



HAL
open science

Profilométrie par ps-LIBS d'un échantillon de tungstène déposé par PVD

Aurélien Favre, Arnaud Bultel, Saïd Idlahcen, Gilles Godard, Mathilde Diez,
Christian Grisolia

► **To cite this version:**

Aurélien Favre, Arnaud Bultel, Saïd Idlahcen, Gilles Godard, Mathilde Diez, et al.. Profilométrie par ps-LIBS d'un échantillon de tungstène déposé par PVD. Journées LIBS, Nov 2017, Saint-Etienne du Rouvray, France. hal-03011829

HAL Id: hal-03011829

<https://hal.science/hal-03011829v1>

Submitted on 18 Nov 2020

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.



Profilométrie par ps-LIBS d'un échantillon de tungstène déposé par PVD.

Aurélien FAVRE¹, Arnaud BULTEL^{1,‡}, Saïd IDLAHCEN¹, Gilles GODARD¹, Mathilde DIEZ² & Christian GRISOLIA².

¹ CORIA, UMR CNRS 6614, Université de Rouen, 76801 Saint-Etienne du Rouvray, FRANCE

² IRFM, CEA Cadarache, 13108 Saint-Paul lez Durance, FRANCE

‡ arnaud.bultel@coria.fr

INTRODUCTION & OBJECTIFS.



$e = 15,9 \mu\text{m}$

Dépôt W
Substrat CuCrZr

Photographie et schéma de l'échantillon étudié.

Processus de redépôt sur les parois du déflecteur du tokamak.

Le réacteur est constitué de tuiles en tungstène permettant d'obtenir un plasma stable. Lorsque le plasma est produit, ces tuiles sont soumises à des contraintes radiatives et mécaniques suffisamment importantes pour arracher des atomes de W. L'ensemble des constituants du réacteur est donc exposé à un dépôt de tungstène. La chambre réactive doit être maintenue à des niveaux de pression particuliers, un système de pompage est donc nécessaire. Un déflecteur (*baffle*) permet une protection de ces groupes de pompage. La surface externe (au sein de la chambre) de ce déflecteur est composée d'un alliage de cuivre, chrome et de zirconium. Après fonctionnement du réacteur, le déflecteur est couvert d'une couche déposée de tungstène.

Échantillon provenant du CEA Cadarache.

Le Commissariat à l'Énergie Atomique de Cadarache nous a fourni un échantillon représentatif de la surface exposée au plasma de fusion du déflecteur après fonctionnement du réacteur. Cet échantillon est composé d'un dépôt de tungstène obtenu par PVD (*Physical Vapor Deposition*) sur un substrat de cuivre, chrome, zirconium (*CuCrZr*).

Étude et finalités.

Nous nous sommes donc intéressés à la dynamique d'ablation en régime picoseconde de cet échantillon en vue de développer une méthode de décapage laser de ce dépôt de tungstène. Ce procédé se doit d'être parfaitement contrôlé pour ne pas endommager la tête du déflecteur. Nous avons donc mis en place un contrôle pointu de la zone ablatée en temps réel par LIBS (*Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*).

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL.

PRÉSENTATION DE NOTRE PLATEFORME MULTIDIAGNOSTICS : PLEIADES.

Les sources laser :

Source picoseconde : EKSPLA PL - 2251 [$\lambda = 355 \text{ nm}$ (14 mJ, pol. verticale), $\lambda = 532 \text{ nm}$ (20 mJ, pol. horizontale), $\lambda = 1064 \text{ nm}$ (34 mJ, pol. verticale) ; 10 Hz ; 30 ps ; 0,04 mrad].

Source nanoseconde : QUANTA-RAY Spectra Pro 250 [$\lambda = 355 \text{ nm}$ (420 mJ, pol. verticale), $\lambda = 532 \text{ nm}$ (800 mJ, pol. verticale), $\lambda = 1064 \text{ nm}$ (1,4 J, pol. verticale) ; 10 Hz ; 2 - 10 ns ; 0,5 mrad].

La lentille : Celle-ci permet une variation de la fluence au niveau de la surface de l'échantillon (de $f = 5 \text{ cm}$ à $f = 50 \text{ cm}$).

La chambre : Celle-ci permet d'effectuer des tirs sous basse pression ($P_{\text{min}} \approx 0,3 \text{ Pa}$) ou dans des atmosphères autres que l'air.

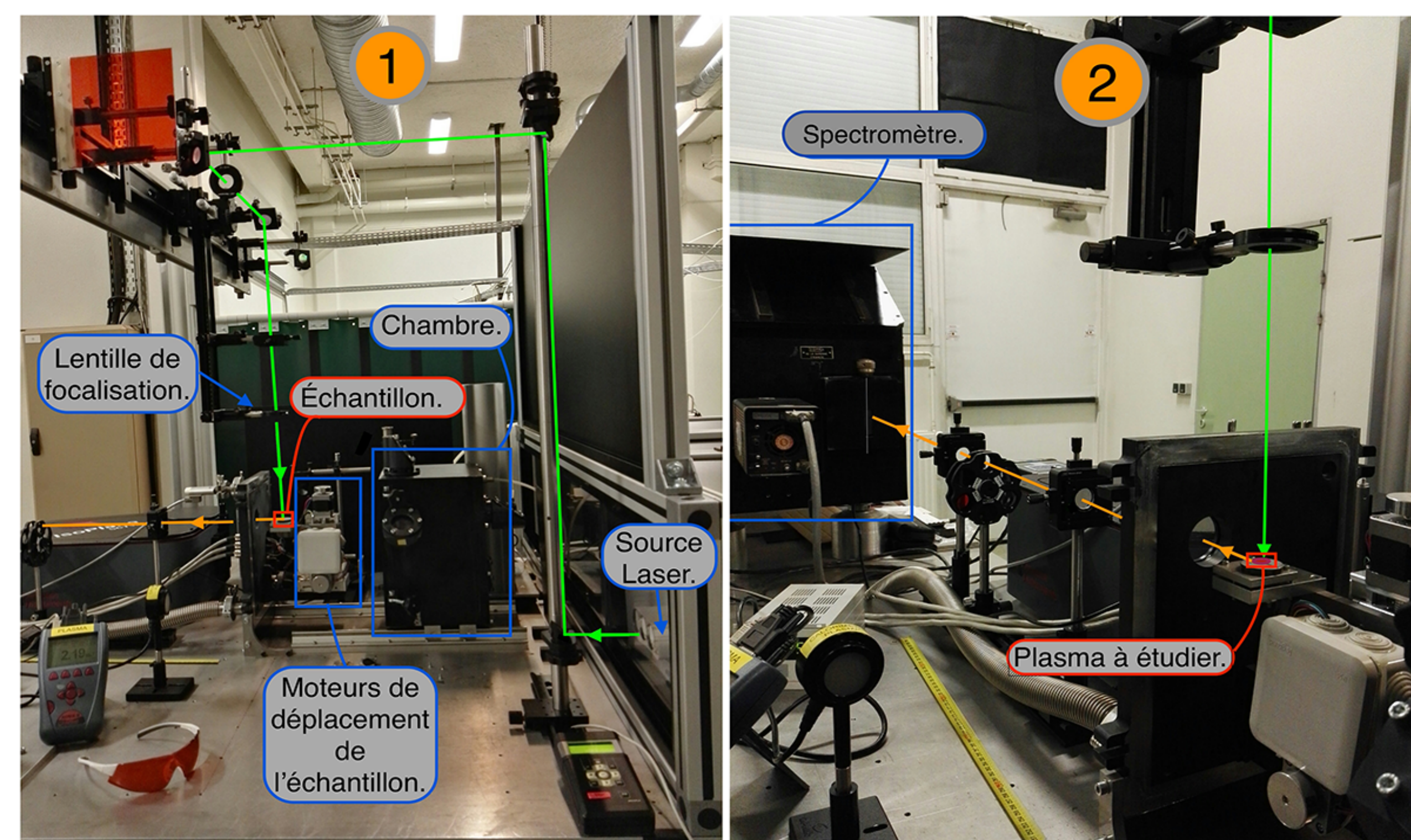
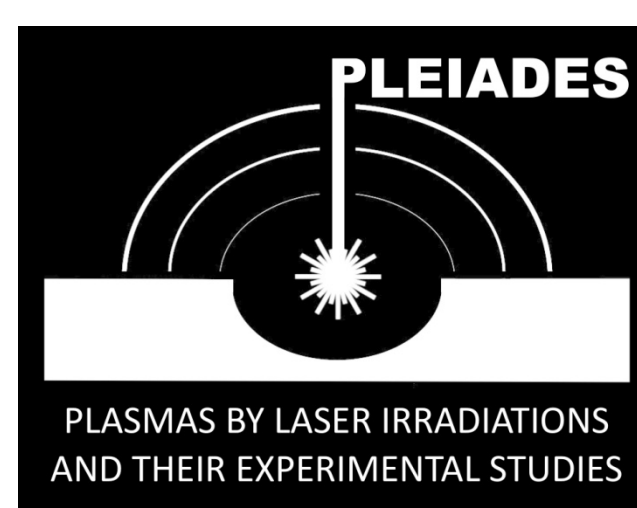
Le système de pompage : Celui-ci est constitué d'une pompe primaire et d'une pompe secondaire turbomoléculaire ($Q_v \text{ pompage} \approx 5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

Les moteurs : Ils permettent une localisation spatiale dans les trois directions (x,y,z) au millième de millimètre près.

Les spectromètres :

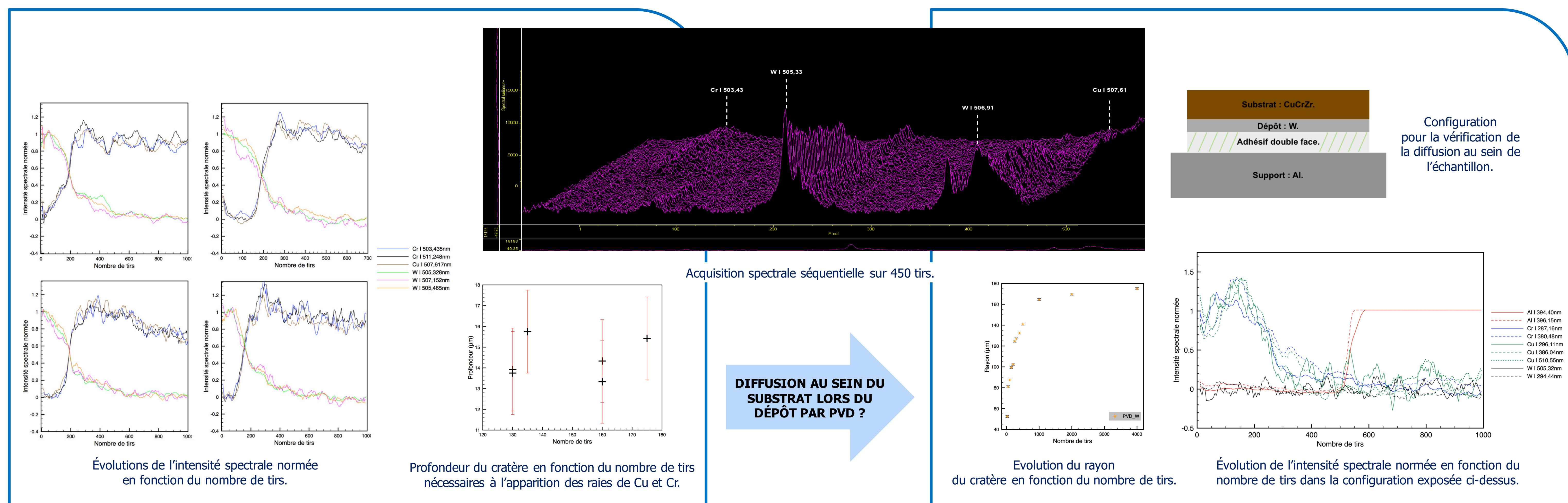
Spectromètre Ebert-Fastie : $f = 2 \text{ m}$; ouverture : $f / 15$; réseau : $1200 \text{ t} \cdot \text{mm}^{-1}$; résolution : 0,05 nm à 700 nm. Caméra ICCD PI-MAX 2 : 400 nm - 800 nm, gate minimum : 1 ns.

Spectromètre Czerny-Turner : $f = 0,32 \text{ m}$; ouverture : $f / 4,6$; réseaux : 600, 2400, $3600 \text{ t} \cdot \text{mm}^{-1}$; résolution : 0,08 nm à 700 nm. Caméra ICCD PI-MAX 4 : 110 nm - 400 nm, gate minimum : 1 ns.



Photographies de la plateforme PLEIADES (lecture de 1 vers 2).

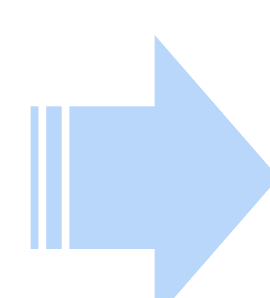
RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.



- Aucune trace de tungstène au sein du substrat n'est détectée, on en conclut qu'il n'y a pas de diffusion lors du dépôt par PVD.
- L'interface dépôt/substrat est clairement identifiée, le décapage est donc contrôlé très précisément.
- Le régime d'ablation est linéaire pour un faible nombre d'impulsions, le taux d'ablation par tir du tungstène déposé par PVD est donc déterminé.

CONCLUSION & PERSPECTIVES.

Un **suivi spectroscopique** du plasma induit par laser sur l'échantillon bicouche nous a permis de caractériser très précisément la **dynamique d'ablation** de chacune des couches. Afin d'optimiser le décapage, nous avons réduit la fluence résultante à la surface de l'échantillon en **défoquant** le faisceau, cela a permis une ablation radiale bien supérieure et un contrôle en profondeur encore plus fin.



- Un **second échantillon** avec une épaisseur de dépôt différente va être testé afin d'établir une première vérification des résultats.
- Il serait intéressant d'usiner un **échantillon de faible épaisseur** connue avec précision afin d'affiner le protocole expérimental et de tirer des conclusions définitives quant à la diffusion au sein du substrat.
- Nous prévoyons d'effectuer des tests complémentaires dans des **conditions expérimentales différentes** (niveaux d'énergie, durée et longueur d'onde de l'impulsion).