

L'accélérateur AGLAE



AGLAE

p^+ , d^+ entre 0.5 MeV et 3 MeV
 He^{2+} entre 0.5 MeV et 6 MeV

Techniques d'analyse
par faisceau d'ions
PIXE
RBS
ERDA
NRA

Analyse élémentaire
Non destructive
de H à U

j.-C. Dran, J. Salomon, T. Calligaro, P. Walter, Nucl. Instr. Meth. B 219–220 (2004) 7–15

J. Salomon, J.-C. Dran, T. Guillou, B. Moignard, L. Pichon, P. Walter, F. Mathis, Nucl. Instrum. Meth. B 266 (2008) 2273.

Beck, L.; de Viguierie, L.; Walter, P.; Pichon, L.; Gutierrez, P. C.; Salomon, J.; Menu, M.; Sorieul, S., **2010**, NIM B 268, 2086

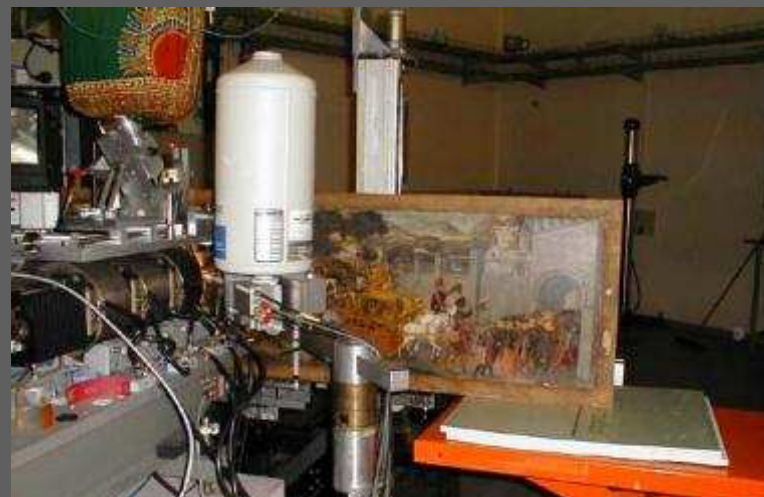
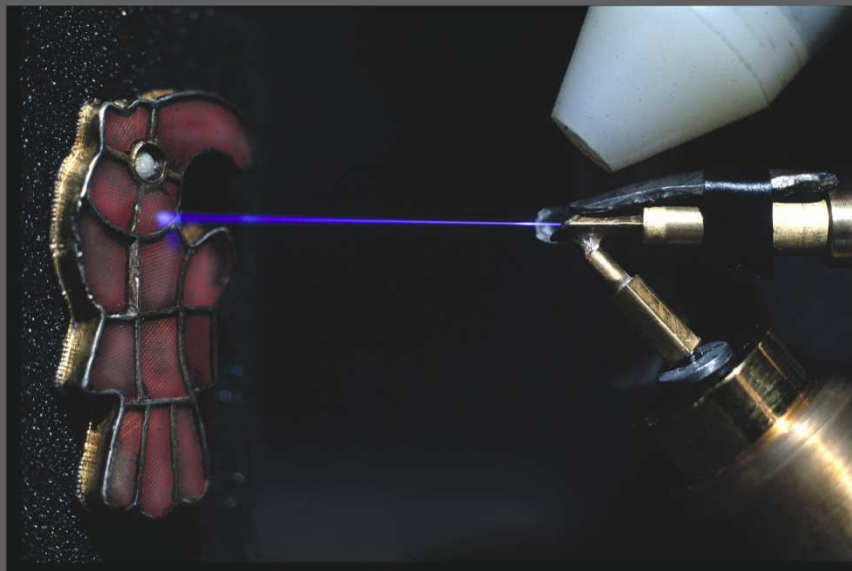
L. Beck, L. Pichon, B. Moignard, T. Guillou, P. Walter, Nucl. Instr. and Meth. B 269, 2011, 2999–3005



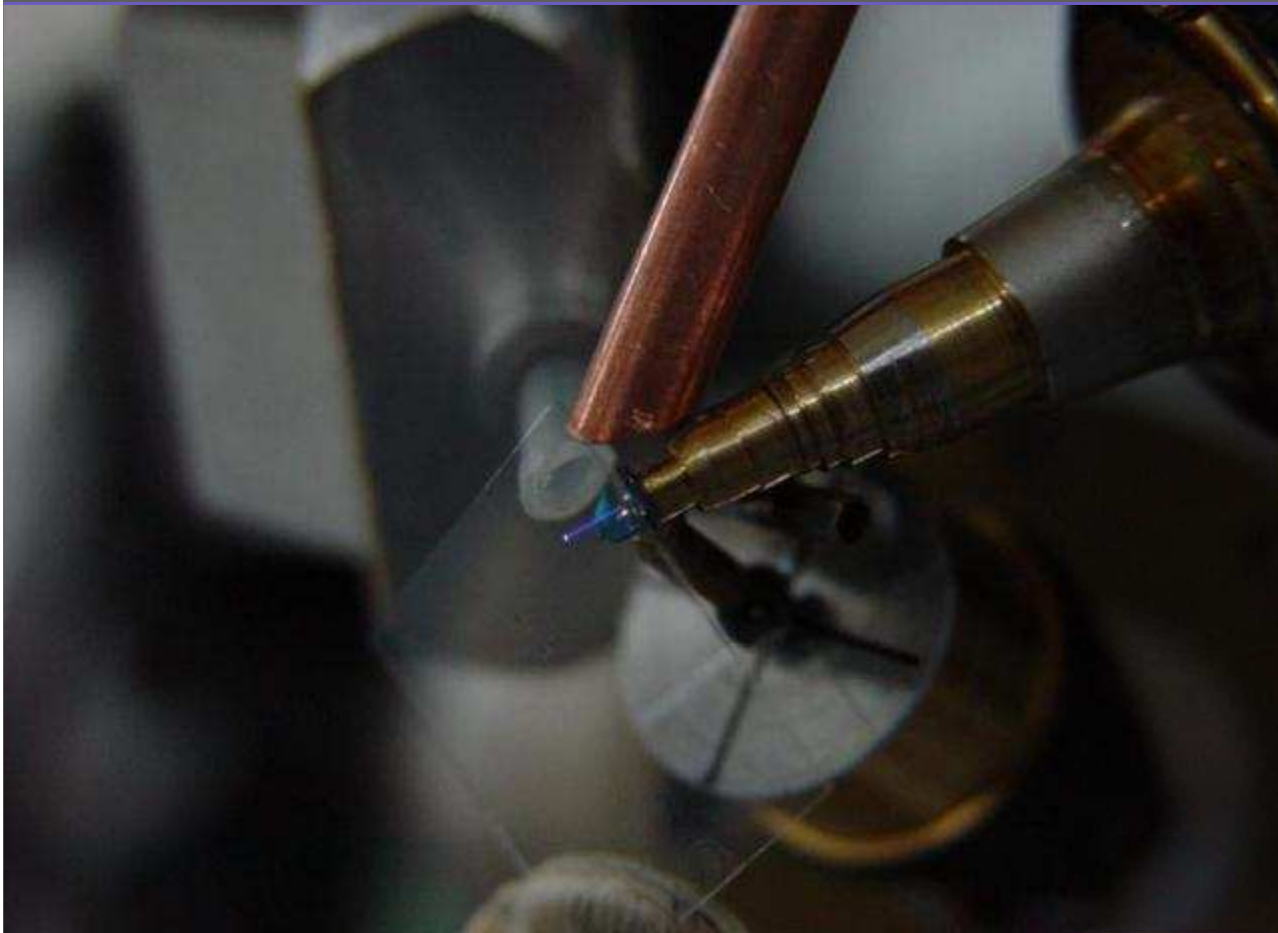
➤ 1988



PIXE : particle induced X-ray emission



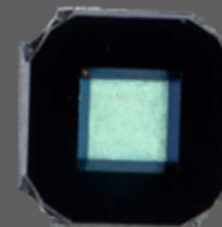
Extraction du faisceau à l'air



Si₃N₄

Memb. surf: 1 mm²

Memb. thickness: 100 nm



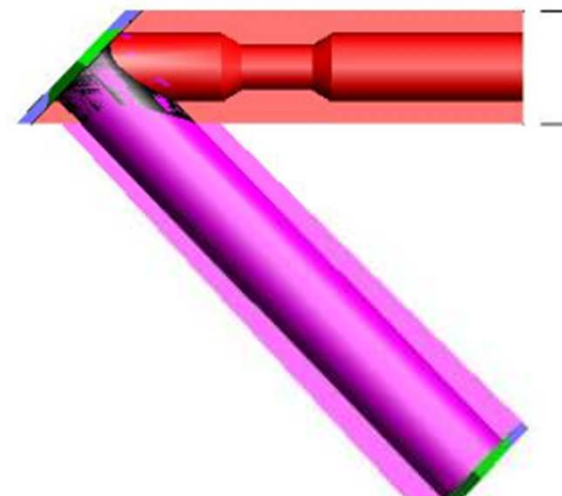
*3 MeV proton μ -beam extracted to helium atmosphere
through a silicon nitride membrane*

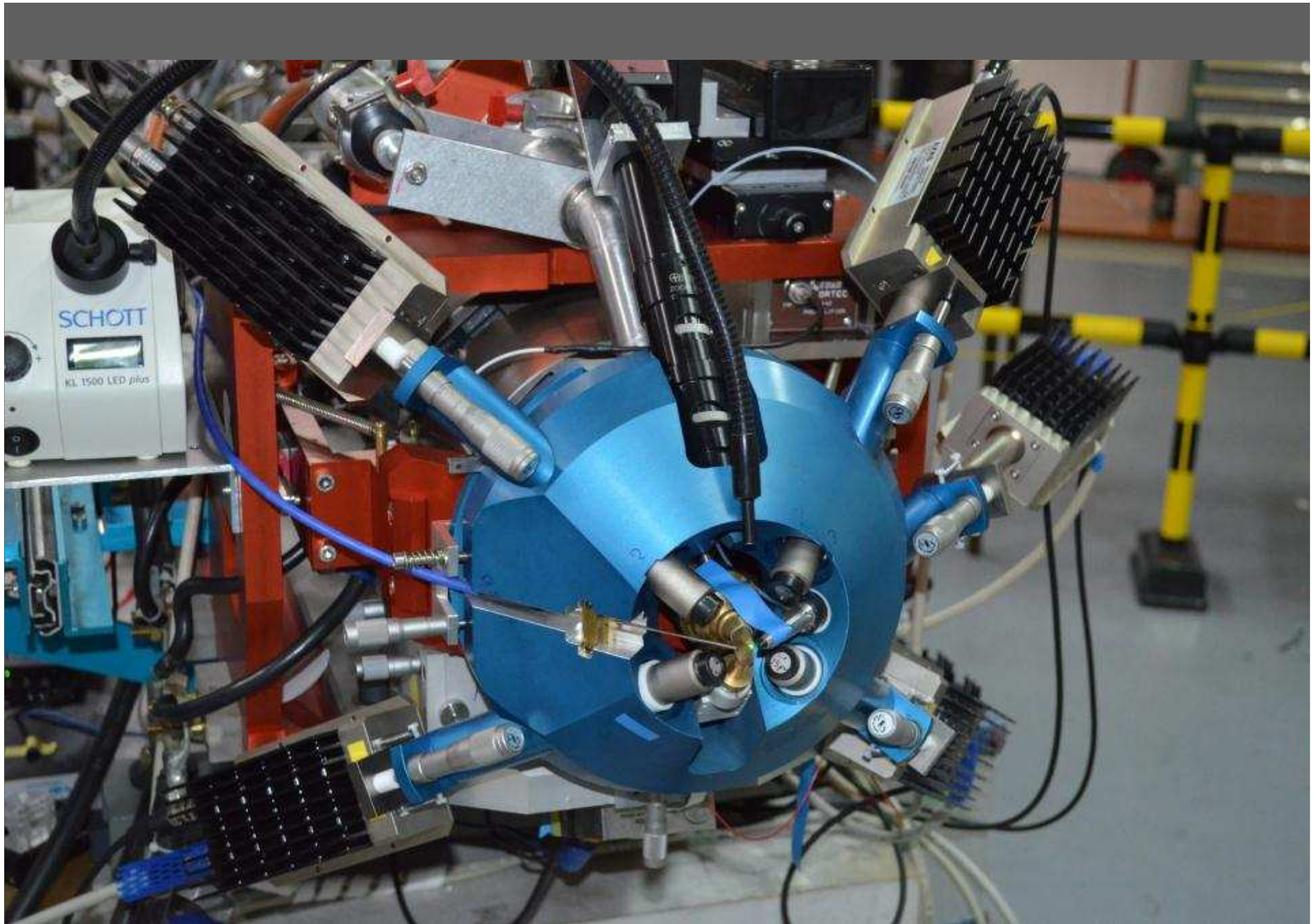
Memb. area: 1 mm² Memb. thickness: 100 nm

j.-C. Dran, J. Salomon, T. Calligaro, P. Walter, Nucl. Instr. Meth. B 219–220 (2004) 7–15
J. Salomon, J.-C. Dran, T. Guillou, B. Moignard, L. Pichon, P. Walter, F. Mathis, Nucl.
Instrum. Meth. B 266 (2008) 2273.

BECK-séminaire IRFU

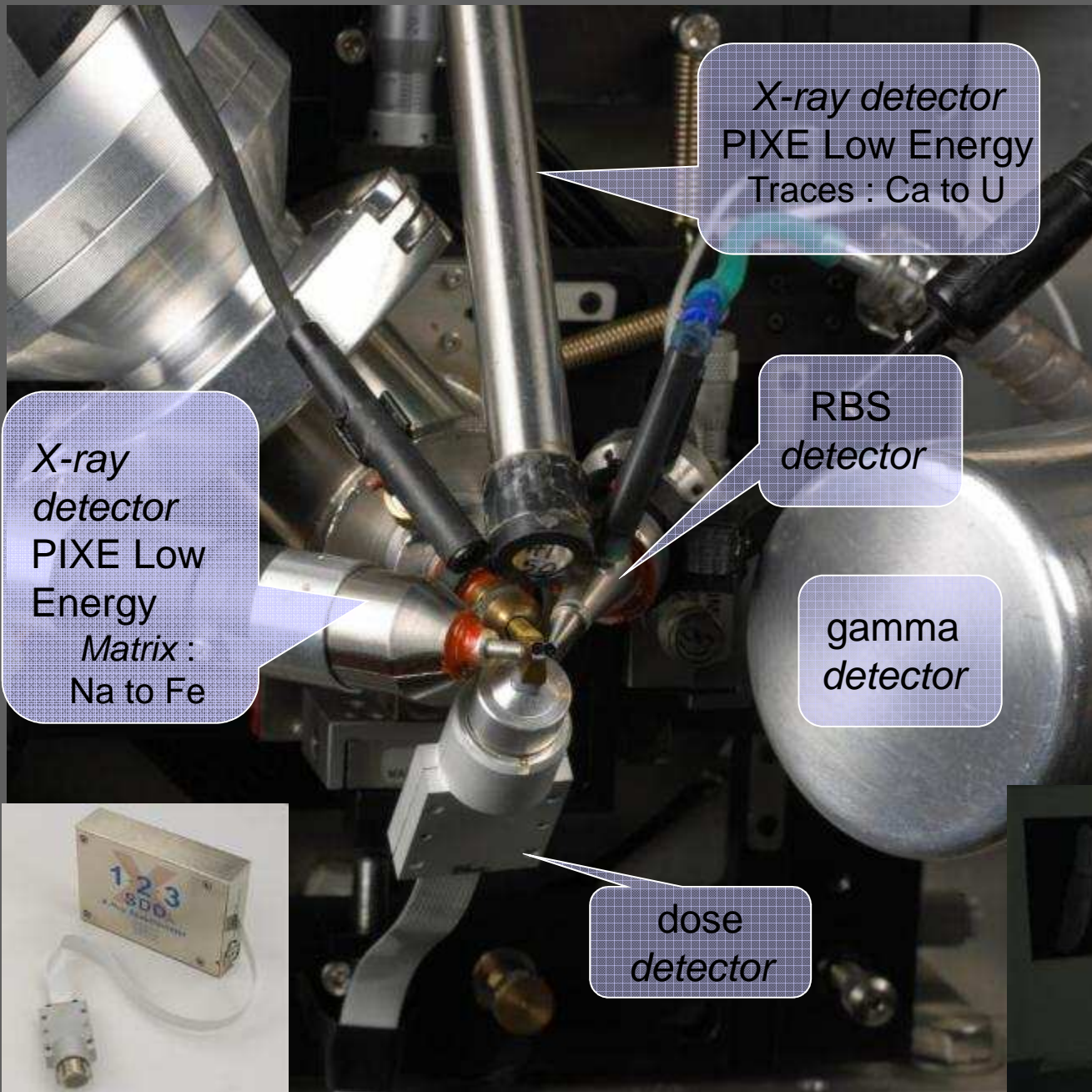
13 juin 2014





BECK-séminaire IRFU
13 juin 2014

Pichon, L.; Moignard, B.; Lemasson, Q.; Pacheco, C.; Walter, P., **2014, NIM B 318, 27**



X-ray detector
PIXE Low Energy
Matrix :
Na to Fe

X-ray detector
PIXE Low Energy
Traces : Ca to U

RBS
detector

gamma
detector

dose
detector



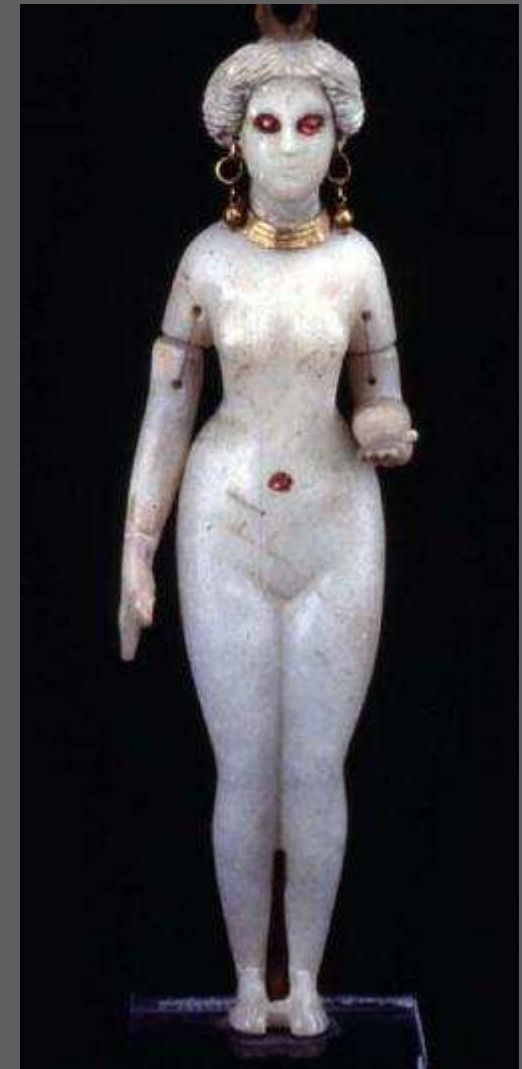
L. Pichon, L. Beck,
Ph. Walter, B.
Moignard, T. Guillou,
Nucl. Instr. and Meth.
B 268, 2010, 2028



Provenance des matériaux anciens



Époque
mérovingienne, fin
VIème siècle



Identification et provenance des gemmes

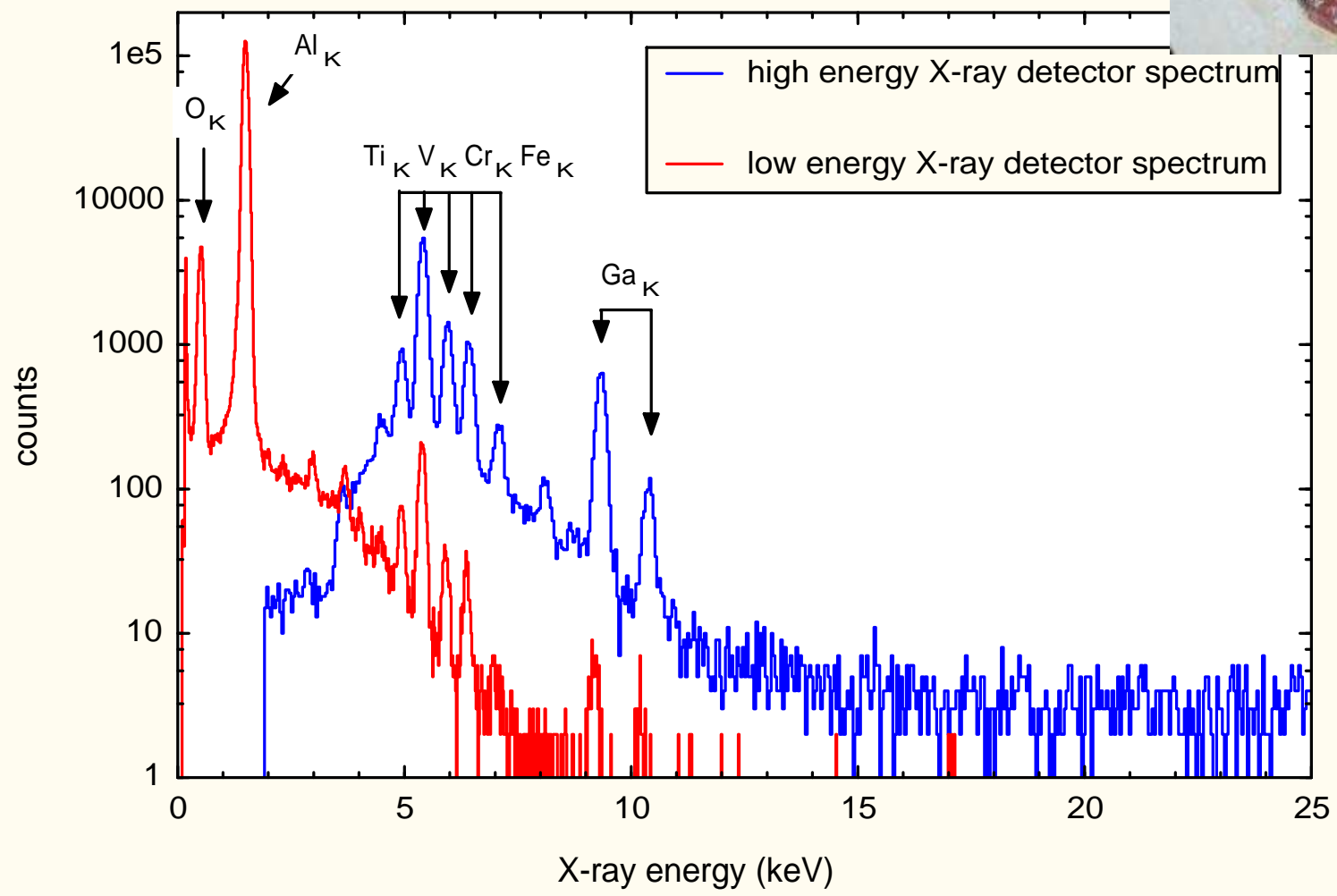
Les yeux d'Ishtar

Statuette du musée du Louvre
Période parthe (2^{ème} s. av. J.-C. - 2^{ème} s. ap. J.-C.)
découverte 1863 à Hillah, proche de Babylone



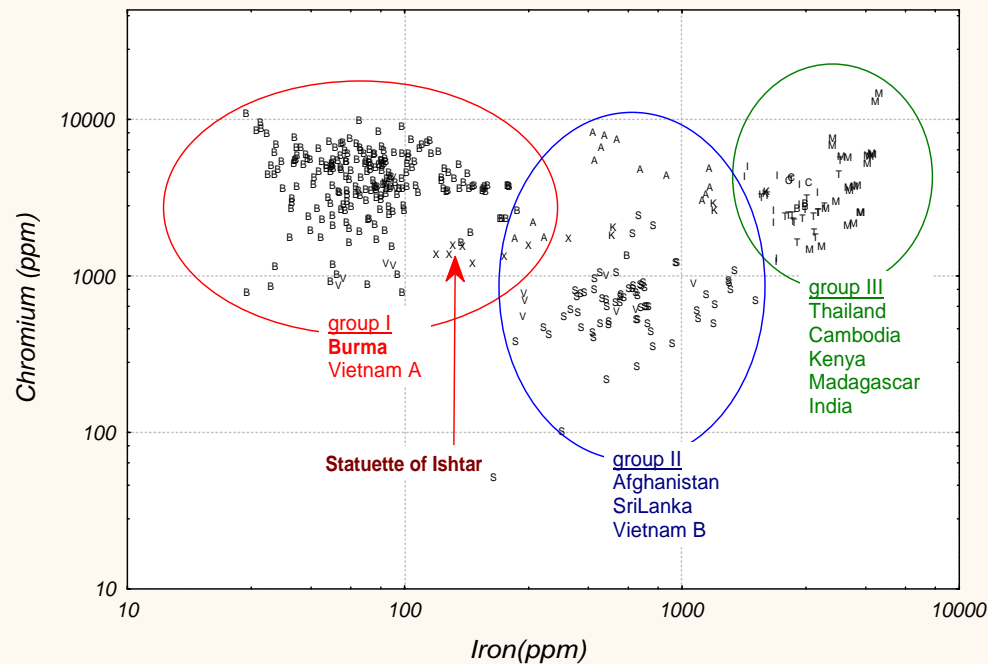
Matériaux des yeux et nombril ?







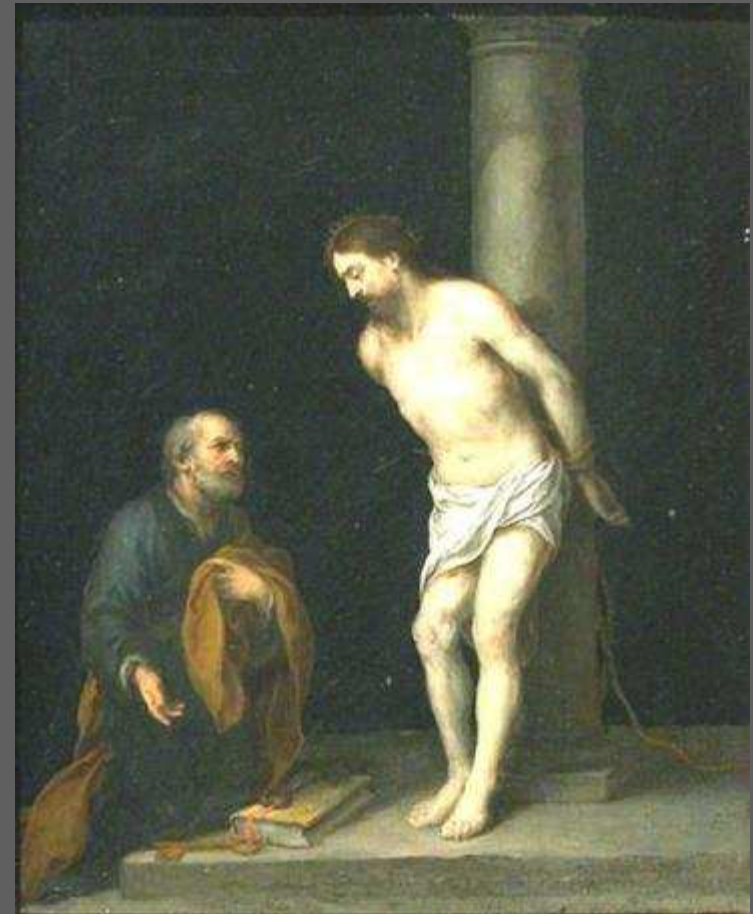
T. Calligaro *et al.* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 136/138, 1998



Murillo (1618-1682) et les miroirs d'obsidiennes



Le Christ au Jardin des Oliviers

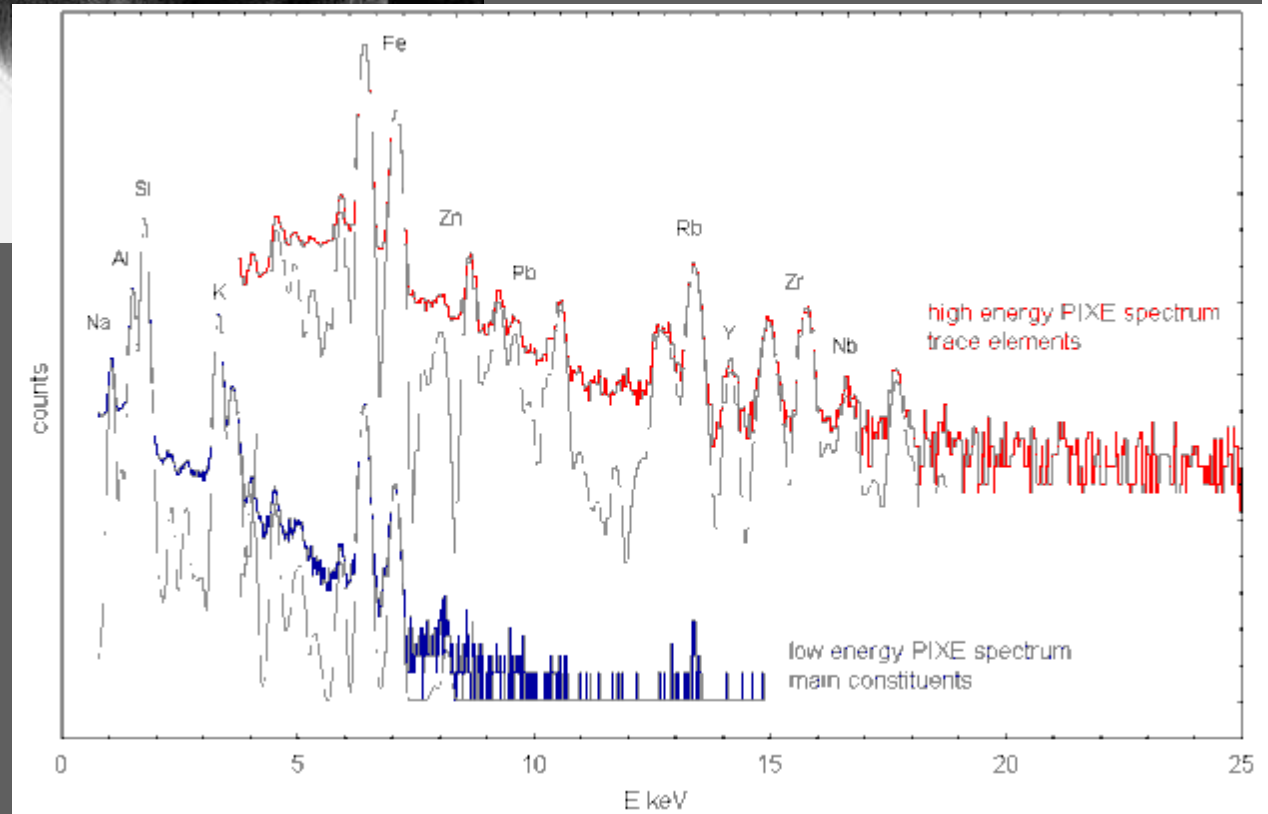
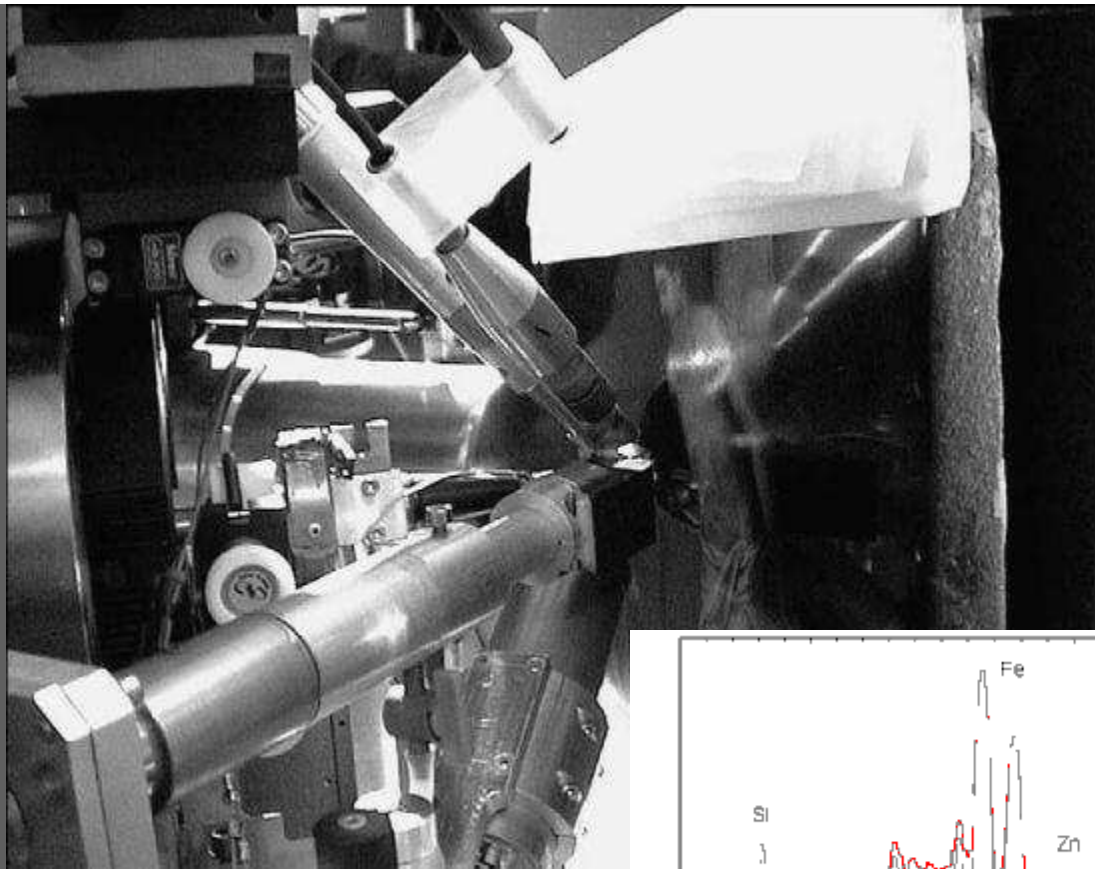


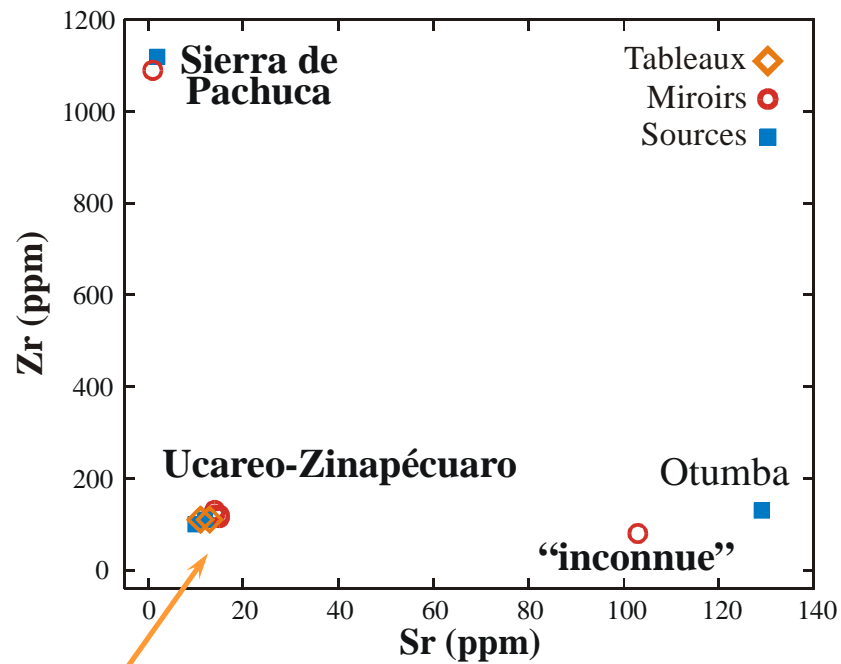
Le Christ à la colonne avec Saint Pierre



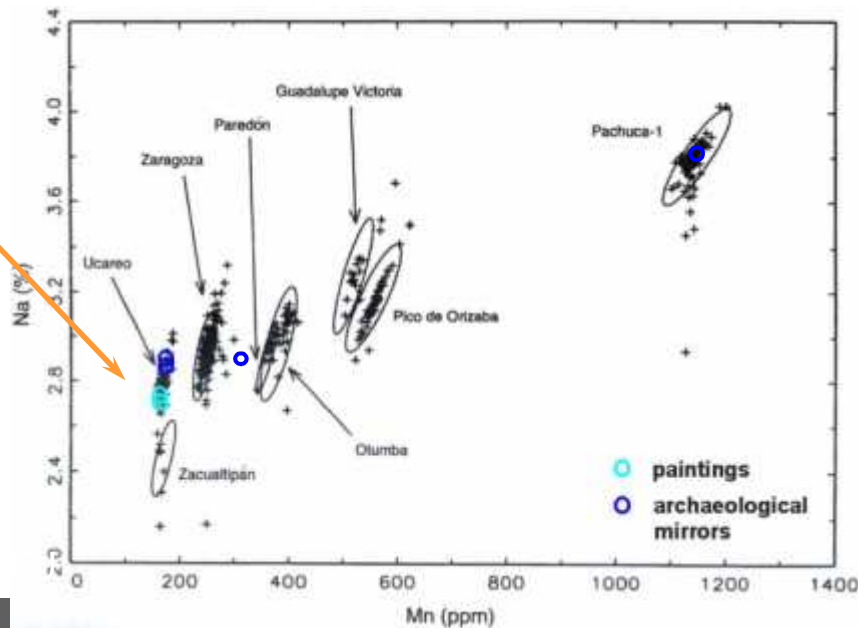


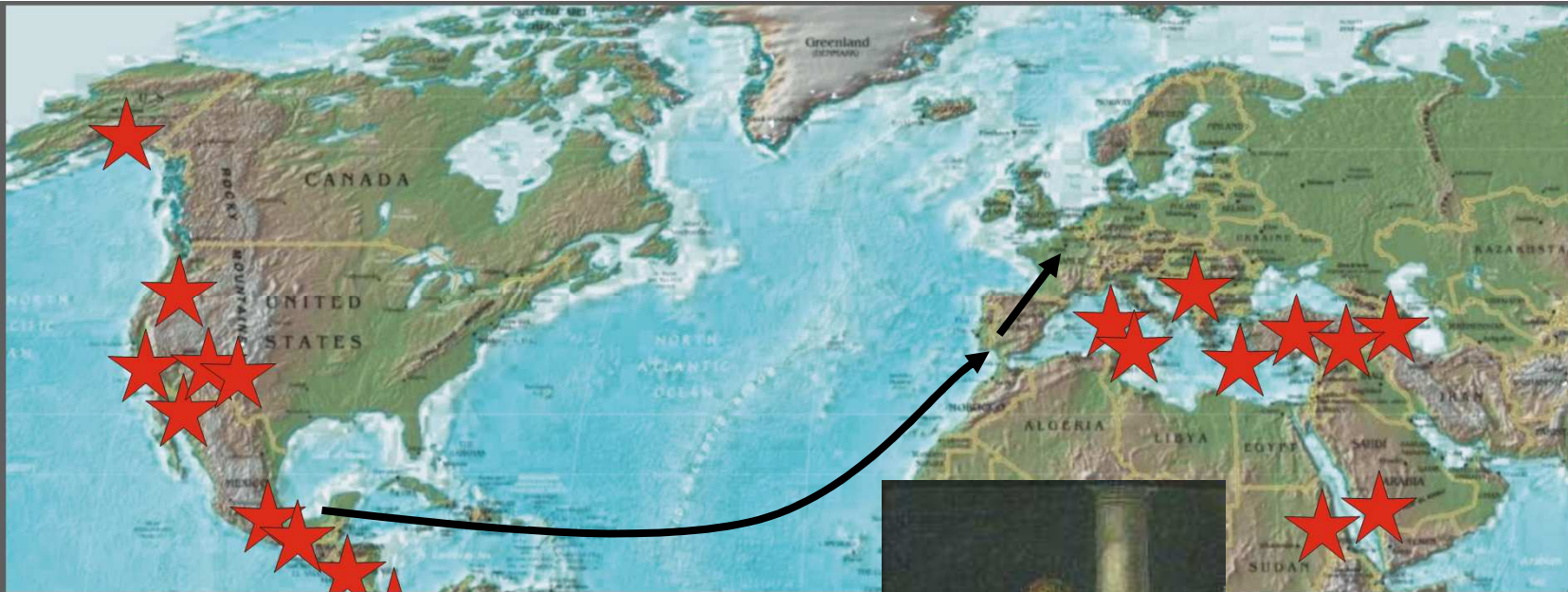
BECK-séminaire IRFU
13 juin 2014





Murillo



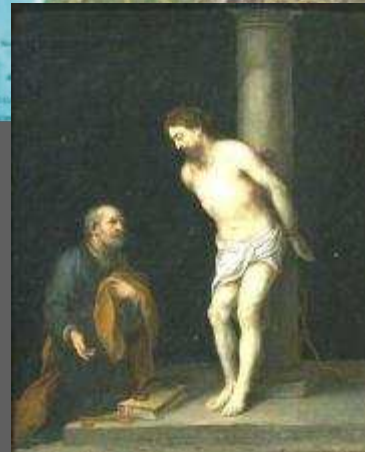


Michoacán



T. Calligaro et al. NIM B 240, 2005

BECK-séminaire IRFU
13 juin 2014



1675 et 1680



1784



Etude du trésor monétaire de Preuschedorf à des fins de numismatique et de restauration

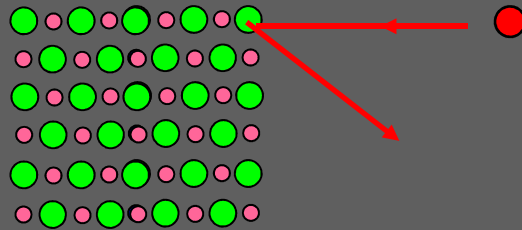
Un dépôt monétaire à l'époque de la Guerre de Trente Ans
(1618-1648)

- 7270 monnaies provenant de France (Alsace), Allemagne et suisse
- Production : de la fin du 15^e s. au début du 17^e s.
- Poids moyen : 0,24 g
- Diamètre moyen : 1 cm
- Alliage argent-cuivre

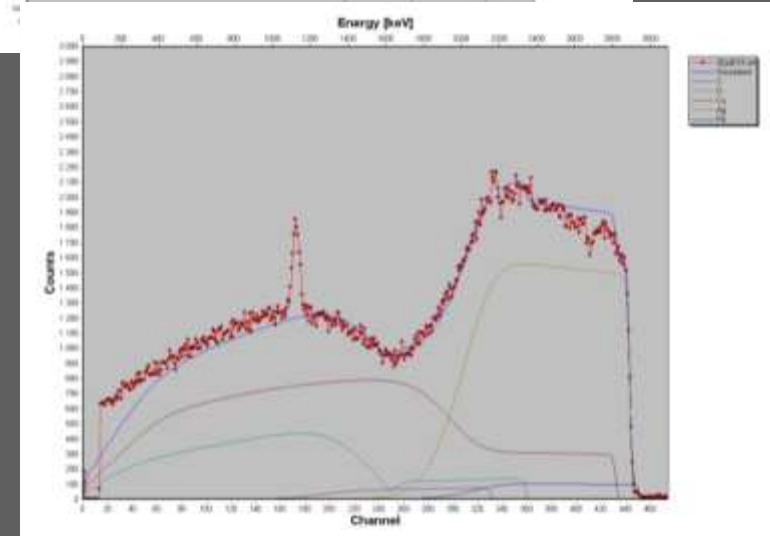
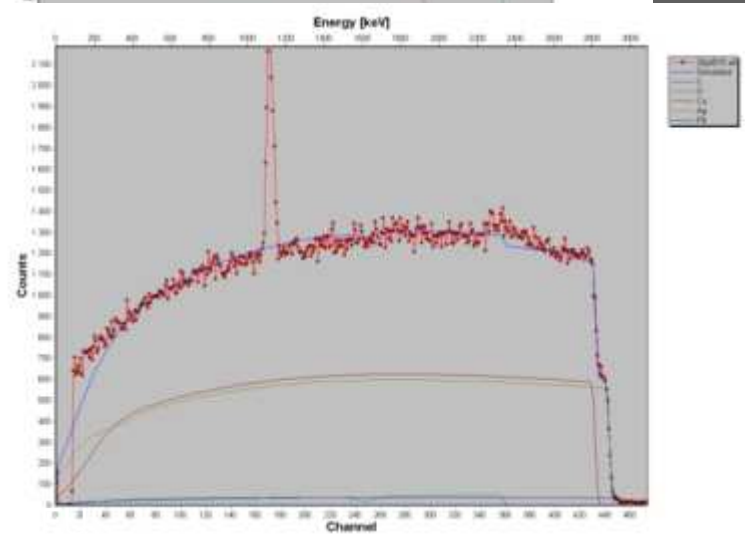
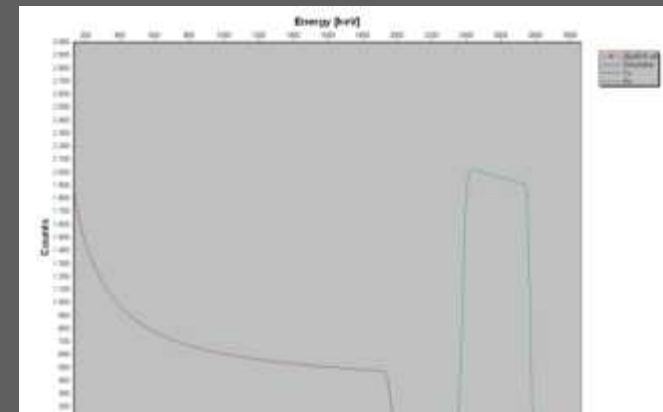
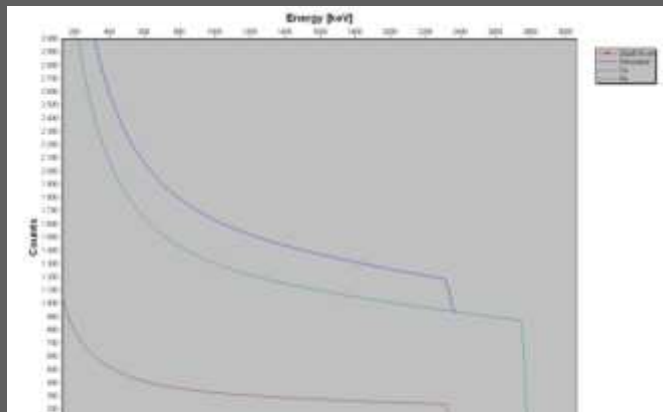
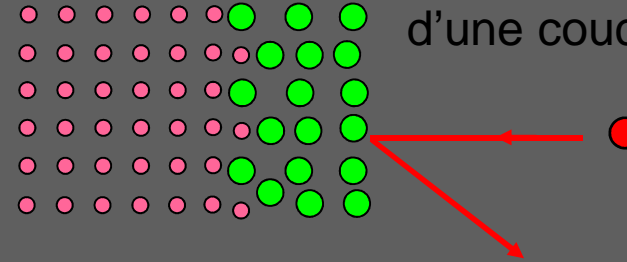
L. Beck, E. Alloin, C. Berthier, S. Réveillon, V. Costa, NIM B 266, 2008, 2320
L. Beck, S. Bosonnet, S. Réveillon, D. Eliot, F. Pilon, NIM B 226 (2004) 153.
A. Deraisme, L. Beck, F. Pilon, J.-N. Barrandon, Archaeometry 48, 2006, 469
L. Beck, E. Alloin, A. Michelin, F. Tereygeol, C. Berthier, D. Robcis, T. Borel, U. Klein, Anschift, sous presse

Analyse RBS : comparaison cible homogène cible hétérogène en profondeur

cible
homogène
d'alliage
AuCu

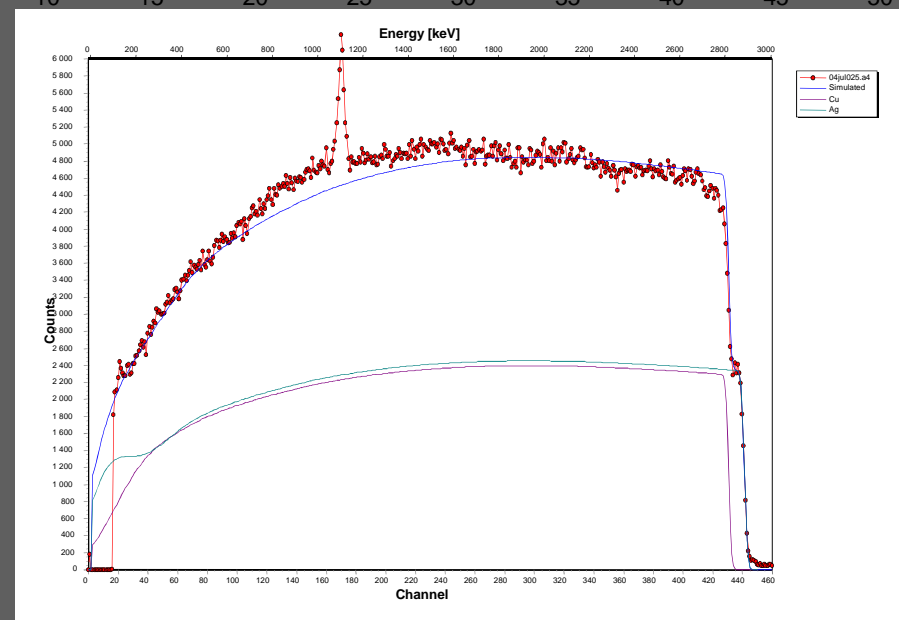
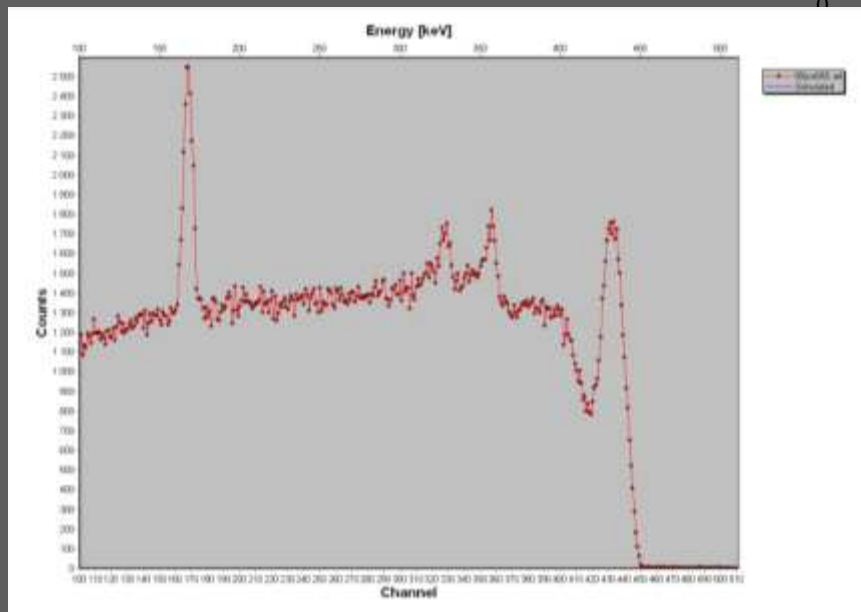
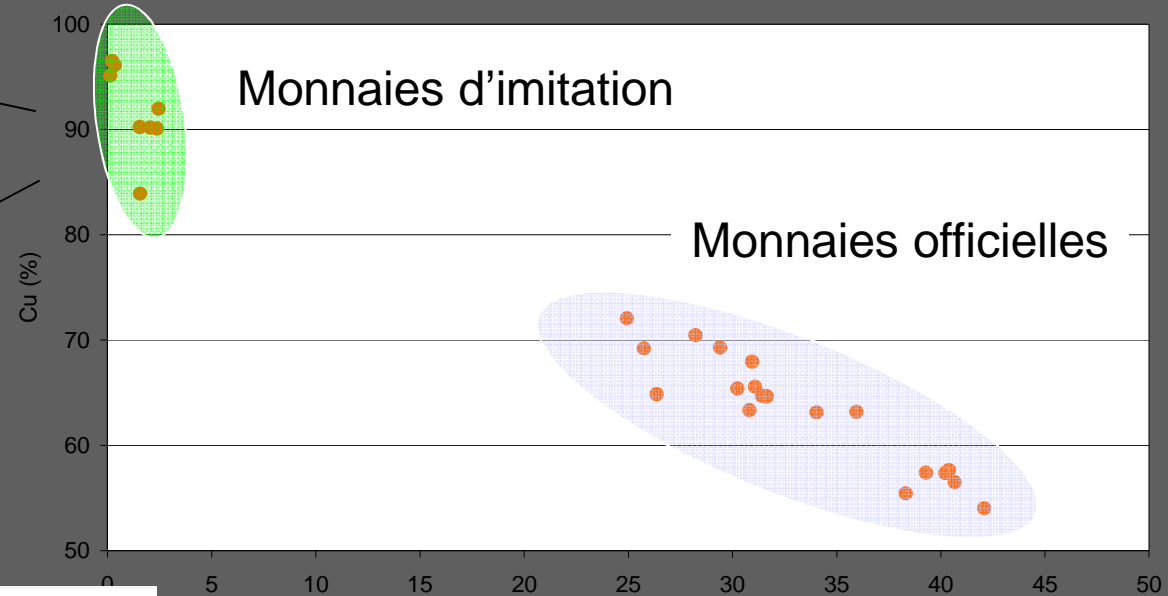


cible Cu recouverte
d'une couche Au

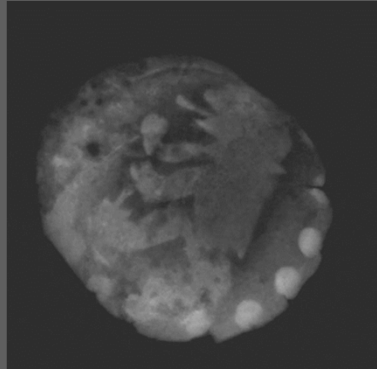


Argenture pure

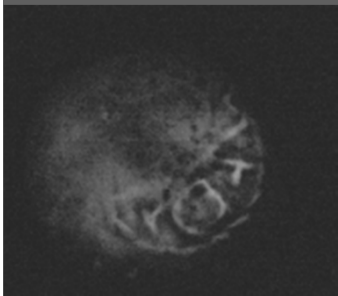
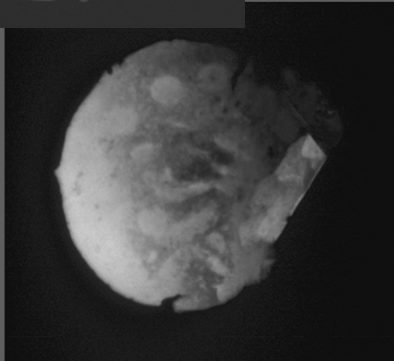
Argenture par
amalgame (Hg)



Origine des fausses monnaies

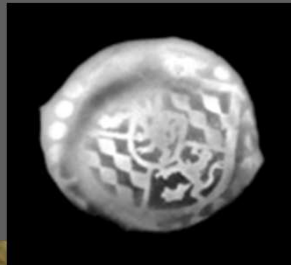
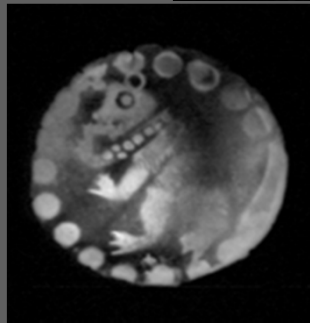
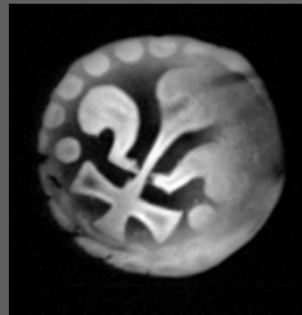


St Gall

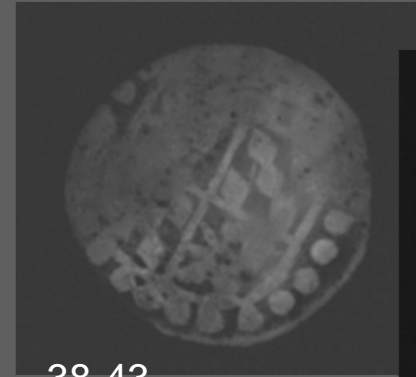


Argenture à la feuille

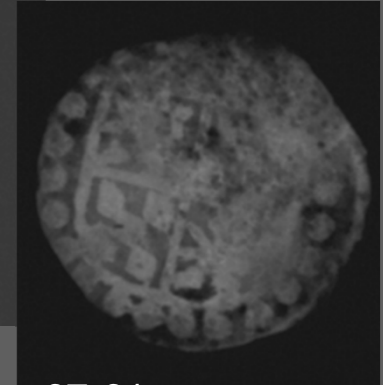
BECK-séminaire IRFU
13 juin 2014



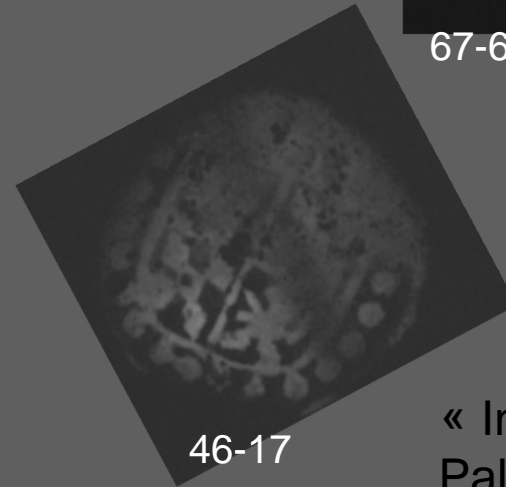
20-40 % Ag



38-43



67-61



46-17

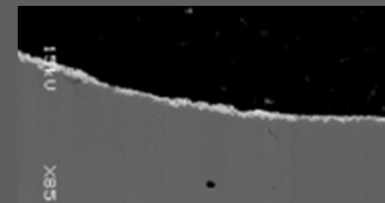
« Inspiration »
Palatinat

Argenture à l'amalgame

Source locale native ?



Principe de l'argenture au mercure



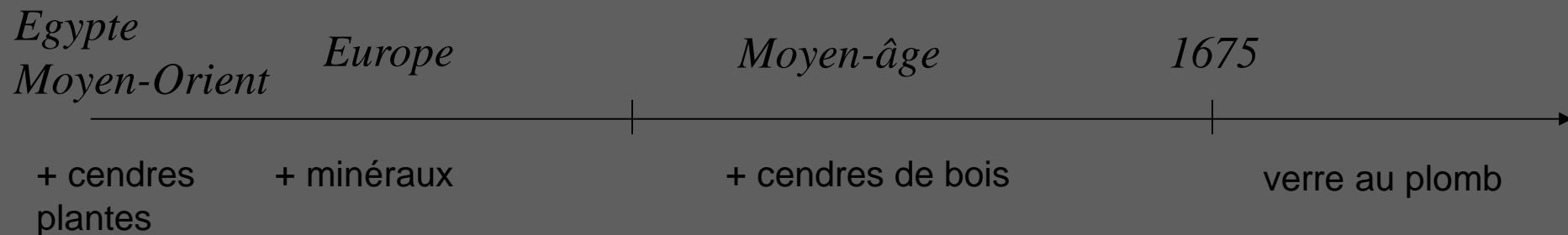
La tête égyptienne en verre bleu



du musée du Louvre

Composants du verre

Silice	sable	Si
Fondant	cendres plante ou minéral	Na, K
Stabilisant	contenu dans le sable	Ca
Opacifiant	divers	Sb, Ca, As, Pb
Colorant	bleu au cobalt	Co
	bleu au cuivre	Cu



Égypte ancienne

%	Bleu foncé	Turquoise	XVIII ^e dynastie
SiO ₂	48 - 77	44 - 76	Sable
Al ₂ O ₃	0.8 - 5.2	0.9 - 3.4	
FeO	0.39 - 1.48	0.33 - 0.99	
Na ₂ O	6 - 20	6 - 19	Cendres de plantes
MgO	2.3 - 4.9	0.7 - 6.1	
K ₂ O	0.9 - 2.6	0.9 - 3.3	
P ₂ O ₅	< 0.55	< 1	
Cl, SO ₃	< 3	< 3	
CoO	0.1 - 0.5	0	Source cobalt Égypte CoMnNiZn
CuO	0 - 0.7	0.8 - 3.2	
Sb ₂ O ₃	5.5 - 9.7	2.6 - 9.5	opacifiant
As ₂ O ₃	0 - 2.4	0.5 - 5.7	antimoniate de Ca

XIX^e siècle

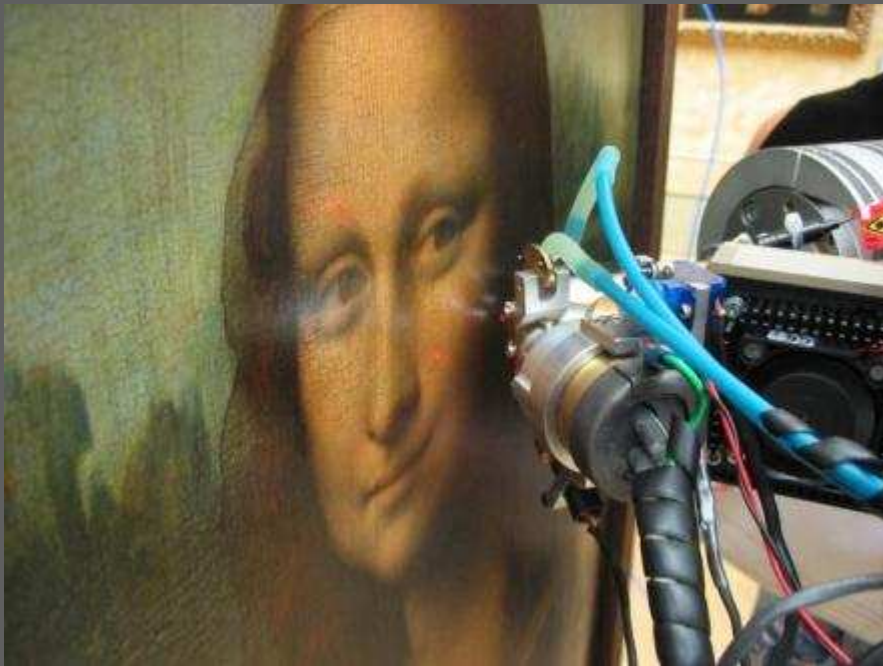
%	Bleu ciel	Bleu foncé	Tête bleue Louvre
SiO ₂	47	40	Sable
Al ₂ O ₃	1.4	2.4	
FeO	0.4	0.63	
CaO	1.9	2.1	Minéral
Na ₂ O	12	11.9	
MgO	2.1	1.9	
K ₂ O	2.4	3.4	
P ₂ O ₅	0	0	
Cl, SO ₃	0 - 0.23	0 - 0.48	
CoO	0.16	0.4	Source cobalt
CuO	0.08	0	CoAlNi
Sb ₂ O ₃	0.1	0.3	opacifiant
PbO	25	28	arséniate de Pb
As ₂ O ₃	5.4	4	

« La composition chimique des deux verres de la tête bleue ne correspond pas à celle des verres égyptiens de la 18^e dynastie. En revanche, elle présente toutes les caractéristiques des verres modernes. La réponse du laboratoire est sans appel : la tête en verre bleu du musée du Louvre est un « faux » ! »

« Elle devient un objet d'art des années 1920, de style néo-égyptien »

Geneviève Pierrat-Bonnefois et Isabelle Biron, La tête égyptienne en verre bleu : la conclusion d'une enquête, La Revue du Louvre et des Musées de France, n°3, 2003, 27-37.

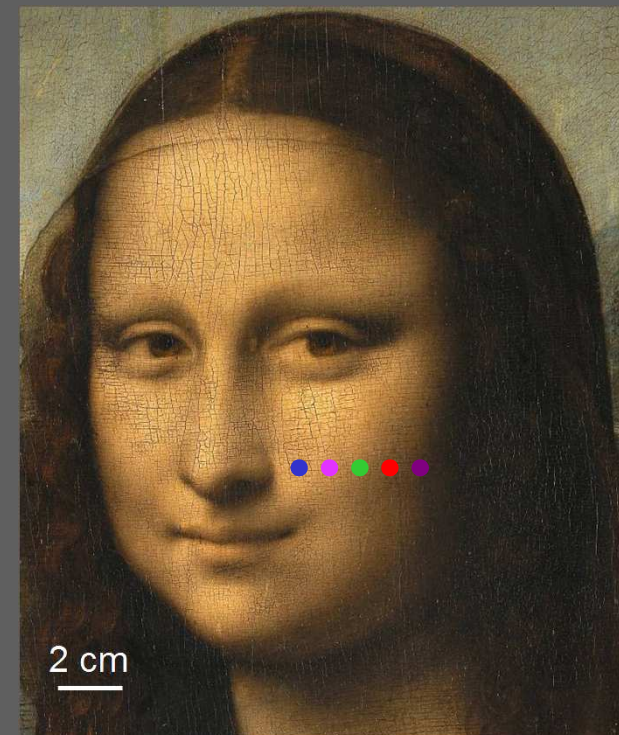
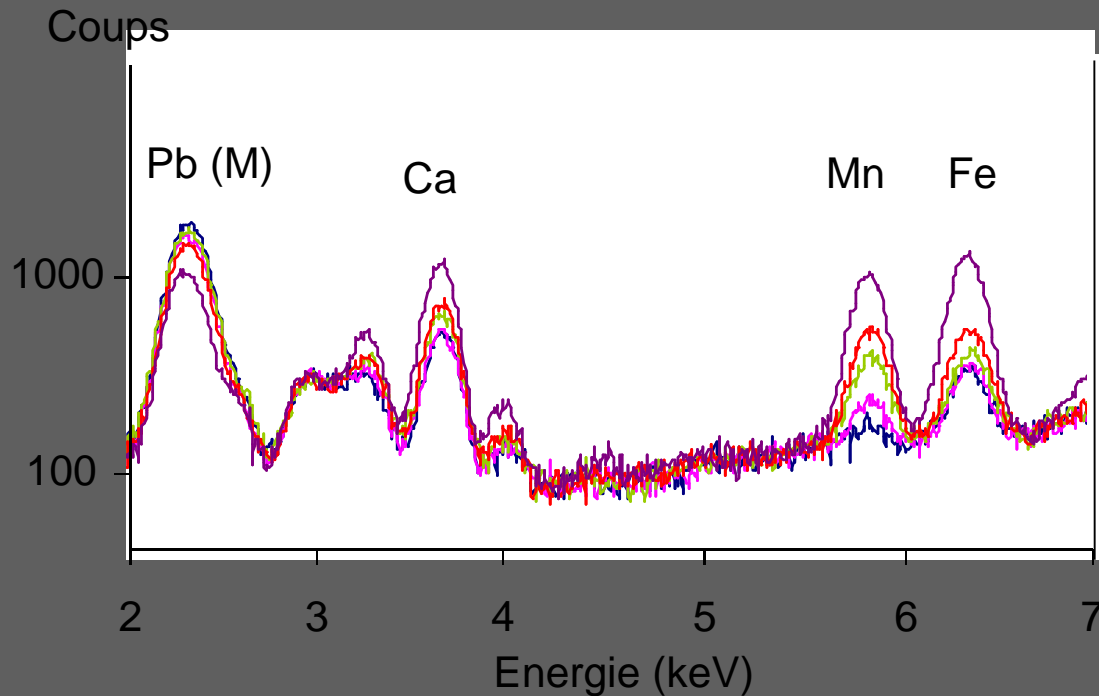
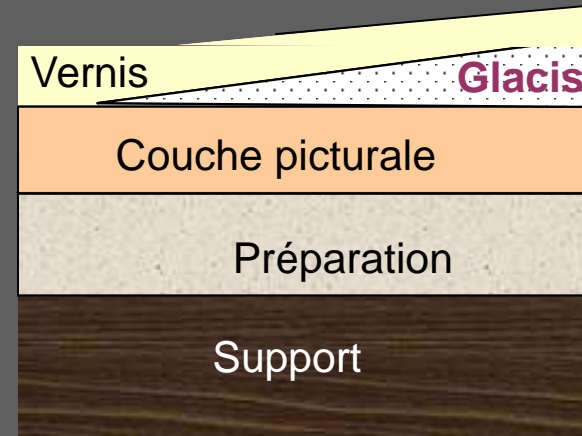
*Le sfumato de
Léonard de Vinci*



Le sfumato de Léonard de Vinci

17 points d'analyse sur le visage :

➤ Évolution des éléments du plus clair au plus sombre



L. de Viguerie, L. Beck, J. Salomon, L. Pichon, Ph. Walter, *Analytical Chemistry* 81, 2009

L. Beck, L. de Viguerie, Ph. Walter, et al., *Nucl. Instr. and Meth. B* 268, 2010, 2086-2091



Annonciation, Dame de la cour de Milan :
 → Ombres des carnations : sans glacis

Sainte Anne, la Vierge et l'Enfant, La Joconde, Saint Jean-Baptiste +  → Présence de glacis
Bacchus (atelier Léonard)

Diffraction et Fluorescence des rayons X Appareil portable



BECK-séminaire IRFU
13 juin 2014

Gianoncelli *et al* , *X-Ray Spectrometry* 37, 2008

