



HAL
open science

Procédures de mesure du “ bruit ” d’un AFM : un retour d’expérience.

Denis Mariolle, Christophe Lecouvey, Remi Coquand, Nicolas Chevalier

► To cite this version:

Denis Mariolle, Christophe Lecouvey, Remi Coquand, Nicolas Chevalier. Procédures de mesure du “ bruit ” d’un AFM : un retour d’expérience.. Forum des microscopies à sonde locale, Mar 2022, Saint-Valery-Sur-Somme, France. 2022. cea-03689189

HAL Id: cea-03689189

<https://cea.hal.science/cea-03689189>

Submitted on 7 Jun 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Denis MARIOLLE, Christophe LECOUCVEY, Rémi COQUAND, Nicolas CHEVALIER
Univ. Grenoble-Alpes, CEA, LETI, F-38000 Grenoble

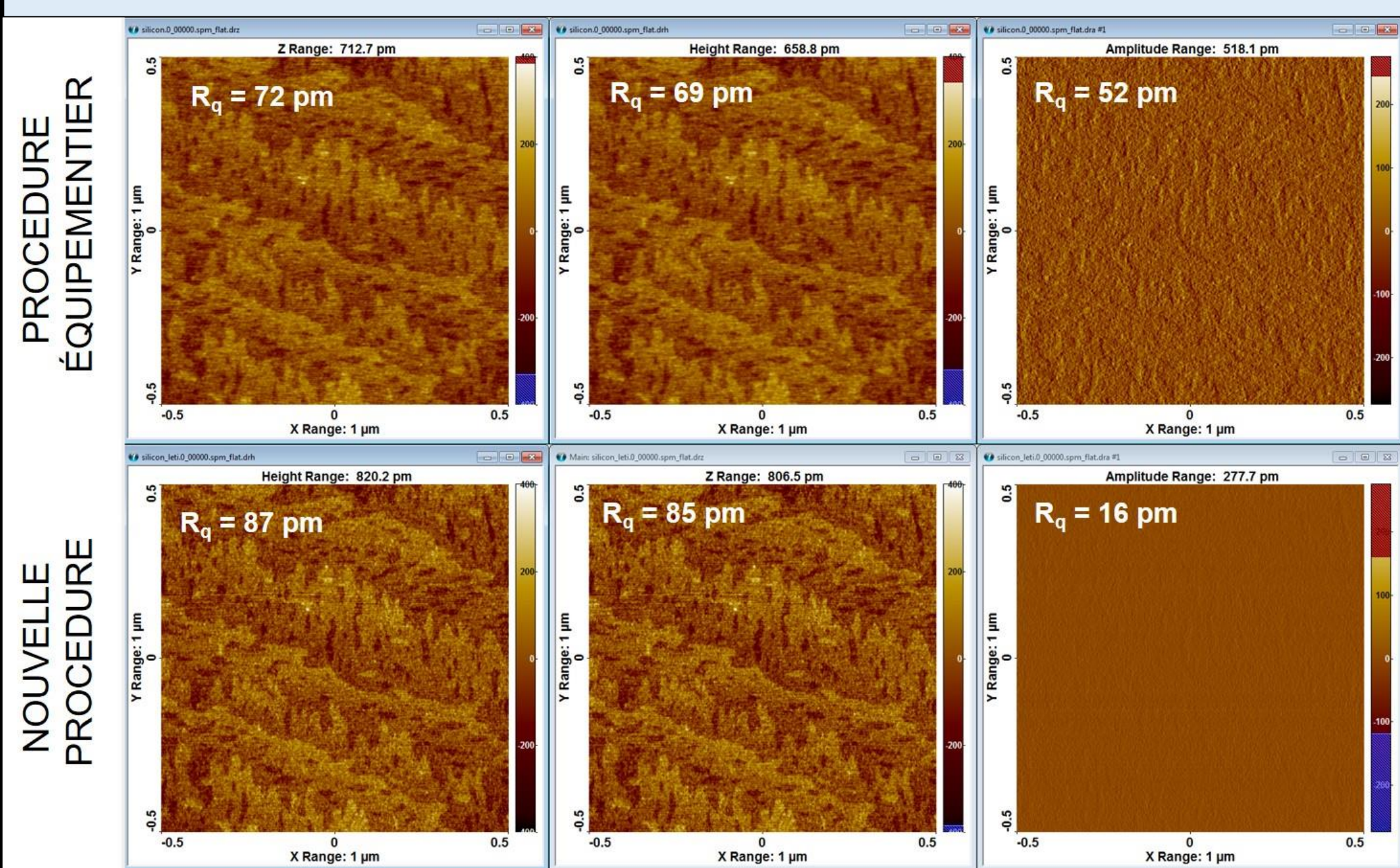
OBJECTIFS :

- AMÉLIORER LA PROCÉDURE DE MESURE DU « BRUIT » DE L'ÉQUIPEMENTIER
- UTILISER EN ROUTINE CE PROTOCOLE LORS DE L'ANALYSE D'ÉCHANTILLONS DE FAIBLE RUGOSITÉ

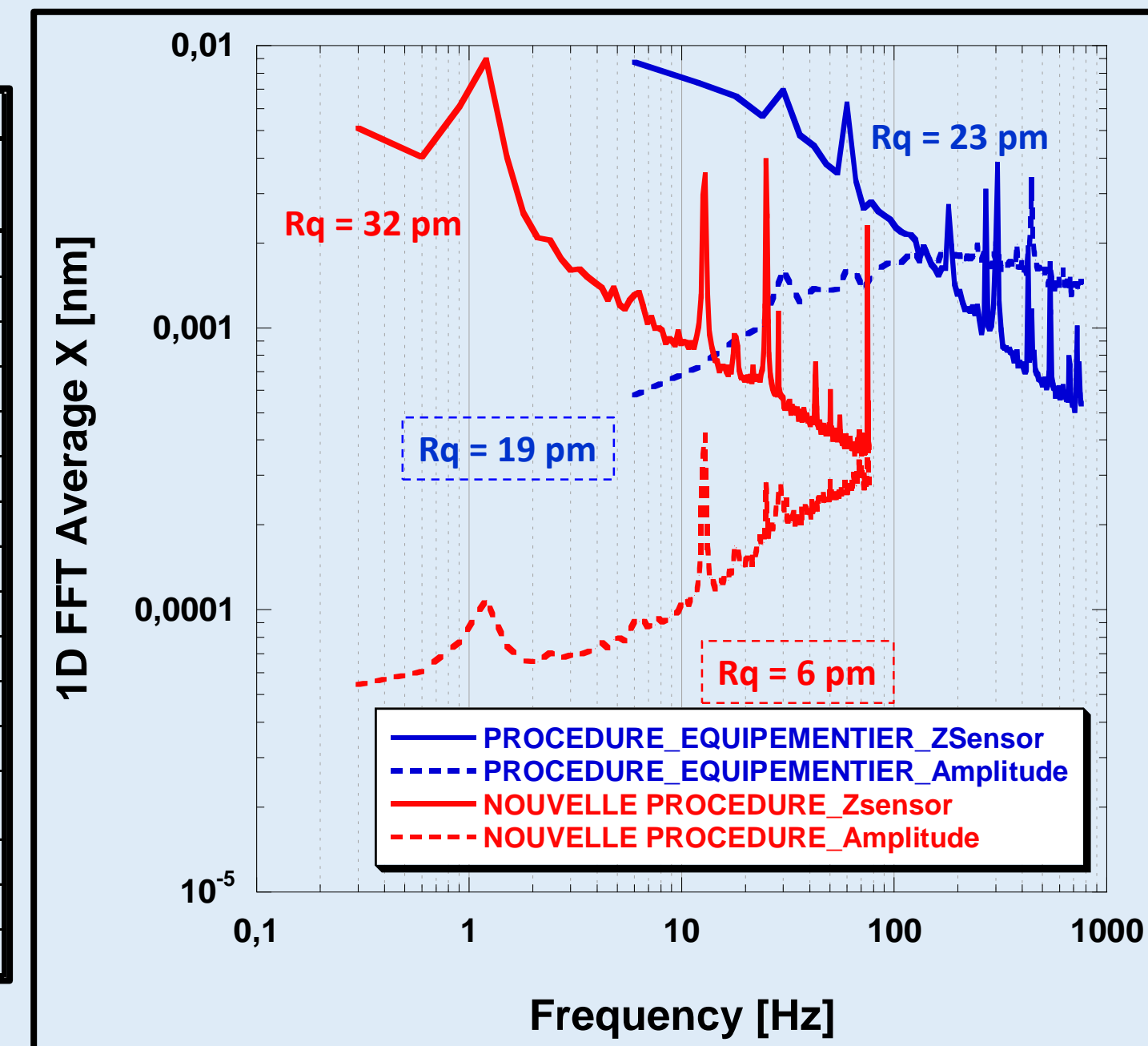
	EQUIPEMENTIER	NOTRE APPROCHE
MODE D'ACQUISITION	Tapping	Tapping
CHOIX DE LA POINTE	Silicium, $k \sim 40$ N/m, $F \sim 300$ kHz, $Q \sim 300$	Silicium, $k \sim 40$ N/m, $F \sim 300$ kHz, $Q \sim 300$
QUALIFICATION PRÉALABLE DE LA POINTE ?	OUI ("sur silicium")	OUI (sur échantillon de silicium avec marches atomiques)
TAILLE DE BALAYAGE POUR LE TEST DE "BRUIT"	0,1 nm (ou 1 nm)	0 nm ou 0,1 nm ou 1 nm (pas d'influence)
VITESSE DE BALAYAGE (TEMPS PAR PIXEL)	RAPIDE	COMPATIBLE AVEC LES PROPRIÉTÉS D'OSCILLATION DU LEVIER (2Q/F)
BANDE PASSANTE DU LOCK-IN	INCONNUE	DETERMINÉE POUR AVOIR UN TEMPS DE MESURE DE L'AMPLITUDE AU MOINS DIX FOIS PLUS RAPIDE QUE LE TEMPS PAR PIXEL
GAINS POUR L'ASSERVISSEMENT EN Z	ARBITRAIRES & FAIBLES	DETERMINÉS LORS DU SCAN DE QUALIFICATION DE LA POINTE (MÊME TEMPS PAR PIXEL)
TRAITEMENT DES DONNÉES ACQUISES (REMISE À PLAT)	OUI, AUTOMATIQUEMENT À LA FIN DE L'ACQUISITION, SANS CONTRÔLE	OUI, MANUELLEMENT
EXPLOITATION DES DONNÉES	RUGOSITÉ RMS SUR LES CANAUX DE HAUTEUR	RUGOSITÉ RMS SUR LES CANAUX DE HAUTEUR & D'ERREUR DE LA MESURE (AMPLITUDE) + ANALYSE FRÉQUENTIELLE (FFT/PSD)

RÉSULTATS :

- MESURE DU « BRUIT » REFLÉTANT RÉELLEMENT LES PERFORMANCES DE L'ÉQUIPEMENT AU JOUR DE LA MESURE
- COMPATIBLE AVEC TOUS LES MODES DE MESURE & ÉQUIPEMENTS => INTERCOMPARAISON



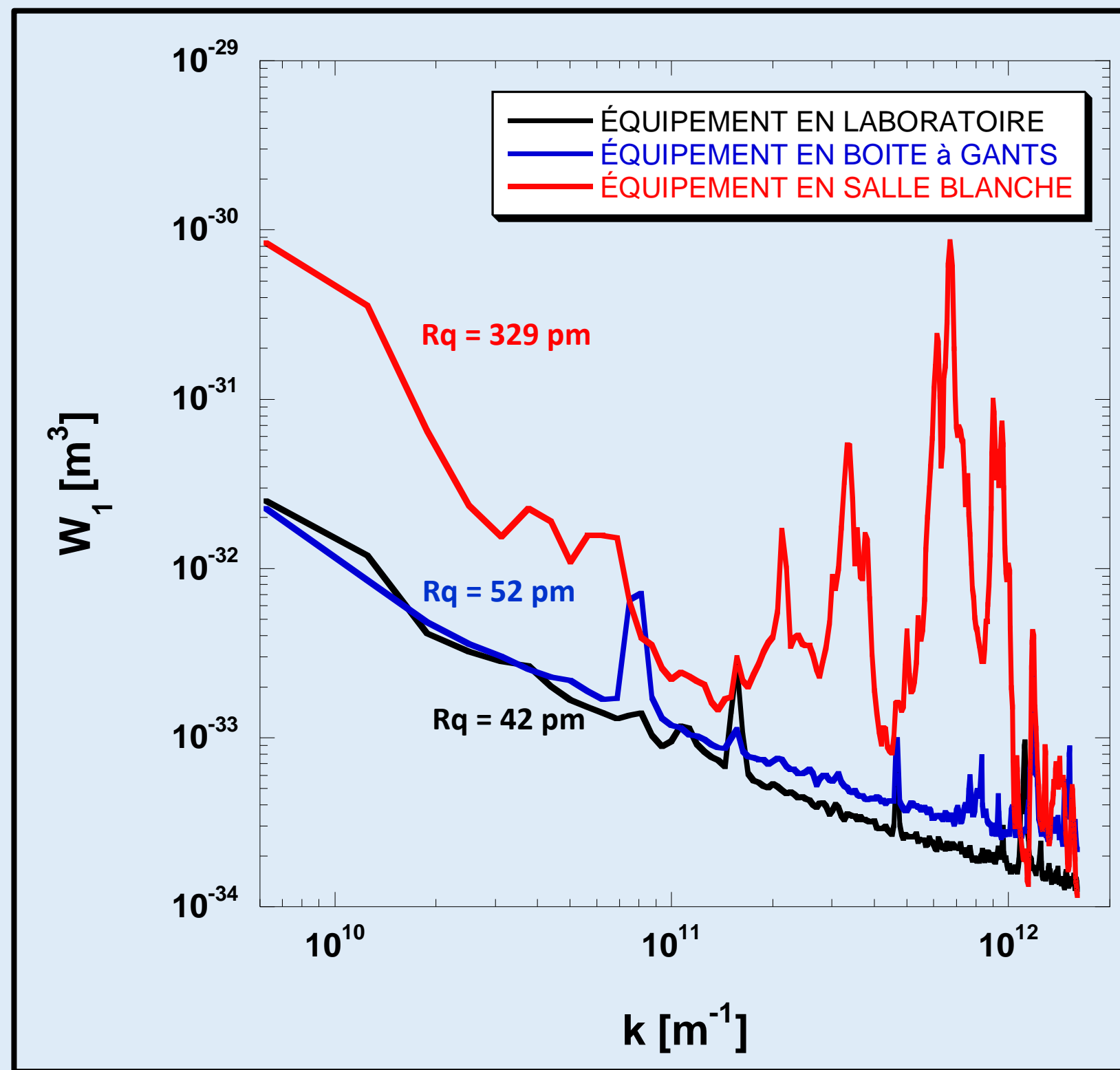
Parameters	QUALIFICATION POINTE		TEST DE "BRUIT"	
	ÉQUIPEMENTIER	NOUVELLE PROCÉDURE	ÉQUIPEMENTIER	NOUVELLE PROCÉDURE
scan size (nm)	1000	1000	0,1	0,1
Probe oscillation frequency (kHz)	291,988	291,988	291,988	291,988
Q factor	556	556	556	556
2Q/f (ms)	3,8	3,8	3,8	3,8
scan rate (Hz)	1,5	0,3	2,47	0,3
samples / line	512	512	256	256
number of line	512	512	256	64
time per pixel (ms)	0,651	3,255	0,791	6,510
time per pixel (kHz)	1,536	0,307	1,265	0,154
Z feedback, integral gain	0,2	0,4	0,2	0,4
lock-in BW (kHz)	20,54	20,54	20,54	20,54
lock-in BW (ms)	0,049	0,049	0,049	0,049
Data treatment	"Flatten, ordre 1"	"Flatten, ordre 1"	"Flatten, ordre 1"	"Flatten, ordre 1"
Results, roughness RMS (Rq)				
Height Retrace (pm)	69	86	18	29
Zsensor Retrace (pm)	72	87	23	32
Amplitude Retrace (pm)	52	16	19	6



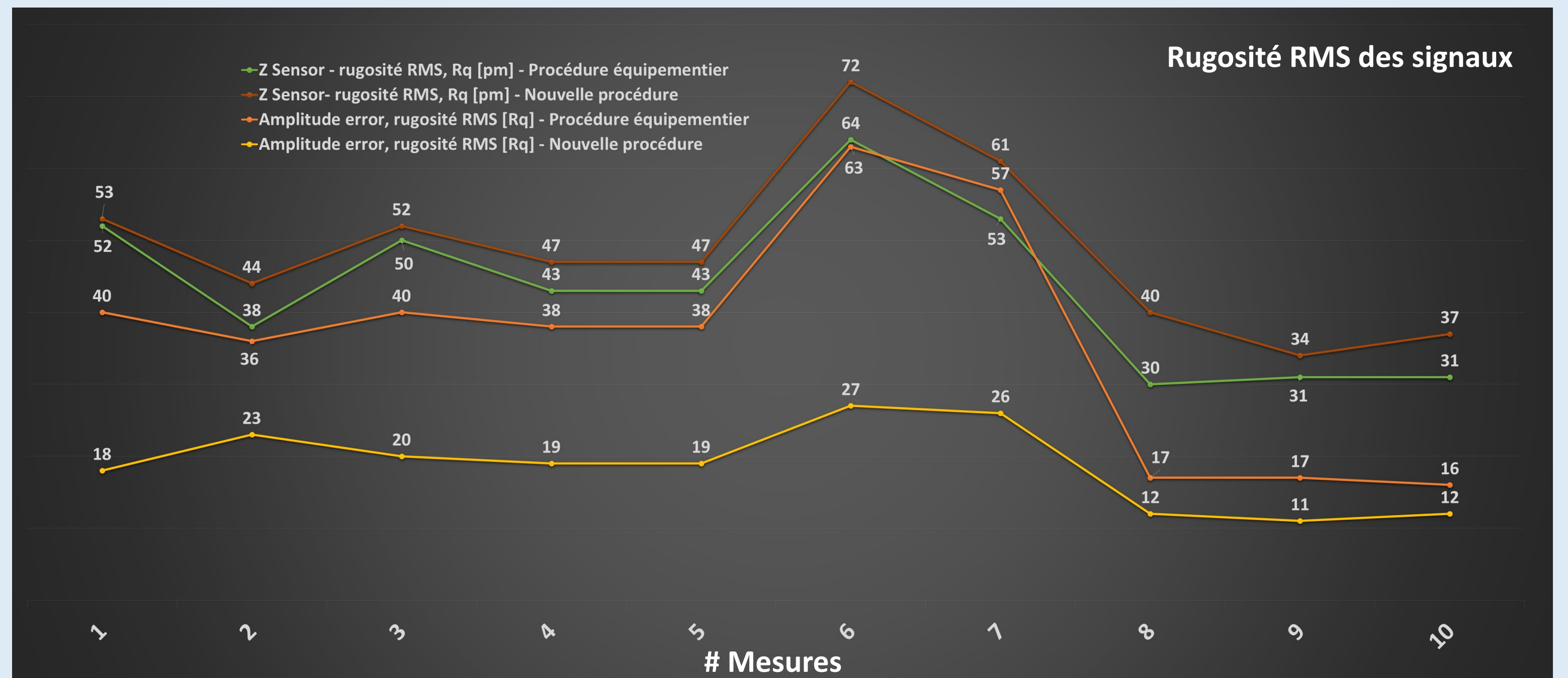
Qualification de pointe sur Si (001) reconstruit 2*1, passivé hydrogène (échantillon stable à l'air)

Conditions d'analyse pour la qualification de pointe et le test de « bruit »

Analyse FFT des images acquises lors du test de « bruit »

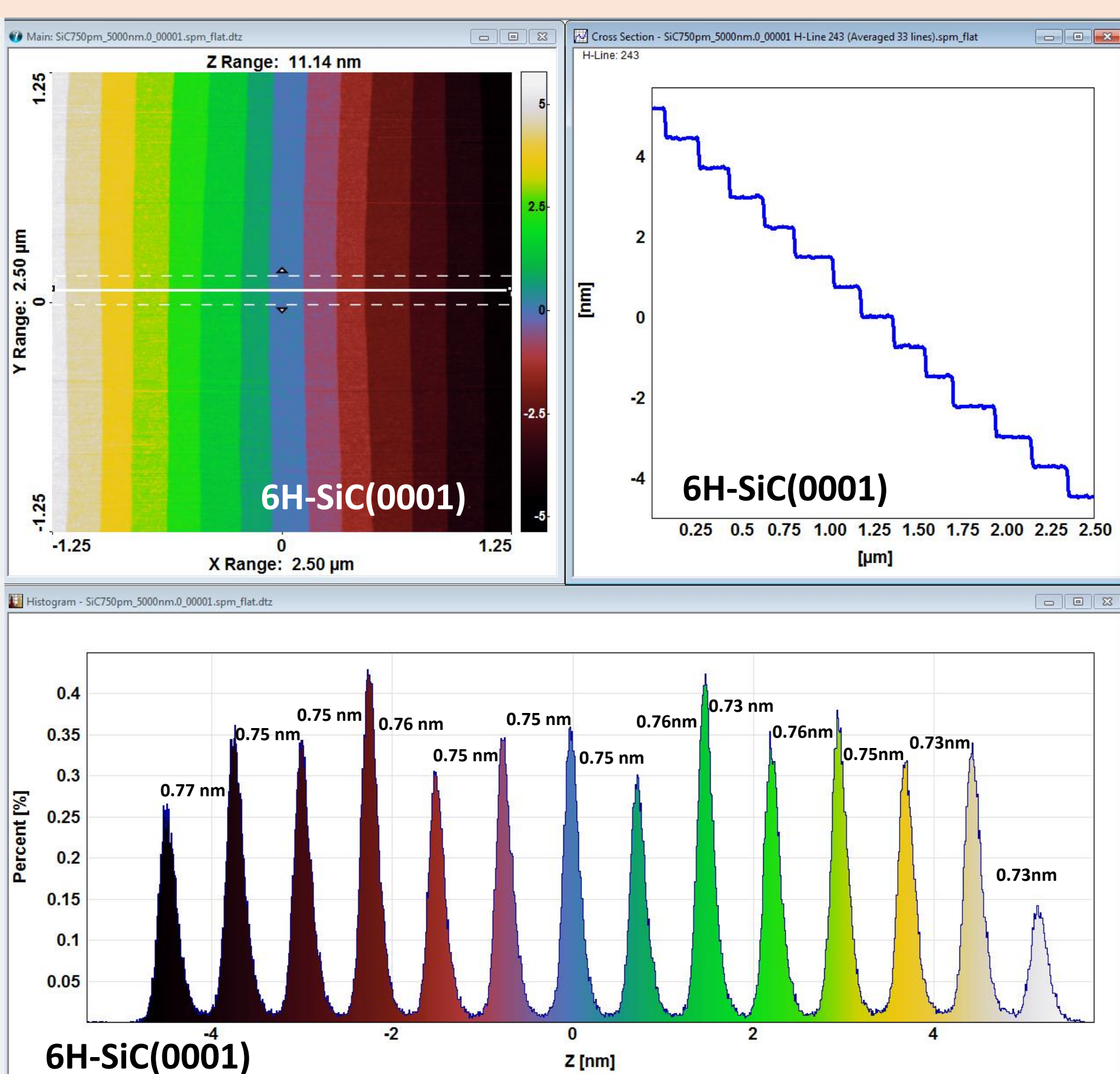


Intercomparaison entre équipements pour trois ambiances de travail, avec des niveaux de perturbation différents
L'analyse fréquentielle (1D PSD) du signal de hauteur permet d'identifier le poids de chaque fréquence dans le « bruit » mesuré



Évolution des valeurs de bruits mesurés sur 10 mesures avec plusieurs pointes, sur plusieurs jours pour le même équipement
La procédure de l'équipementier conduit à une erreur sur l'asservissement importante (courbe orange) quelques fois du même ordre que la valeur du « bruit » mesuré (courbe verte)
La nouvelle procédure donne des valeurs d'amplitude (courbe jaune) beaucoup plus faibles et éloignées des valeurs de rugosité mesurées (courbe rouge)

VERS UNE MÉTHODOLOGIE DE LA MESURE DE FAIBLE RUGOSITÉ COUPLÉE À LA MESURE DU « BRUIT »



Processus complet (qualification pointe+ tests de « bruit ») lors de la mesure de la rugosité d'un échantillon de silicium.
Les valeurs correspondent à la rugosité RMS de l'image acquise pour les canaux de hauteur (Z Sensor) et d'amplitude (signal d'erreur)
Les tests de qualification de pointe et test de « bruit » sont menés sur les mêmes zones de l'échantillon avant et après les mesures de rugosité sur l'échantillon (neuf sites). La précision de repositionnement est estimée à 2 µm

Avant mesure de faible rugosité, l'équipement est qualifié sur un échantillon de SiC avec marches en Z de 750 pm (échantillon non certifié)
La mesure est effectuée à la taille de balayage désirée pour s'assurer de la linéarité de la réponse en Z de l'équipement.
Ce test peut également être effectué sur un échantillon présentant des marches atomiques avec défauts sur les terrasses pour qualifier l'extrémité de la pointe.

