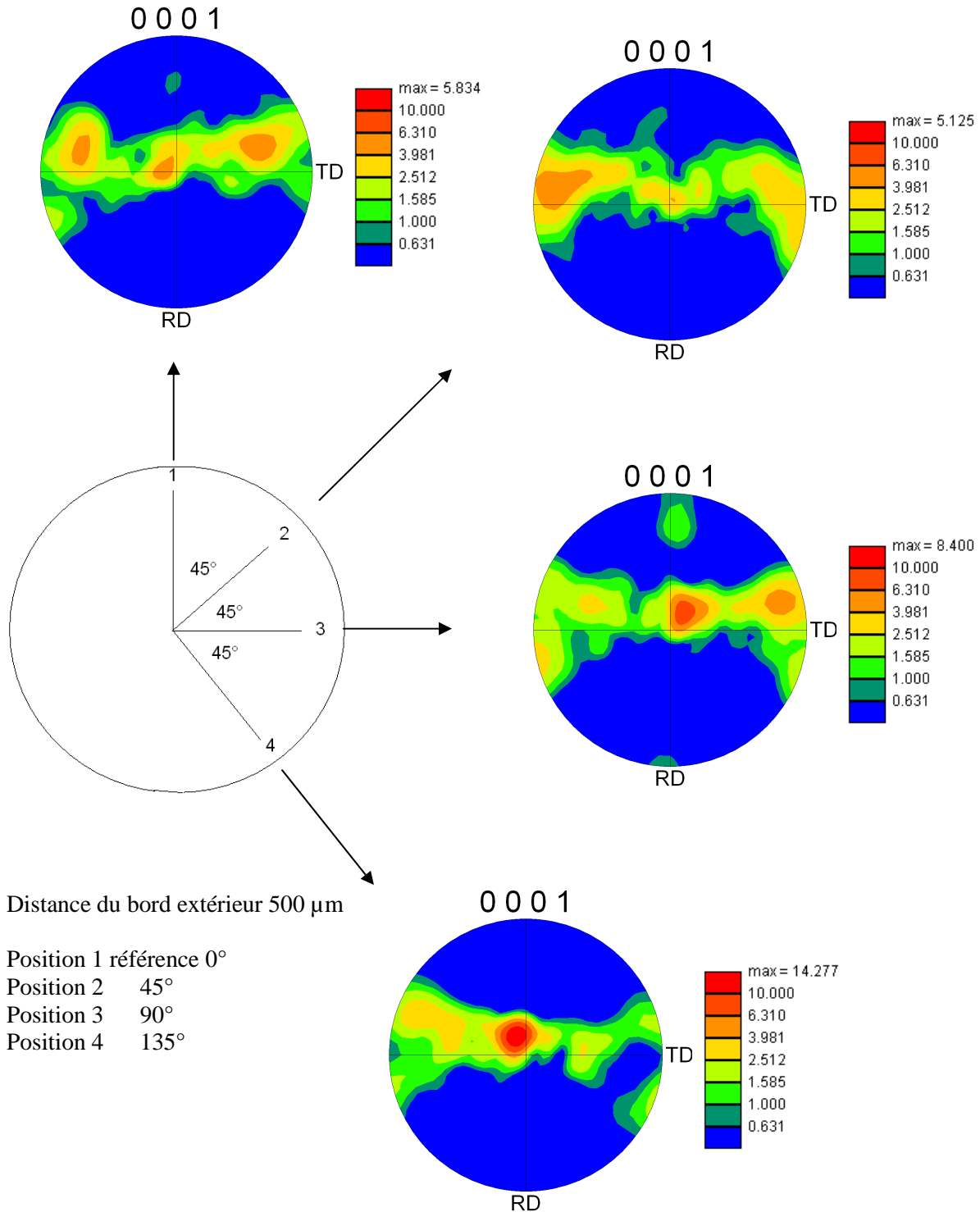
Distance du bord extérieur 500 µm

- Position 1 référence 0°
- Position 2 45°
- Position 3 90°
- Position 4 135°

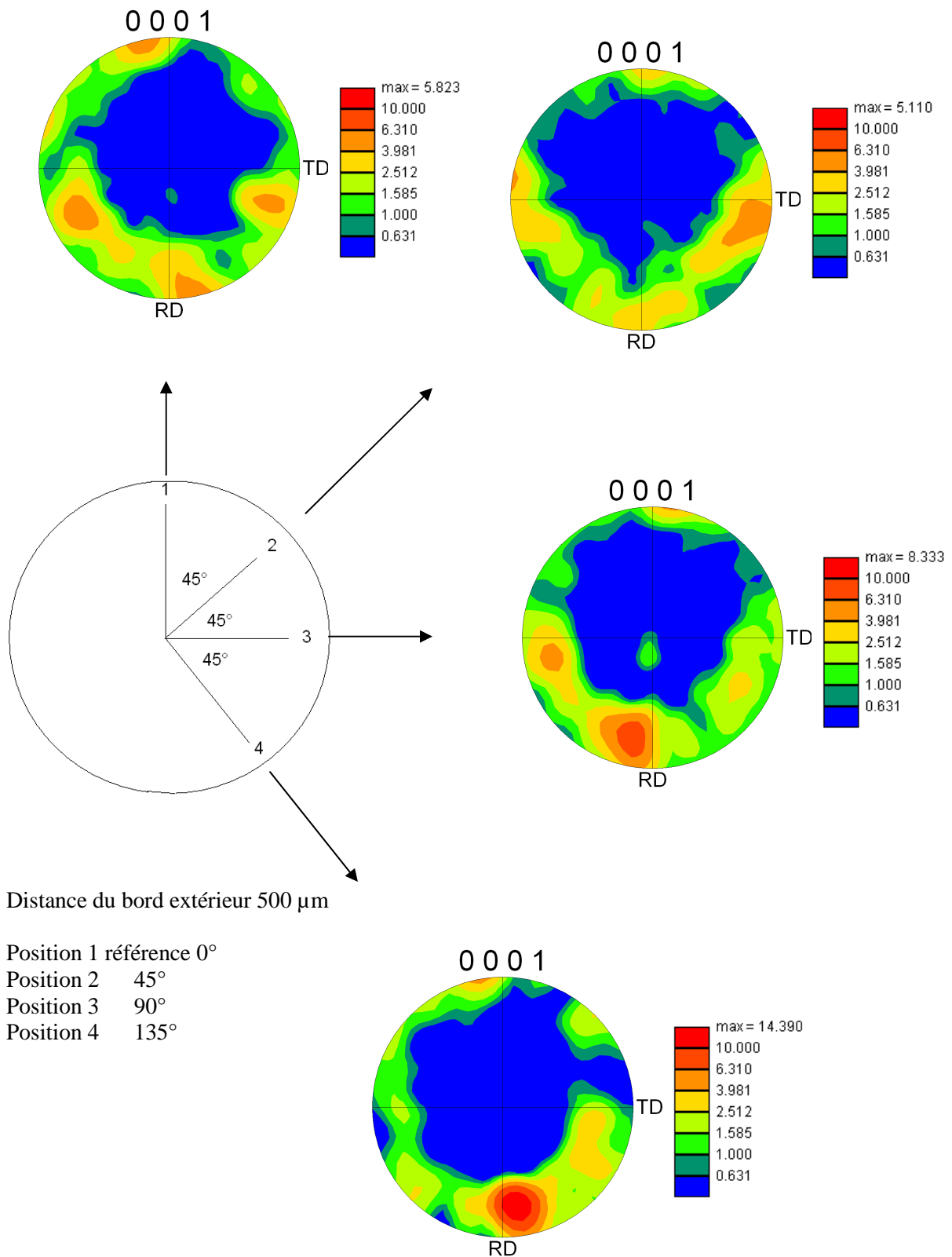
L'orientation haut-bas des cartographies correspond à une direction radiale de la barre.



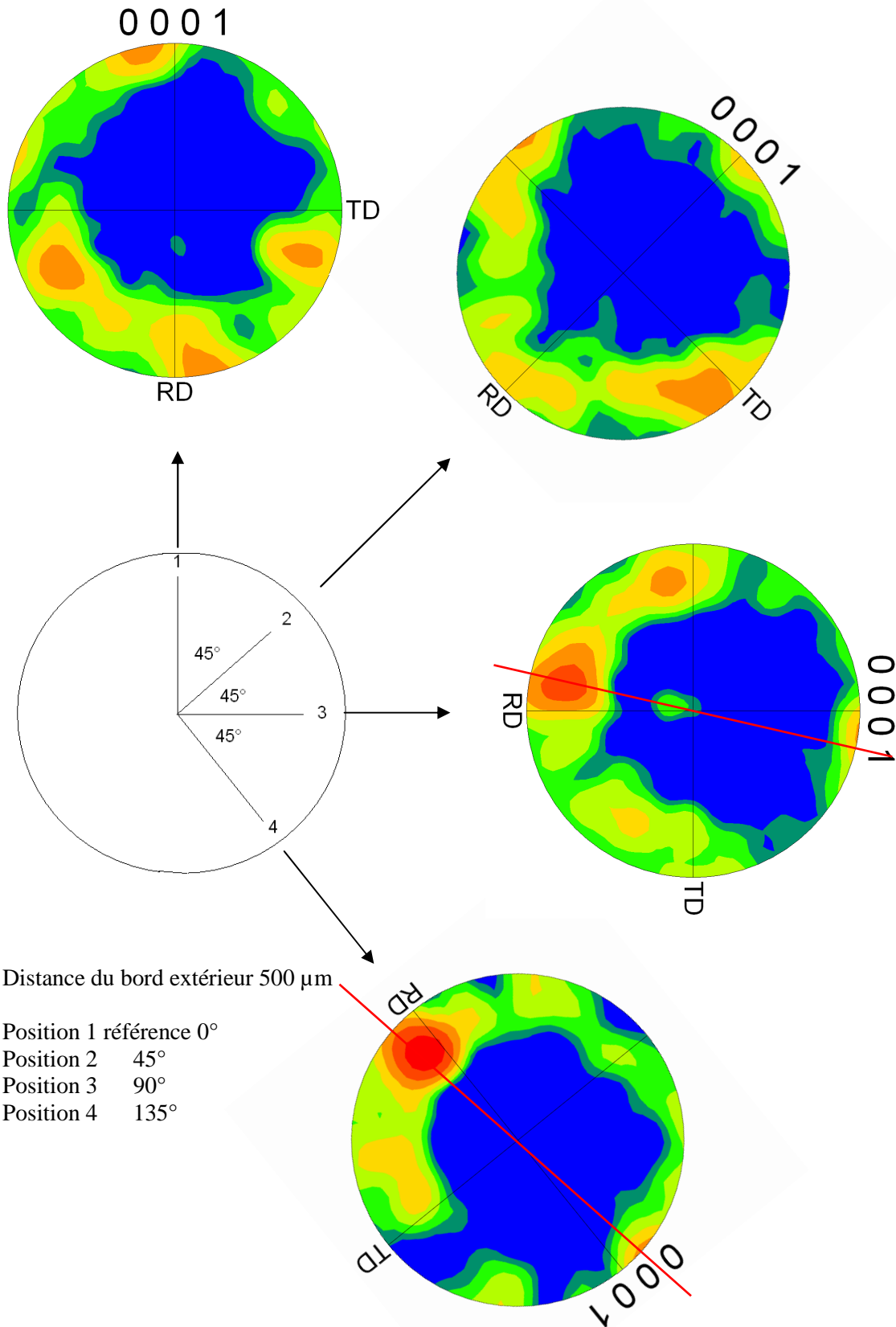
Annexe 2g : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction radiale (RD//sens long) _ Grandissement x2000



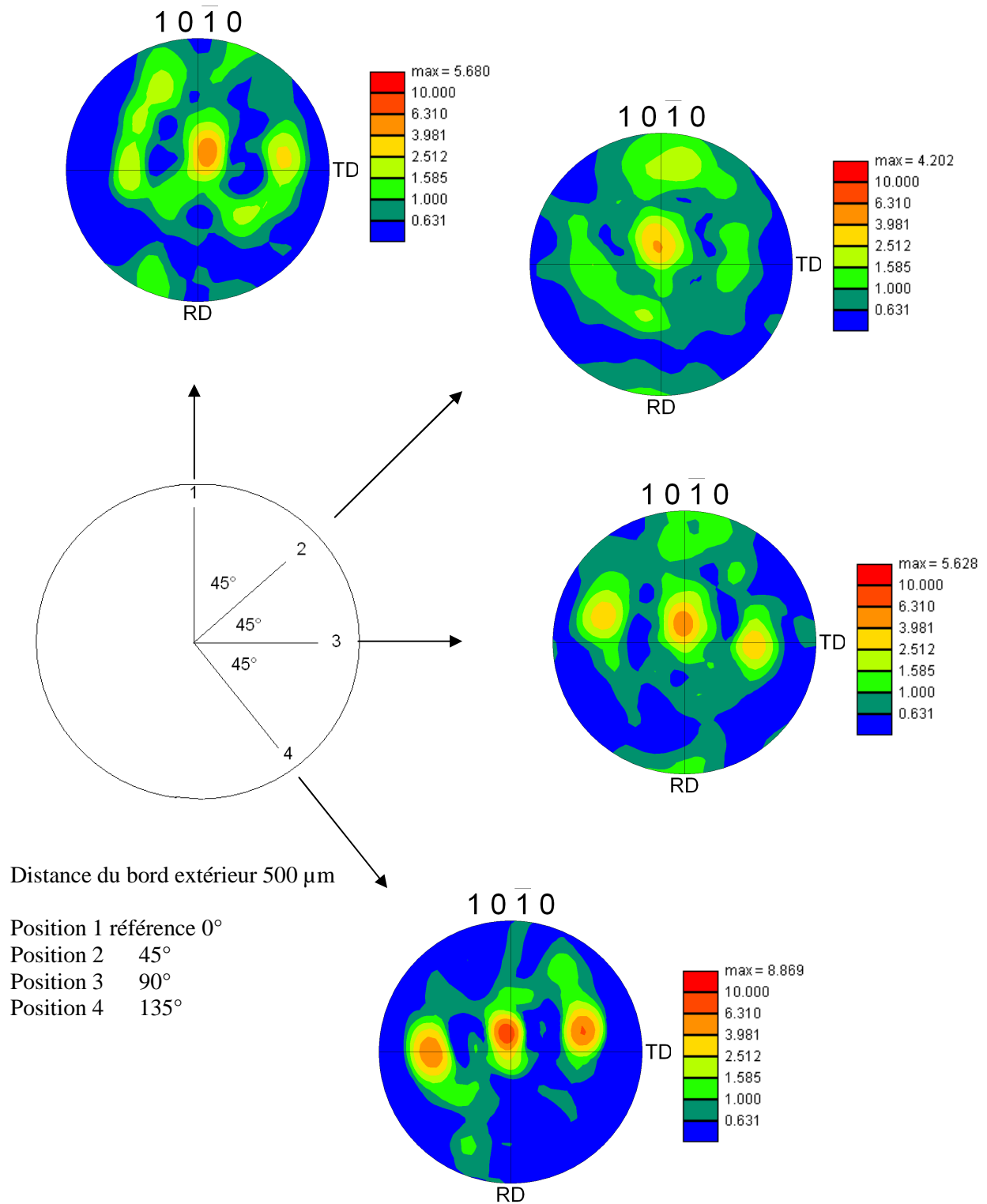
Annexe 2h : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x2000



Annexe 2i : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x2000



Annexe 2j : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Figures de pôles (10-10) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x2000



Annexe 2k : Fil diamètre 6.0 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD _ Diagrammes résumés

