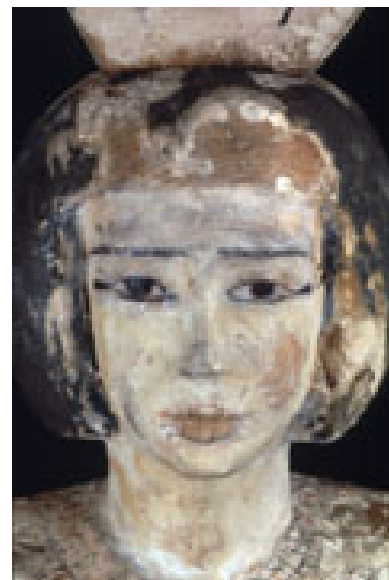


## Les formulations cosmétiques à base de plomb de la beauté dans l'Égypte ancienne

Les fouilles de certaines tombes égyptiennes ont permis de découvrir des récipients encore remplis de produits cosmétiques principalement formulés avec des composés du plomb.



1) Un flacon de fard est d'abord radiographié par un faisceau de rayons X monochromatiques et parallèles de longueur d'onde :

$\lambda_0 = 0,154 \text{ nm}$  et d'intensité  $\Phi_0$ .

a) Quelle est l'énergie des photons (en J ou en eV) ?

b) Pour ce rayonnement, les coefficients d'absorption linéaire sont :

$\mu_{\text{plomb}} = 1\,000 \text{ cm}^{-1}$

$\mu_{\text{terre}} = 2 \text{ cm}^{-1}$

- Quelle est l'atténuation  $\Phi_1/\Phi_0$  d'un faisceau de rayons X après traversée d'une épaisseur :  $x_1 = 1 \text{ cm}$  de terre ?
- Quelle est l'atténuation  $\Phi_2/\Phi_0$  d'un faisceau de rayons X après traversée d'une épaisseur :  $x_2 = 0,1 \text{ mm}$  de plomb ?
- Quelle est l'atténuation  $\Phi_3/\Phi_0$  d'un faisceau de rayons X après traversée d'une épaisseur :  $x_1 = 1 \text{ cm}$  de terre et  $x_2 = 0,1 \text{ mm}$  de plomb ?

En déduire le contraste de la radiographie :  $C = \frac{\Phi_1 - \Phi_3}{\Phi_1 + \Phi_3}$

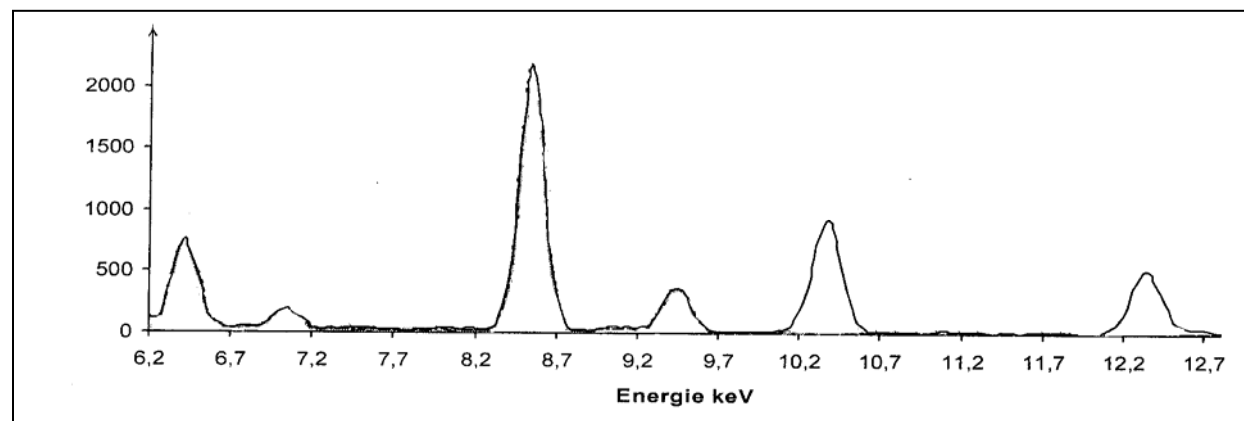
c) A quoi correspondent les zones plus claires de la radiographie ?



2) Pour connaître la composition chimique élémentaire des grains de la poudre, on utilise un faisceau de protons de 3 MeV provenant de l'*accélérateur AGLAE* (Accélérateur Grand Louvre d'Analyse Élémentaire).

a) Expliquer pourquoi, en pénétrant dans la matière, ces *protons* peuvent provoquer l'*émission de rayons X*.

b) L'*analyse PIXE* (Particle Induced X-ray emission : émission de rayons X induite par particules chargées) a permis de relever le spectre suivant :



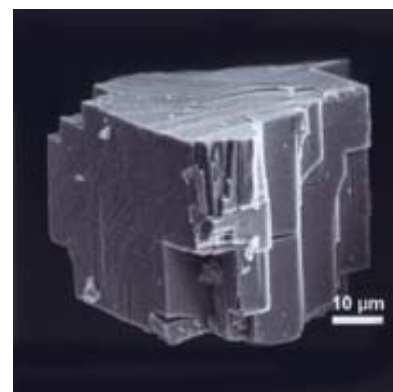
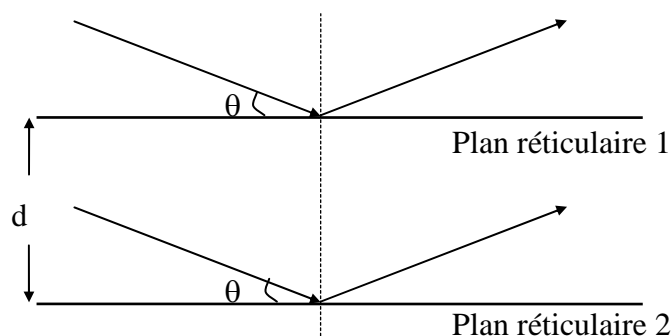
**Energie de liaison des électrons du plomb**

K	L	M	N
- 88,01 keV	- 13,03 keV	- 2,66 keV	- 0,68 keV

Sur ce spectre, quelles sont les 2 raies correspondant à l'émission de rayons X par le plomb ?

3) L'analyse élémentaire est insuffisante pour reconnaître les phases minérales. L'analyse structurale par **diffraction des rayons X** permet l'identification minéralogique. Parmi les composants, se trouve principalement la **galène PbS**, qui donne la teinte noire des fards.

a) A partir du schéma suivant, dire à quelles conditions les 2 rayons peuvent interférer de façon constructive et établir la relation de Bragg :  $2d \sin \theta = k \lambda$



b) Déterminer  $d$  si, pour :  $\lambda_0 = 0,154 \text{ nm}$ , on observe dans l'ordre 1 un maximum de lumière dans la direction :  $\theta = 16,2^\circ$ .

4) Pourrait-on dater ce pot de fard par la méthode du carbone 14 ? Justifier votre réponse.

**Références**

Centre de recherche et de restauration des musées de France : C2RMF  
 Numéro spécial « Pharmacie et archéologie » Mars 2003