

## Diffraction par des réseaux lamellaires multicouches : application à la réalisation d'un polychromateur X-UV

K. Krastev\*, F. Leguern\*\*\*, K. Coat\*, R. Barchewitz\*, J.-M. André\*, M.-F. Ravet\*\*\*, E. Cambriil\*\*\*, F. Rousseaux\*\*\* et P. Davi\*\*\*\*

\* Laboratoire de Chimie Physique, Groupe Optique X, Université Pierre et Marie Curie, CNRS UA 176, 11 rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris cedex 05, France

\*\* CEA-DAM, Service CEM, 91680 Bruyères-le-Châtel, France

\*\*\* CNRS-L2M, 196 avenue H. Ravera, 92220 Bagneux, France

\*\*\*\* SFIM, 14 rue P. Dautier, 78140 Vélizy-Villacoublay, France

**Résumé:** Le principe de la diffraction par un réseau lamellaire gravé dans miroir multicouche est exposé. Un tel réseau a été réalisé en combinant les techniques de dépôt de couches minces, de lithographie électronique et de "gravure plasma". Une application originale de ce dispositif, appelée "polychromateur", est présentée.

### 1. RESEAUX LAMELLAIRES GRAVES DANS UNE STRUCTURE MULTICOUCHE

Les réseaux lamellaires gravés dans des structures multicouches constituent un système doublement périodique présentant une périodicité en profondeur correspondant à l'empilement multicouche et une périodicité latérale correspondant à la gravure. Un réseau lamellaire est susceptible de diffracter un rayonnement de longueur d'onde  $\lambda$  incident perpendiculairement aux traits lorsque les conditions scalaires de Laue suivantes sont satisfaites simultanément (voir figure 1):

$$\sin \theta + \sin \theta_0 = m \frac{\lambda}{d} \quad (1)$$

$$\cos \theta - \cos \theta_0 = p \frac{\lambda}{D} \quad (2)$$

Les angles  $\theta_0$  et  $\theta$  sont respectivement les angles d'attaque et de détection.  $d$  et  $D$  les périodes de la multicouche et du réseau;  $m$  est l'ordre de diffraction de la multicouche et  $p$  celui du réseau.

En combinant (1) et (2), on en déduit la loi de Bragg généralisée:

$$\sin \theta_0 \left[ 1 + \sqrt{1 - 2 \frac{\cos \theta_0}{\sin^2 \theta_0} p \frac{\lambda}{D} - \frac{1}{\sin^2 \theta_0} \left( p \frac{\lambda}{D} \right)^2} \right] = m \frac{\lambda}{d} \quad (3)$$

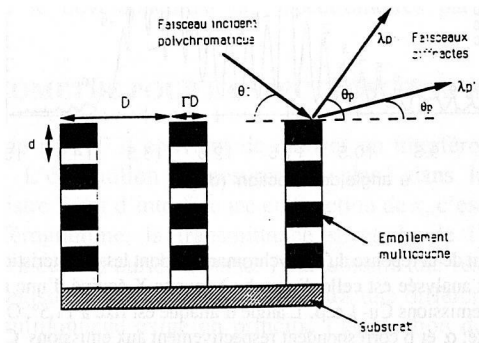


Figure 1: Principe de la diffraction par un réseau lamellaire d'amplitude gravé dans une structure multicouche.

## 2. POLYCHROMATEUR X-UV

Cette dépendance de l'efficacité de diffraction vis à vis de  $\lambda$ ,  $\theta_0$  et  $p$  peut être exploitée pour concevoir un "polychromateur": pour un rayonnement incident polychromatique, on conçoit que pour  $\theta_0$  fixé, la relation (3) peut être satisfaite pour plusieurs couples  $(\lambda, p)$ . Chaque faisceau émergeant à un angle  $\theta_p$  correspond à l'ordre  $p$  et à longueur d'onde  $\lambda_p$  donnée par:

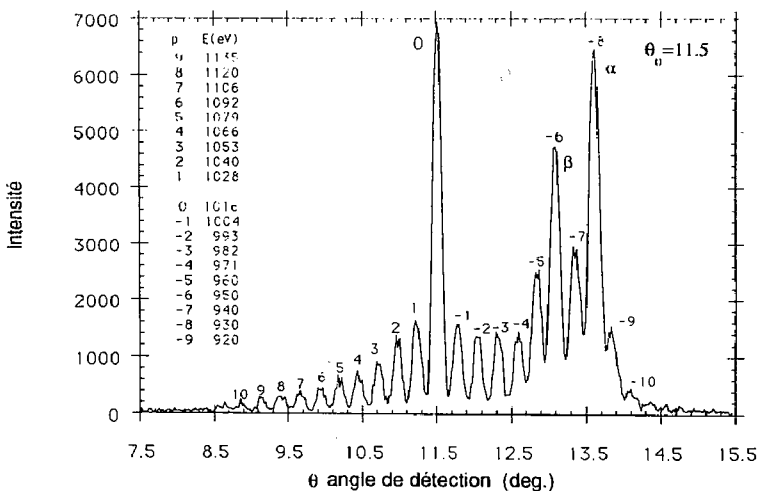
$$\lambda_p = 2 \left[ \frac{m}{d} \sin \theta_0 - \frac{p}{D} \cos \theta_0 \right] \sqrt{\left( \frac{m}{d} \right)^2 + \left( \frac{p}{D} \right)^2} \quad (4).$$

Ce polychromateur fonctionnant à incidence fixe peut être considéré comme un système qui échantillonne la distribution spectrale du rayonnement incident à un intervalle de longueur d'onde

$$\delta\lambda \text{ donné par: } \delta\lambda = \frac{2 d^2 \cos \theta_0}{m^2 D} \quad (5).$$

Nous avons utilisé ce type d'échantillonneur pour analyser le spectre d'un tube à rayons X équipé d'une cible de Cu, au voisinage des émissions Cu-  $L_{\alpha, \beta}$ . La structure multicouche est constituée d'un empilement de 115 bicouches  $W/B_4C$  de période  $d=3,1$  nm gravé avec une période  $D$  de  $1,33 \mu\text{m}$ . et un rapport cyclique  $\Gamma$  de 0,1. La figure 2 donne un exemple de la réponse de ce polychromateur pour la source décrite ci-dessus, avec un angle d'attaque fixé à  $11,5^\circ$

Un tel système peut se révéler intéressant comme séparateur de faisceau ou comme échantillonneur spectral pour source impulsionnelle car il ne nécessite pas de déplacement mécanique au cours de l'acquisition.



**Figure 2:** Enregistrement de la réponse du "polychromateur" dont les caractéristiques sont données dans le texte. La source de rayonnement analysée est celle d'un tube à rayons X équipé d'une anode de cuivre. L'analyse est réalisée dans la région des émissions Cu-  $L_{\alpha, \beta}$ . L'angle d'attaque est fixé à  $11,5^\circ$ . On a indiqué en encart les ordres  $p$  et l'énergie correspondante:  $\alpha$  et  $\beta$  correspondent respectivement aux émissions Cu-  $L_{\alpha}$  et Cu-  $L_{\beta}$