

Atelier Régional de Caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire



Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire



Tél. : 05 57 12 08 88

e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

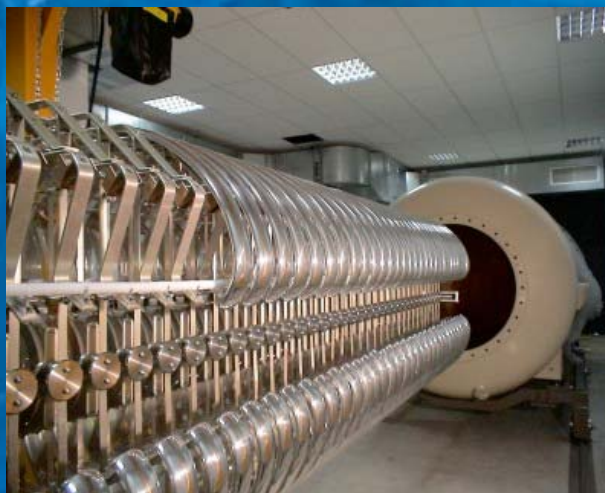
Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>

Atelier Régional de Caractérisation par
Analyse Nucléaire Élémentaire

AIFIRA - VDG



Pollution atmosphérique



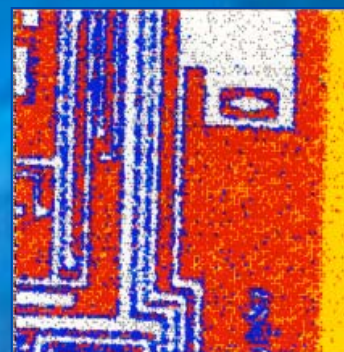
Matériaux nouveaux



Irradiations



Objets du patrimoine



Micro et nanofaisceaux



Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire

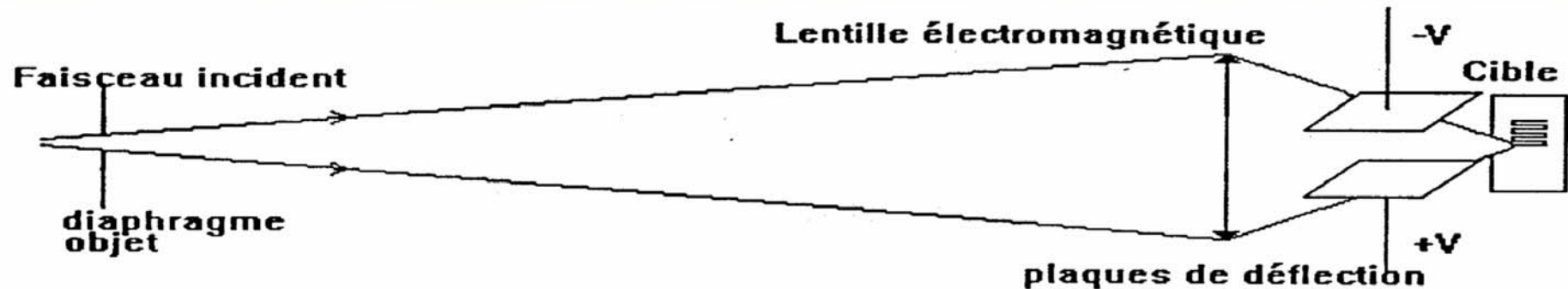
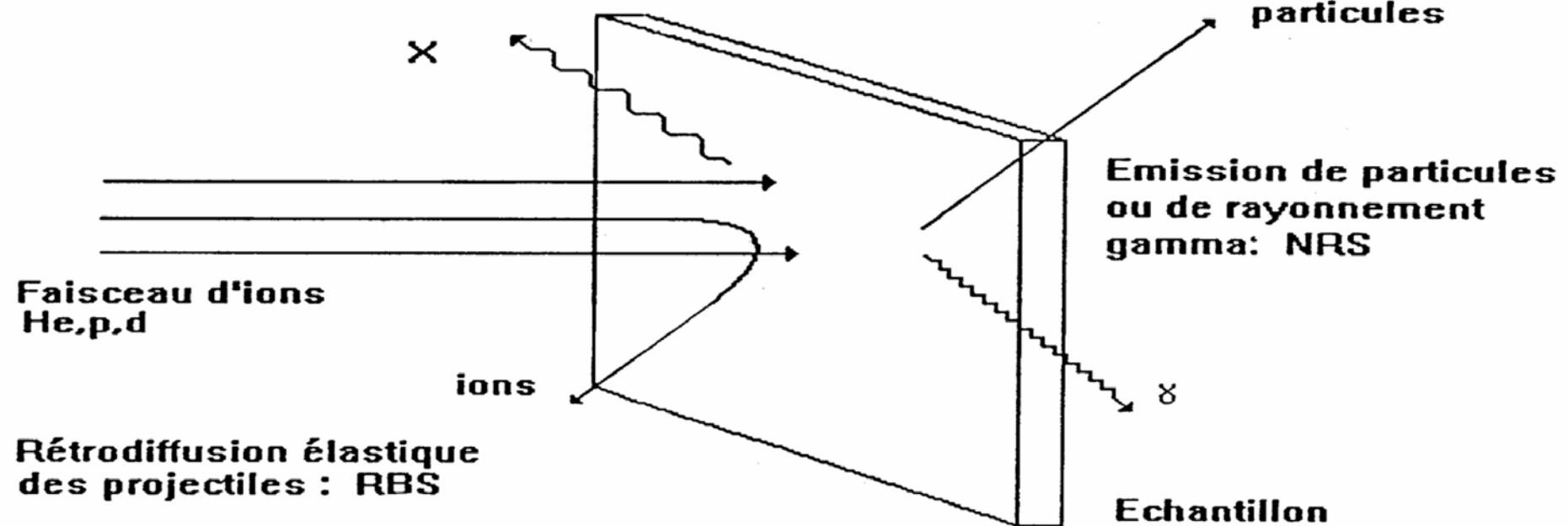
Tél. : 05 57 12 08 88

e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

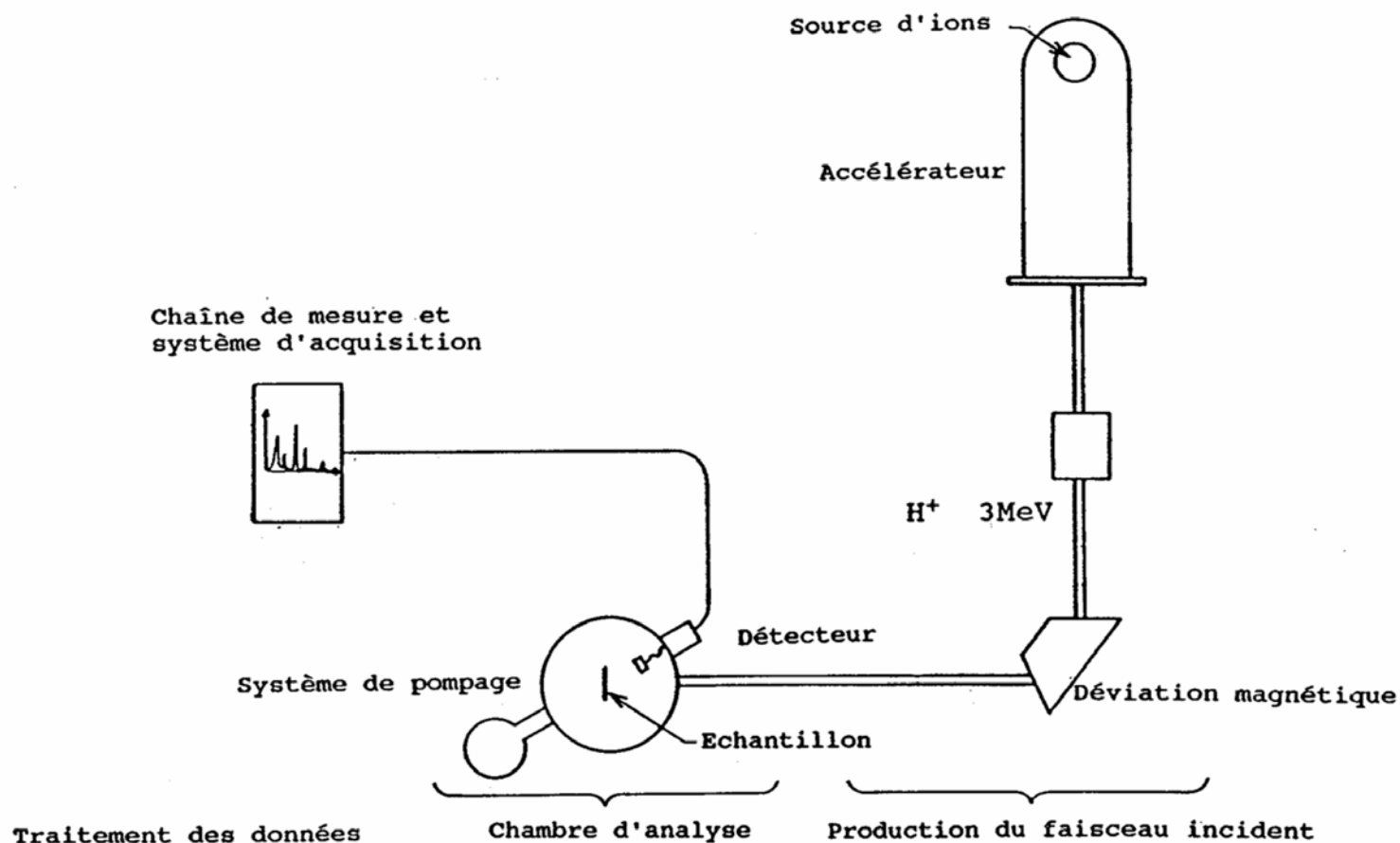
Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>

Les techniques analytiques

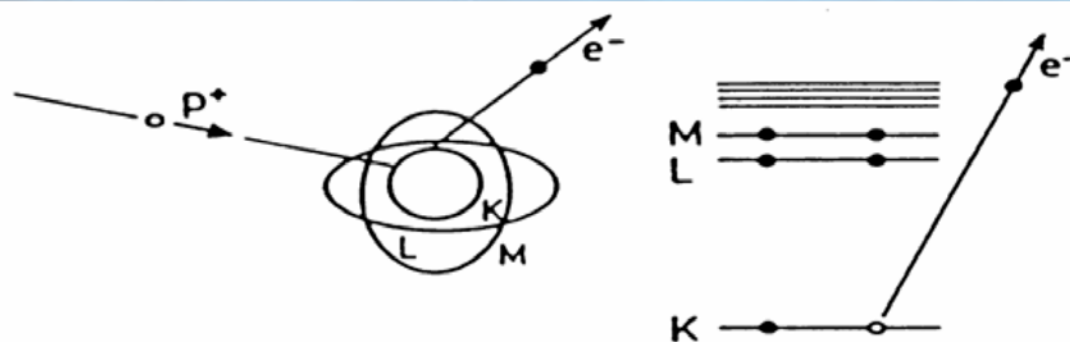
Emission de rayonnement X: PIXE



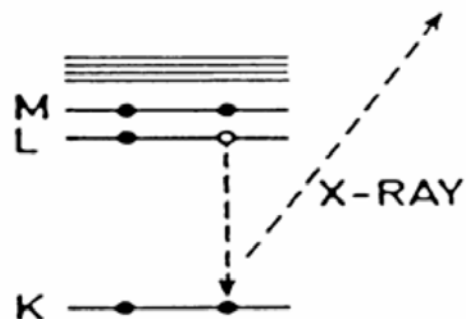
Systeme d'analyse



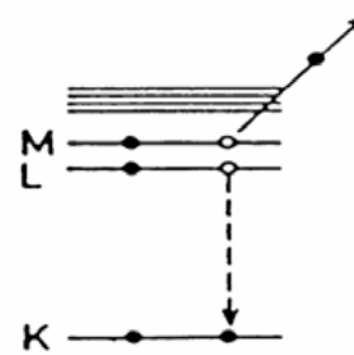
PIXE: Particle Induced X-ray Emission



a) K-SHELL IONIZATION



b) X-RAY EMISSION



c) AUGER ELECTRONS

PIXE: Particle Induced X-ray Emission

- Excitation de l'échantillon par un faisceau d'ions de quelques MeV
 - 1- Profondeur de pénétration
 - 2- Forte probabilité d'ionisation
 - 3- Bon rapport signal/bruit
- Identification des éléments.
- Dosage multi-élémentaire.



Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire

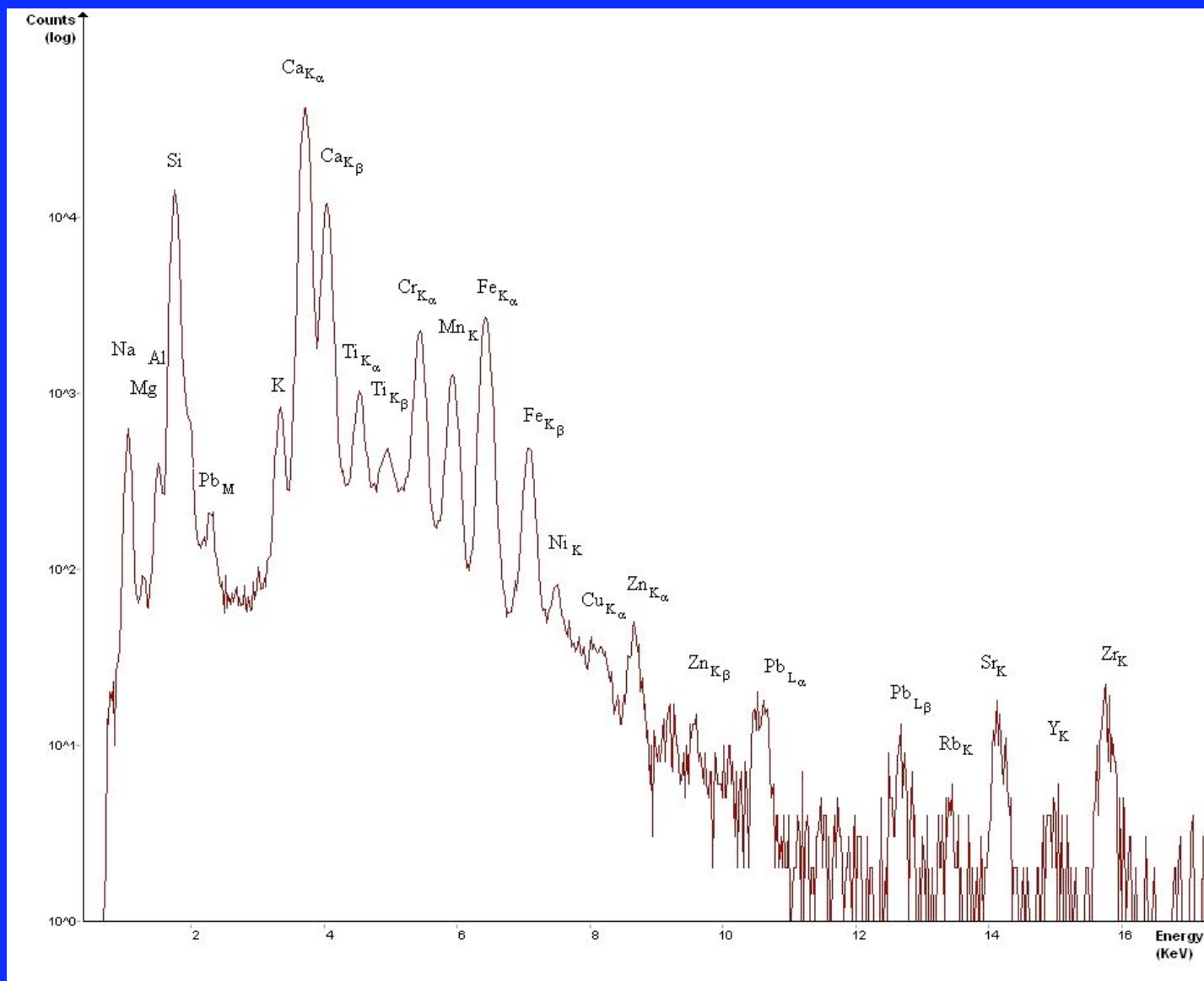


Tél. : 05 57 12 08 88

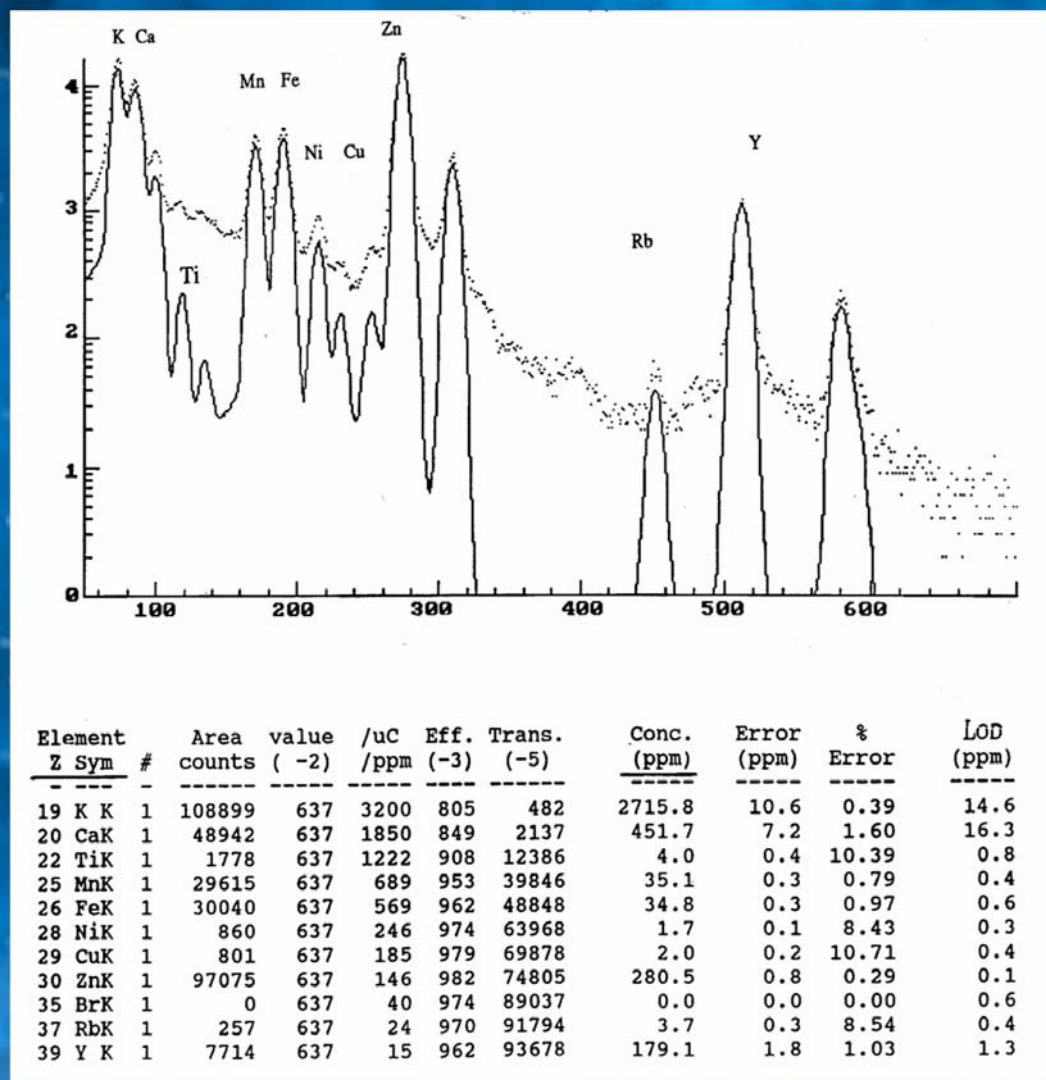
e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>

Exemple d'un spectre PIXE d'un verre



Dosage des minéraux dans un polymère



Caractéristiques de la méthode P.I.X.E

- Analyse non destructive et multi-élémentaire
 - Eléments de n° atomique > 11 (Na)
 - Sensibilité: quelques ppm
 - Précision: $\approx 10\%$
 - Profondeur analysée: de 2 à 40 μm
-
- **Métallurgie:** Contrôle de la stoechiométrie des alliages, recherche d'impuretés et des dopants.
 - **Electronique:** dosage des majeurs dans des couches minces
 - **Biologie:** recherche et dosage d'éléments traces dans des tissus, aliments ou végétaux.
 - **Environnement:** Etudes des minéraux et métaux dans les poussières fines en suspension dans l'air: recherche des sources de pollution.
 - **Géologie:** Recherche des constituants majeurs ou mineurs dans des minéraux, fossiles ou roches.

Recherche et dosage d'éléments traces



Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire

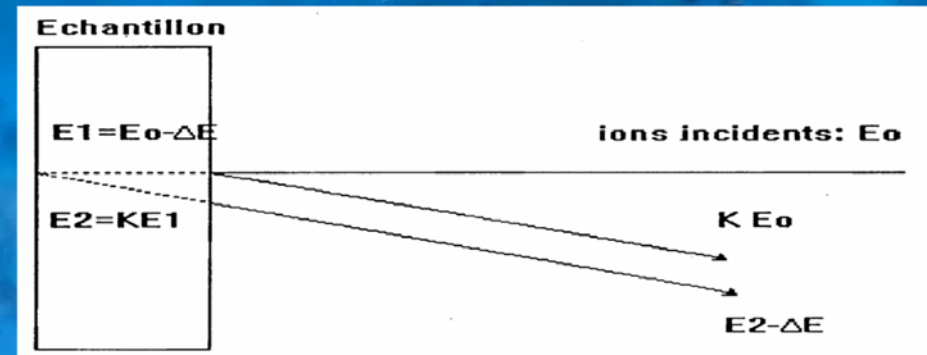
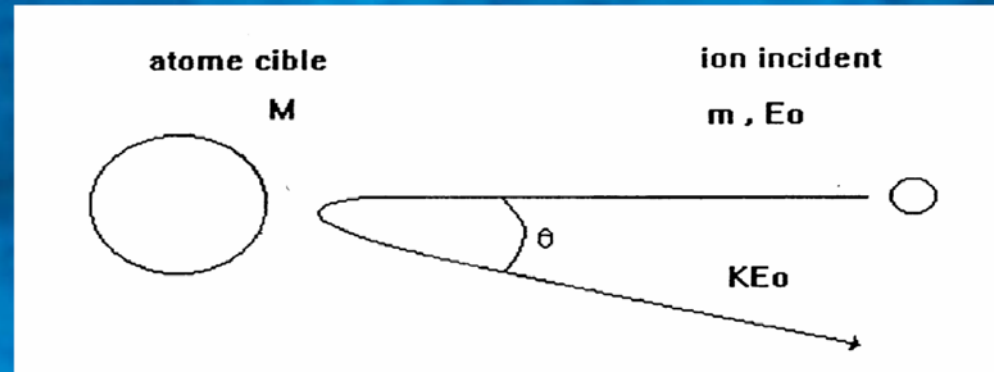
Tél. : 05 57 12 08 88

e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

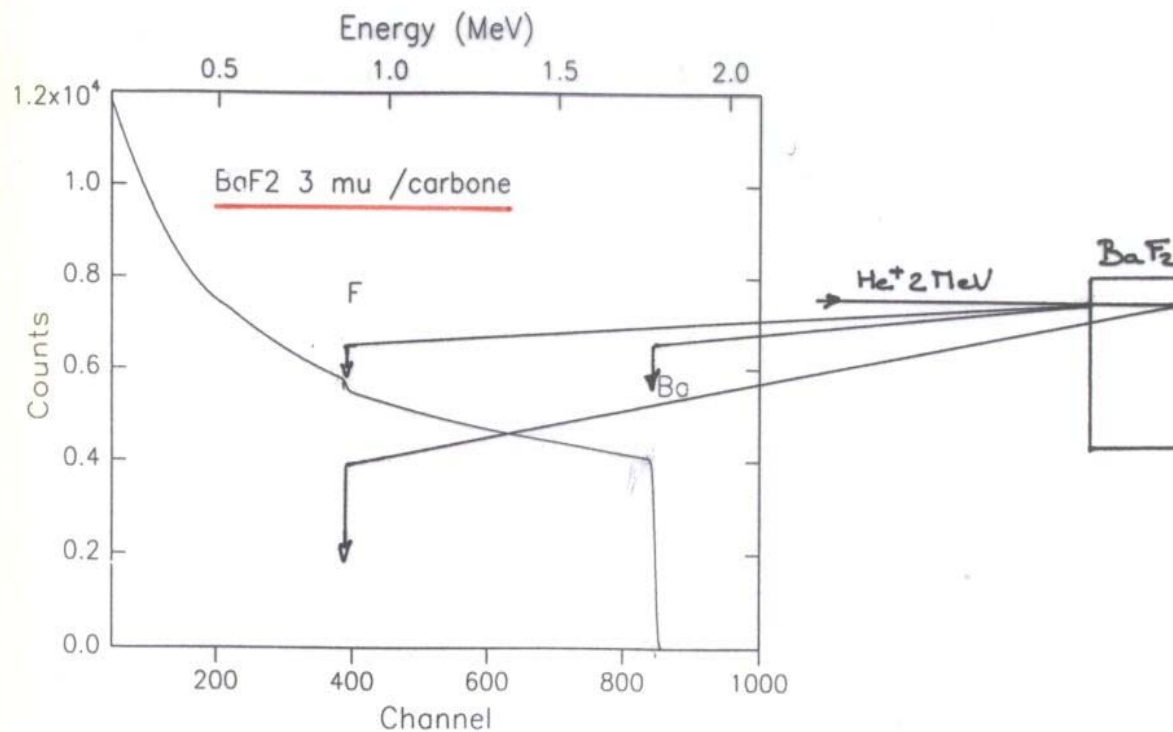
Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>

R.B.S: Rutherford Backscattering Spectrometry

- Etude de la diffusion élastique d'un faisceau d'ions incidents par les noyaux des atomes cibles
 - **Identification et dosage absolu des constituants de l'échantillon.**
- Analyse de l'énergie de rétro diffusion dans l'étude d'un échantillon épais:
 - **Localisation des constituants dans le volume**
 - **Caractérisation de couches minces et systèmes multi-couches**



Construction d'un spectre RBS



couche mince
de substrat et
dépôt

Caractéristiques de la méthode R.B.S

- Analyse quantitative absolue
- Éléments de n° atomique >5 (B)
- Précision: ≈ 2 à 10%
- Profondeur analysée: de 40\AA à 2 microns: (résolution en profondeur $\approx 100\text{\AA}$)
- Sensibilité proportionnelle à Z^2
- **Micro-électronique, optique, opto-électronique:** épaisseur et composition de couches minces et systèmes multicouches, analyse des interfaces, des phénomènes de diffusion.
- **Matériaux composites:** rapports de stoechiométrie entre éléments légers B, C, N, O, Si. Etude de pollutions de surface.
- **Métallurgie:** Etude des phénomènes d'oxydation, caractérisation de dépôts PVD ou d'implantation ionique.

Etude des compositions de surface



Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire



Tél. : 05 57 12 08 88

e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>

Les spécificités et domaines d'utilisation de la méthode

- Stoechiométries et épaisseurs de couches minces (microélectronique, mécanique, décoration)
- Etude des interfaces et systèmes multicouches (optique, optoélectronique)
- Etude des phénomènes de surface (polymères, matériaux composites, pollutions)

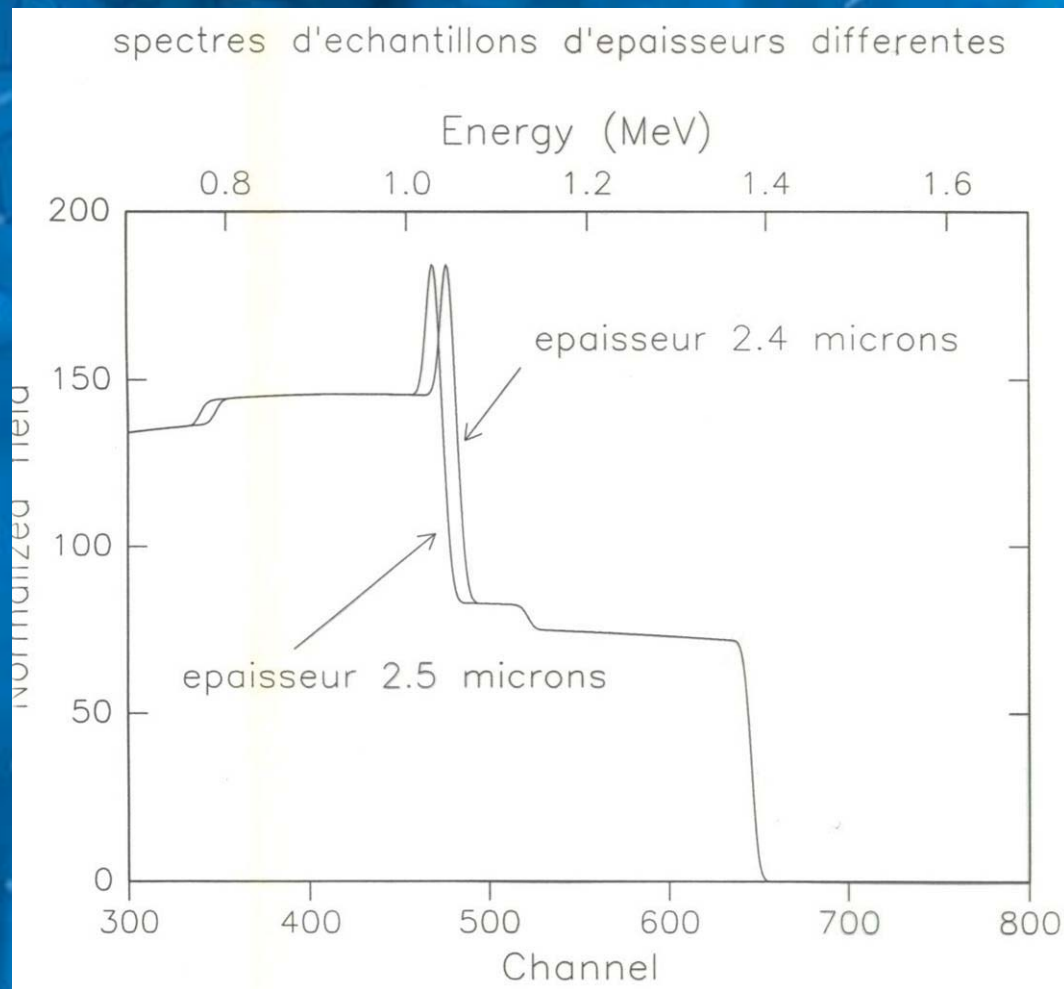


Les spécificités et domaines d'utilisation de la méthode

- Stoechiométries et épaisseurs de couches minces (microélectronique, mécanique, décoration)
- Etude des interfaces et systèmes multicouches (optique, optoélectronique)
- Etude des phénomènes de surface (polymères, matériaux composites, pollutions)

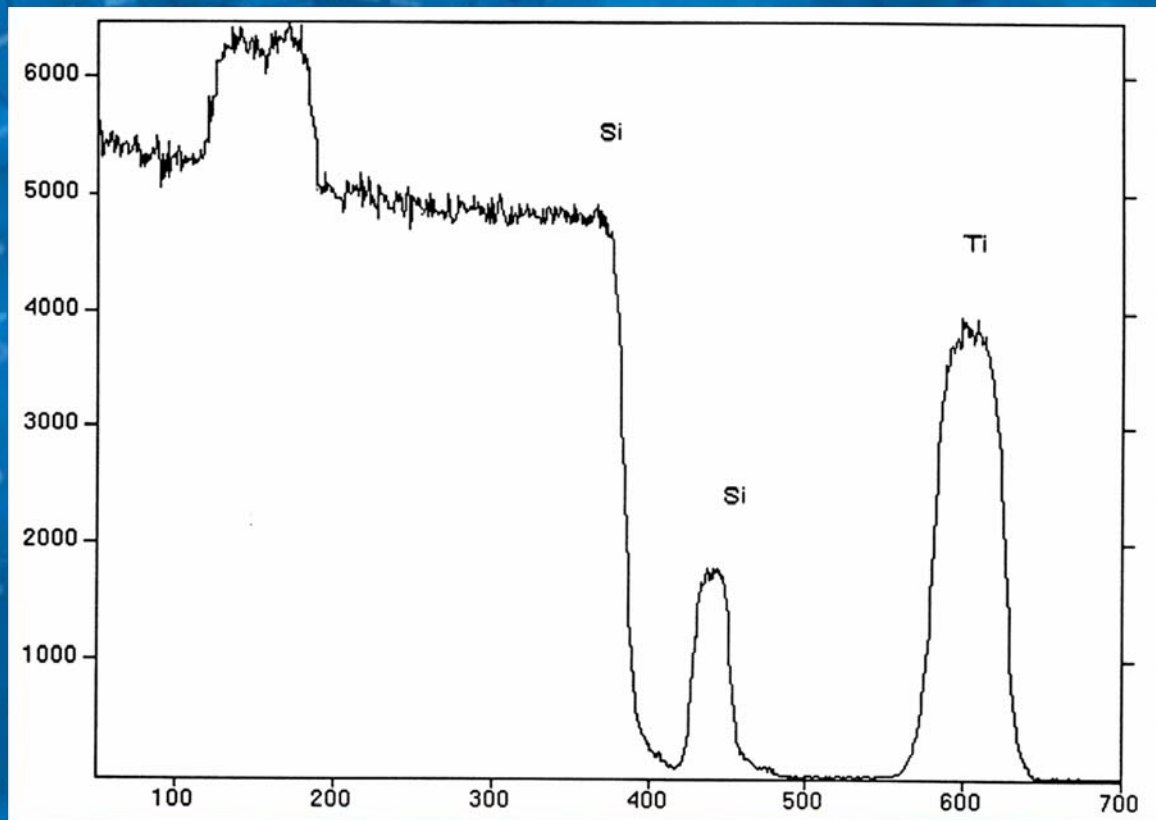


Stoechiométrie et épaisseurs de couches dures



Etude d'un revêtement optique SiO₂/TiO₂/Si

- Analyse RBS



identification des couches
calcul de stoechiométries
mesure quantité de matière

e (cm)

densité du dépôt

[autre
exemple](#)

[retour](#)



Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire

Tél. : 05 57 12 08 88

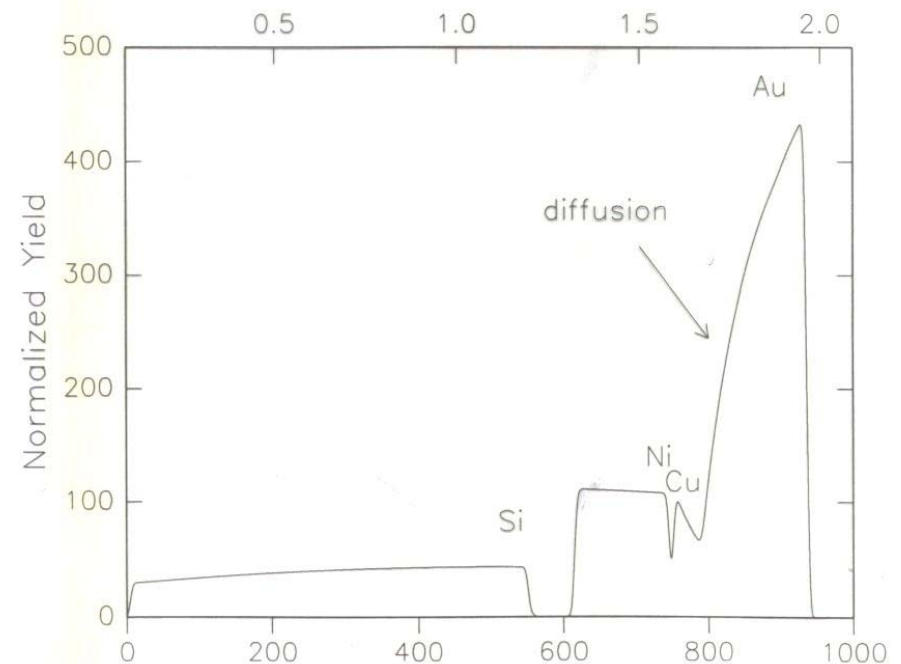
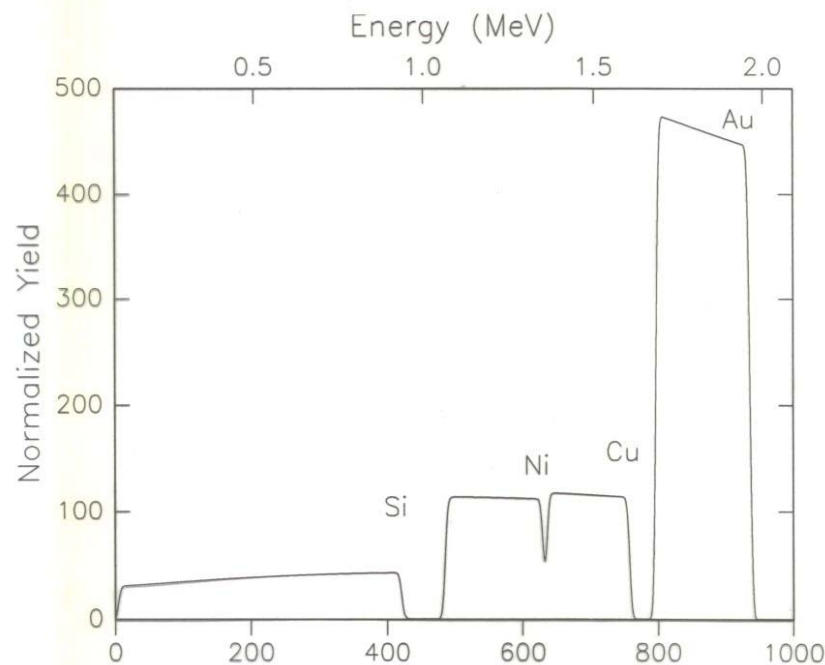
e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>

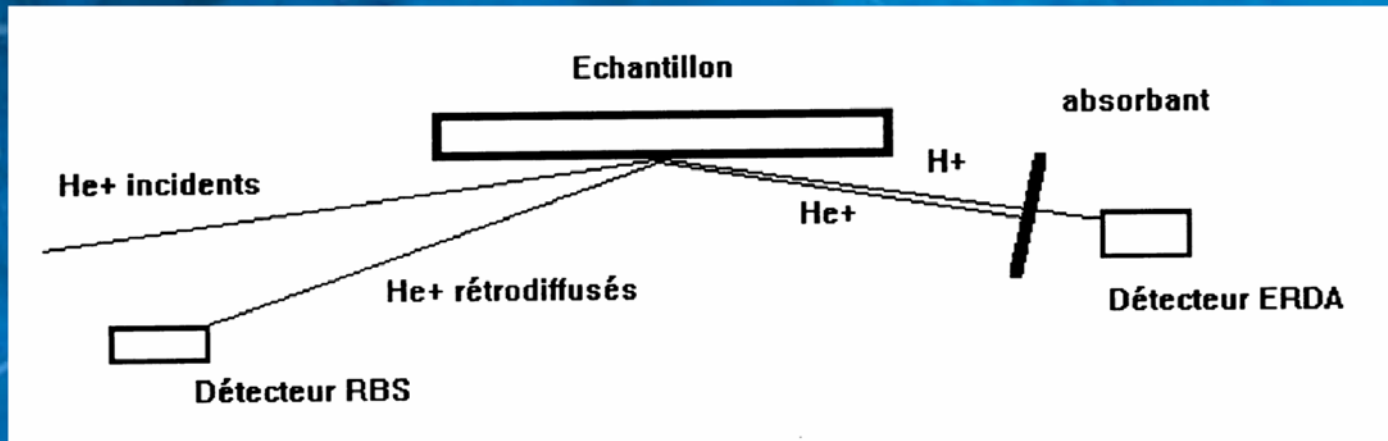
Phénomène de diffusion dans un multicouche

Empilement classique
d'une dorure

Diffusion à l'interface Cu/Au



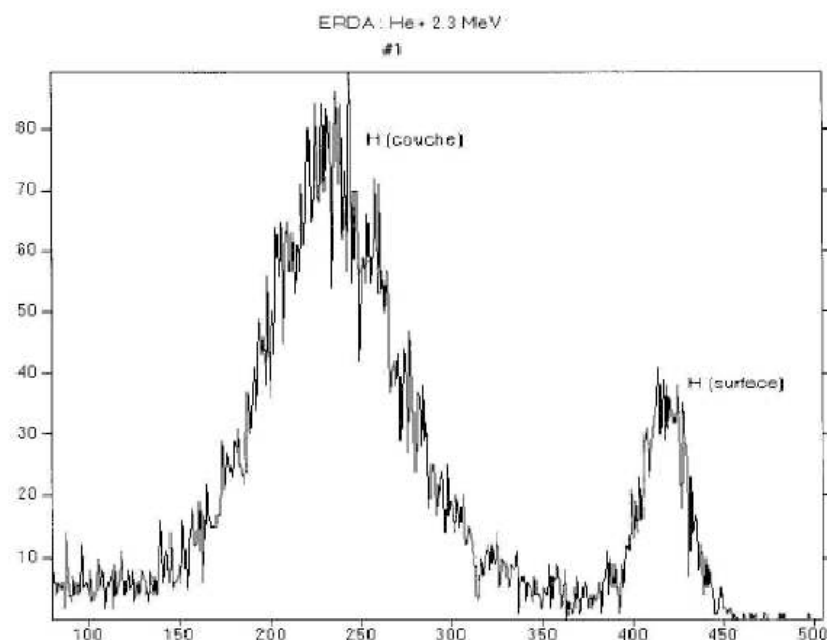
E.R.D.A : Elastic Recoil Detection Analysis



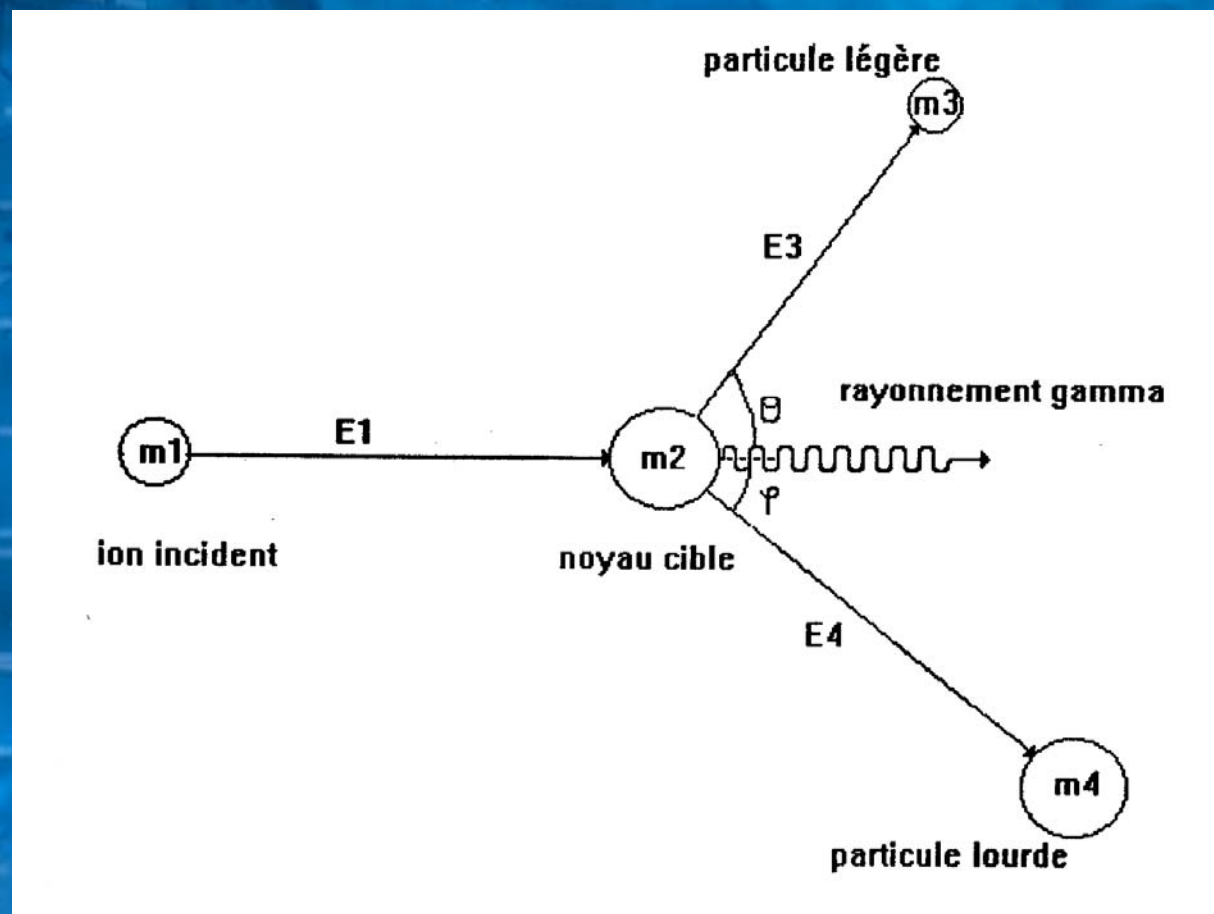
Analyse du flux d'ions H^+ ou $^2\text{H}^+$ émis vers l'avant

- Détermination quantitative du taux d'hydrogène ou de deutérium dans l'échantillon
(limite de détection: 0,2 % atomique)
- Établissement du profil de concentration élémentaire dans le volume
(profondeur analysée $\approx 0,3\mu\text{m}$)

Spectre ERDA : Hydrogène de surface et volumique



N.R.A : Nuclear Reaction Analysis



Dosage de l'azote, carbone et oxygène dans une couche mince déposée sur silicium

SiO_xN_xC_z 150nm / Si

Réaction: ^{12}C (d,p) ^{13}C

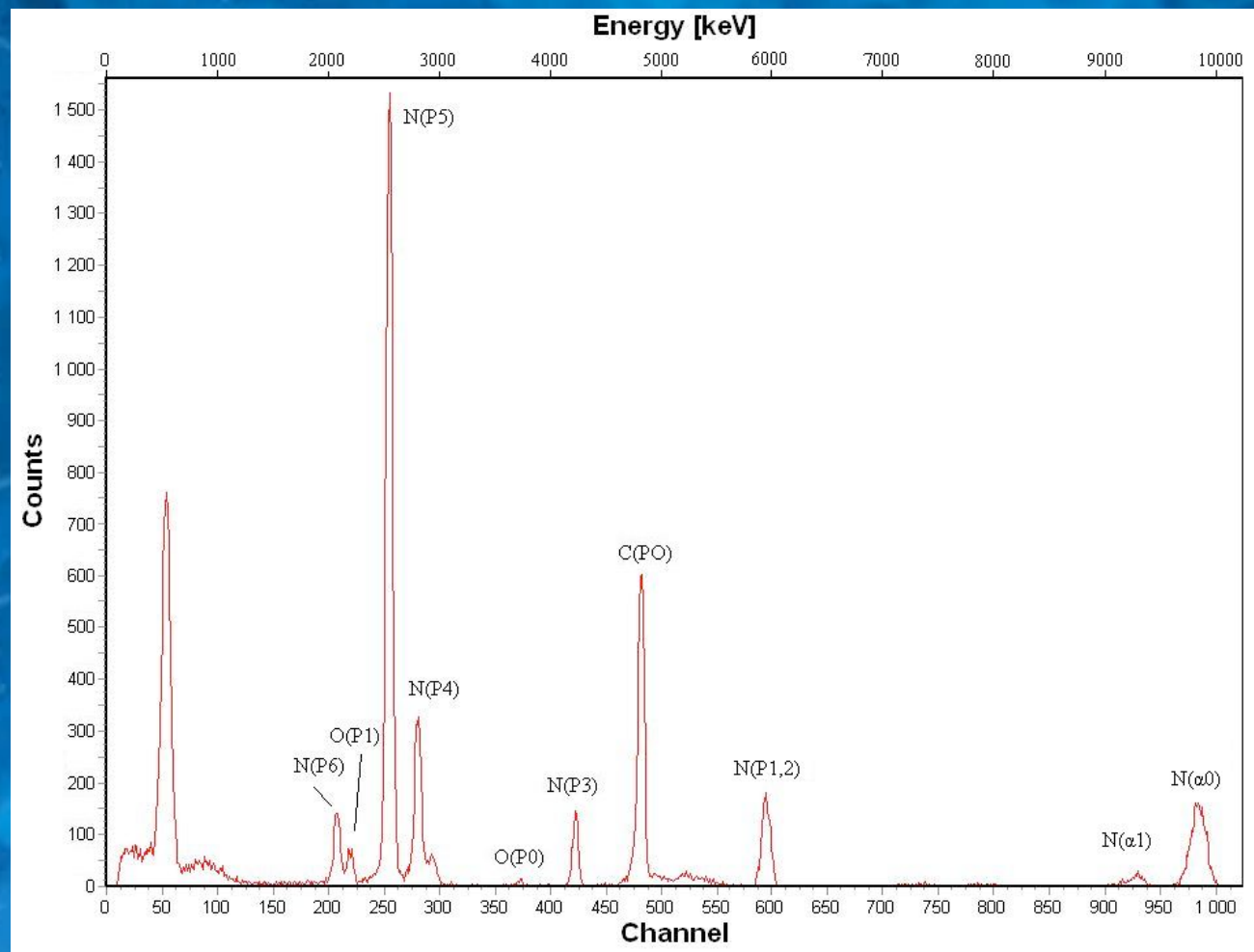
Réaction : ^{14}N (d,p) ^{15}N

Réaction : ^{16}O (d,p) ^{17}O

Ed = 930 keV

Intensité cible : 50 nA

$\Phi = 3\text{mm}$



Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire

Tél. : 05 57 12 08 88

e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>

Caractéristiques de la technique N.R.A

- Analyse élémentaire isotopique
 - Analyse en surface ou dans le volume
 - Éléments concernés: de Z=3 lithium jusqu'à Z=9 fluor
 - Sensibilité \approx 50 à 1000 ppm
 - Précision \approx 10%
 - Profondeur analysée de 1000Å à quelques microns
-
- **Mécanique, Micro-électronique**, et tous domaines pour lesquels il est nécessaire d'obtenir des valeurs précises sur le dosage des constituants légers (couches minces SiOxNy, SiNx, SiOC(H), SiC, TiN, TaN, AlN...)
 - **Biologie**: dosage de traceurs par réactions spécifiques sur des isotopes tels que ^{18}O , ^{15}N

Dosage des éléments légers



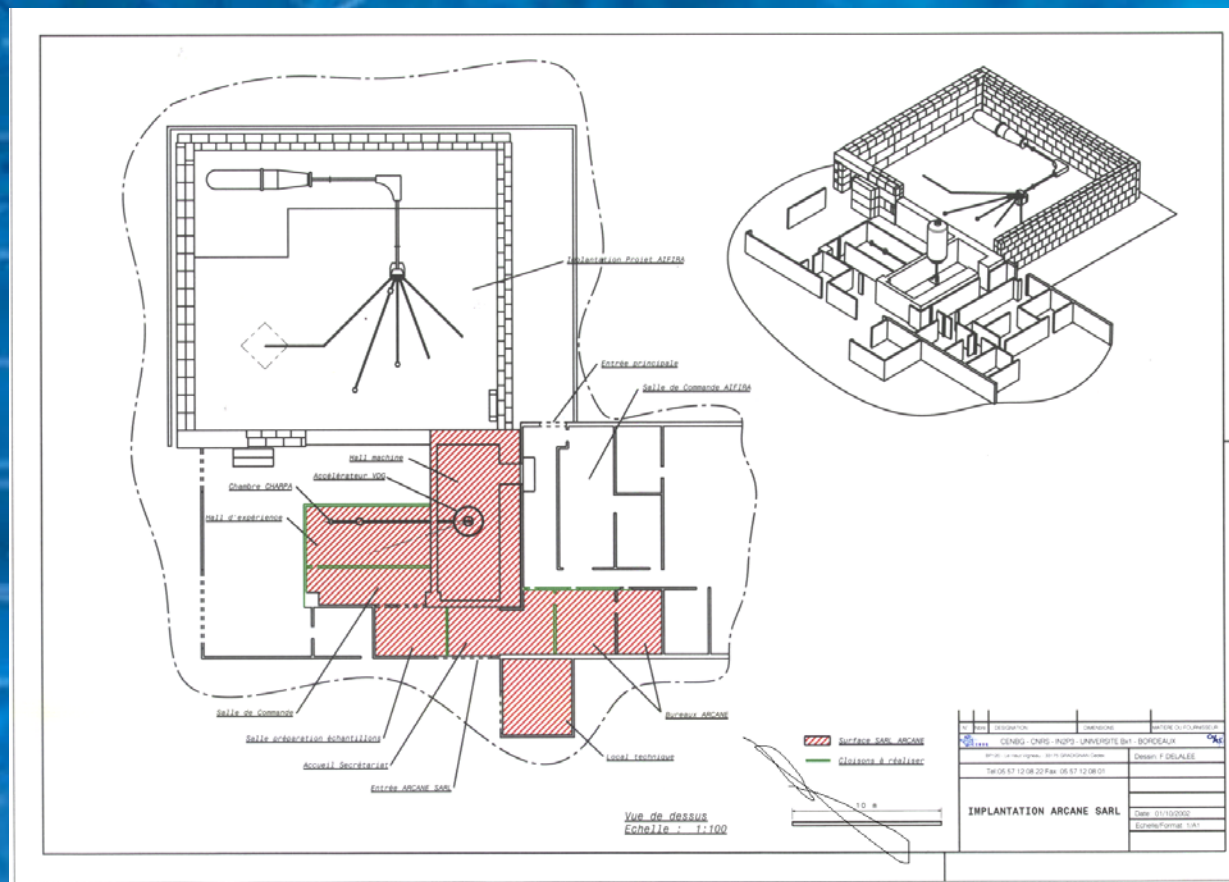
Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire

Tél. : 05 57 12 08 88

e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>

1. L'installation



Les outils

4. La microsonde nucléaire : un exemple

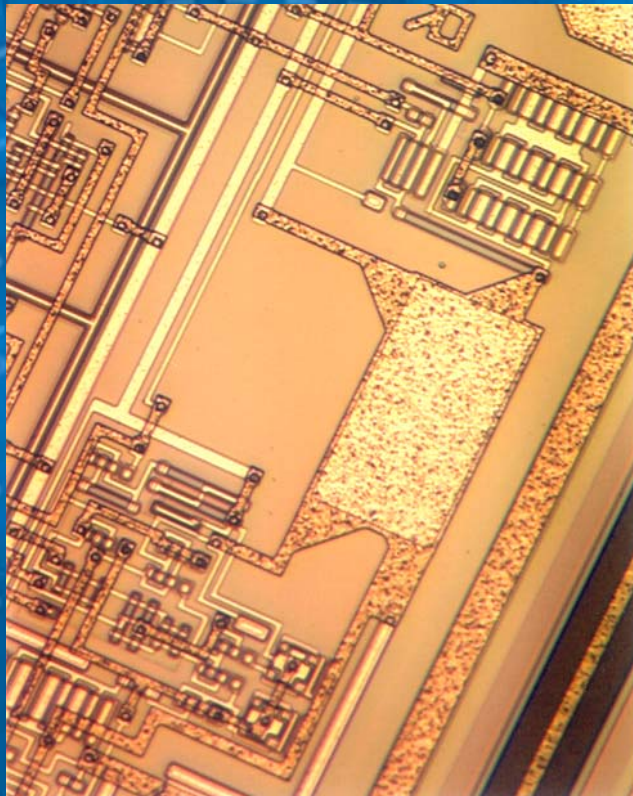
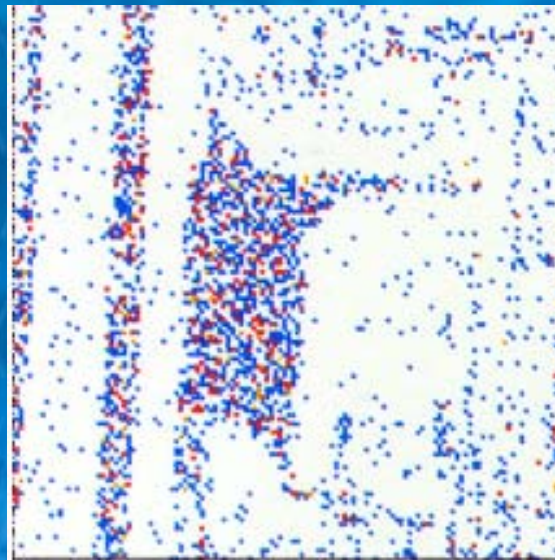
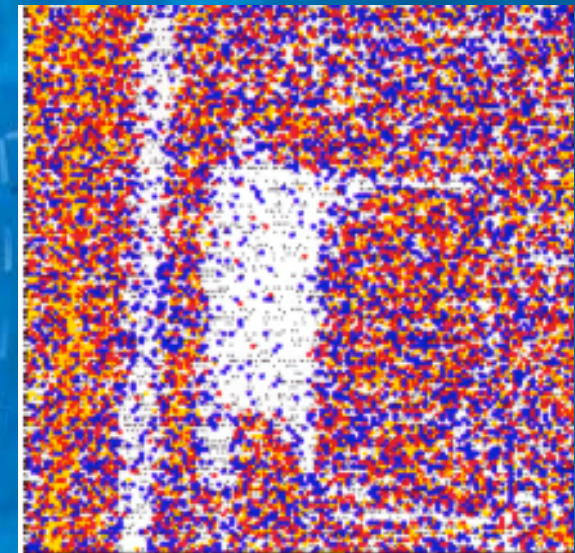


Image MEB



Répartition Al



Répartition Si

Les outils

5. Le faisceau extrait



Apports d'une structure de transfert de technologie

LE POTENTIEL DES METHODES PROPOSEES

Surface
Sensibilité
Localisation

LES PRESTATIONS D'UNE STRUCTURE DE SERVICE

Fiabilité de la mesure
Délais
Coûts
Confidentialité



Atelier Régional de caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire



Tél. : 05 57 12 08 88

e-mail : arcane@cenbg.in2p3.fr

Site web : <http://www.cenbg.in2p3.fr/heberge/Arcane>