

Etude de la croissance de métaux sur couches minces d'AlN(0001) par NC-AFM, KPFM et RHEED

Mohanad Alchaar^{1,2}, B. Baris¹, H. Khousa^{1,3}, B. Eydoux^{1,2}, O. Guillermet^{1,2}, S. Gauthier¹ et D. Martrou¹

¹CNRS, CEMES, Groupe Nanosciences, 29 rue Jeanne Marvig, F-31055 Toulouse, France

²Université Toulouse III, UPS, 118 Route de Narbonne, F-31062 Toulouse

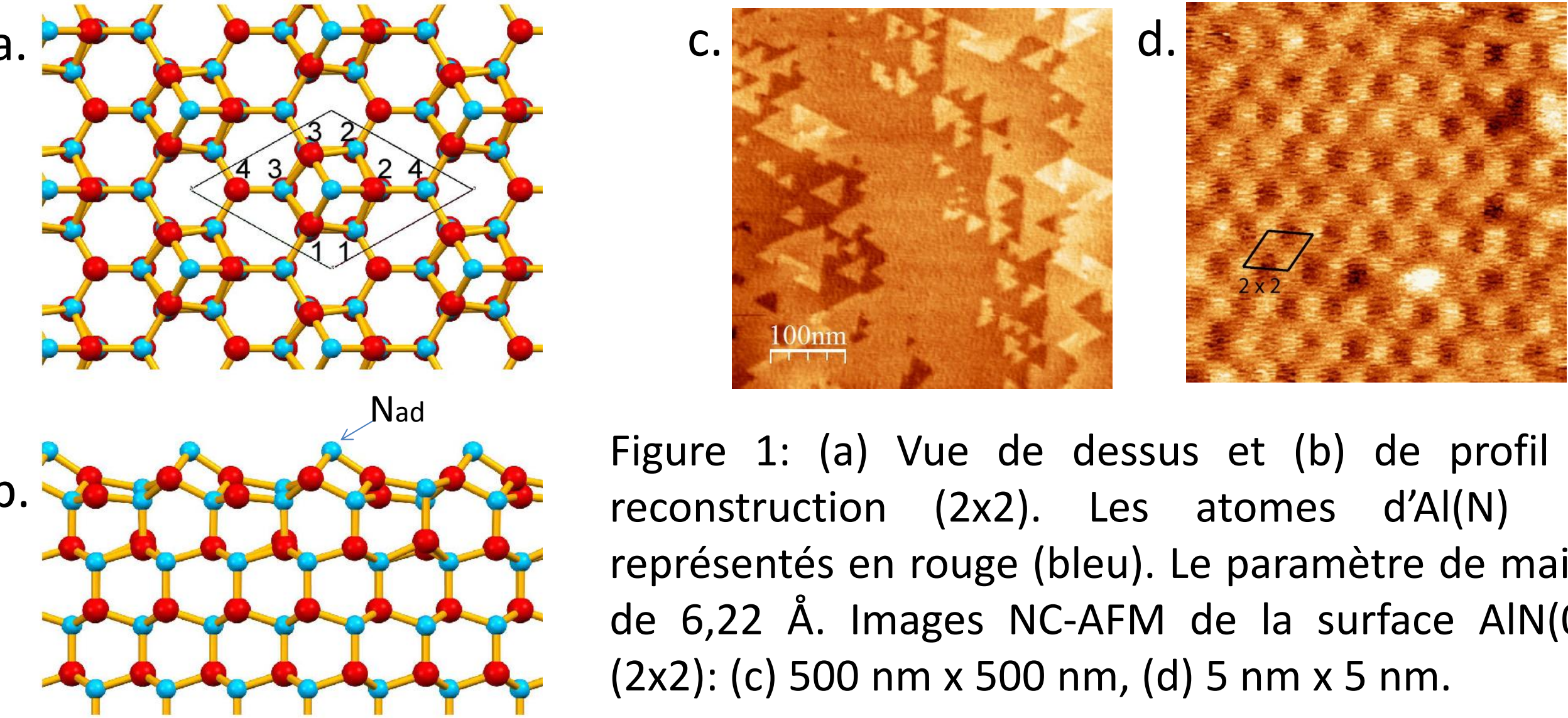
³Laboratoire LSMC, Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, 31100, Oran, Algérie

E-Mail: martrou@cemes.fr

L'étude du confinement de la charge au sein de nano-objets métalliques supportés par un substrat isolant constitue un enjeu majeur pour de nombreux domaines scientifiques et techniques. Récemment, nous avons effectué une large étude de la croissance de différents métaux sur la surface de nitrure d'aluminium AlN(0001). Le choix de l'AlN s'explique par ces propriétés physiques intéressantes et ses applications en micro-électronique. Les couches minces d'AlN ont été préparées sur substrats 4H-SiC dans un bâti d'épitaxie par jets moléculaires (EJM) sous flux d'aluminium et dans une atmosphère riche en ammoniacque. Les différentes étapes de la croissance métal/AlN/SiC sont caractérisées, in situ, par la diffraction d'électrons à haute énergie en incidence rasante (RHEED), en NC-AFM (non contact atomic force microscopy) et en KPFM (Kelvin probe force microscopy).

Substrat AlN(0001) – (2x2)-Nad

AlN est un semi-conducteur à large bande (6,2 eV) de structure cristalline de type wurtzite. Nos échantillons sont des films d'épaisseur de 150 nm élaborés par MBE sur des substrats 4H-SiC. Dans nos conditions de préparation, la surface est reconstruite (2x2)-Nad.



F. Chaumeton and al. Phys. Rev. B, 94:165305,2016

Dépôts In sur AlN(0001)

Le dépôt de l'indium induit la croissance d'une pré-couche réactive sur toute la surface (fig 2.1). Cette dernière est suivie de la formation de **nano clusters 3D** (fig 2.2 (a,b)). Le contraste KPFM est inversé sur les clusters, montrant un **travail de sortie différent** par rapport à la surface (fig 2.2 (c,d)).

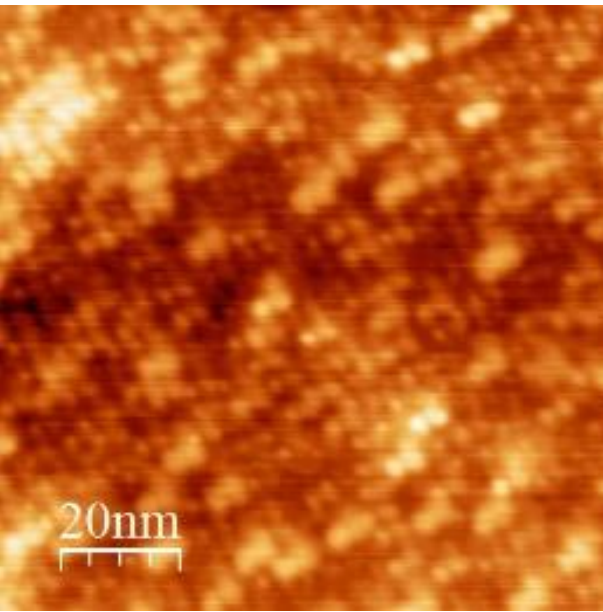


Figure 2.1: image NC-AFM de la couche de mouillage.

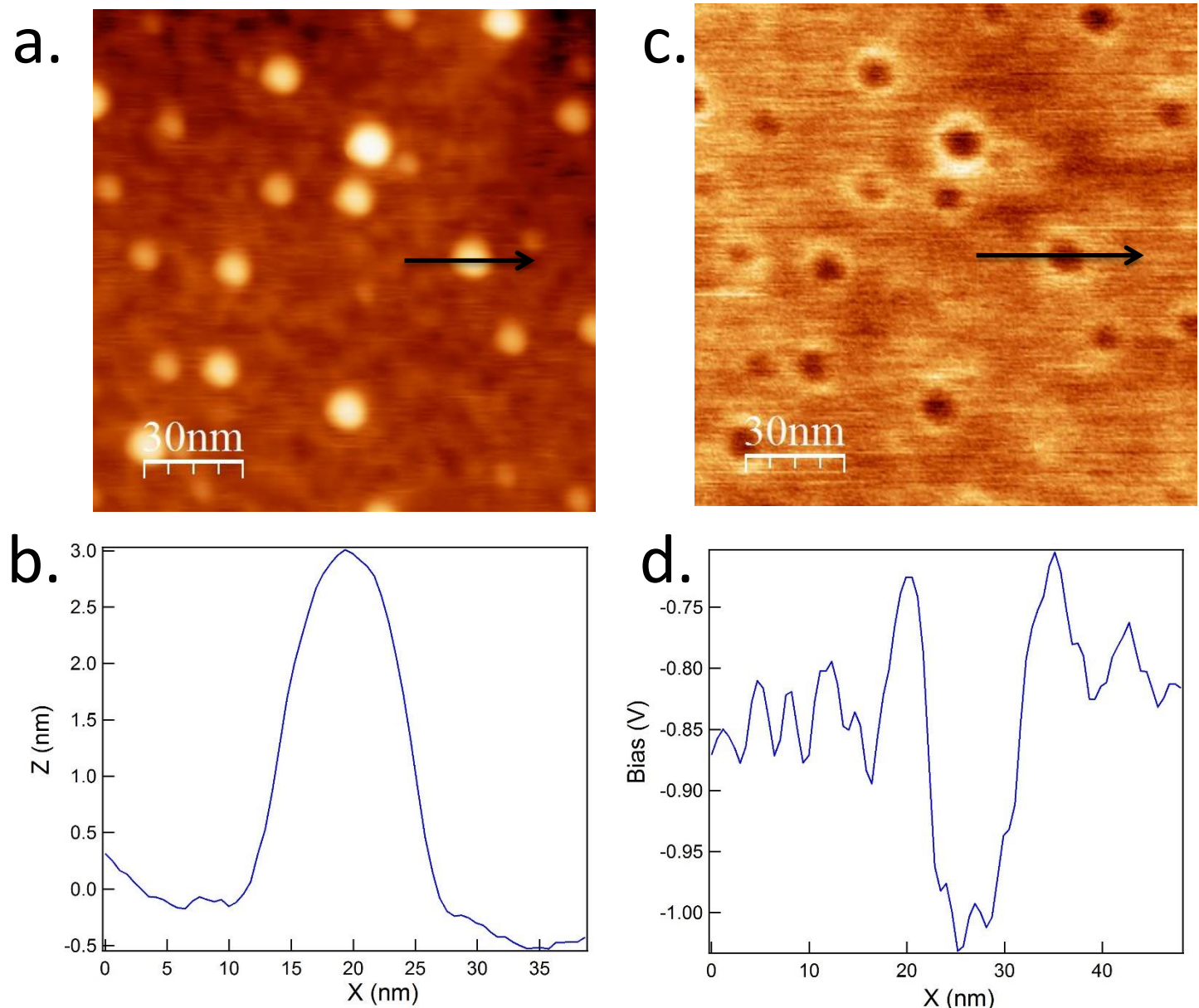


Figure 2.2: (a) image NC-AFM des îlots d'In, (b) profil topographique, (c) image KPFM, (d) profil kelvin.

Dépôts Mg sur AlN(0001)

Le dépôt du Mg sur l'AlN induit la formation d'une pré-couche (fig 3.1) puis la formation d'**îlots 2D interconnectés** d'une hauteur de 1 à 2 monocouches de Mg. Les îlots apparaissent brillant en KPFM traduisant un **travail de sortie différent** par rapport à la surface (fig 3.2).

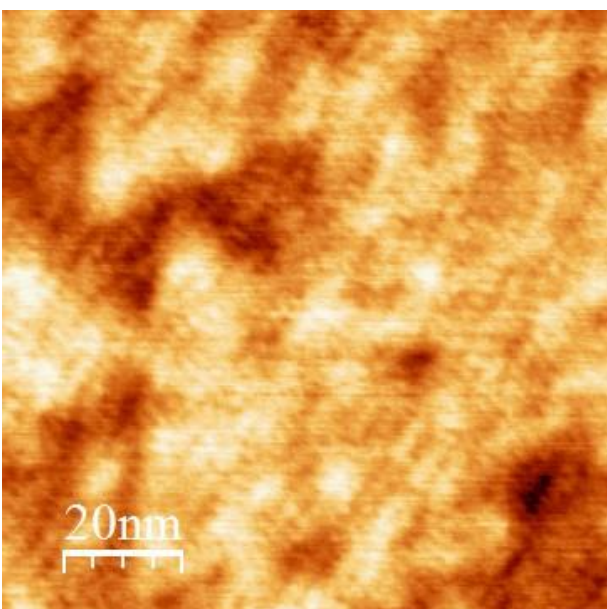


Figure 3.1: image NC-AFM de la couche de mouillage.

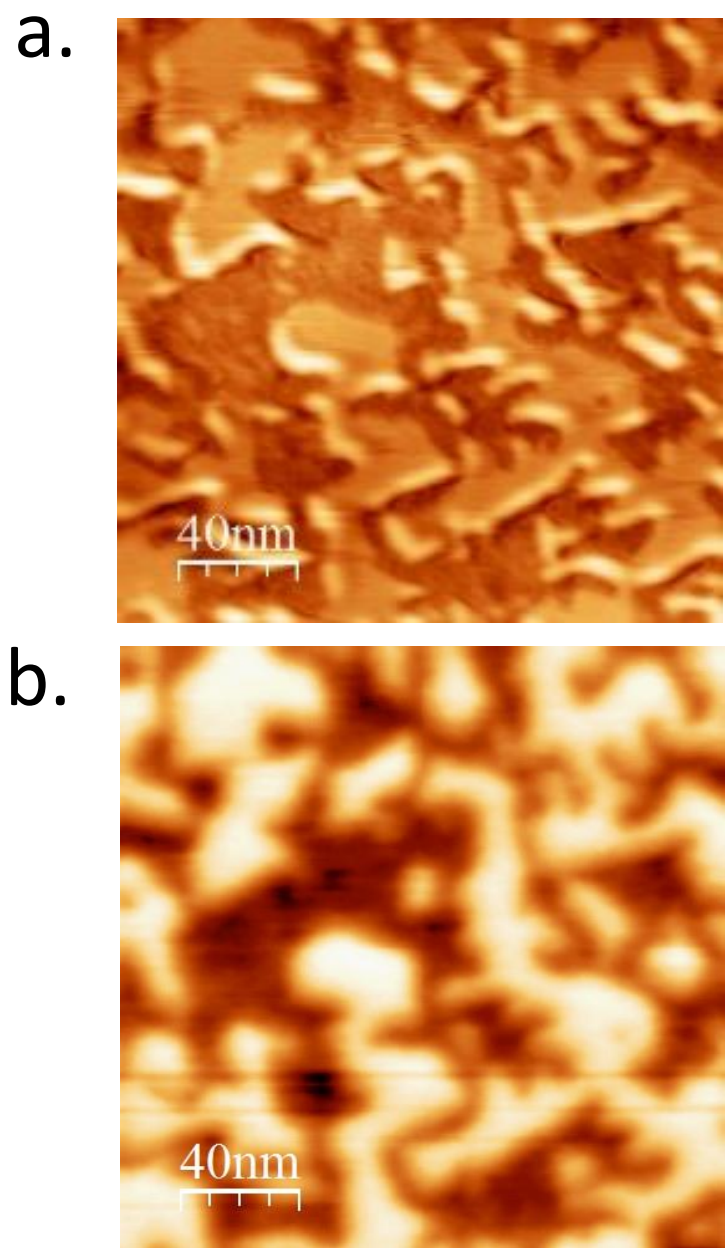


Figure 3.2: Images des îlots de Mg: (a) NC-AFM, (b) KPFM.

Dépôts Ag et Au sur AlN(0001) avec et sans contamination

Le dépôt de l'Au et l'Ag a révélé que la **qualité de la surface d'AlN** pouvait influencer le mode de croissance. Si le dépôt des métaux est effectué après un certain laps de temps (1 jour), le mode de croissance est de **type 3D** dans les 2 cas, (fig 4.1).

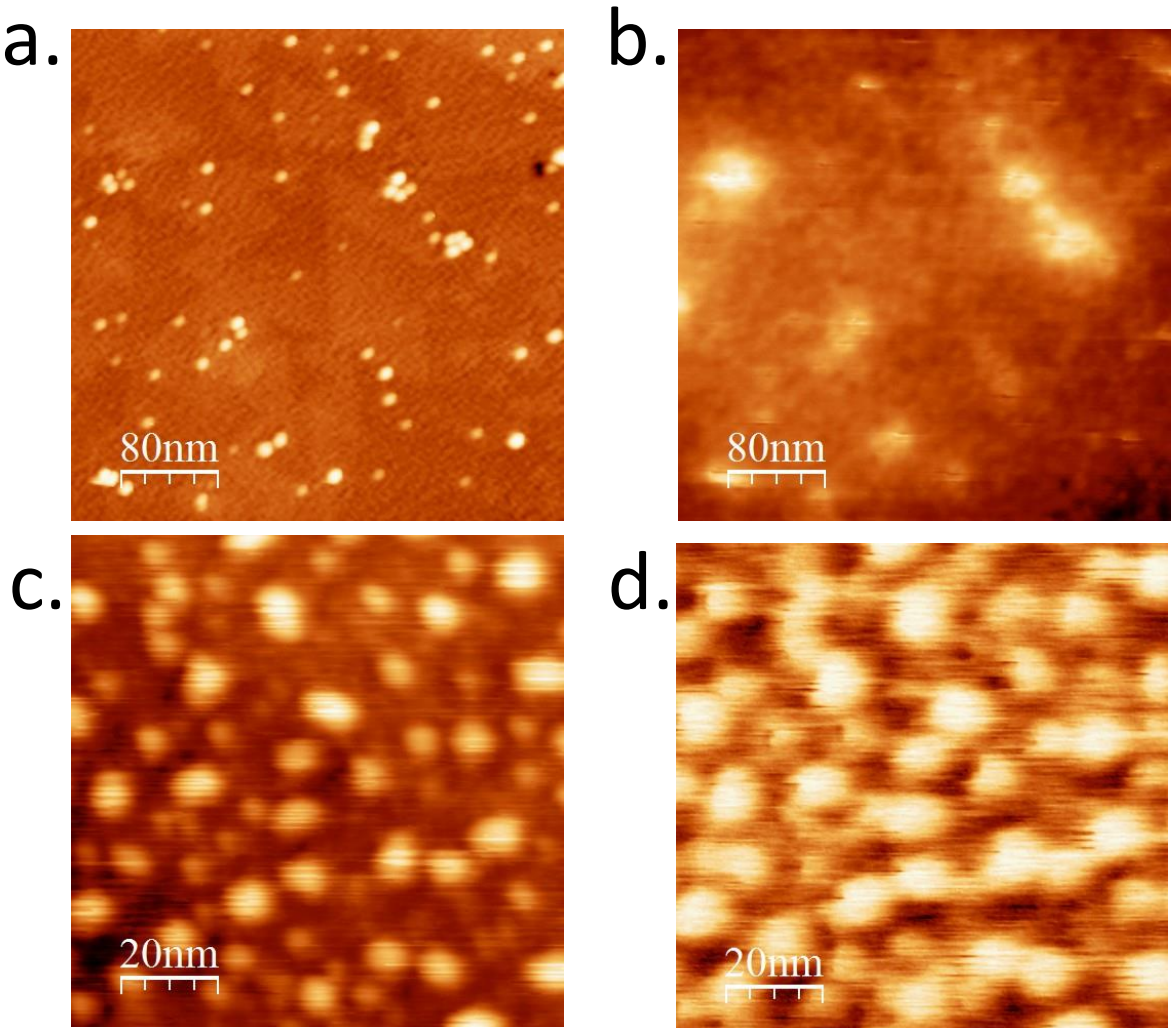


Figure 4.1: Îlots d'argents (a,b) et d'or (c,d) sur une surface AlN contaminée. (a,c) images NC-AFM, (b,d) images KPFM.

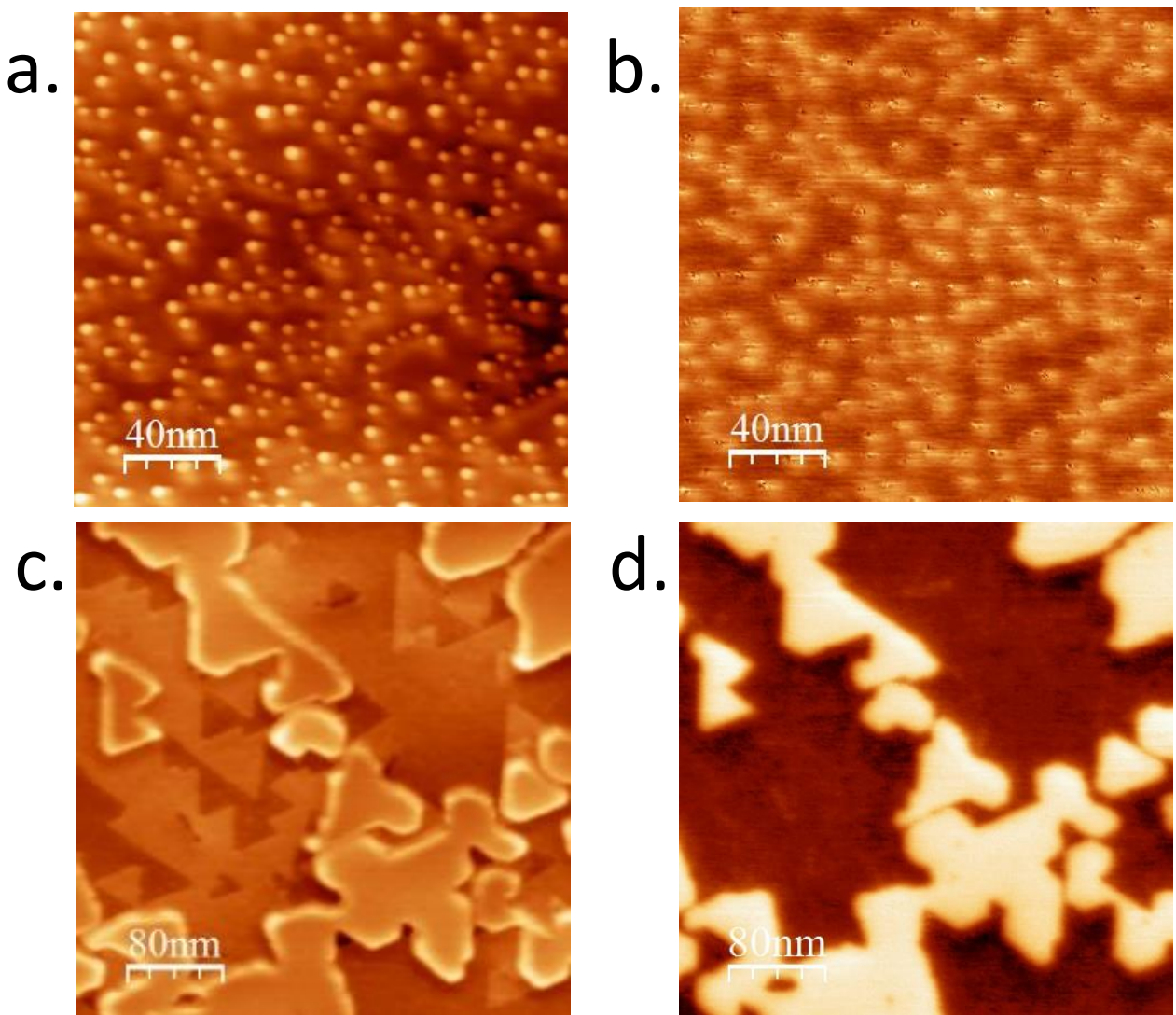


Figure 4.2: Îlots d'argents (a,b) et d'or (c,d) sur une surface d'AlN propre. (a,c) images NC-AFM, (b,d) images KPFM.

Si le dépôt d'Ag est effectué immédiatement après la préparation de la surface reconstruite (2x2) et parfaitement propre, le mode de croissance reste **3D** mais avec une certaine organisation (fig 4.2 (a,b)). Dans le cas de l'Au, la croissance est **2D**, et on observe de **large îlots isolés**, dont la hauteur est d'une **monocouche d'Au** (fig 4.2 (a,b)).

Résolution atomique des îlots d'Au/AlN(0001) et effet de charge

A 4K, on observe en NC-AFM un **moiré** avec une périodicité de 21,9 Å et la **résolution atomique** de la couche d'Au avec une distance entre deux atomes d'Au de 2,73±0,1 Å (5.1 (a)). Le cliché Rheed montre les raies associées au moiré et celles associées à l'Au.

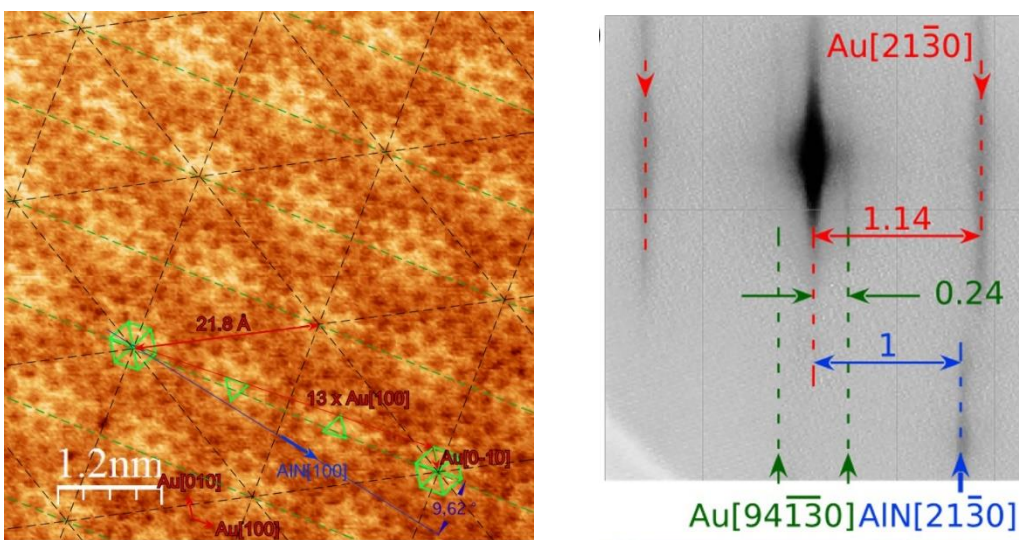


Figure 5.1: (a) image NC-AFM à basse température avec résolution atomique de l'Au. (b) cliché Rheed.

Topo

Kelvin

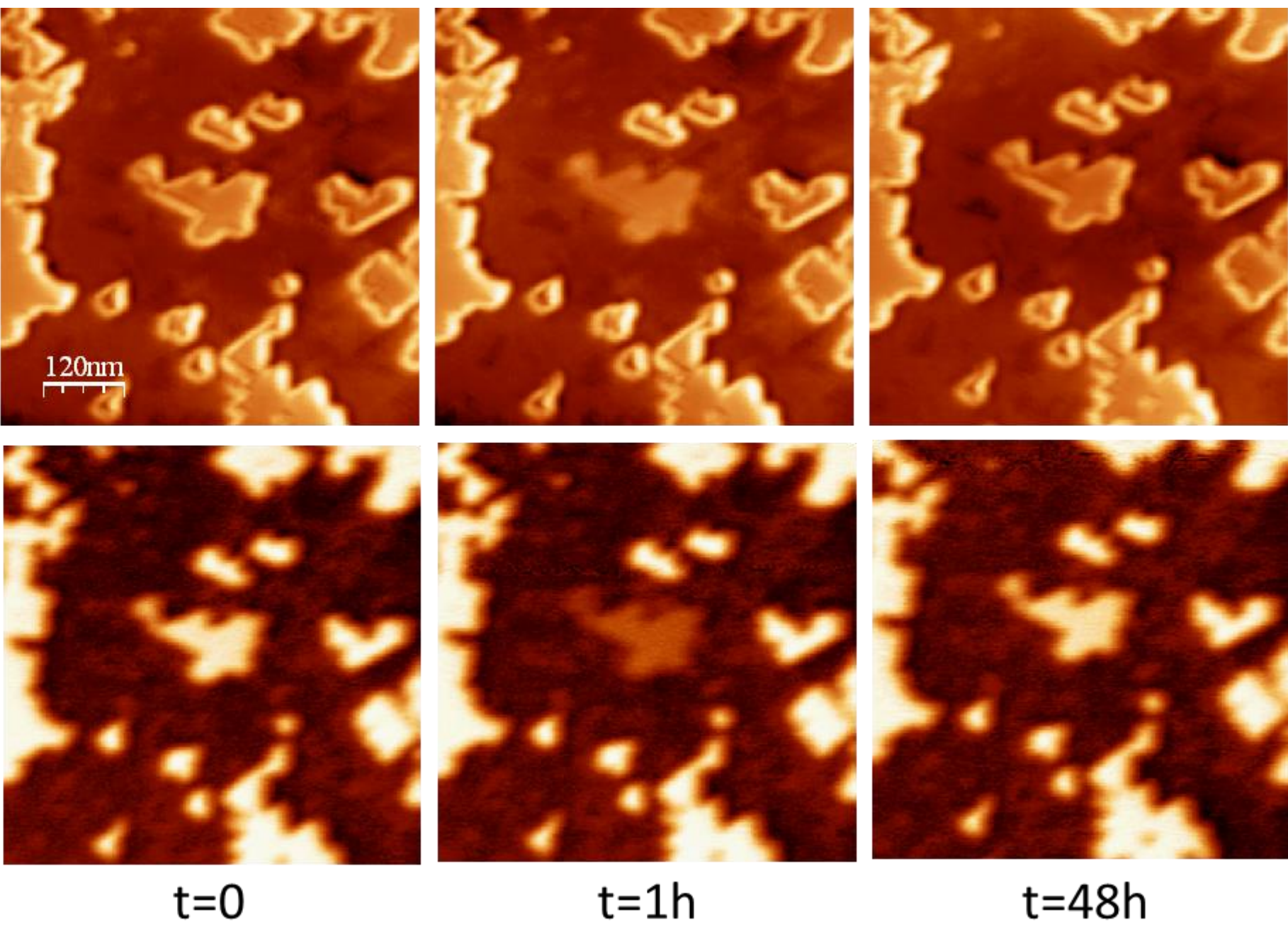
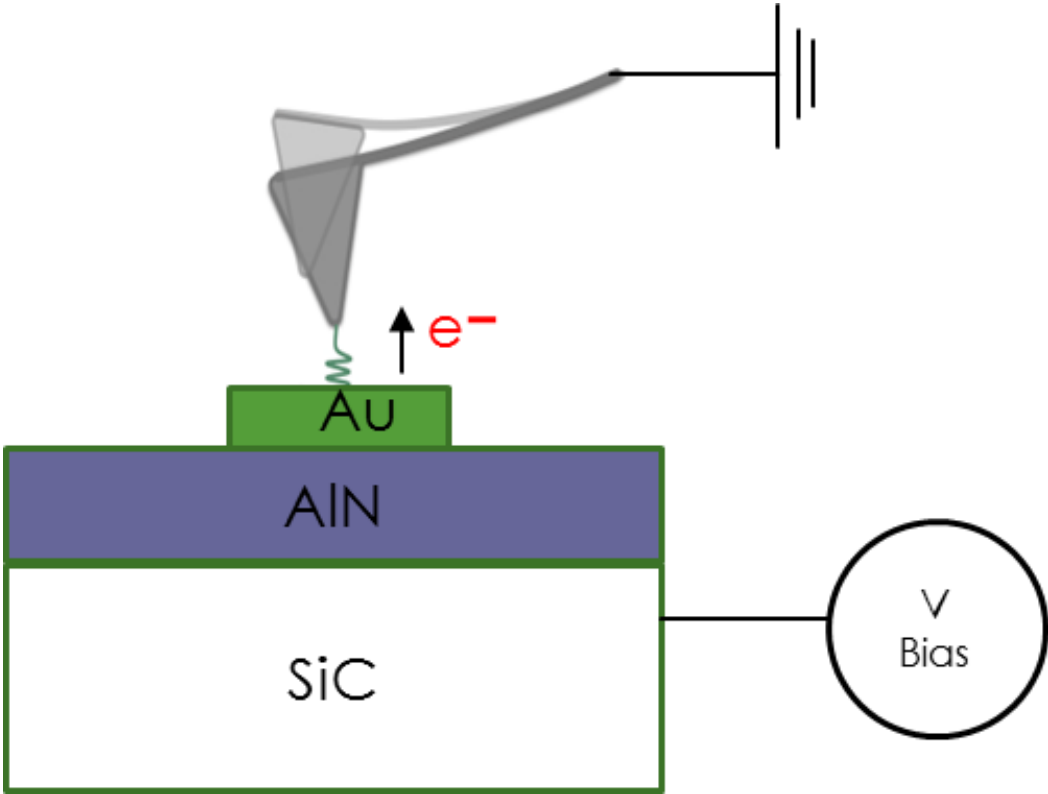


Figure 5.2: Expérience de charge d'un îlot avec la pointe NC-AFM.



Perspectives

La modification du potentiel électrostatique permet d'utiliser les îlots métalliques Au/AlN(0001) comme réservoirs locaux de charges ouvrant la voie à des expériences originales telles que l'étude du transfert de charges à travers un fil moléculaire reliant deux réservoirs mis à deux potentiels différents.

