

Taille de grain : différenciation des joints inter et intra-grains par traitement d'image

Gervais Gauthier & Christophe Gratin

Mél : gervais.gauthier@adcis.net

ADCIS S.A.

3, rue Martin Luther King – 14280 Saint-Contest – France

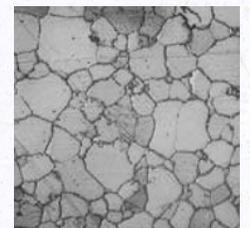
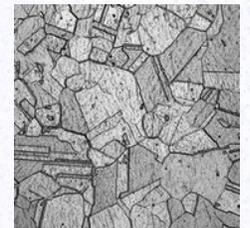
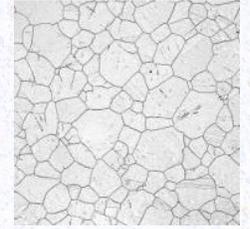
www.adcis.net



39ème journée ISS France. 4 février 2016

La caractérisation de matériaux métalliques : dans quel but ?

- ⇒ De nombreuses nuances d'acier sont proposées par les sidérurgistes pour répondre aux exigences des clients en termes de structure, de propriétés mécaniques et de fatigue, et d'usinabilité
- ⇒ Depuis le début du 20^e siècle, des normes ont été établies pour définir les méthodes d'analyse
 - Normalisation du prélèvement
 - Normalisation des mesures
- ⇒ L'analyse d'image est bien adaptée à l'étude de la structure à partir de micrographies



La caractérisation de la taille de grain

Plusieurs normes ont été élaborées pour caractériser la structure granulaire des matériaux métalliques :

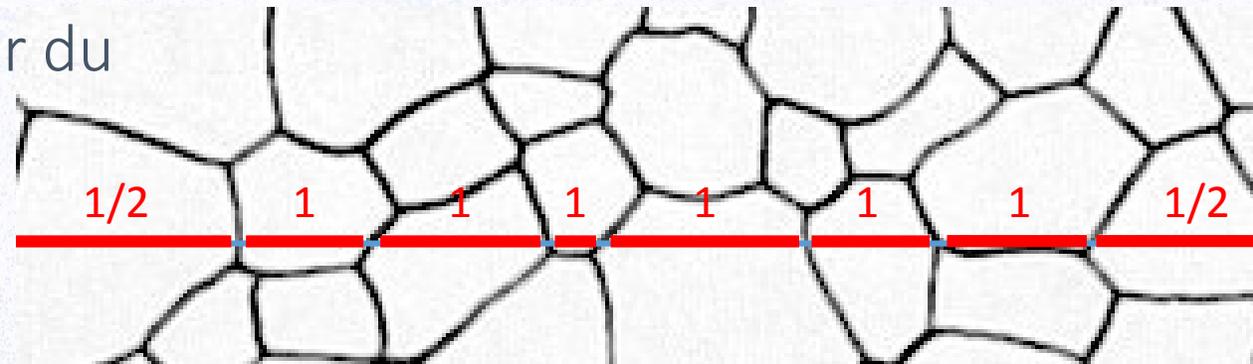
- ⇒ Norme ASTM E 112 (ou NF EN ISO 643) et E 1382
Détermination de la grosseur de grain moyen apparente à partir des sections micrographiques
- ⇒ Norme ASTM E 930
Estimation de la largeur du plus gros grain observé sur une section micrographique
- ⇒ Norme ASTM E 1181
Caractérisation des tailles de grain pour les matériaux ayant deux tailles distinctes ou plus

Norme ASTM E 112

⇒ Calcul de l'indice G de taille de grain moyen apparente à partir du nombre moyen m de grains pour une surface de 1 mm^2 sur une coupe de l'échantillon : $m = 8 \times 2^G$

⇒ Mesure du nombre m à partir du

- Nombre d'intercepts
- Nombre d'intersections



$$G = -3.2877 + 6.6439 \log_{10} N_L$$

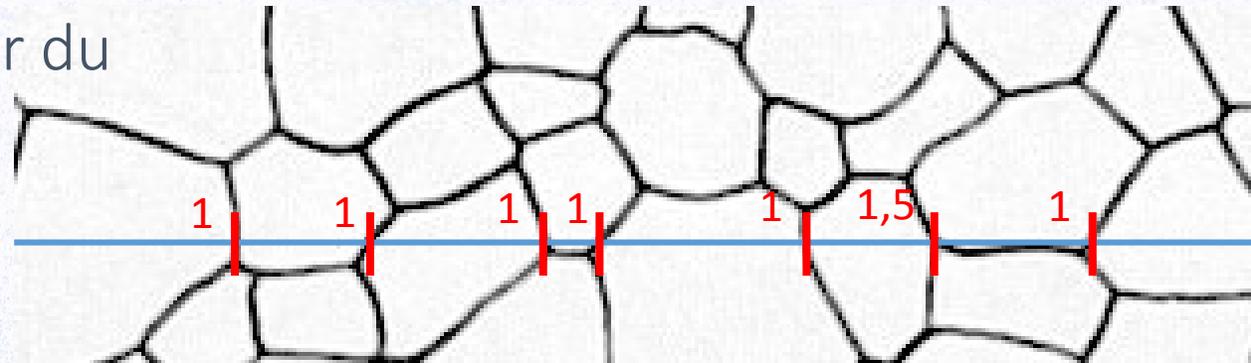
où N_L est le nombre d'intercepts par mm. N_L peut être remplacé par P_L , le nombre d'intersections par mm

Norme ASTM E 112

⇒ Calcul de l'indice G de taille de grain moyenne à partir du nombre moyen m de grains pour une surface de 1 mm^2 sur une coupe de l'échantillon : $m = 8 \times 2^G$

⇒ Mesure du nombre m à partir du

- Nombre d'intercepts
- Nombre d'intersections



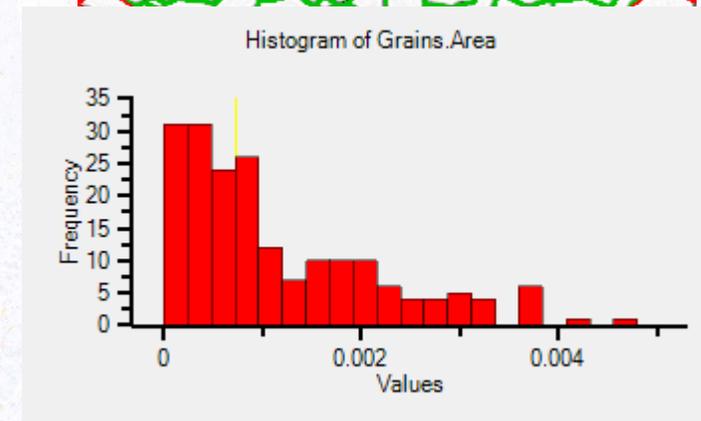
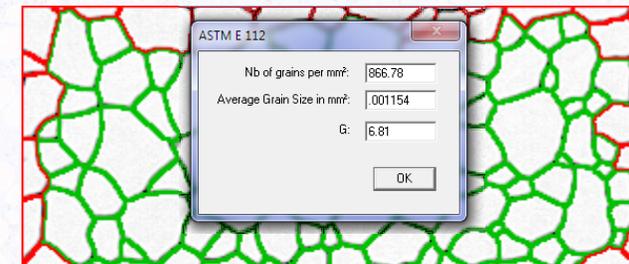
$$G = -3.2877 + 6.6439 \log_{10} N_L$$

où N_L est le nombre d'intercepts par mm. N_L peut être remplacé par P_L , le nombre d'intersections par mm

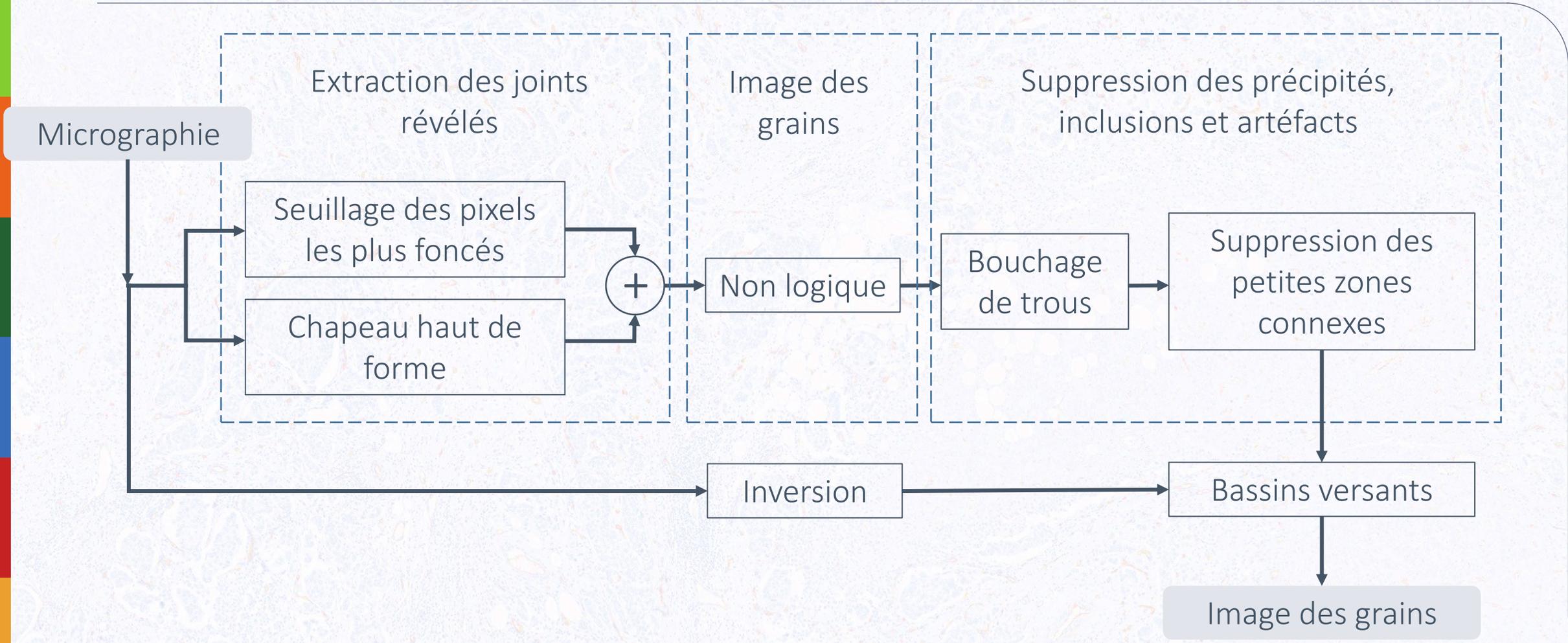
Limitation de la norme ASTM E 112

- ⇒ Elle n'est pas adaptée pour caractériser une structure composée d'une large gamme de tailles de grain, ni une distribution multi-modale
- ⇒ Aucune discrimination n'est faite entre les joints de grains, les précipités, les inclusions et les artéfacts de préparation
- ⇒ Il est nécessaire de segmenter totalement les grains pour calculer la distribution de tailles (surfaces) des grains
- ⇒ L'indice de taille de grain moyen apparente est alors égal à :

$$G = -2.9542 + 3.3219 \log_{10} N_A$$



Segmentation des grains



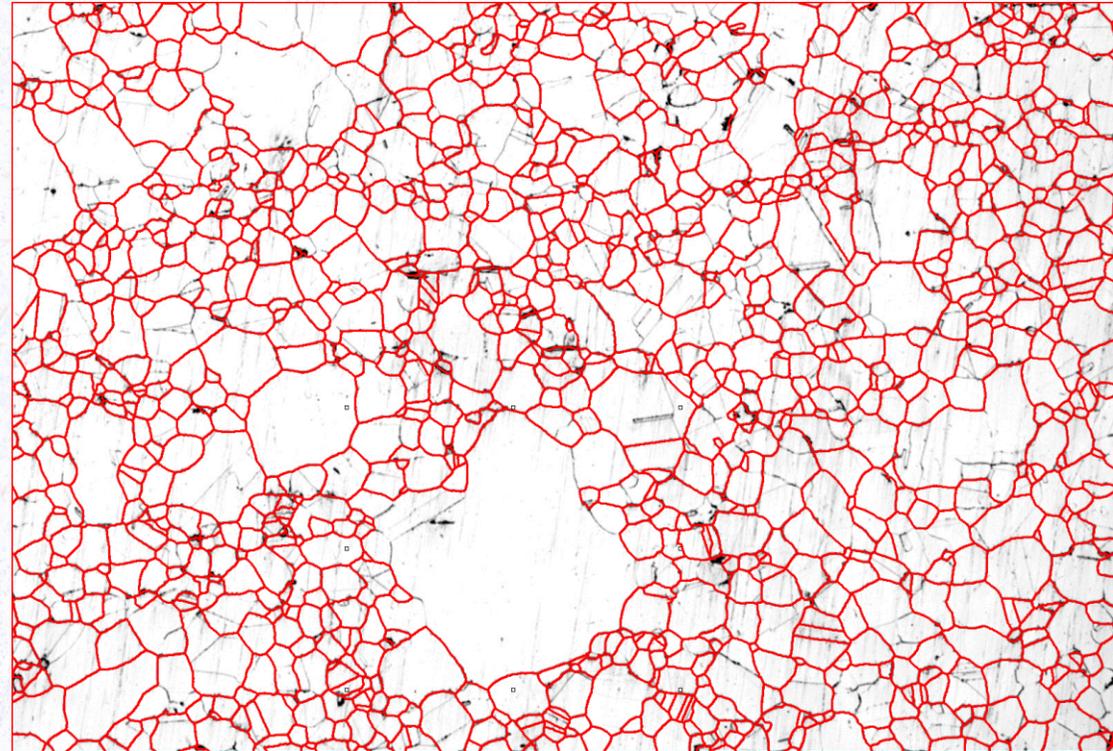
Segmentation des grains en action

Extraction des joints
révélés

Image des
grains

Suppression des précipités,
inclusions et artéfacts

Image des
grains après
filtrage



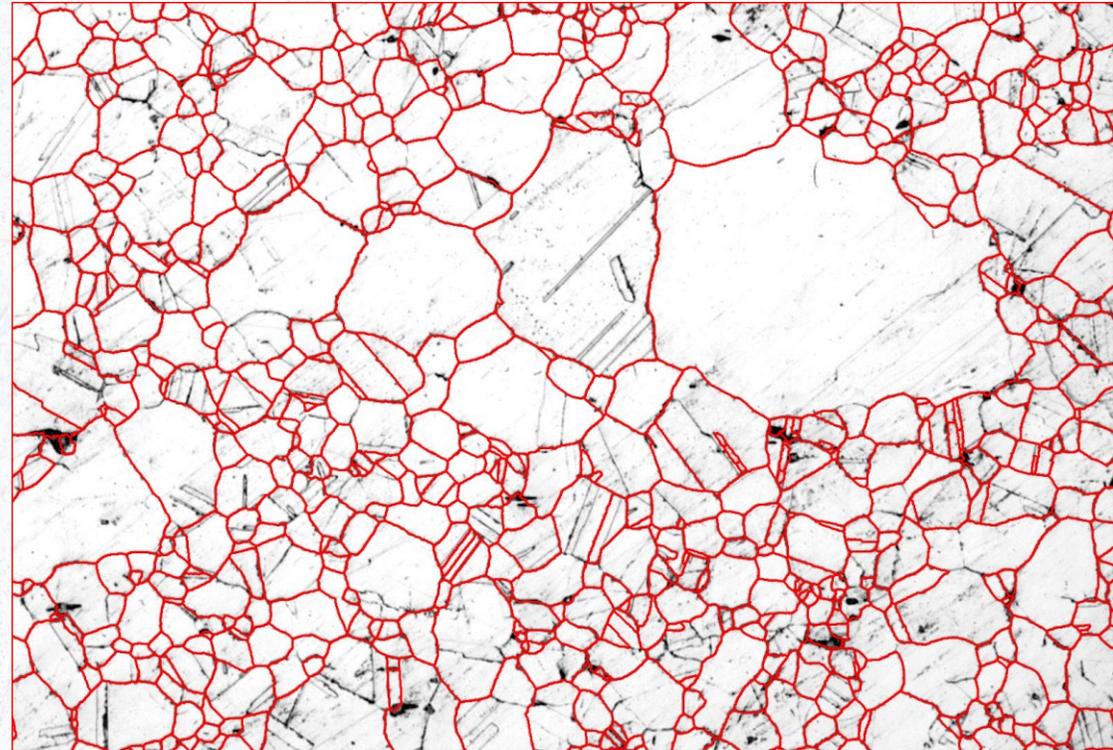
Segmentation des grains en action

Extraction des joints
révélés

Image des
grains

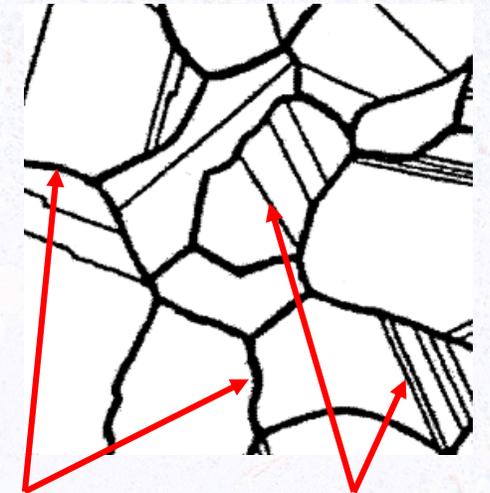
Suppression des précipités,
inclusions et artéfacts

Image des
grains après
filtrage



Les grains maclés

- ⇒ Les grains maclés sont des grains comportant des joints mettant en évidence des désorientations cristallographiques internes
- ⇒ Ces joints ne doivent pas être considérés pour l'analyse des grains
- ⇒ Quelles sont les propriétés de ces joints dans les micrographies ?
 - Joints rectilignes
 - La suppression de ces joints a généralement peu ou pas d'impact sur la convexité du grain



Joints de grain

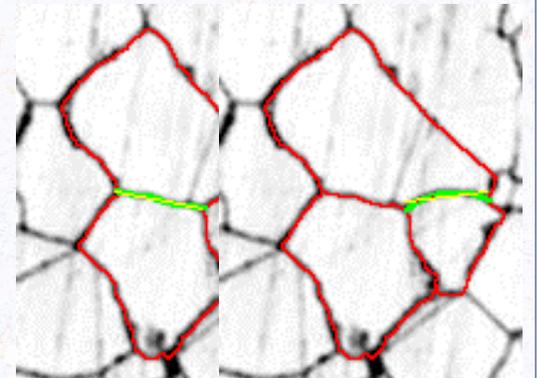
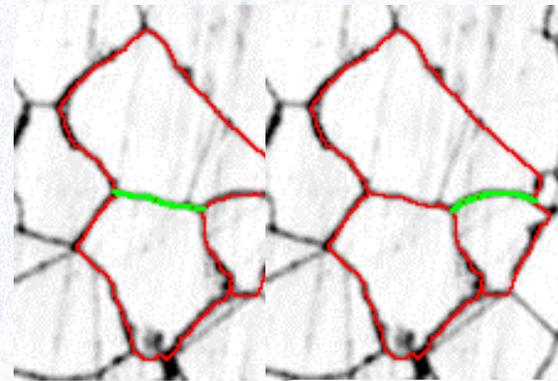
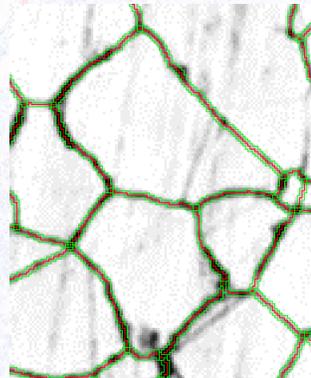
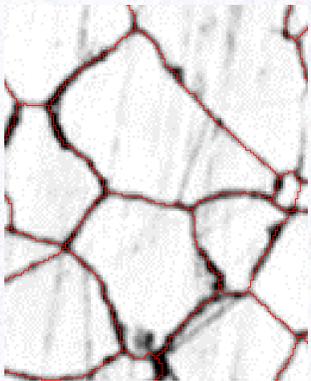
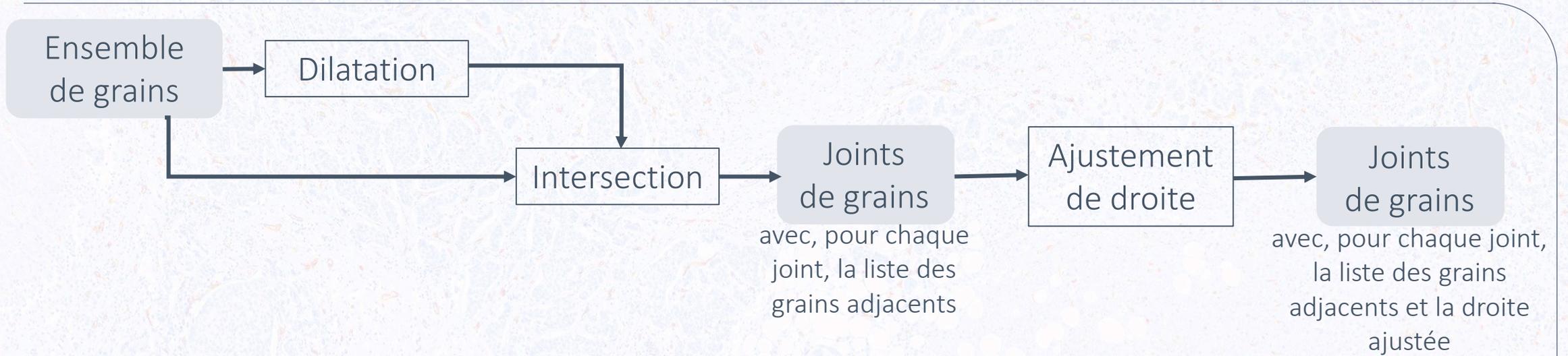
Macles ou joints intra-grains

Traitement spécifique des grains maclés

Nous avons cherché à filtrer les joints sur un critère formalisant les propriétés précédemment citées. Les opérations suivantes ont donc été appliquées :

- ⇒ Extraction des joints
- ⇒ Analyse spécifique des joints
- ⇒ Filtrage des joints sur un critère prenant en compte l'écart à la linéarité du joint et la variation de surface des concavités

Extraction des joints



Analyse spécifique des joints

3 mesures spécifiques sont calculées :

⇒ Erreur de linéarité

Δ_{line} = écart quadratique à la droite,
pondéré par la longueur

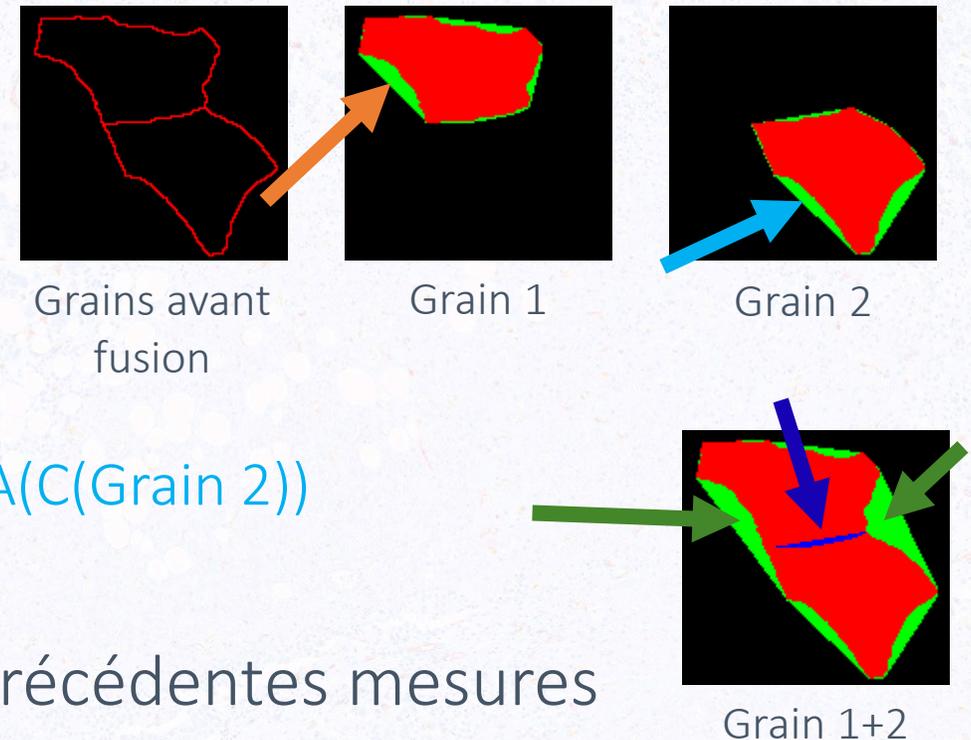
⇒ Variation de la surface des concavités

$$\Delta_{\text{concavity}} = A(C(\text{Grain 1+2})) - A(C(\text{Grain 1})) - A(C(\text{Grain 2})) \\ + A(C_{\text{int}}(\text{Grain 1+2}))$$

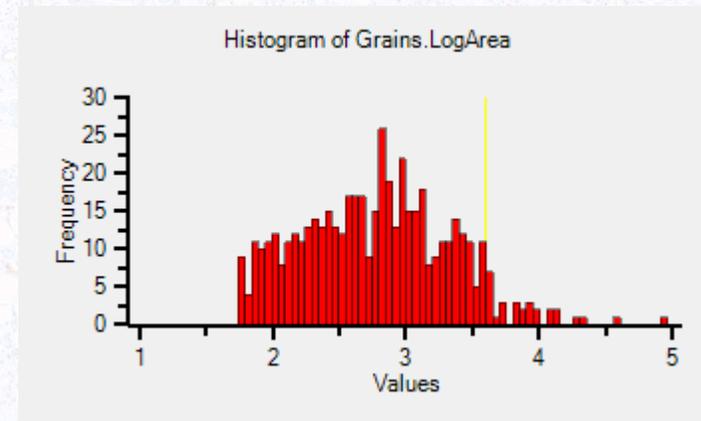
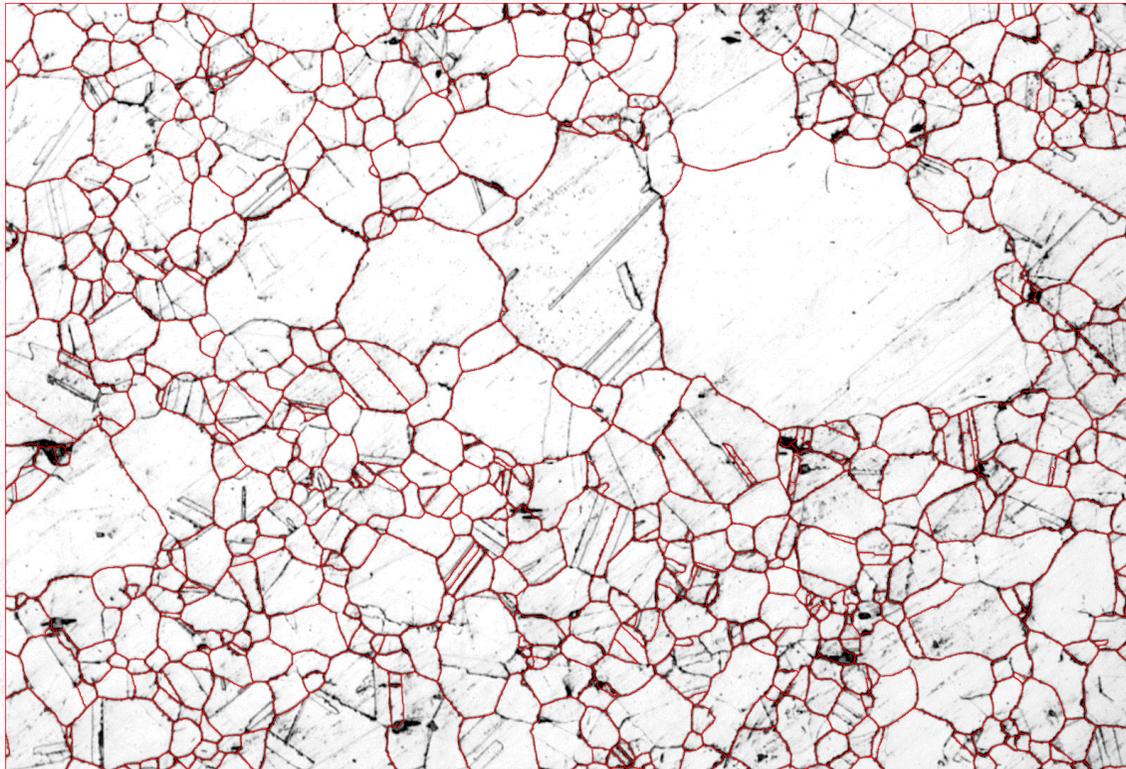
⇒ Indice de pertinence combinant les 2 précédentes mesures

$$I = \Delta_{\text{line}} \times \Delta_{\text{concavity}} / (L_{\text{joint}})^2$$

Plus l'indice est faible et plus le joint a de probabilité d'être une macle



Grains détectés avant filtrage des joints

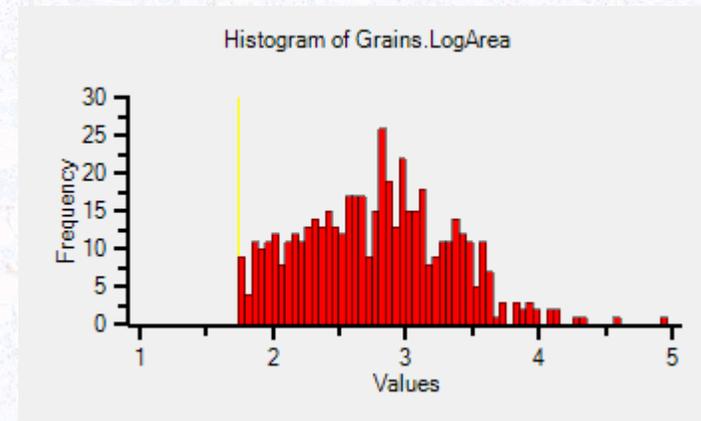
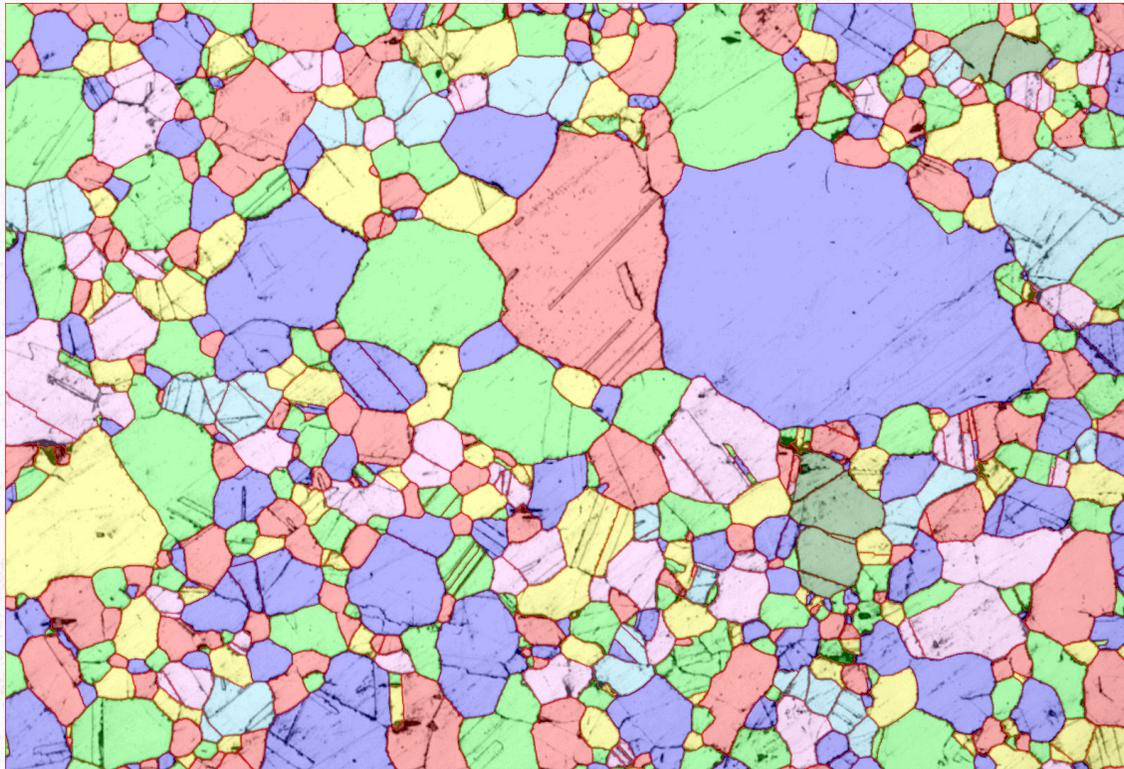


$$G = 6,349$$

$$N_A = 631.8$$

Résultats

Grains détectés après filtrage des joints



$$G = 6,088$$

$$N_A = 527.2$$

Résultats

Valeur de G												
Indice I		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Image 1	G	7.107	7.106	7.089	7.085	7.02	6.978	6.933	6.908	6.884	6.838	6.776
	N _A	1068.4	1067.7	1055.2	1052.3	1005.9	977.0	947.0	930.8	915.4	886.7	849.4
Image 2	G	6.349	6.337	6.315	6.275	6.211	6.169	6.139	6.088	6.048	6	5.932
	N _A	631.8	626.5	617.1	600.2	574.1	557.7	546.2	527.2	512.8	496.0	473.2

Conclusion

- ⇒ Cette méthode a été intégrée dans une application logicielle dédiée à la mesure normée de la taille de grain développée pour un client. Cette application propose 4 méthodes de mesure : par les intercepts en automatique et en manuel, par segmentation automatique des grains pour ASTM E 112, détection du plus gros grain pour ASTM E 930
- ⇒ La mise en place de mesures pertinentes et d'un indice de filtrage a été rendue possible grâce à la structure de type base de données des objets (zones d'intérêt détectées) dans le logiciel Aphelion
- ⇒ Le filtrage des joints selon la méthode développée a été validé par le client
- ⇒ Ce filtrage permet d'améliorer l'évaluation du nombre de grains par mm^2 et l'indice de taille de grain G

Merci de votre attention !