

**CARACTERISATION MEB-EBSD D'UN FIL COURONNE DIAMETRE 5.5 MM
D'ALLIAGE TA6V LAMINE SUR L'INSTALLATION R&D DE LA SOCIETE KOCKS
(REPERE FIL : 45B)
ETUDE N° 23300 / 2566**

DISTRIBUTION :

AUBERT & DUVAL

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

BROWN EUROPE


G. ROUSSILHE

ERASTEEL

R. BARET
S. SELLA
L. VAILLANT DE GUELLIS

ERAMET RESEARCH

C. GOUNY
Ch. PETIT
T. WALLMACH
Documentation

Auteur : J. MONTAGNON	Approbateur : T. WALLMACH
	

KEYWORDS : BRANCHE ALLIAGE°ERASTEEL°AUBERT&DUVAL° EXPERTISE°
ALLIAGE TA6V°FIL°LAMINAGE KOCKS°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 5.5 mm (repère 45b) laminé sur l'installation R&D de la société KOCKS. La température de préchauffage du demi-produit avait pour visée nominale 790°C. 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 5.5 mm laminé à l'aide d'un train KOCKS comporte à cœur du produit des grains grossiers de forme allongée et dont le diamètre moyen peut dépasser 15 microns.

Les intensités maximales associées aux figures de pôles (0001) dans ce fil laminé après chauffage à 790°C sont de valeurs supérieures à celles mesurées dans un fil laminé sur la même installation mais à la suite d'un chauffage à 930°C (Cf. rapport 48.12.029). Le renforcement « habituel » de la direction <10-10> en sens longitudinal (composante de texture du titane laminé) est aussi plus présent dans le fil laminé à 790°C, notamment en sa périphérie. La direction <0001> est essentiellement radiale en toutes positions de la périphérie d'une section du fil : même si cela traduit une anisotropie locale, on en déduit une « relative isotropie transverse » du fil, tout au moins dans sa couronne périphérique.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	4
2. DESCRIPTION DES POSITIONS D'OBSERVATION	4
3. EXAMENS DE STRUCTURE :	4
3.1. Examens en sens long	5
3.2. Examens en sens travers	5
4. CONCLUSIONS.....	5
5. ANNEXES	6
<i>ANNEXE 1 : Examens en microscopie électronique de la structure en sens long du fil diamètre 5.5 mm laminé à l'aide d'un train KOCKS</i>	<i>6</i>
<i>ANNEXE 2 : Examens en microscopie électronique de la structure en sens travers du fil diamètre 5.5 mm laminé a l'aide d'un train KOCKS</i>	<i>14</i>

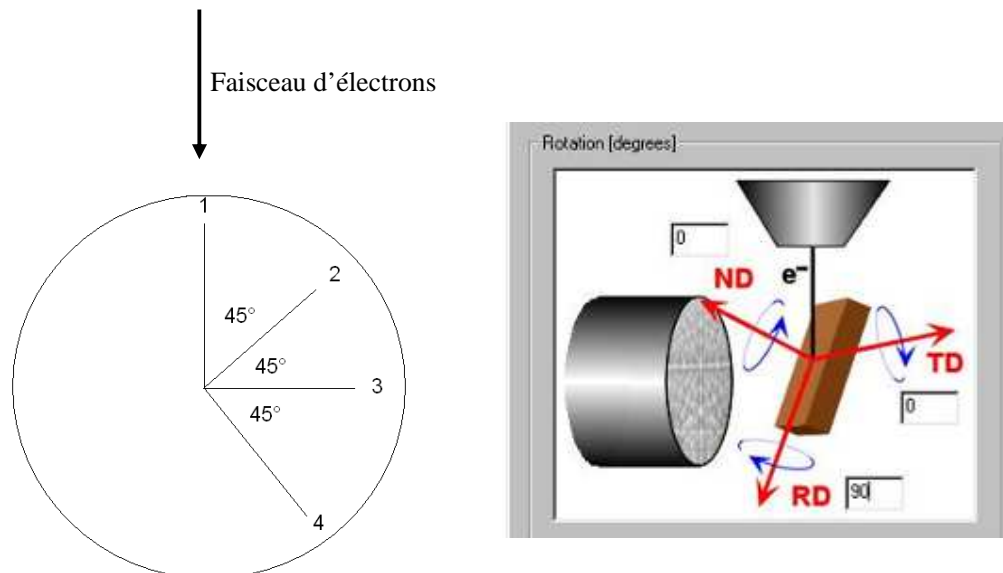
1. INTRODUCTION

L'expertise a pour objet l'analyse structurale selon les directions longitudinale et transversale d'un fil couronne d'alliage TA6V de diamètre 5.5 mm (repère 45b) laminé sur l'installation R&D de la société KOCKS. La température de préchauffage du demi-produit avait pour visée nominale 790°C. 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 transverse : 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 1000, 2000 et 5000.

Remarque : La qualité de diffraction du matériau est nettement dégradée par de l'écroutissage résiduel, ce qui a nécessité de doubler le temps d'acquisition des scans.

3.1. EXAMENS EN SENS LONG

La structure est fortement écrouie et évolue du cœur vers la périphérie du fil (cf. Annexes 1a et 1b) : De la peau à mi-rayon du fil, la distribution de taille de grain est relativement étroite ; la population est centrée sur la valeur de 0.8 micron. Les grains les plus grossiers, fortement écrouis, ne dépassent pas 8 microns de diamètre moyen (cf. Annexe 1c).

La structure granulaire à cœur est caractérisée par une population plus étendue, à tendance bimodale ; La population pondérée par l'aire est ainsi centrée sur deux valeurs de taille, la première d'environ 3 microns et la deuxième autour de 10 microns de diamètre moyen : les grains grossiers ont une forme nettement étirée et peuvent dépasser 20 microns de longueur.

Le taux de phase beta mesuré en sens long est relativement élevé, de 5.8 à 6.8% surfacique en fonction des positions d'analyse : ce taux de phase beta est justifié par une basse température de transformation, dans un domaine où cette phase est stabilisée.

On constate une anisotropie structurale dans le fil (Cf. Annexes 1d à 1g). La composante <10-10> (10-10) de texture du titane est très présente à cœur du fil et ne s'estompe que partiellement en allant vers la périphérie. Une forme d'anisotropie est aussi présente dans le plan de coupe analysé : la direction <0001> prend des orientations préférentielles en toutes positions dans le plan longitudinal.

Les valeurs d'intensités maximales calculées pour les figures de pôles (0001) varient de 5.3 à 10 (Cf. Annexes 1e et 1f) : ces valeurs sont, par comparaison, plus élevées que celles calculées pour le fil de même diamètre laminé à 930°C sur le même train KOCKS.

3.2. EXAMENS EN SENS TRAVERS

La structure granulaire est homogène en toutes positions de la circonférence (cf. Annexes 2a, 2b et 2c). La distribution de la population de taille des grains (pondérée par l'aire) est plus étroite et centrée sur une plus faible valeur (1.45 micron) que la population observée en sens long (Cf. Annexe 2k) : cela traduit un facteur de forme géométrique dû à l'étirement des grains selon le sens long.

On retrouve bien en sens travers l'orientation préférentielle locale de la direction <0001> observée dans le sens long (Annexes 2e à 2j). Cette orientation préférentielle est essentiellement radiale comme le montrent les analyses de l'Annexe 2i), ce qui confère une relative anisotropie structurale à l'échelle macroscopique du plan de section du fil (tout au moins dans une couronne périphérique).

L'intensité maximale relative aux figures de pôles (0001) est faiblement variable d'une position à l'autre (Annexe 2h).

4. CONCLUSIONS

La structure granulaire de ce fil diamètre 5.5 mm laminé à l'aide d'un train KOCKS comporte des grains grossiers de forme allongée et dont le diamètre moyen peut dépasser 15 microns.

Les intensités maximales associées aux figures de pôles (0001) dans ce fil laminé après chauffage à 790°C sont de valeurs supérieures à celles mesurées dans un fil laminé sur la même installation mais à la suite d'un chauffage à 930°C (Cf. rapport 48.12.029). Le renforcement « habituel » de la direction <10-10> en sens longitudinal (composante de texture du titane laminé) est aussi plus présent dans le fil laminé à 790°C, notamment en sa périphérie. La direction <0001> est essentiellement radiale en toutes positions de la périphérie d'une section du fil : même si cela traduit une anisotropie locale, on en déduit une « relative isotropie transverse » du fil, tout au moins dans sa couronne périphérique.

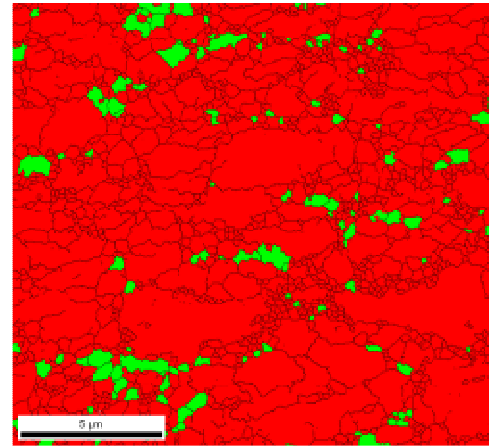
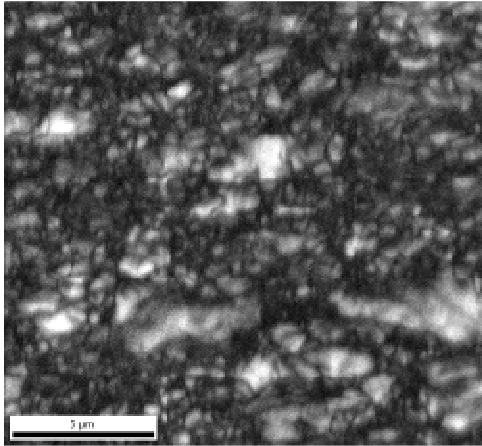
5. ANNEXES

ANNEXE 1 : EXAMENS EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE DE LA
STRUCTURE EN SENS LONG DU FIL DIAMETRE 5.5 MM LAMINE A L'AIDE
D'UN TRAIN KOCKS

**Annexe 1a : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long du repère 45b**

Indice de qualité de diffraction (x5000)

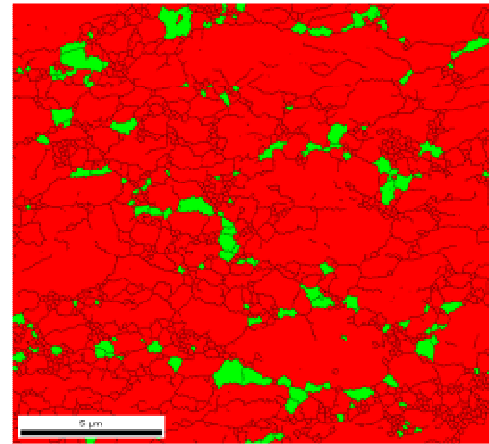
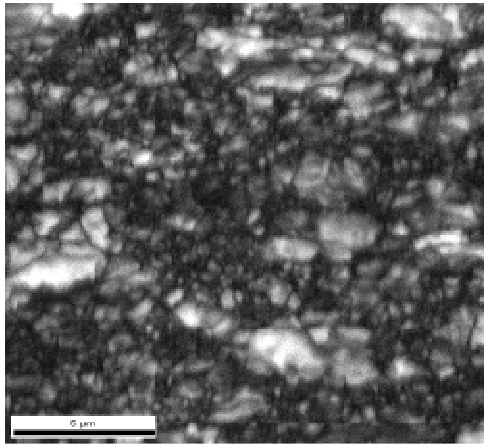
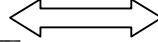
Cartographies de phases (x5000)



Périphérie

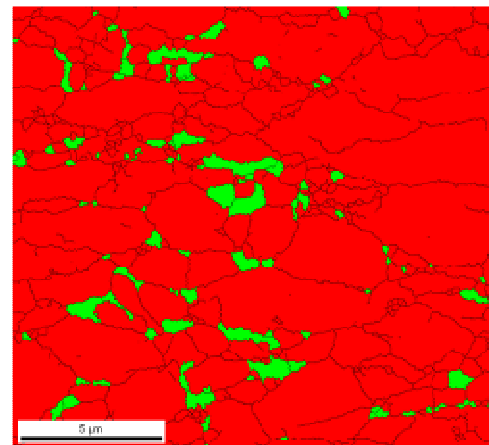
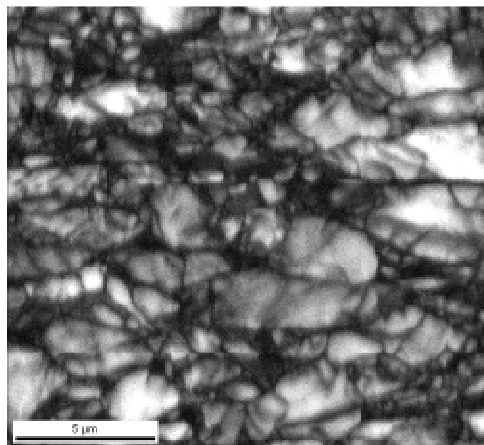
6% phase beta

Sens long



Mi-rayon

6,7% phase beta



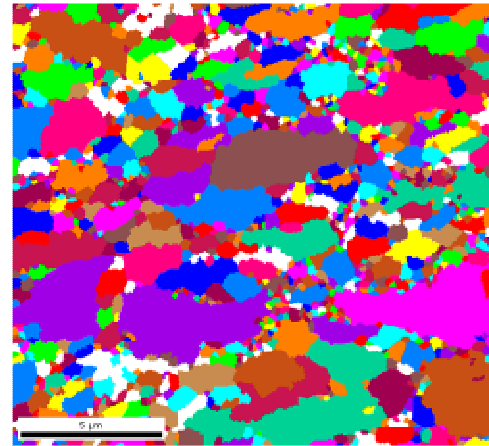
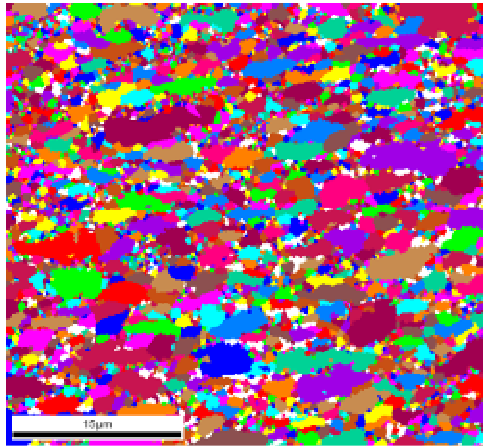
Centre

5.8% phase beta

Annexe 1b : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long du repère 45b _ Structure granulaire
(Les joints de grain sont définis par des désorientations angulaires $\geq 5^\circ$)

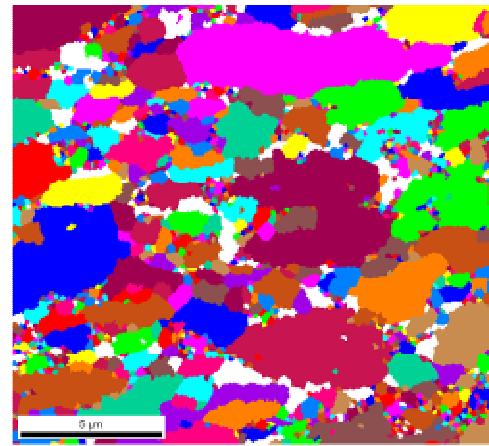
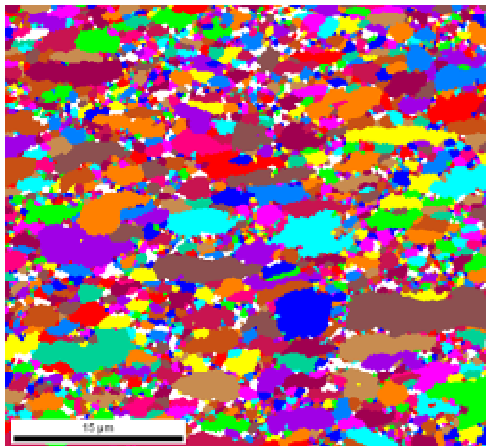
(x2000)

(x5000)

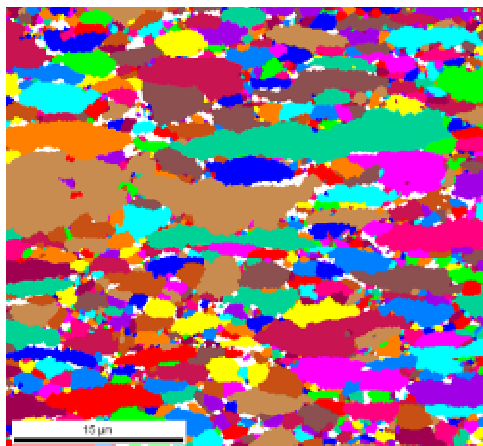


Périphérie

Sens long
↔

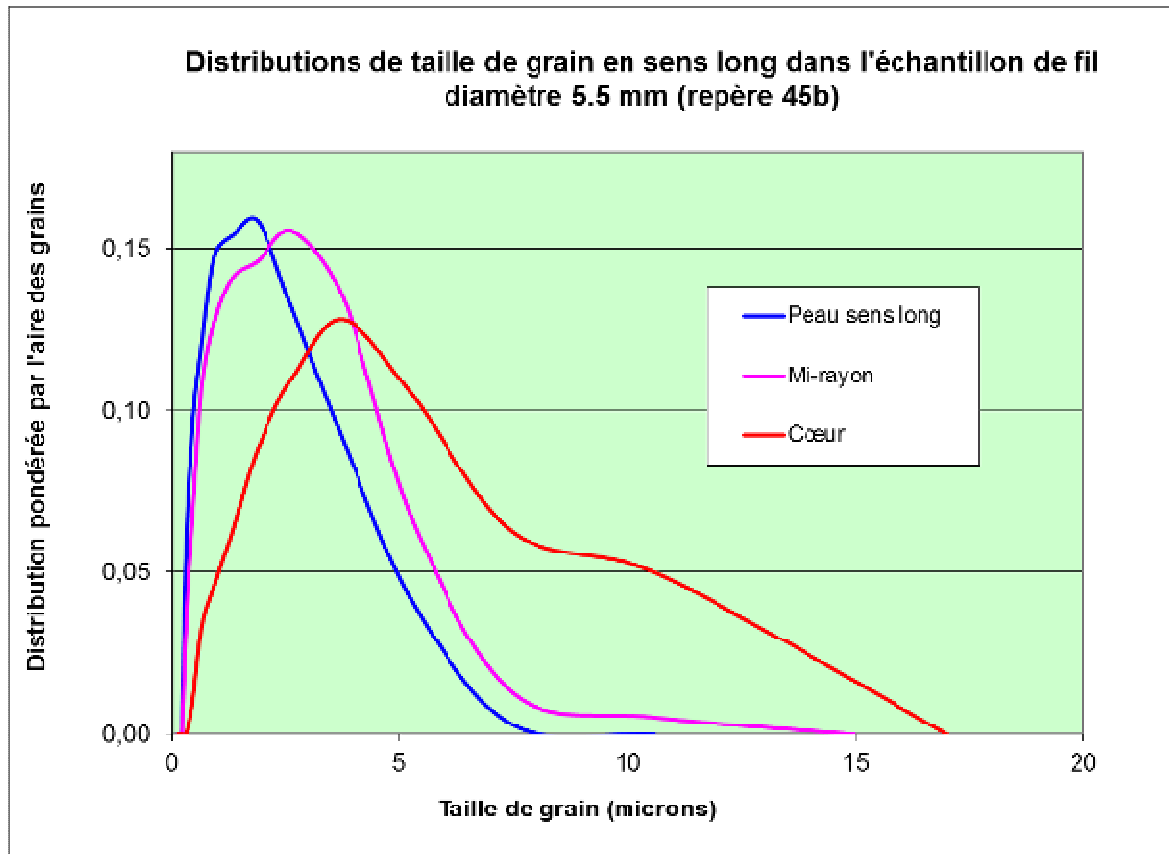


Mi-rayon



Centre

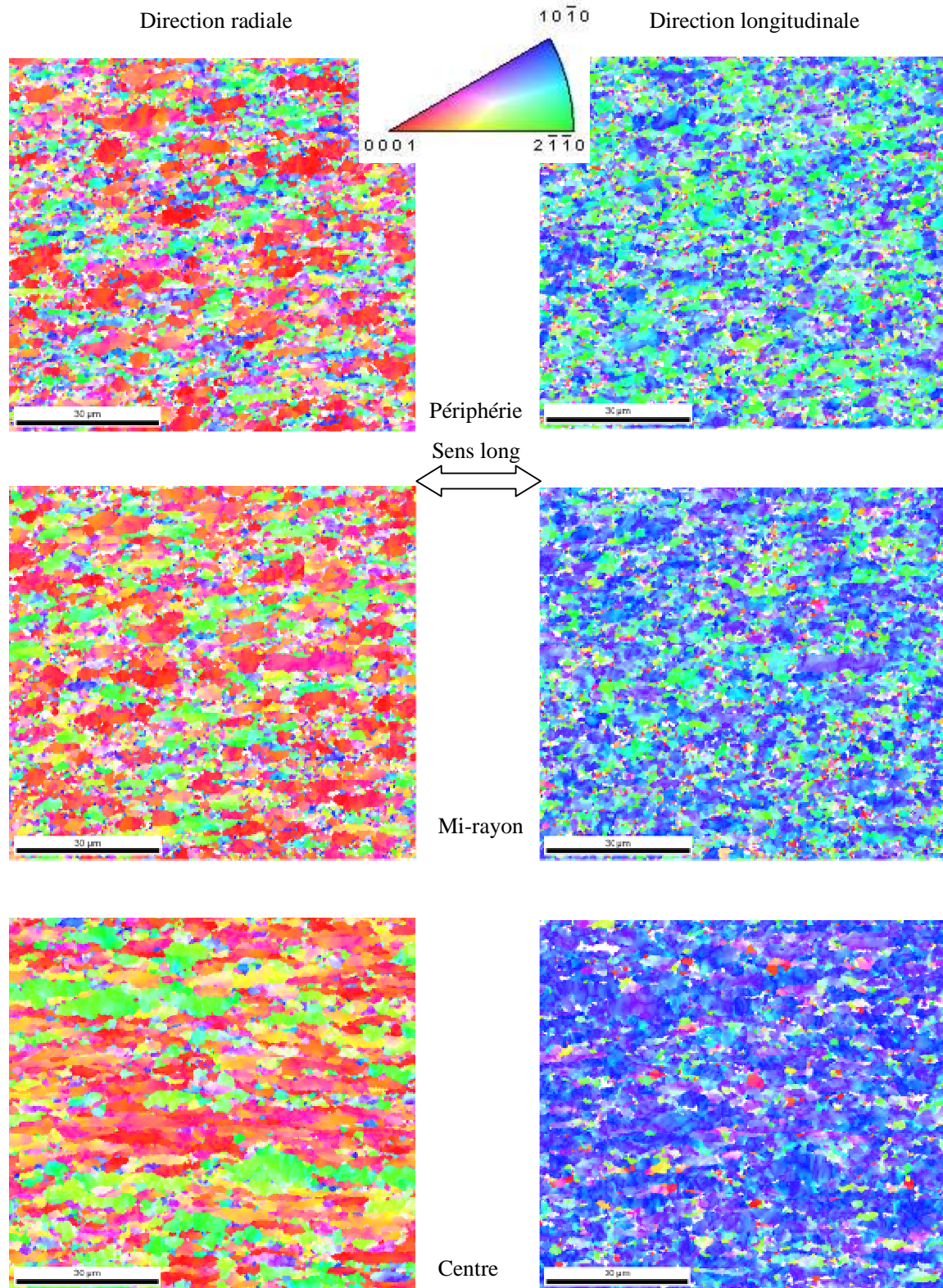
**Annexe 1c : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens long du repère 45b _ Cotation de taille de grain**



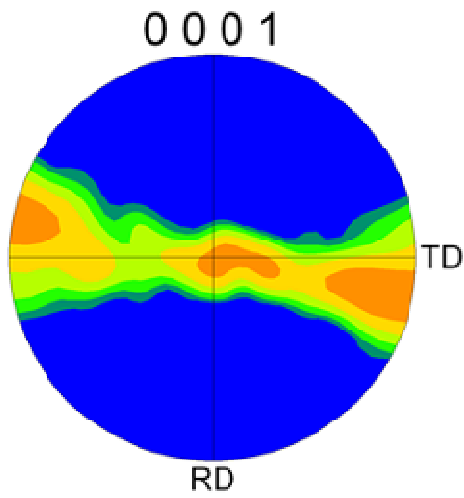
La distribution est pondérée par l'aire des grains, ce qui permet de donner une représentation de la distribution des plus gros grains mais qui, en contrepartie, décale la distribution vers les tailles élevées.

Fil Ø 5.5 mm : Taille moyenne des grains (microns)				
	Peau	Mi rayon	Cœur	Moyenne
Population	0,7695	0,86	1,2245	0,95
Aire	1,9800	2,04	3,6455	2,56

Annexe 1d : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x1000 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)

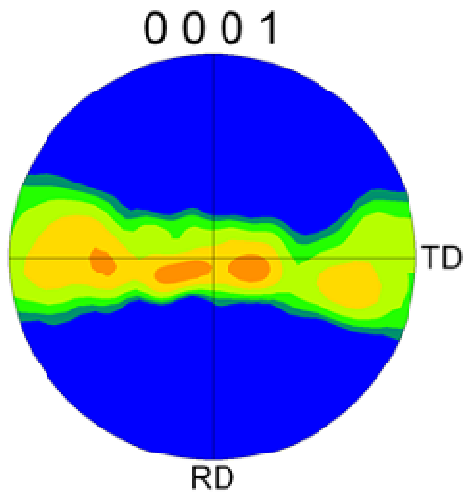
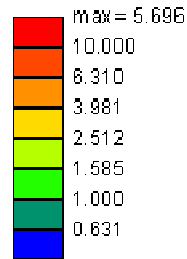


Annexe 1e : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction radiale (RD//sens long) _ Grandissement x1000

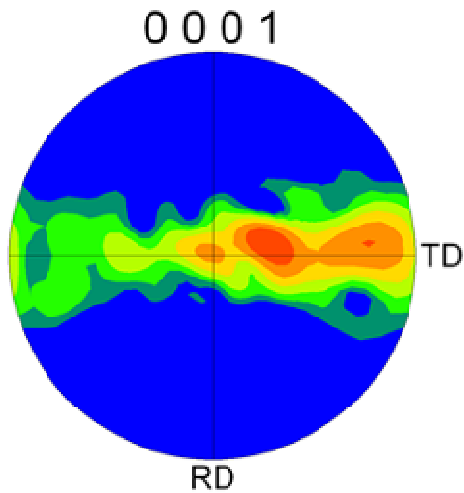
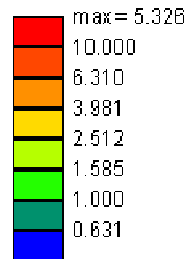


Périphérie

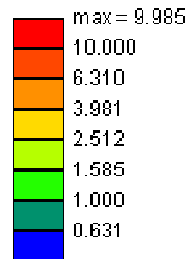
Texture Name: Harmonic; L=16, HW=5.0
 Calculation Method: Harmonic Series Expansion
 Series Rank (l): 16
 Gaussian Smoothing: 5.0°
 Sample Symmetry: Triclinic



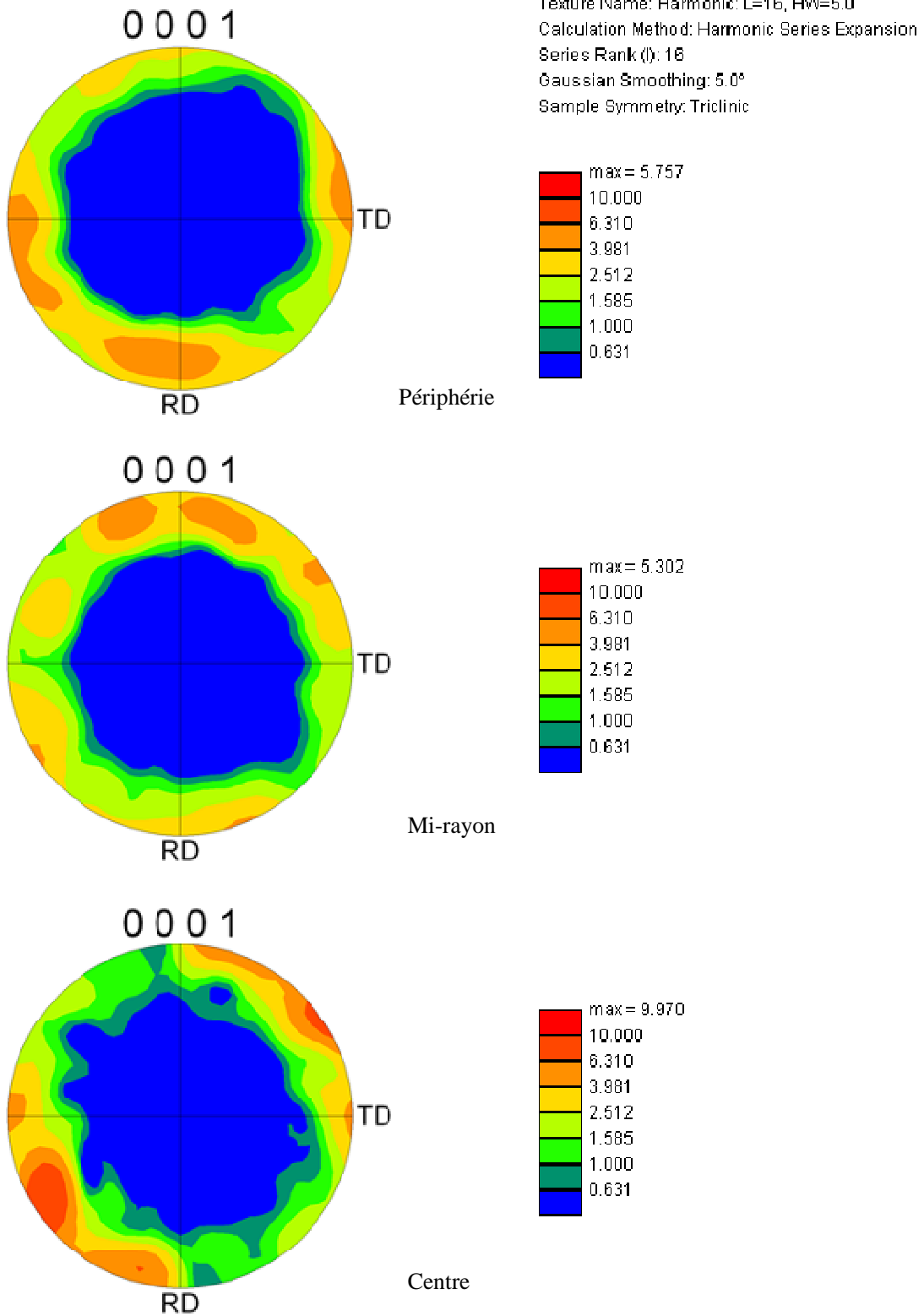
Mi-rayon



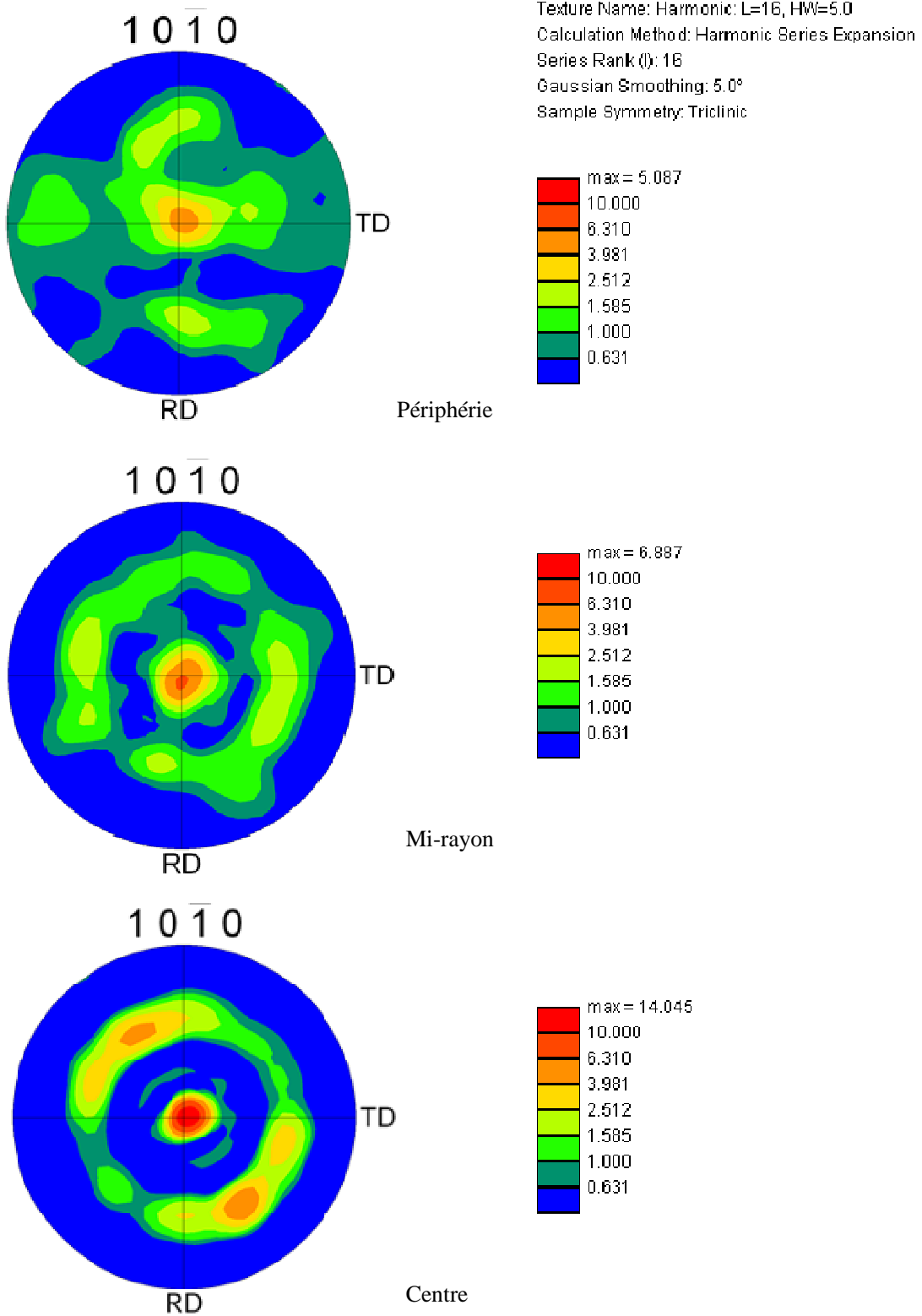
Centre



Annexe 1f : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x1000

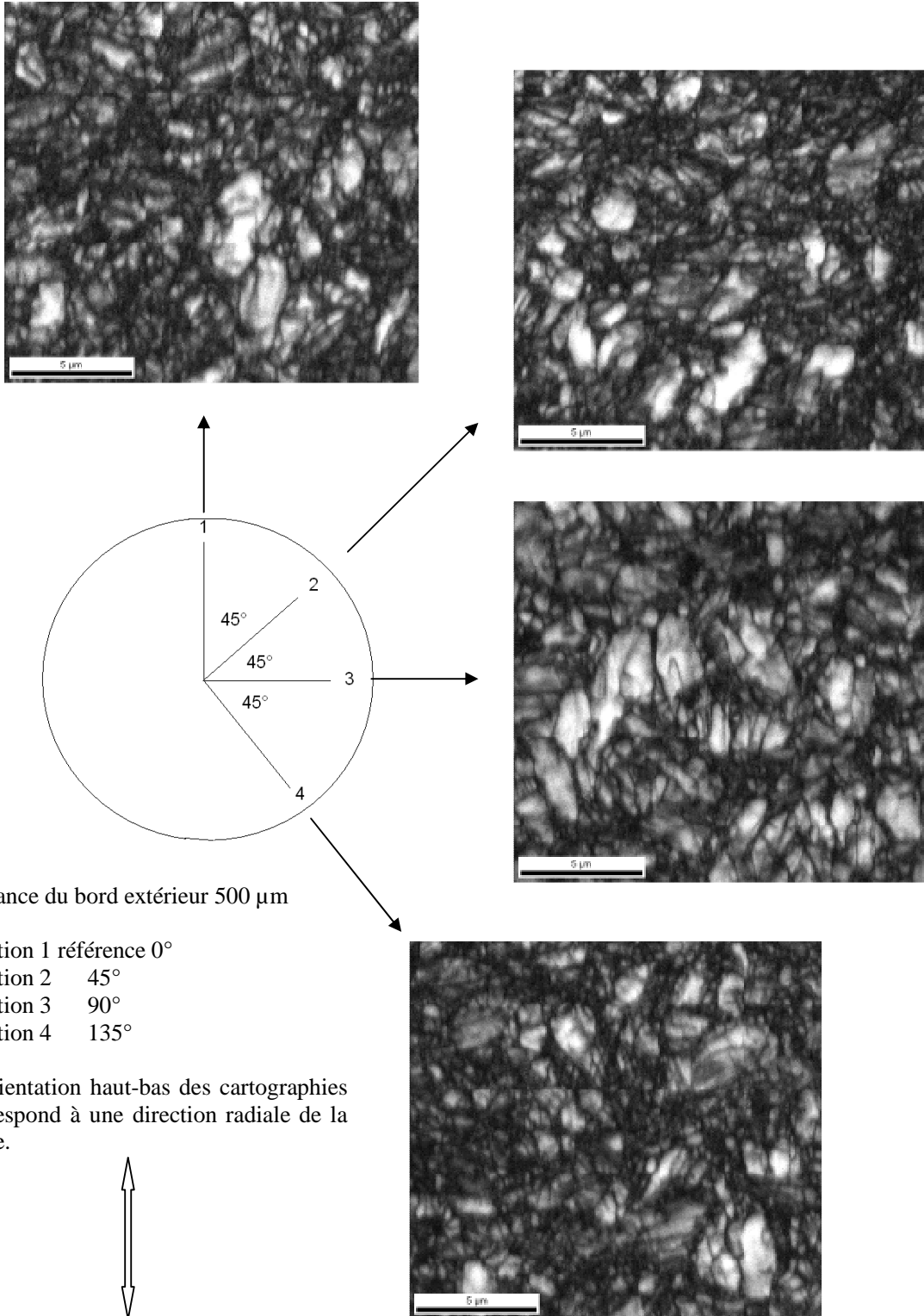


Annexe 1g : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens long _ Figures de pôles (10-10) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x1000

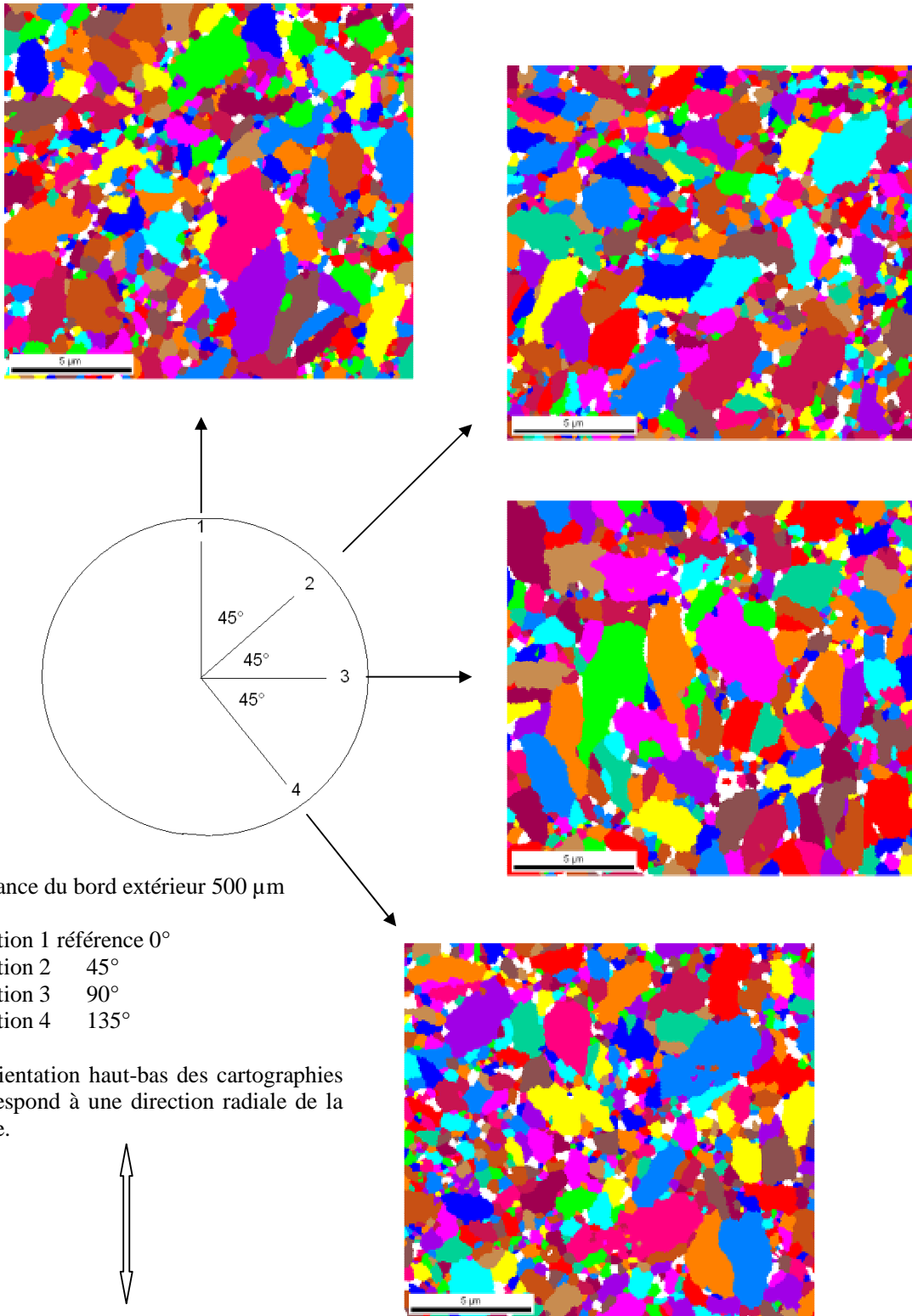


**ANNEXE 2 : EXAMENS EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE DE LA
STRUCTURE EN SENS TRAVERS DU FIL DIAMETRE 5.5 MM LAMINE A
L'AIDE D'UN TRAIN KOCKS**

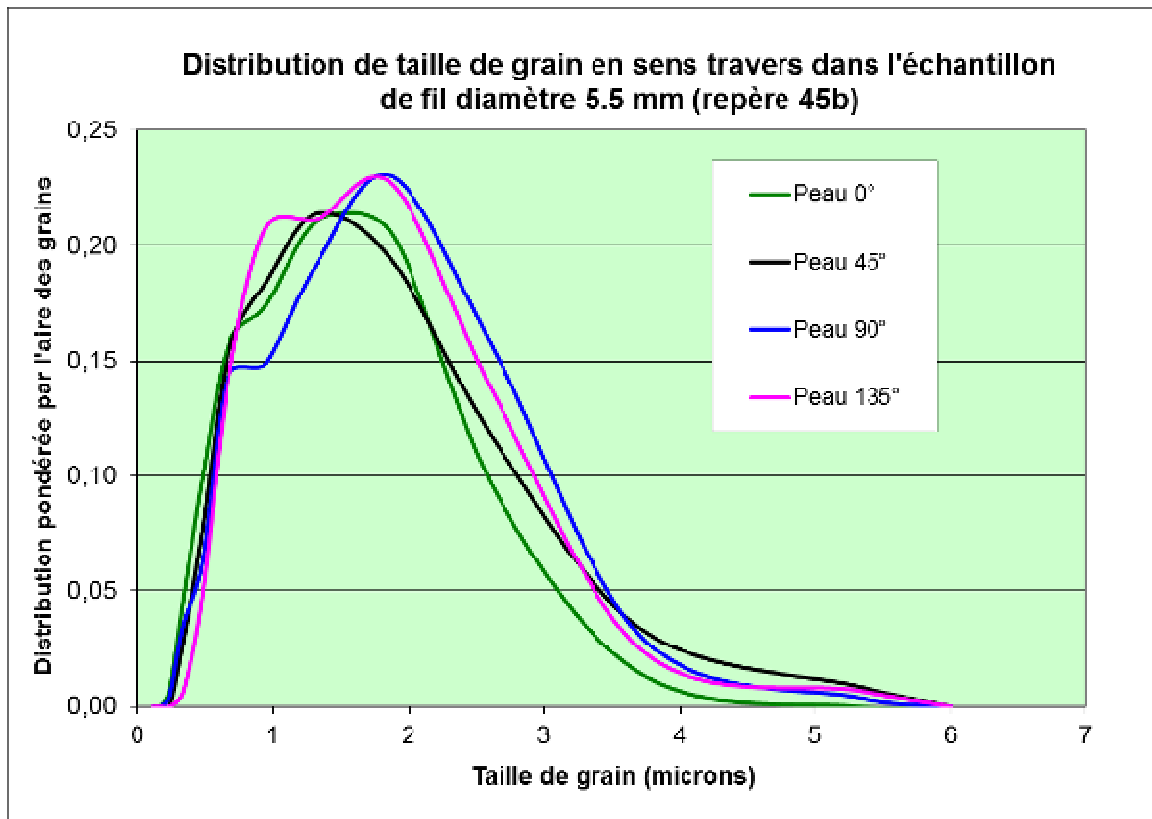
**Annexe 2a : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Indice de qualité de diffraction (x5000)**



Annexe 2b : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers du repère 45b _ Structure granulaire (x5000)
(Les joints de grain sont définis par des désorientations angulaires $\geq 5^\circ$)

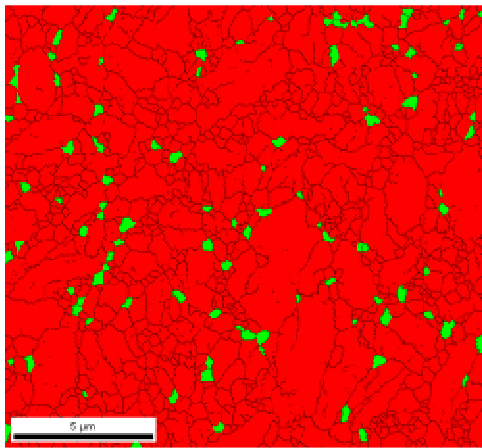


**Annexe 2c : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD en sens travers du repère 45b _ Cotation de taille de grain**

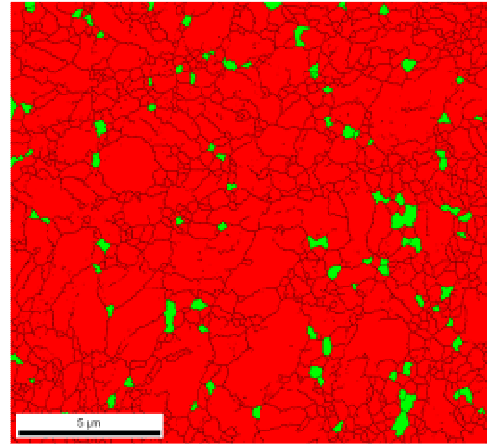


Fil Ø 5.5 mm : Taille moyenne des grains en sens travers (microns)					
	Peau 0°	Peau 45°	Peau 90°	Peau 135°	Moyenne
Population	0,63	0,79	0,76	0,93	0,78
Aire	1,31	1,42	1,49	1,49	1,43

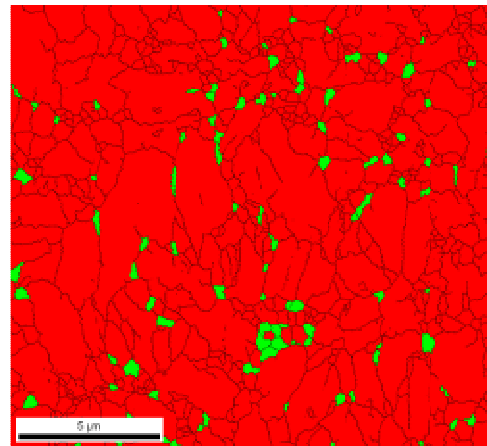
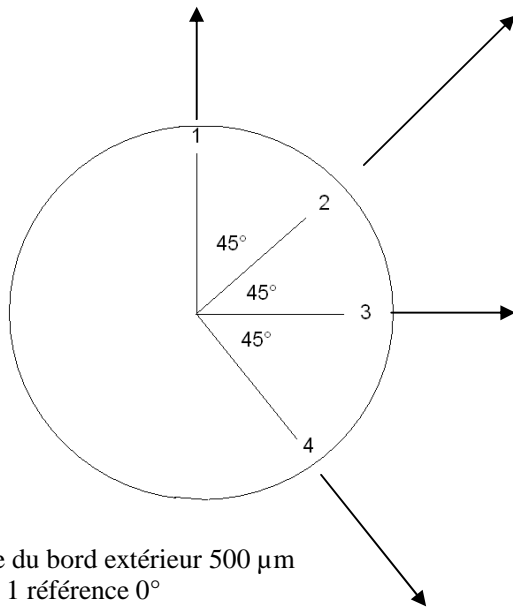
**Annexe 2d : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Cartographies de phases (x5000)**



3.5% phase beta



3.5% phase beta



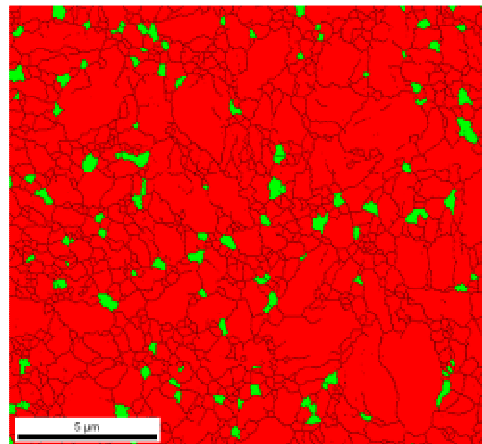
3.5% phase beta

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

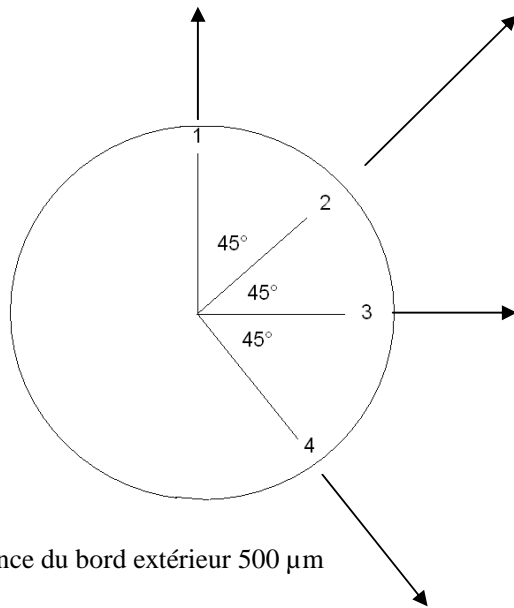
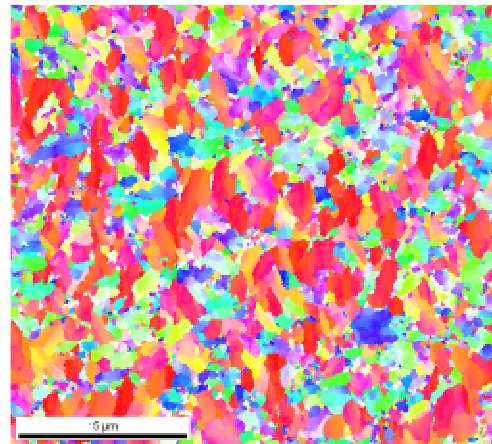
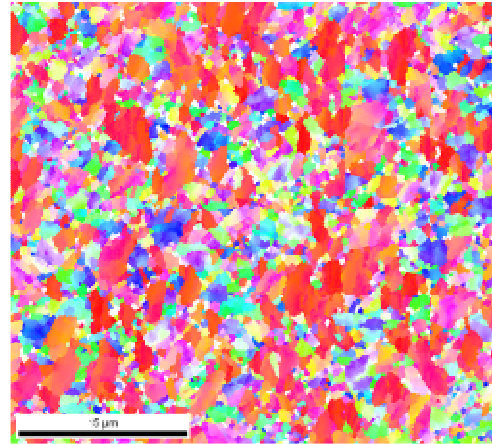
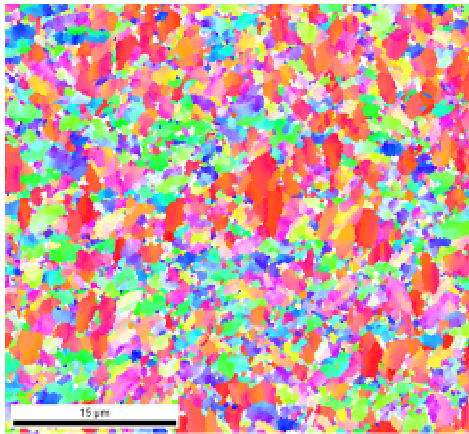
L'orientation haut-bas des cartographies correspond à une direction radiale de la barre.



4.2% phase beta



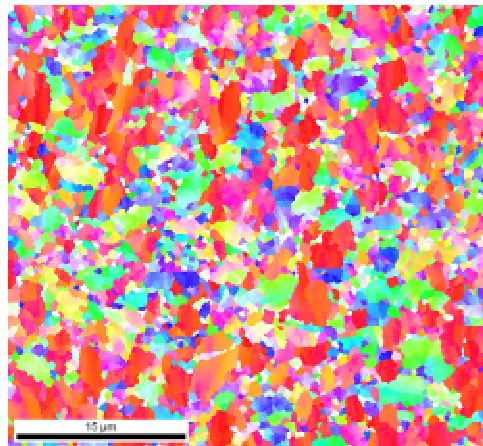
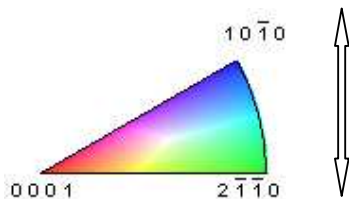
Annexe 2e : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x2000 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)
 Analyse en direction radiale



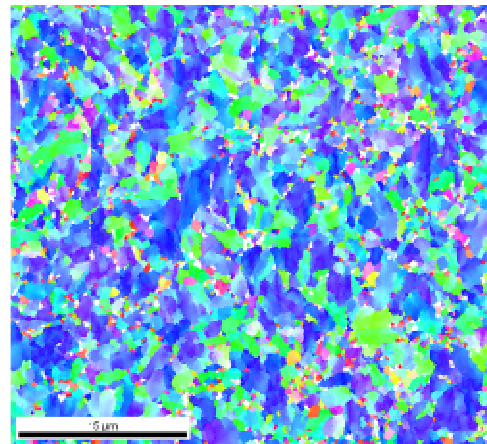
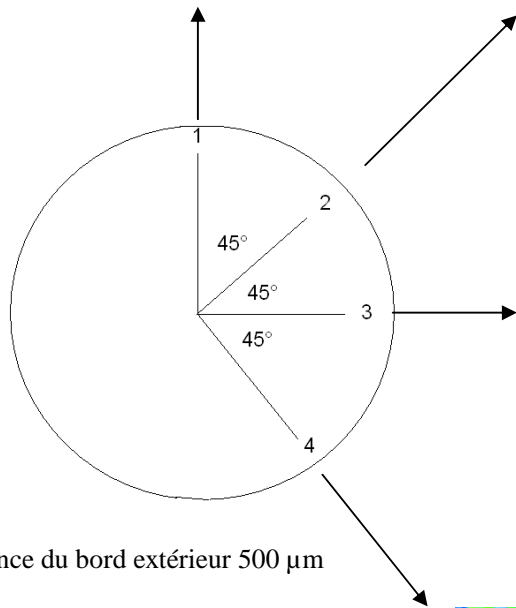
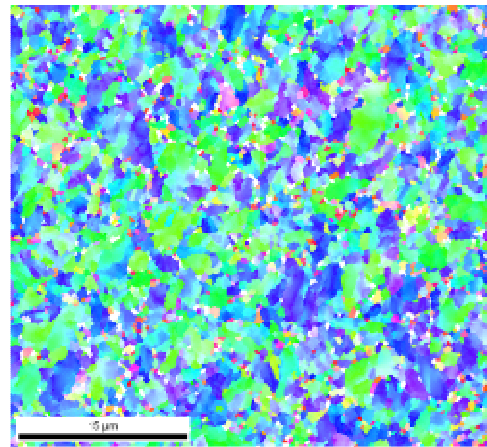
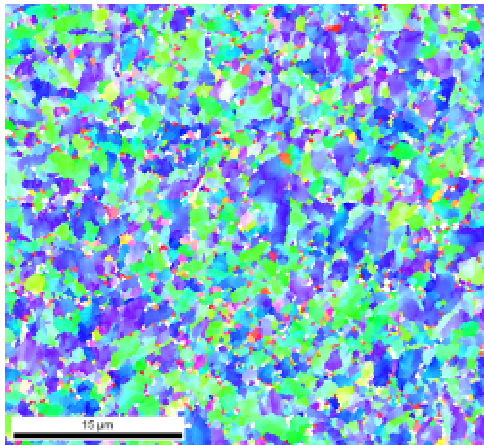
Distance du bord extérieur 500 µm

- 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.



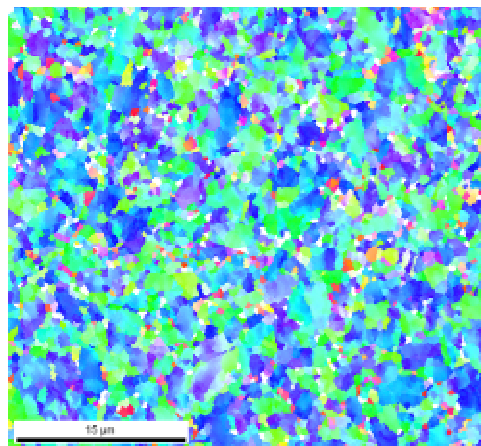
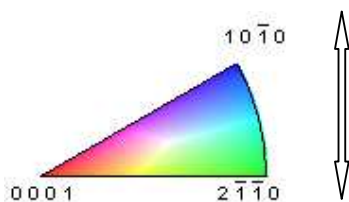
Annexe 2f : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Cartographies d'orientation de la phase alpha
 (Grandissement x2000 et code couleur selon le référentiel de directions cristallographiques ci-dessous)
 Analyse en direction longitudinale



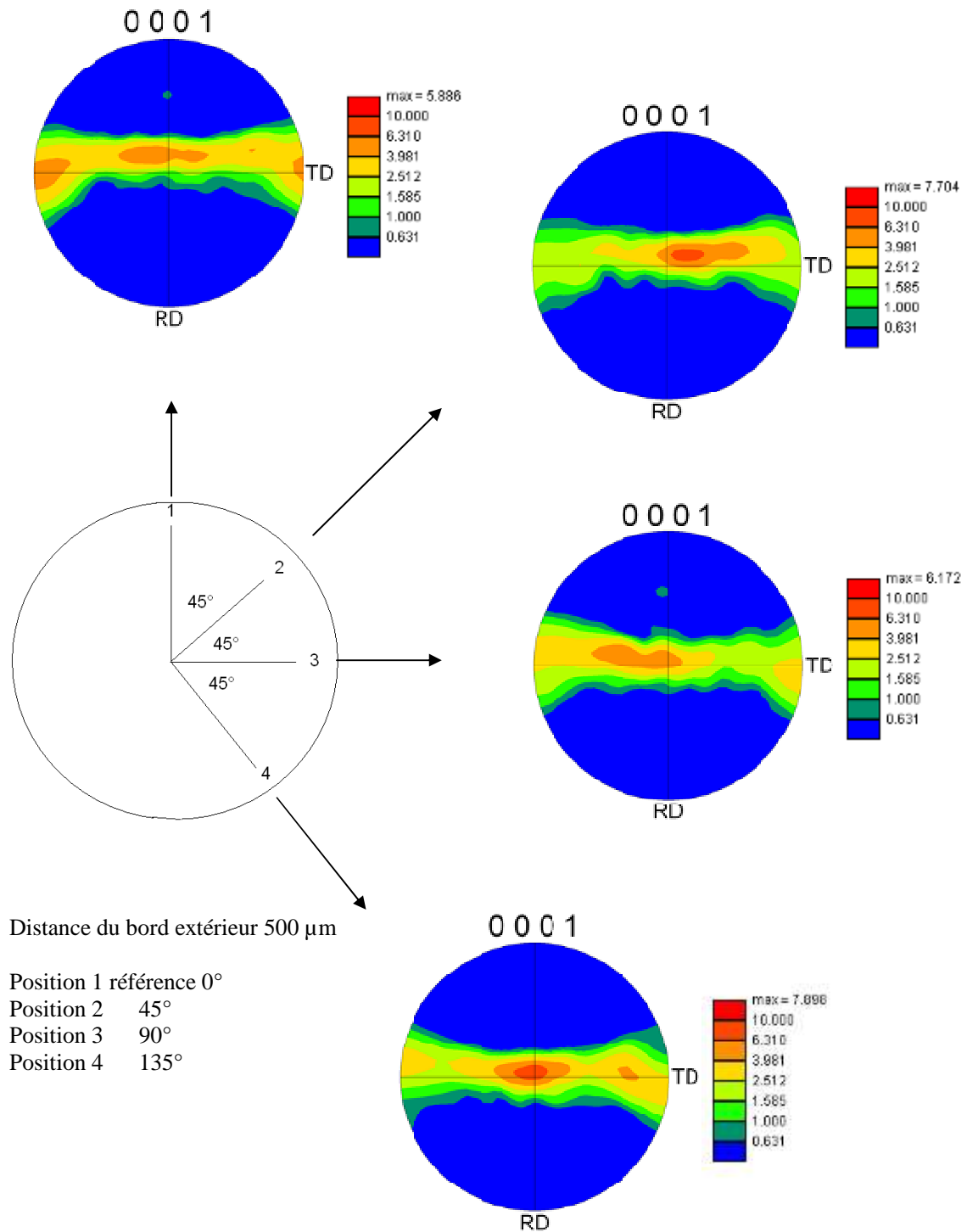
Distance du bord extérieur 500 μm

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

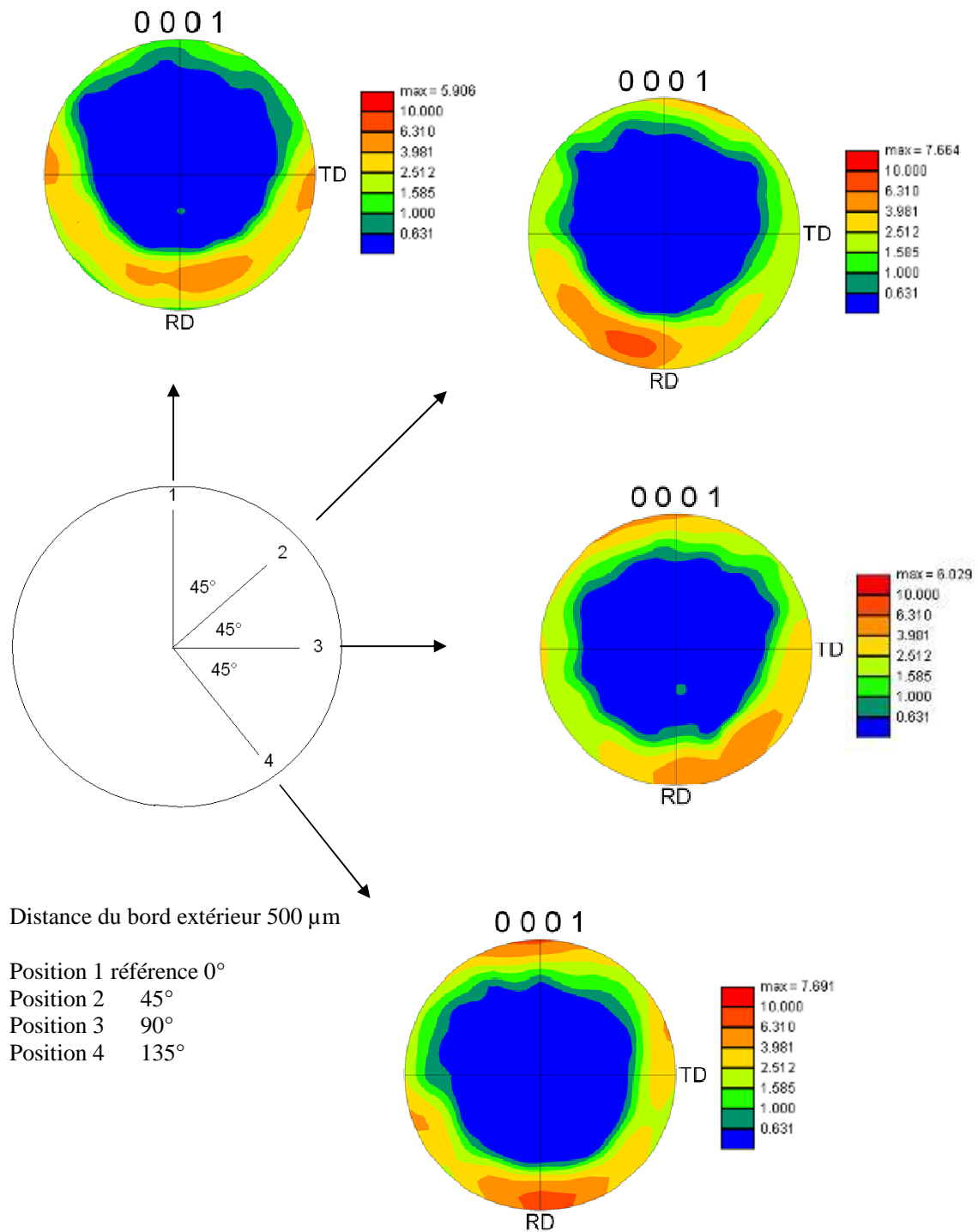
L'orientation haut-bas des cartographies correspond à une direction radiale de la barre.



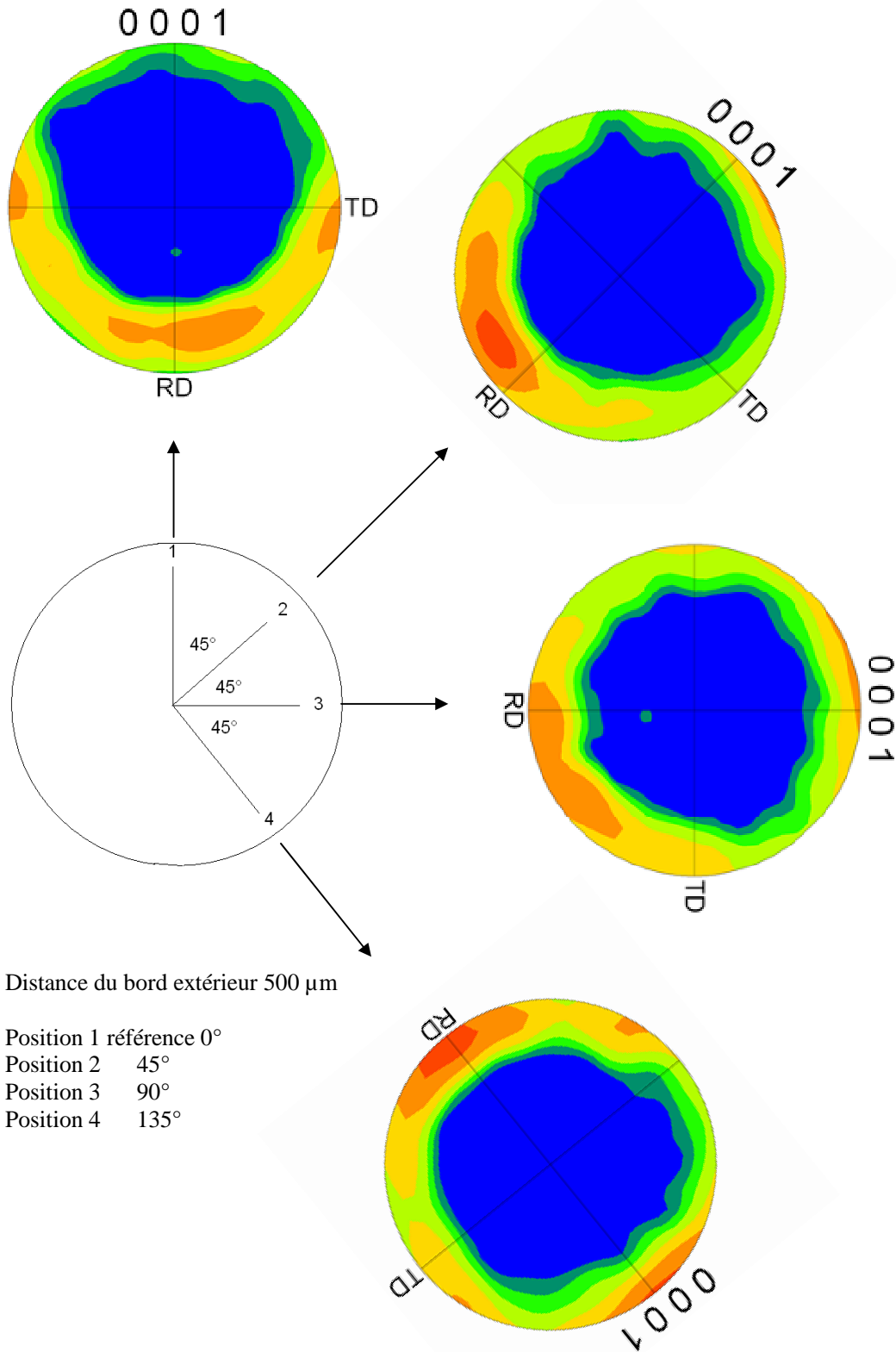
**Annexe 2g : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
 Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction radiale (RD//sens long) _ Grandissement x1000**



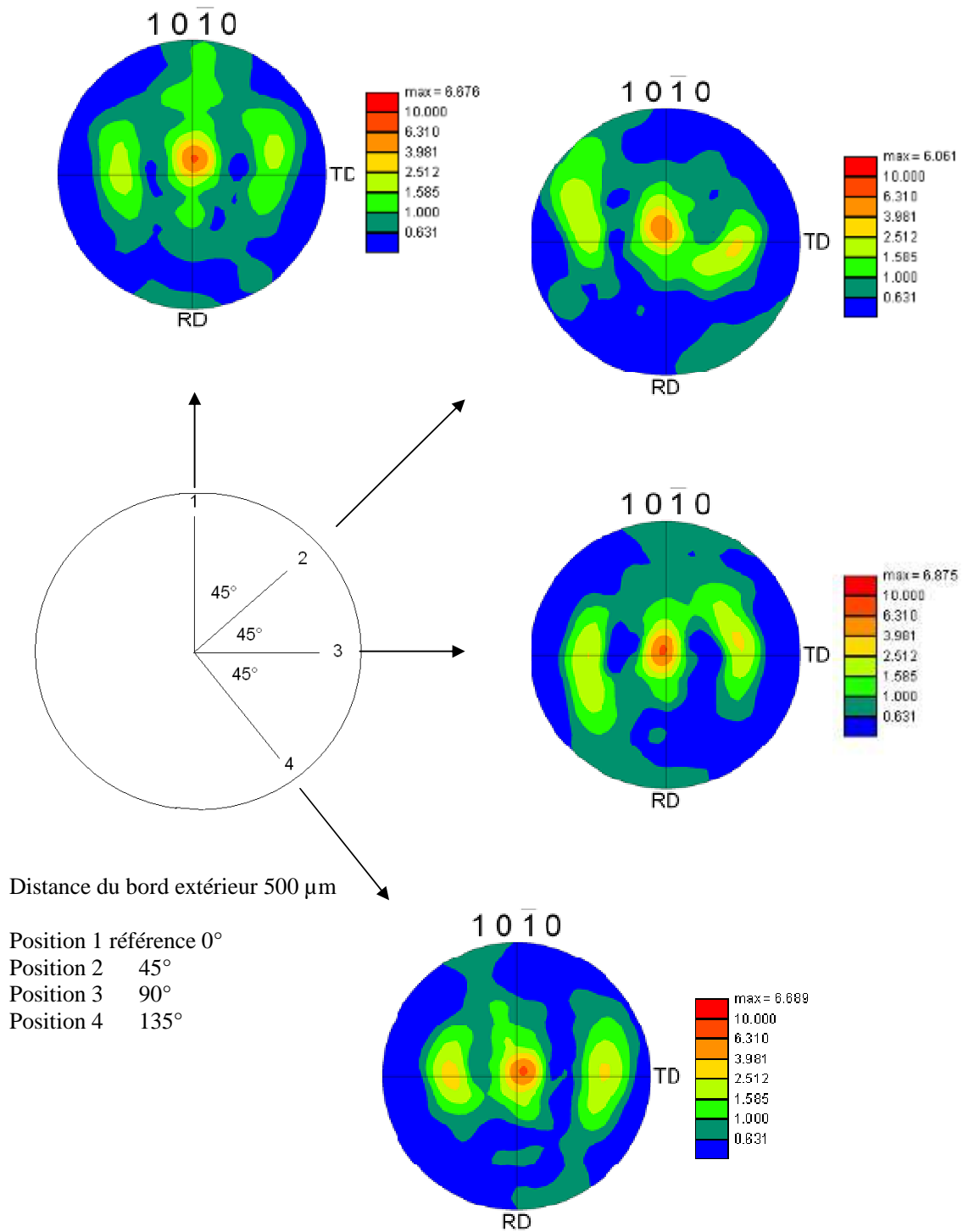
**Annexe 2h : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
 Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x1000**



**Annexe 2i : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
 Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Figures de pôles (0001) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x1000**



Annexe 2j : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS (Repère 45b)
Examen structural MEB-EBSD en sens travers _ Figures de pôles (10-10) de la phase alpha
 Analyse en direction longitudinale (RD//rayon) _ Grandissement x1000



**Annexe 2k : Fil diamètre 5.5 mm d'alliage TA6V laminé sur train KOCKS
Examen structural MEB-EBSD du repère 45b _ Diagrammes résumés**

