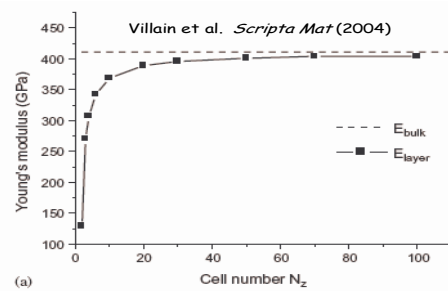
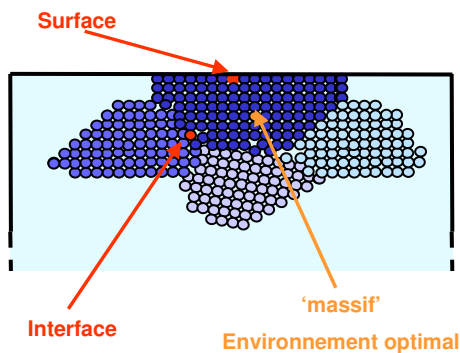


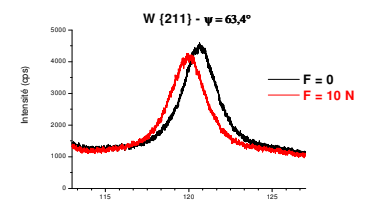
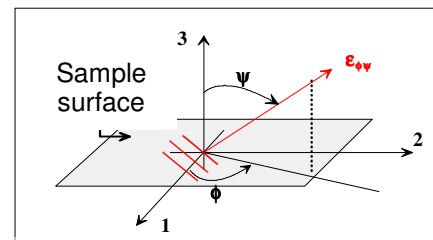
## Contexte de l'étude

### Influence de la microstructure



Les propriétés mécaniques des films minces peuvent être très différentes de celles du massif et ce d'autant plus que le rapport surface/volume est important. Nous allons jouer sur ce paramètre en considérant des systèmes comportant un nombre choisi d'interfaces (systèmes multicouches de périodes variables). Le choix de matériaux immiscibles permettra de travailler sur des systèmes modèles. L'effet de composition peut être considéré si l'on réalise un déséquilibre de la période de la multicouche en faveur de l'un des éléments (Girault et al. *Surface & Coatings Technology* 2006 in press).

### Rayonnement X (synchrotron) et mécanique



Elasticité linéaire  
Matériaux isotropes  
Contraintes planes

Relation linéaire

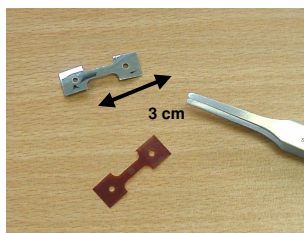
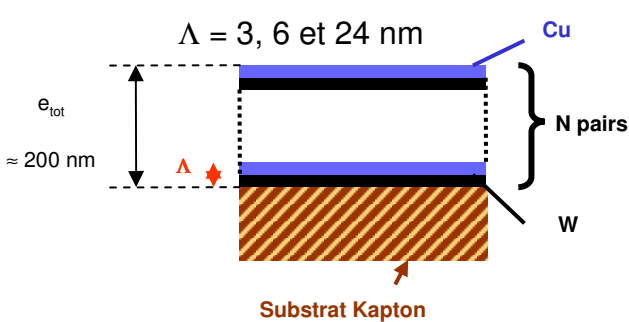
$$\epsilon = \ln \left( \frac{a_{\psi}}{a_0} \right) = \frac{1+\nu}{E} \sigma_1 \sin^2 \psi - \frac{\nu}{E} (\sigma_1 + \sigma_2)$$

La mesure du déplacement des pics de diffraction des différentes phases présentes dans les films minces permet de mesurer les déformations. Connaissant les contraintes appliquées, les propriétés mécaniques des films ( $E$ ,  $\nu$ , contrainte de rupture, etc.) peuvent être déterminées.

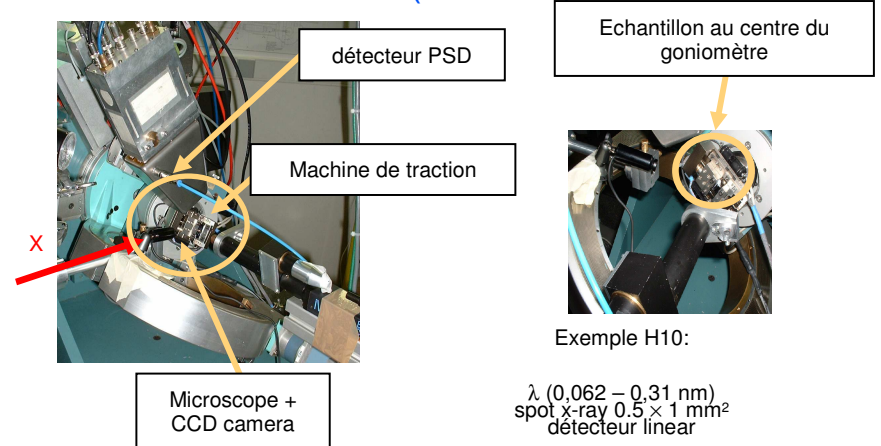
## Echantillons / Montage expérimental

### Échantillons

films multicouche PVD W/Cu



### traction in-situ : DIFFABS (SOLEIL) ex H10

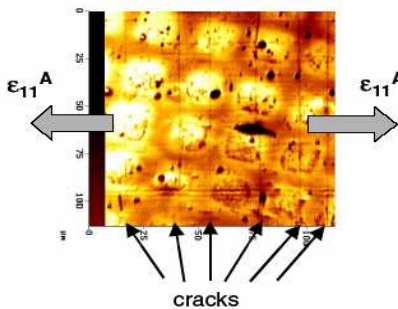
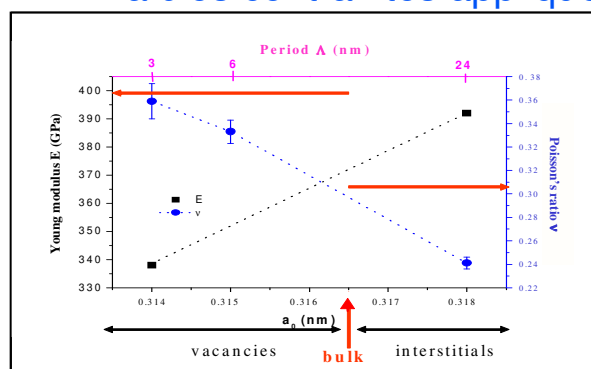


Les systèmes étudiés sont des multicouches de période nanométrique composés de deux matériaux immiscibles (2-20 nm), comme le système W/Cu, avec des périodes symétriques en faisant varier la période sur plus d'un ordre de grandeur (1nm/1nm, 2/2, 4/4, 8/8) et dissymétriques (1.5/0.5, 3.5/0.5, 15.5/0.5). Ces dépôts sont réalisés à l'aide d'une machine magnétron permettant de réaliser facilement des dépôts d'épaisseur allant jusqu'au micron. D'autres modes de dépôt, notamment avec une machine de pulvérisation ionique directe, permettent de réaliser des dépôts d'épaisseur plus faible jusqu'à 200 nm.

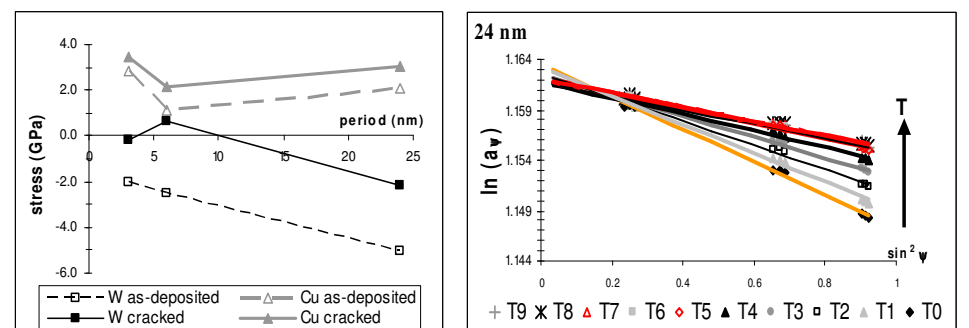
Des essais de traction in-situ seront d'abord initiés dans les diffractomètres du LMP et du LPMTM. Ils permettront de réaliser les tests préliminaires, de vérifier le bon fonctionnement de la nouvelle machine de traction sur la ligne DIFFABS (synchrotron SOLEIL). Une machine de traction bi-axiale est en cours de développement au LPMTM pour être adaptée sur les diffractomètres de laboratoire et de DIFFABS (actuellement en phase de démarrage).

## Résultats préliminaires

### Faibles contraintes appliquées



### Fortes contraintes appliquées



Lorsque le période de la multicouche diminue, on observe un adoucissement du module du tungstène et une augmentation du coefficient de Poisson. Dans le cas d'une forte contrainte appliquée, on observe une rupture de l'échantillon alors que le tungstène est encore en compression, l'initiation de la rupture se faisant dans le cuivre.

## Conclusions et Perspectives

Le couplage de la diffraction des rayons X (en laboratoire ou sur synchrotron) permet de suivre l'évolution des phases présentes dans les systèmes multicouches. Des effets de taille sur la réponse élastique ou des phénomènes de rupture peuvent être mis en évidence. Les premiers résultats montrent que la tenue à la rupture est dominée par le cuivre. Des caractérisations morphologiques (TEM, X) sont envisagées pour prendre en compte les effets de l'anisotropie introduite par les modes d'élaboration et le rôle des interfaces entre les couches ou entre les grains dans la modélisation (homogénéisation, éléments finis).

E. Le Bourhis\*, P. -O. Renault, G. Geandier (post-doc ANR), P. Villain, P. Goudeau, B. Girault, J. Pacaud, P Guérin  
LMP, UMR 6630 CNRS, Université de Poitiers, France  
\*eric.le.bourhis@univ-poitiers.fr

O. Castelnaud, R. Chiron, R. Randriamazaoro (ing ANR)  
LPMTM-CNRS, Université Paris-Nord, Villetaneuse, France  
D. Thiaudière  
Synchrotron SOLEIL, Gif sur Yvette, France