

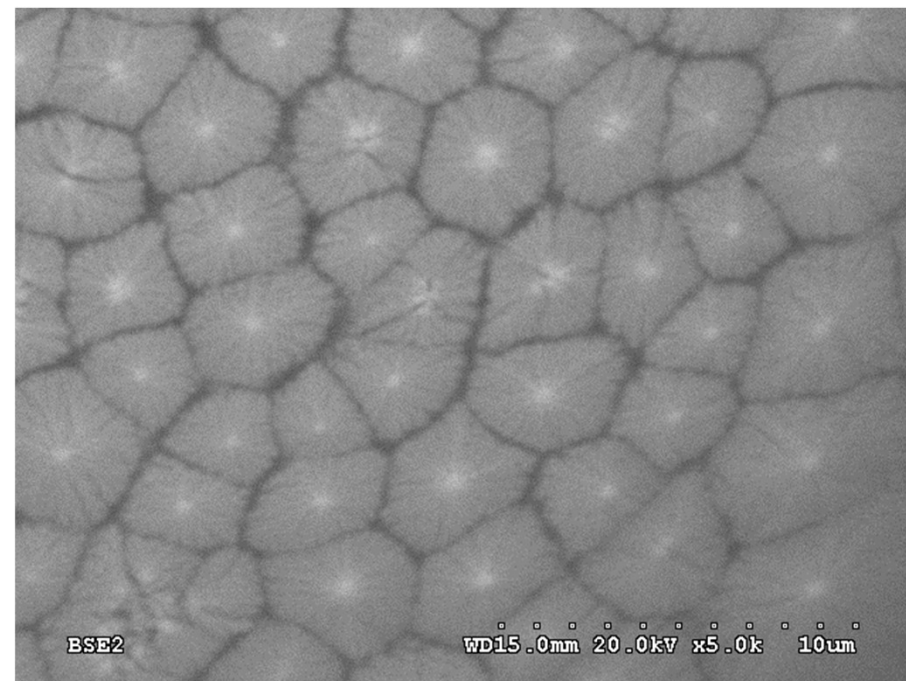
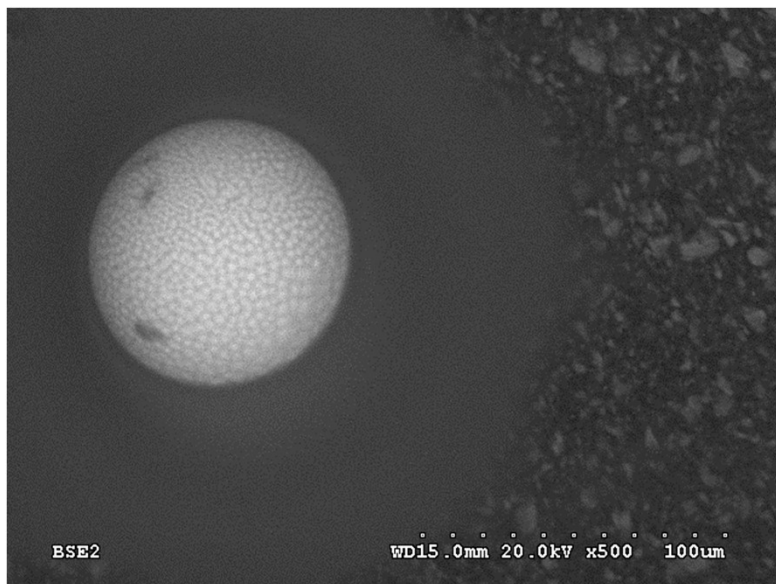
Les dérives en imagerie MEB: origine et correction

Alain Jadin

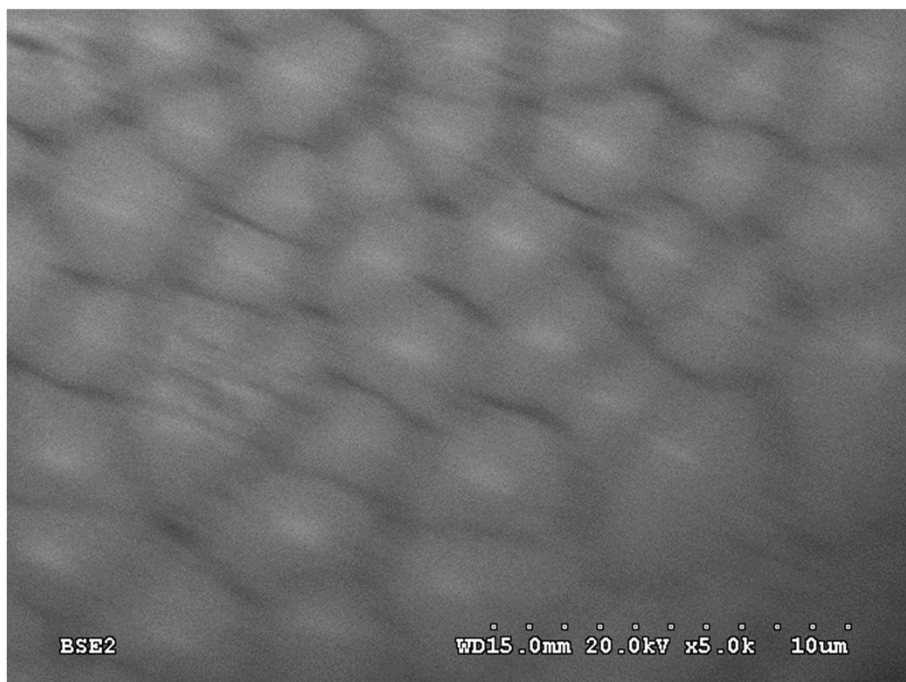
CERTECH

B7180 Seneffe

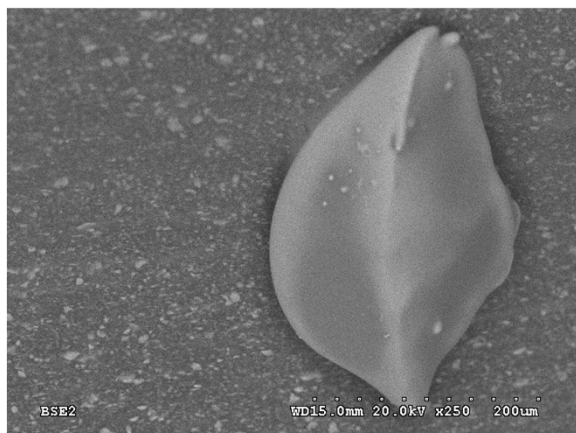
alain.jadin@certech.be



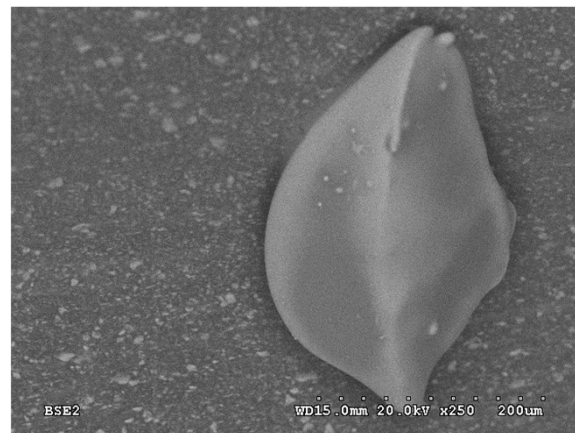
1 balayage



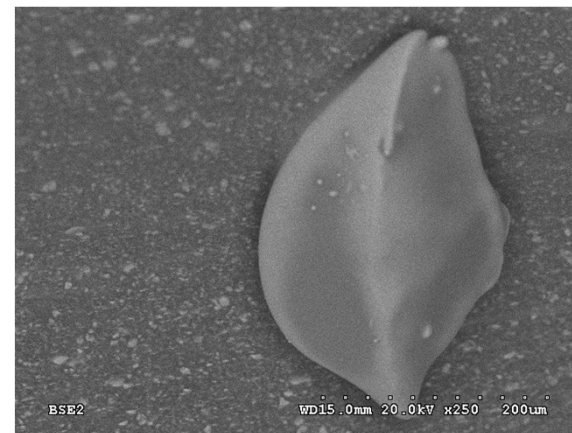
Intégration 10
balayages



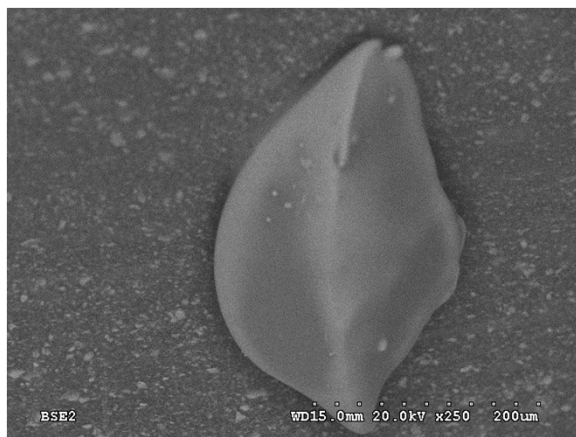
Initial



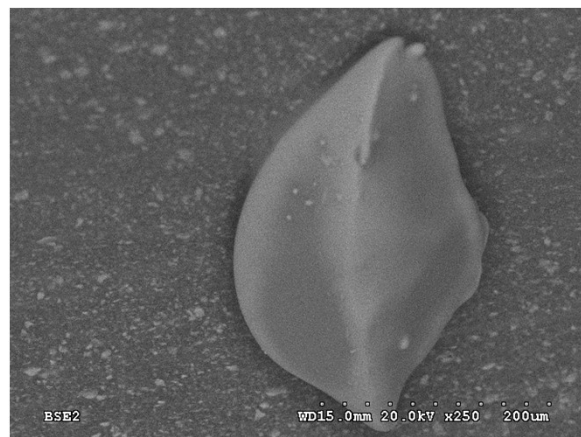
1 min



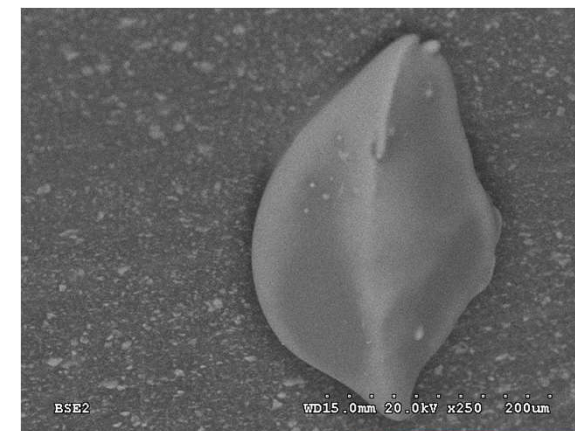
2 min



5 min



4 min



3 min

Plan

- Introduction: définition et types de dérives
- Comment éviter les dérives: paramètres opératoires
- Compenser les dérives: post-traitement
- Applications

Introduction: définition et types de dérives

- Définition: « déviation progressive et incontrôlée »
- Amplitude des dérives: de <1 pixel à $>>1$ écran
- La dérive est fonction du temps et du grandissement (\sim pas linéaire)
- Problème pour les mesures à haut grandissement/haute résolution (déplacements, déformations...)
- Dérives instrumentales:
 - Type de canon (W/FEG), colonne, système de balayage (non-linéarités, instabilités thermiques...)
 - Platine
 - Environnement (perturbations mécaniques, électromagnétiques, thermiques)
 - S'ajoutent aux autres aberrations (distorsion, line shift...)

Introduction: définition et types de dérives

- Dérives liées à l'interaction faisceau-échantillon:
 - Effets de charge sur les échantillons isolants (déflexion du faisceau + effet sur émission)
 - Dégradations par le faisceau: échauffement, déformation graduelle
- Dérives « opératoires »: liées au choix des paramètres (lié à l'interaction)
 - Tension d'accélération: charge/dégradation
 - Courant de faisceau: idem
 - Grandissement: densité d'énergie déposée; visualisation des dérives lentes
 - Vitesse de balayage, intégration: charge/dégradation
 - Pression dans la chambre: charge, échantillons sensibles (déformation)

Introduction: définition et types de dérives

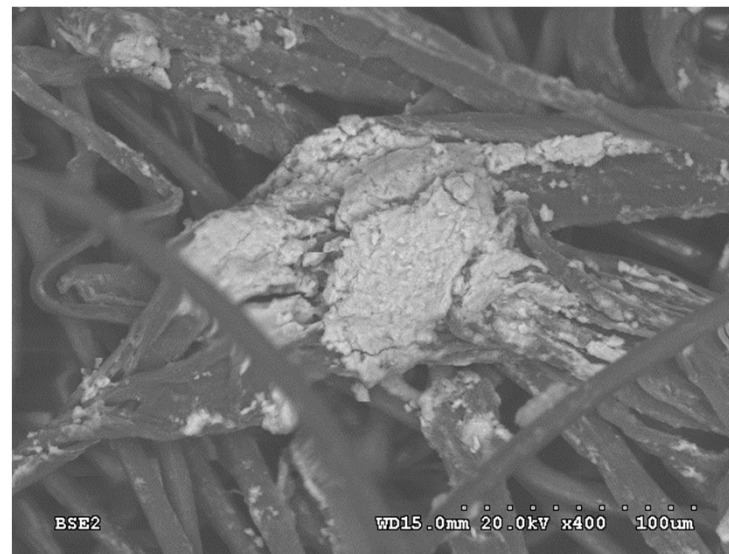
- La « vitesse » de dérive est variable (type de dérive...)
- Dérives (lentes) parfois peu visibles à faible grandissement :

1 balayage lent: déplacement du champ observé pendant le balayage



Pas de distorsion
(pas de dérive)

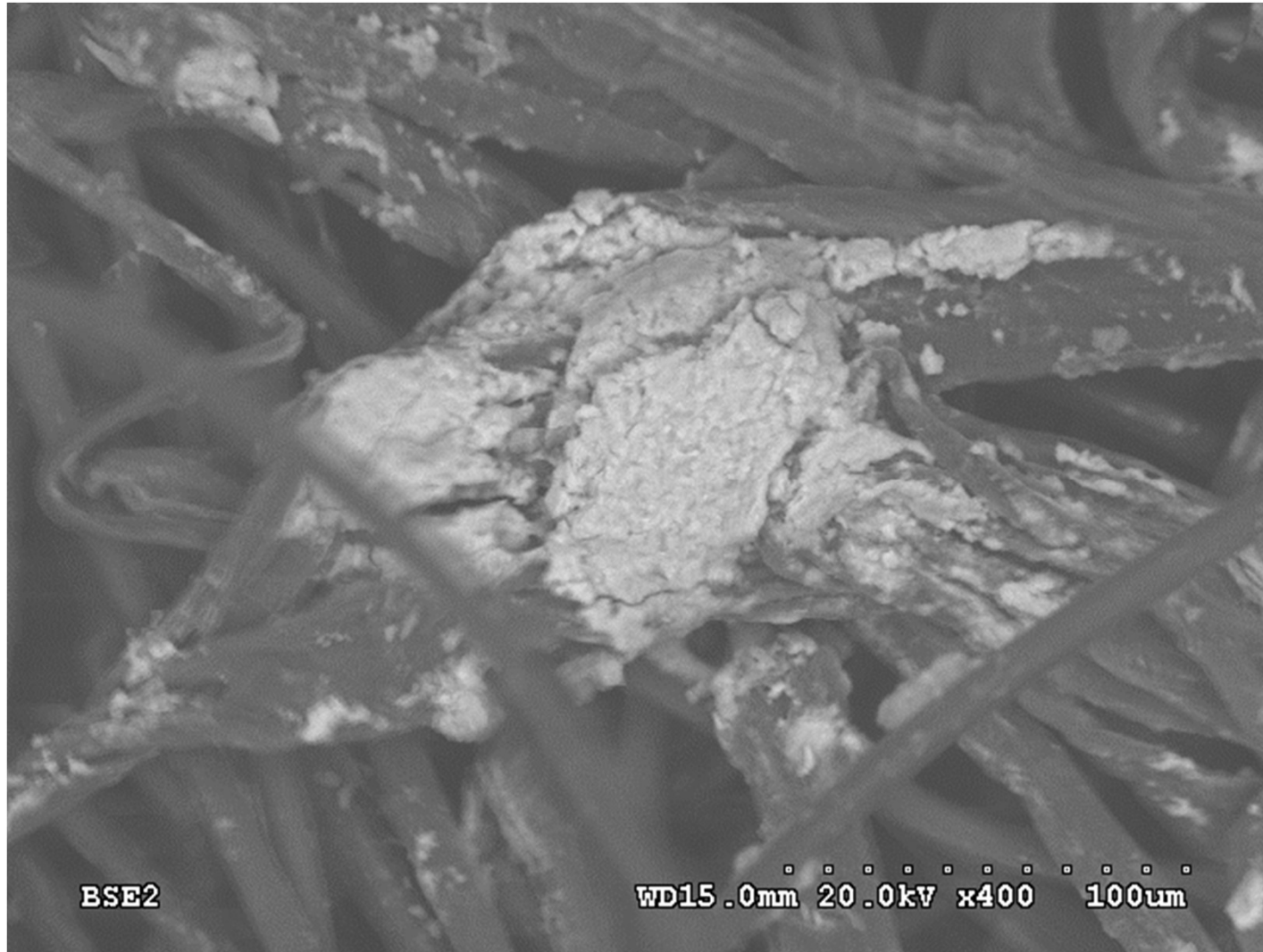
30 Pa



Distorsion due à la dérive
(effet de charge)

5 Pa

- Superposition: mise en évidence de la dérive (~distorsion)



Éviter:



Corriger:



Comment éviter les dérives

- Instrumentales:
 - Choix du type de canon/colonne (W ou FEG)
 - Platine stable
 - Fixation de l'échantillon
 - Éliminer/atténuer les perturbations extérieures (mécaniques, électromagnétiques, thermiques)

Comment éviter les dérives

- Interactions faisceau-échantillon: limiter charge/dégradation*
 - Observation à basse tension d'accélération (FEG)
 - Faible courant de faisceau
 - Balayage rapide/intégration (ligne ou écran): éviter 1 seul balayage lent
 - Métallisation pour les isolants
 - MEB à pression contrôlée
 - Limiter la taille d'échantillon et faciliter l'écoulement de chaleur/charge

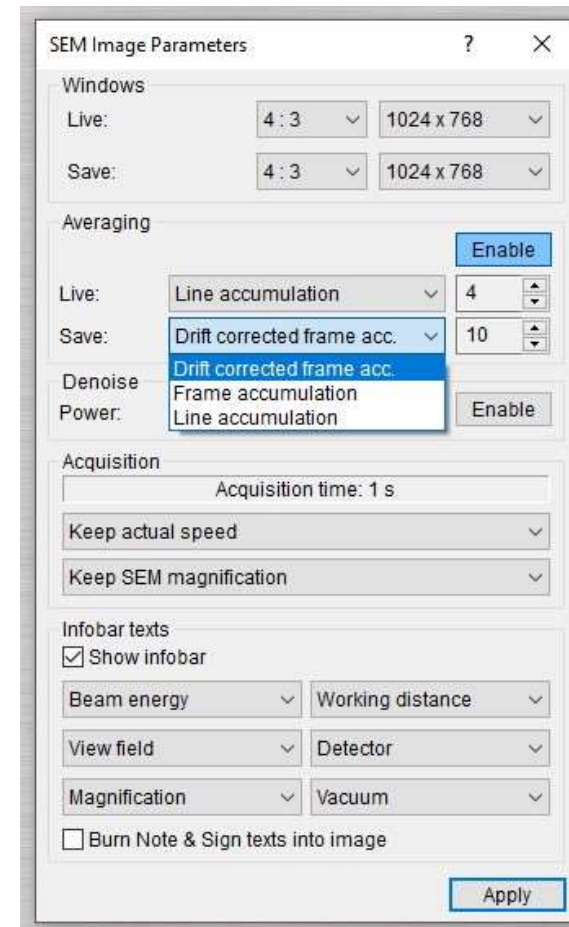
(*Voir aussi: L.C. Sawyer, D.T. Grubb, G.F. Meyers, *Polymer Microscopy*, Springer 2008)

Comment éviter les dérives

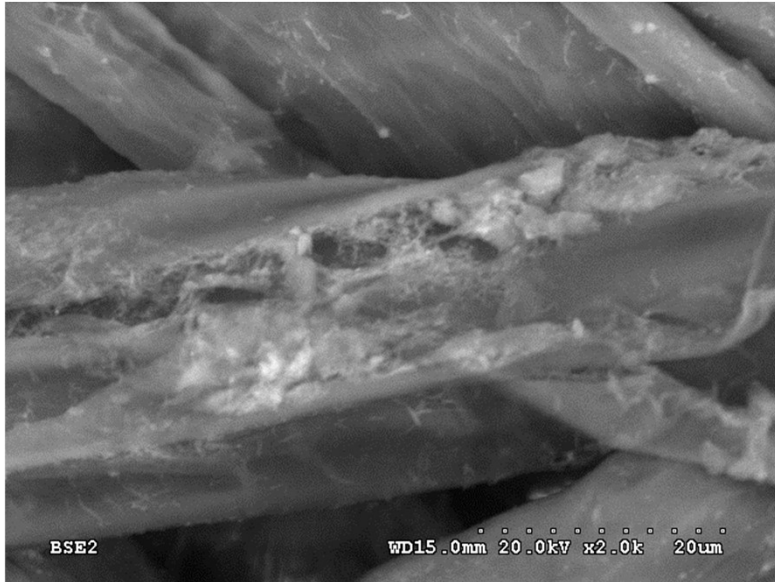
- Opérateurs:
 - Paramètres de colonne (tension d'accélération, courant)
 - Vitesse de balayage
 - Grandissement
 - Pression dans la chambre (MEB à pression contrôlée)

Comment compenser les dérives

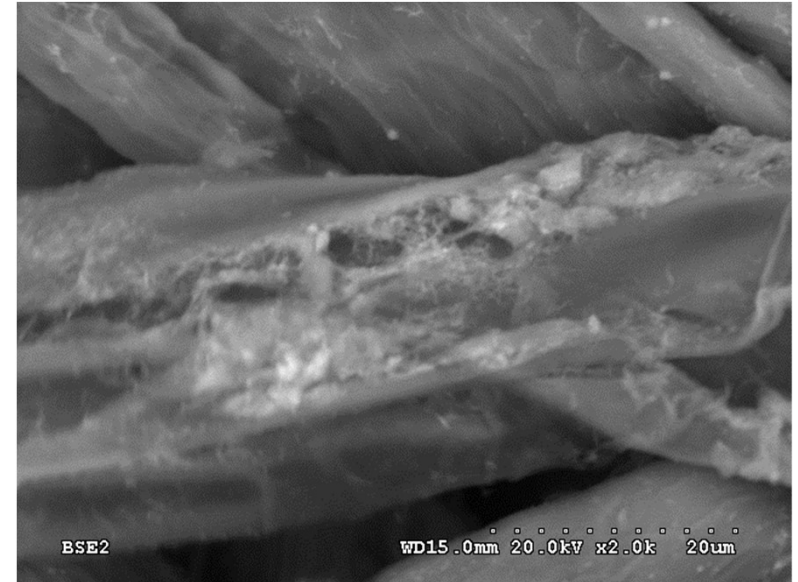
- Acquisition/post-traitement:
- Compensation sur le MEB en fin d'acquisition par intégration (accumulation) d'images
- Pour les dérives lentes/faibles
- Corrélation d'images a posteriori (DIC) **
- Combinaison avec la correction de distorsion
- Possible sur images numérisées
- Balayages rapides (dérive globale)



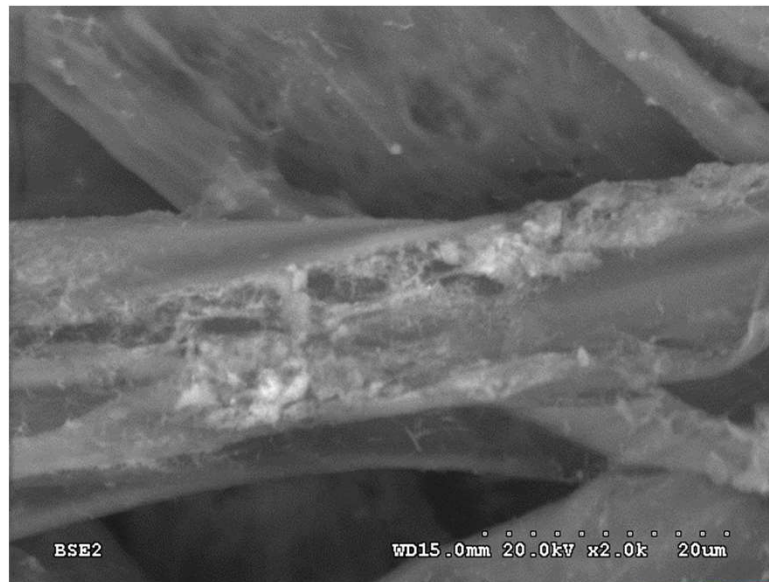
Application: effet de charge et échantillon fragile



1 balayage rapide
20 Pa: bruité

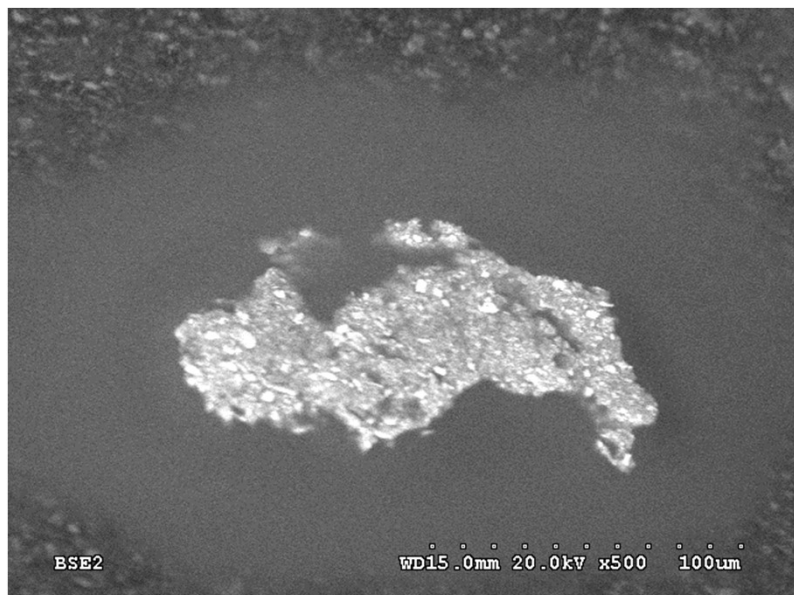


Intégration
10 balayages rapides 20 Pa:
Moins bruité mais dérive
visible



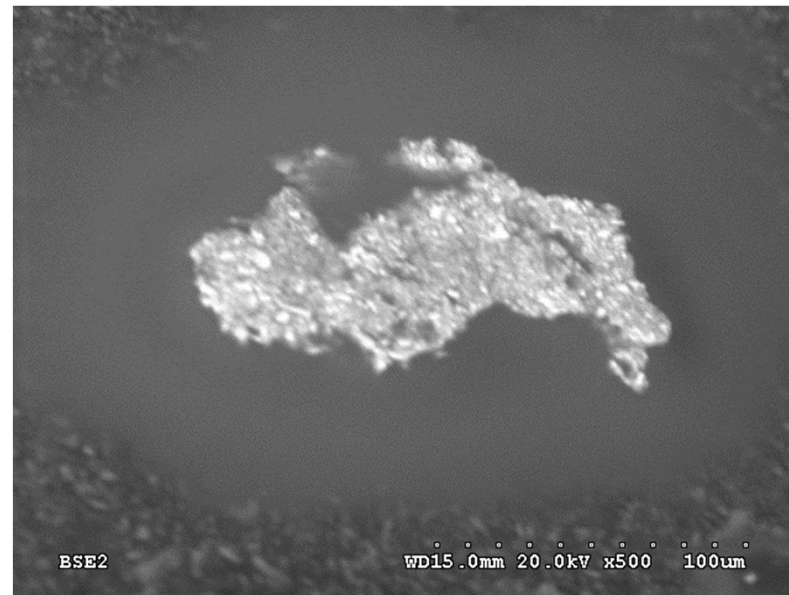
Intégration
10 balayages rapides
50 Pa

Application: dérives due au déplacement de l'échantillon

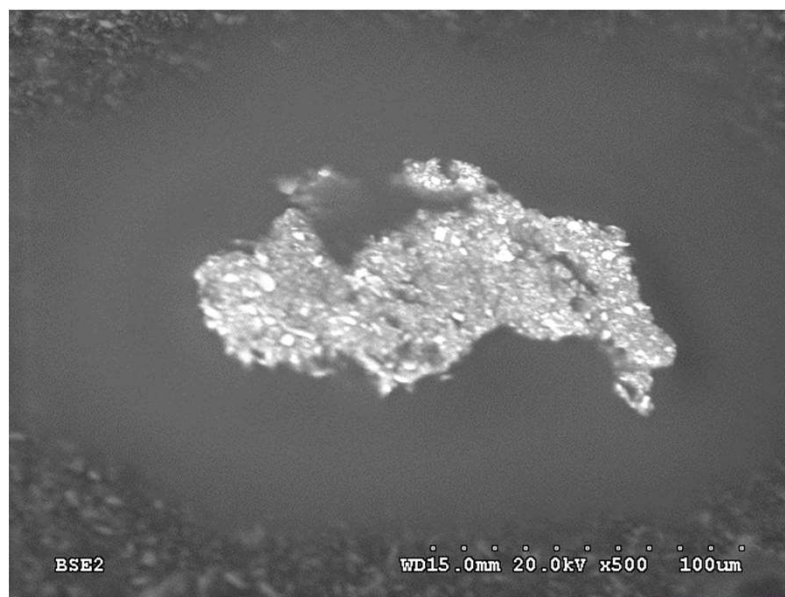


1 balayage
rapide 20 Pa:
bruité

Particule
métallique

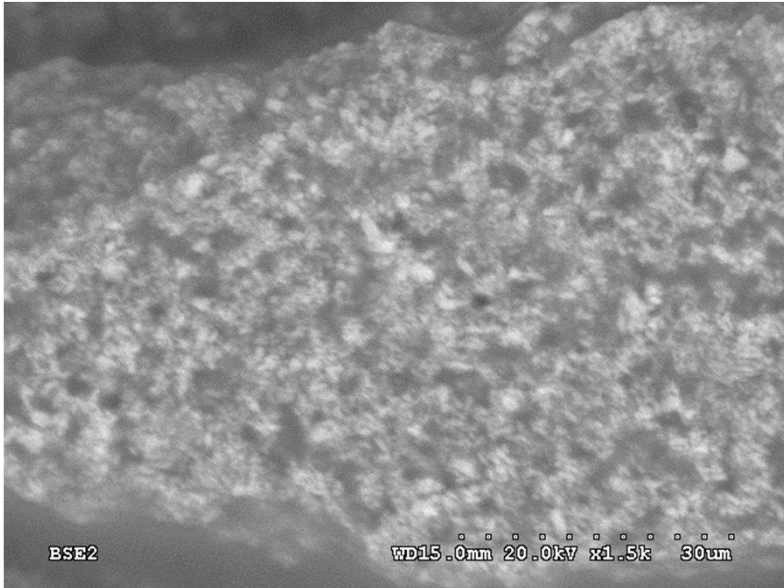


Intégration
10 balayages rapides 20 Pa:
Moins bruité mais dérives
visible

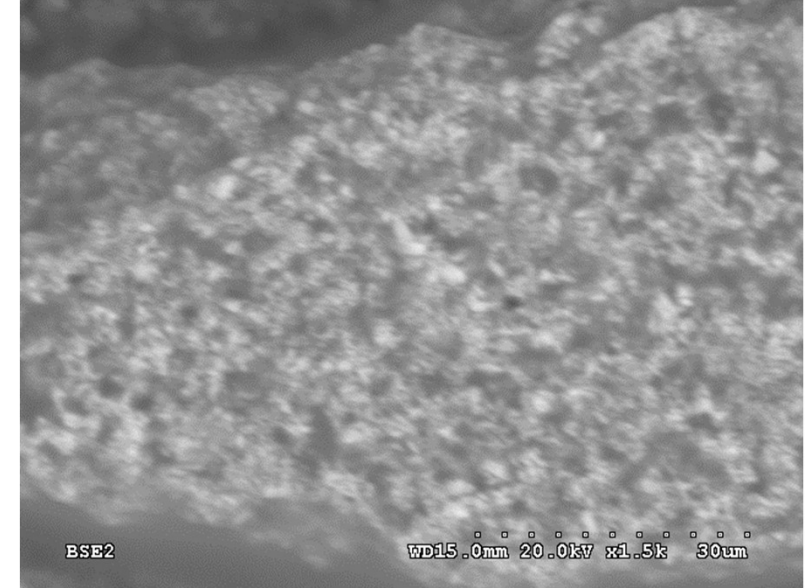


1 balayage
lent 20 Pa:
dérives visible

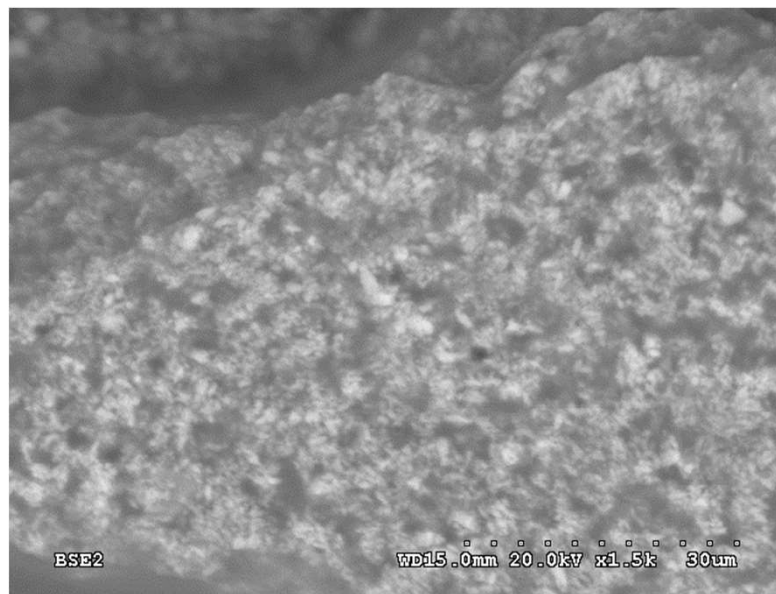
Application: dérivation lente (effet de charge)



1 balayage
rapide 20 Pa:
bruité



Intégration
10 balayages rapides 20 Pa:
Moins bruité mais dérivation
visible



1 balayage
lent 20 Pa:
dérivation non
visible

- Les dérives ont diverses origines (instrumentales, opératoires, interactions)
- Dérives lentes et dérives rapides, faibles ou importantes
- Les dérives peuvent être évitées dans une certaine mesure
- Compensation possible en post-traitement**

**

S. Maraghechi · J. P. M. Hoefnagels · R. H. J. Peerlings · O. Rokos · M. G. D. Geers, Correction of Scanning Electron Microscope Imaging Artifacts in a Novel Digital Image correlation Framework, *Experimental Mechanics* (2019) 59:489–516

<https://doi.org/10.1007/s11340-018-00469-w>

Abed Choib Malti, Sounkalo Dembélé, Nadine Le Fort-Piat, Claire Arnoult, Naresh Marturi. Toward fast calibration of global drift in scanning electron microscopes with respect to time and magnification, *International Journal of Optomechatronics*, Taylor & Francis, 2012, 6, pp.1-16.

Siavash Maraghechi, Johan P.M. Hoefnagels, Ron H.J. Peerlings, Marc G.D. Geers, Correction of scan line shift artifacts in scanning electron microscopy: An extended digital image correlation framework, *Ultramicroscopy* 187 (2018) 144–163

M. A. Sutton, N. Li, David Garcia, Nicolas Cornille, Jean-José Orteu, et al.. Scanning electron microscopy for quantitative small and large deformation measurements - part II: Experimental validation for magnifications from 200 to 10,000. *Experimental Mechanics*, Society for Experimental Mechanics, 2007, 47 (6), p.789-804.

Merci de votre attention



www.certech.be

