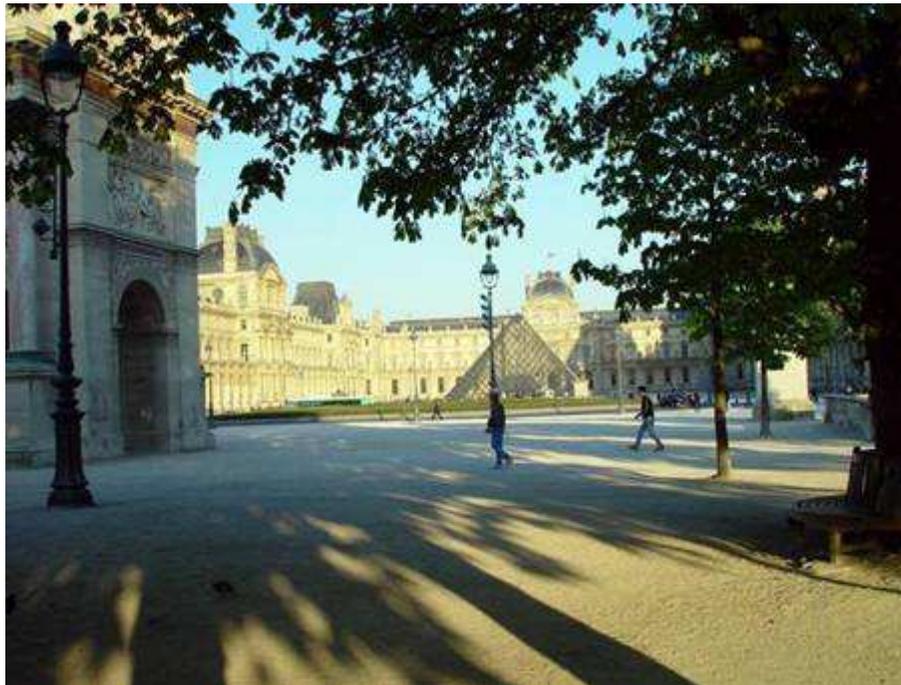


Les analyses par faisceaux d'ions des trésors patrimoniaux éclairent leur histoire



Marc Aucouturier
Ex-Directeur de recherche au CNRS
Marc.Aucouturier@culture.gouv.fr

17 novembre 2012



Historique

- Fondé en 1931 par deux argentins : Dr Fernando PEREZ et le Dr Carlos MAINIINI



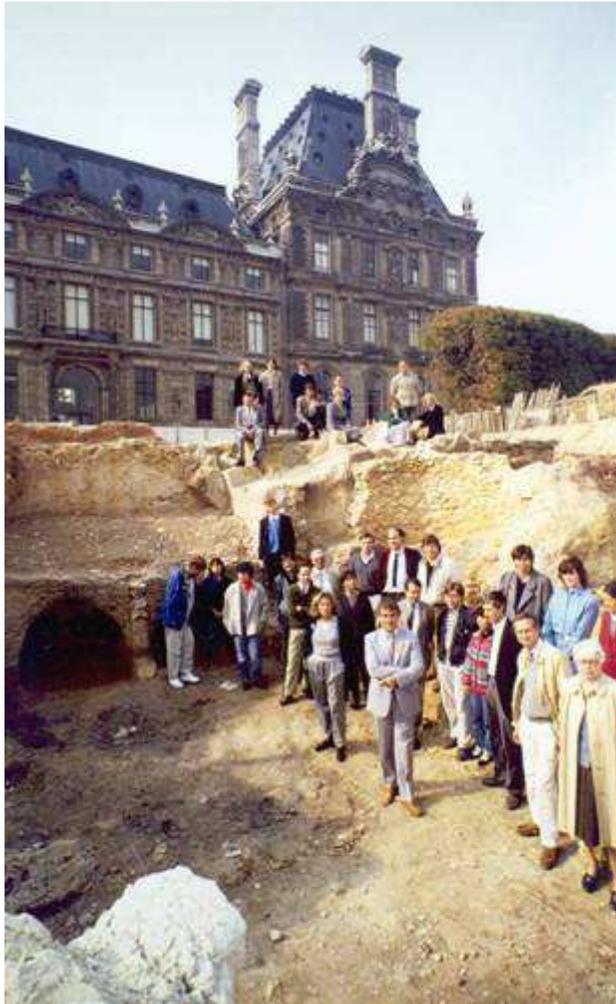
Inauguration de l'Institut pour l'étude scientifique pour la peinture (1932)



Madeleine Hours avec le Président John F. Kennedy en 1963

- Développé par Magdeleine HOURS pendant plus de 40 ans, il est devenu **Laboratoire de Recherche des Musées de France (LRMF)** en 1968.

Historique



Après de grands travaux, le LRMF investit de nouveaux locaux en 1988.



Le **Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF)** est créé en 1999 par la fusion du **Laboratoire** et du **Service de restauration**.

LRMF
C2RMF
SRMF

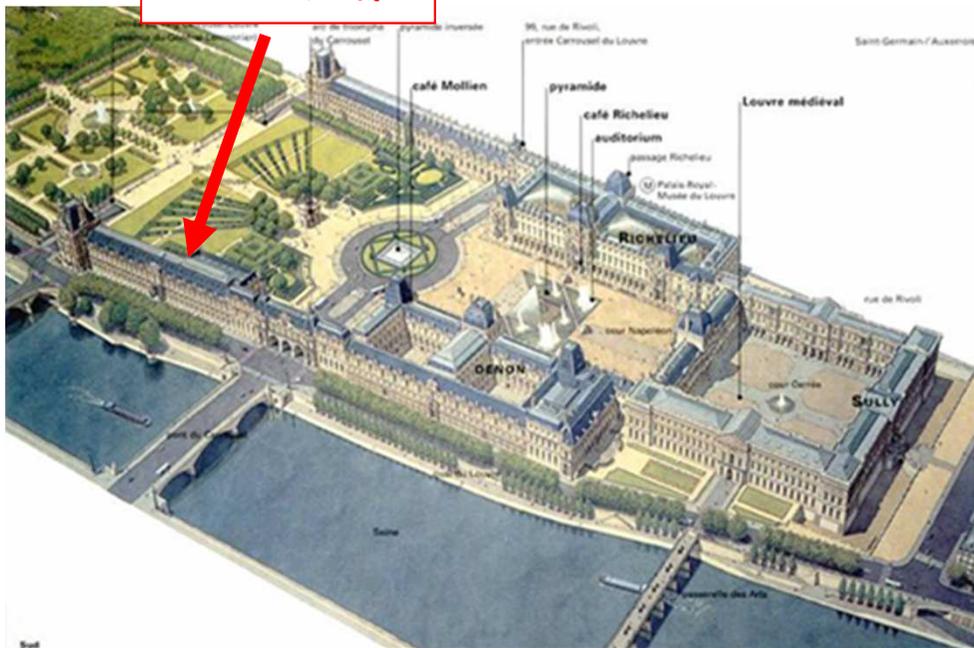
Répartition géographique



Site Carrousel : situation



C2RMF



Le laboratoire est situé sous la porte des Lions, aile de Flore.

Site Carrousel : architecture



Architectes : Jérôme Brunet et
Éric Saunier

Objectifs et rôle du C2RMF

➤ Analyses de diagnostics (études courtes) :

acquisition (authentification)

restauration

exposition

➤ Recherches à long terme

archéométrie : études sur les techniques anciennes et les origines

science de la conservation

conservation préventive : investigation sur les procédés d'altération

➤ Documentation

bibliothèque : gestion du fond et mise à disposition

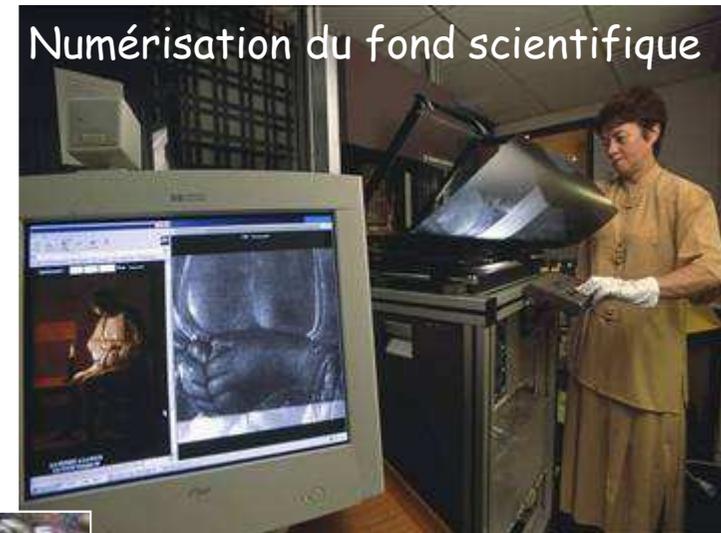
base de donnée

➤ Publications et enseignement

Département Archives et NTI

(nouvelles technologies de l'information)

Mission : assure l'accès, la sauvegarde, la synthèse et la diffusion de l'information scientifique et technique produite au C2RMF depuis 1931.



Département Restauration

Mission : contrôle technique de l'État (collections des Musées de France), assistance à la programmation et suivi des restaurateurs...



La peinture



Le métal



La pierre



La céramique



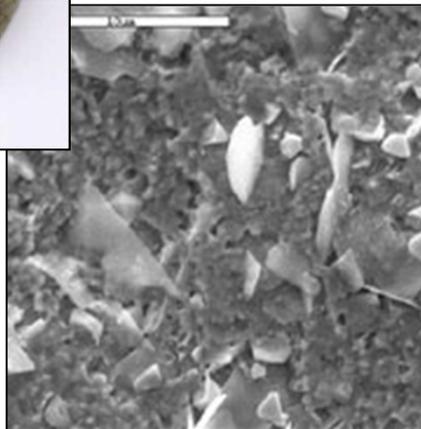
Le textile

Département Conservation préventive

Mission : analyse et gestion de l'environnement, facteurs de prédation et de risque, conditions de stockage, de manipulation et d'exposition ...



Altération de
sceaux de plomb



Conditions de stockage

Département Recherche

Mission : examen, datation, caractérisation et analyse des œuvres du patrimoine culturel et des matériaux qui les constituent.



Pierre, arts du feu,
Pierre
Verre
Céramique
Métal



**AGLAE et méthodes
d'analyse,
datation**

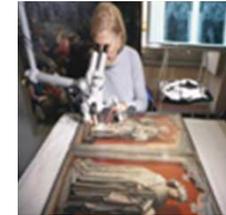
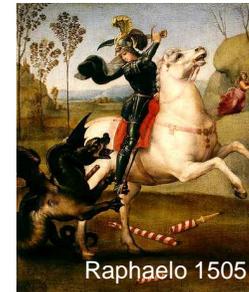


**Matière picturale et
polychromie**

Méthodes d'analyse utilisées au laboratoire (1)

Techniques d'examen

- *Lumière visible : photographie et microscopie optique*
(toutes les œuvres)



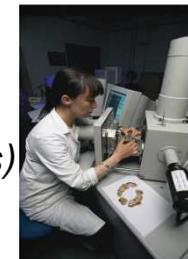
- *Infrarouge : dessin sous-jacent des peintures*
(le style de dessin est comme une signature)



- *Ultraviolet : sous UV les parties altérées ou restaurées fluorescent*
(guide pour la restauration)



- *Microscope électronique à balayage (SEM)*
(examen de micro-prélèvements ou petits objets)



- *Radiographie X, emissigraphie, betagraphie*
(repentirs ou anciennes peintures)



Méthodes d'analyse (2)

Analyse élémentaire

- Microanalyse X couplée au microscope à balayage

(sur toute sorte de petits échantillons si le prélèvement est autorisé)



- Fluorescence X (tous objets : composition en éléments majeurs)



- Spectrométrie d'émission atomique ICP-AES (en métallurgie: composition)



- Techniques de faisceaux d'ions (PIXE, RBS, NRA, PIGE)

(sur tous objets exceptées les peintures)



Méthodes d'analyse (3)

Analyse structurale et moléculaire

◆ **diffraction** de rayons X : structure cristallographiques (minéraux, corrosion, pigments)



◆ **chromatographie en phase gazeuse**
GCMS (matériaux organiques : cires, vernis, restes de nourriture dans poteries)



◆ **spectrométrie IR, microscopie Raman**
(identification moléculaire)



Datations

◆ accès à la datation **AMS C-14** depuis février 2003 (os, bois, cuirs, peintures de grottes)



◆ **datation par thermoluminescence**
(céramiques et poteries)





Peinture espagnole du XVIème siècle



Sous infrarouges



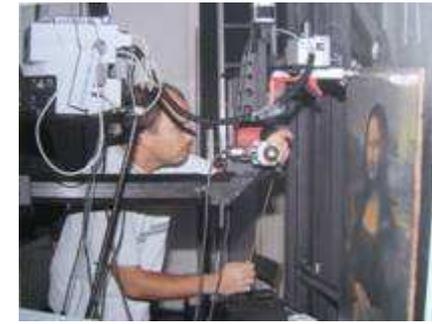
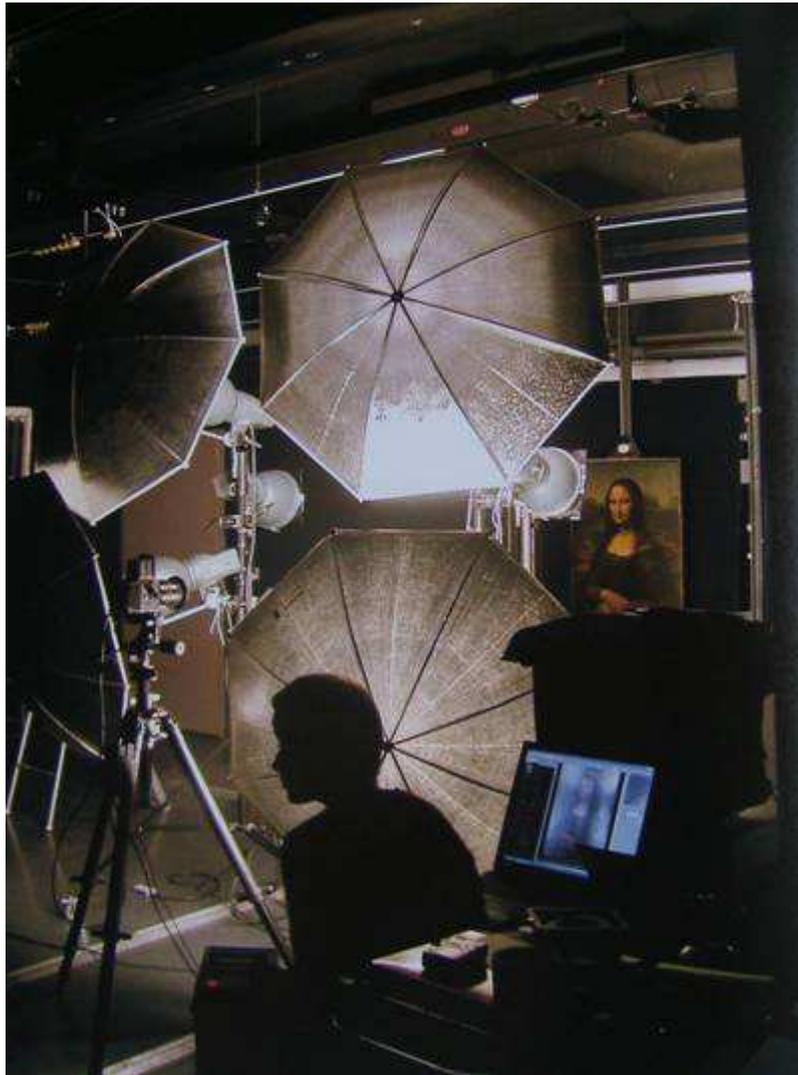
Lumière rasante



Radiographie



Sous ultravioletss



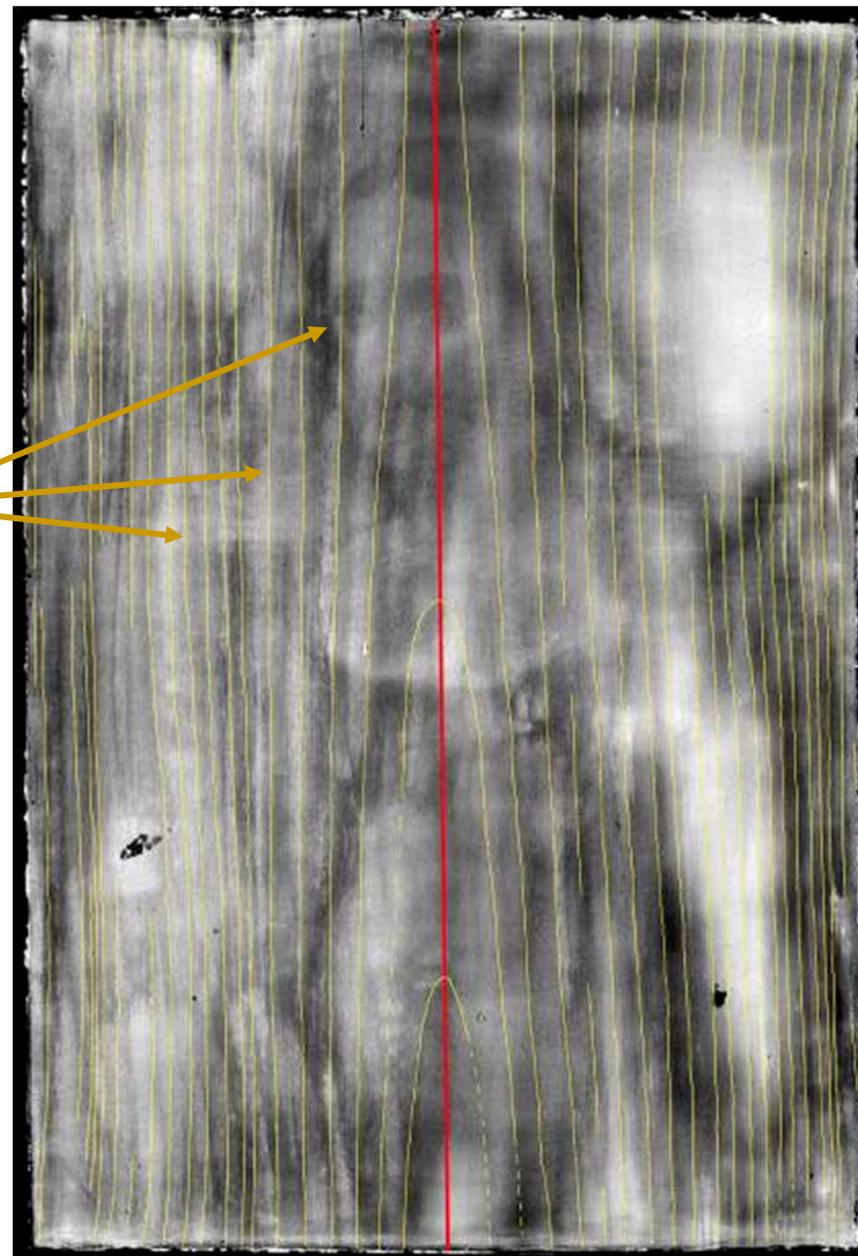
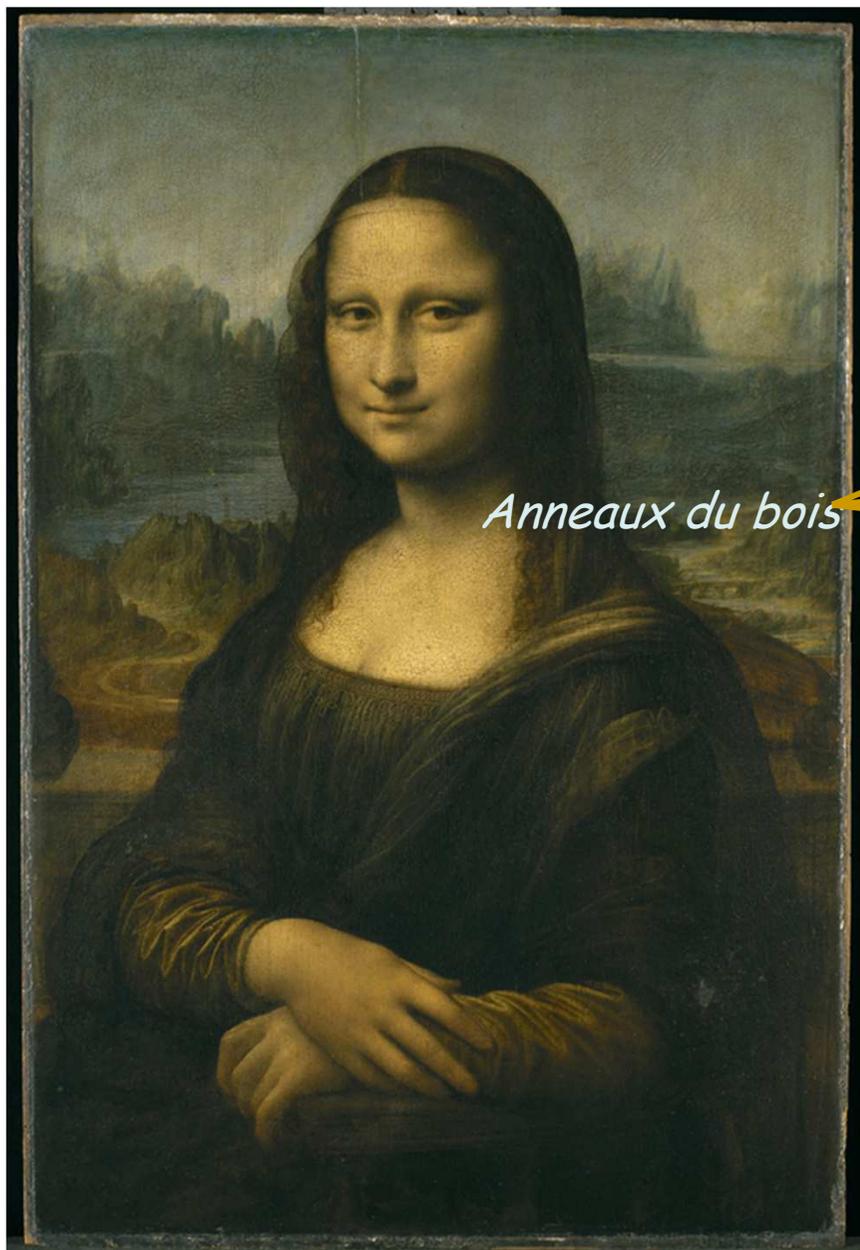
Au cœur de La Joconde Léonard de Vinci décodé

Edité par :
Jean-Pierre Mohen, Michel Menu,
Bruno Mottin

Date de parution : 7 septembre 2006

Radiographie X

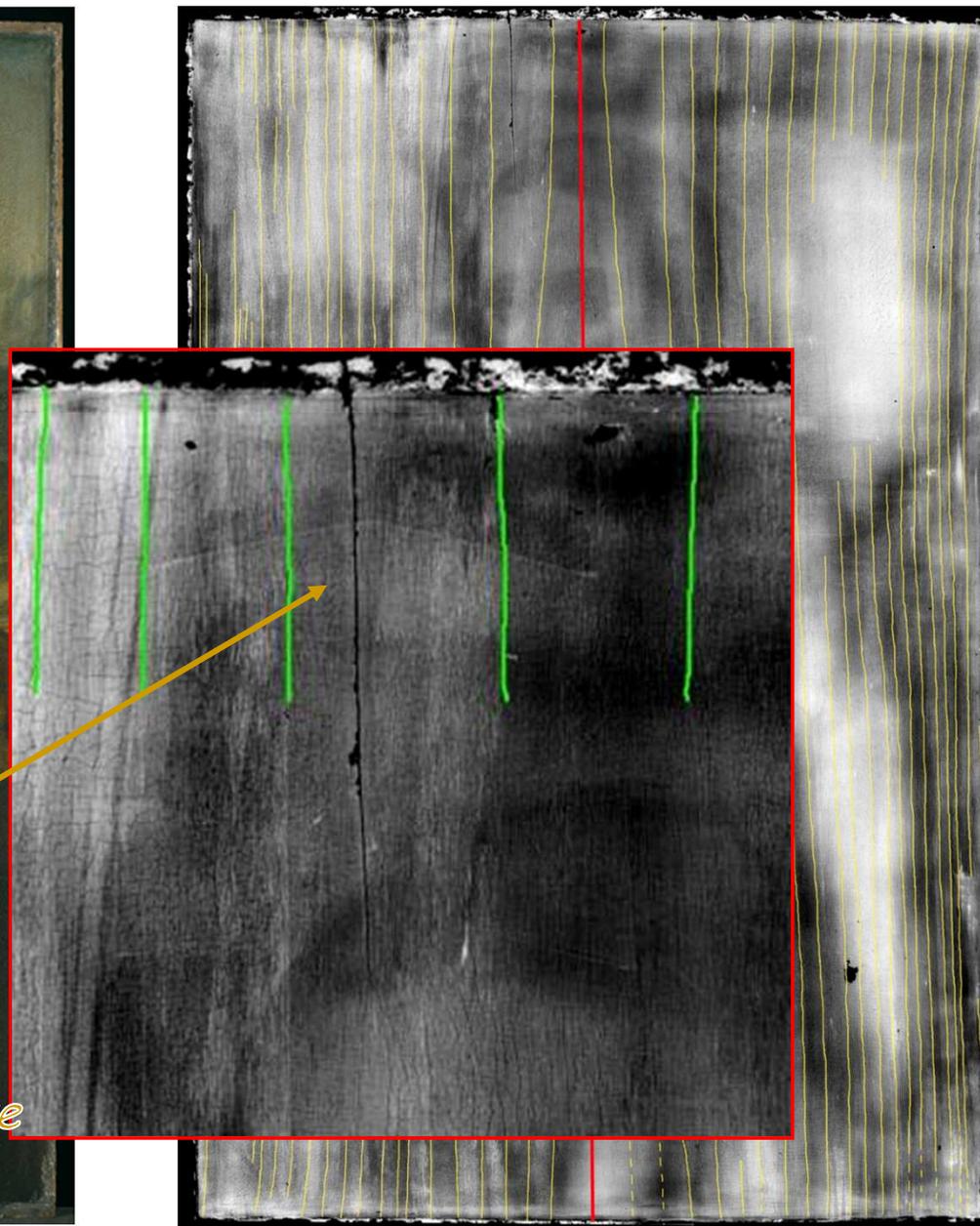
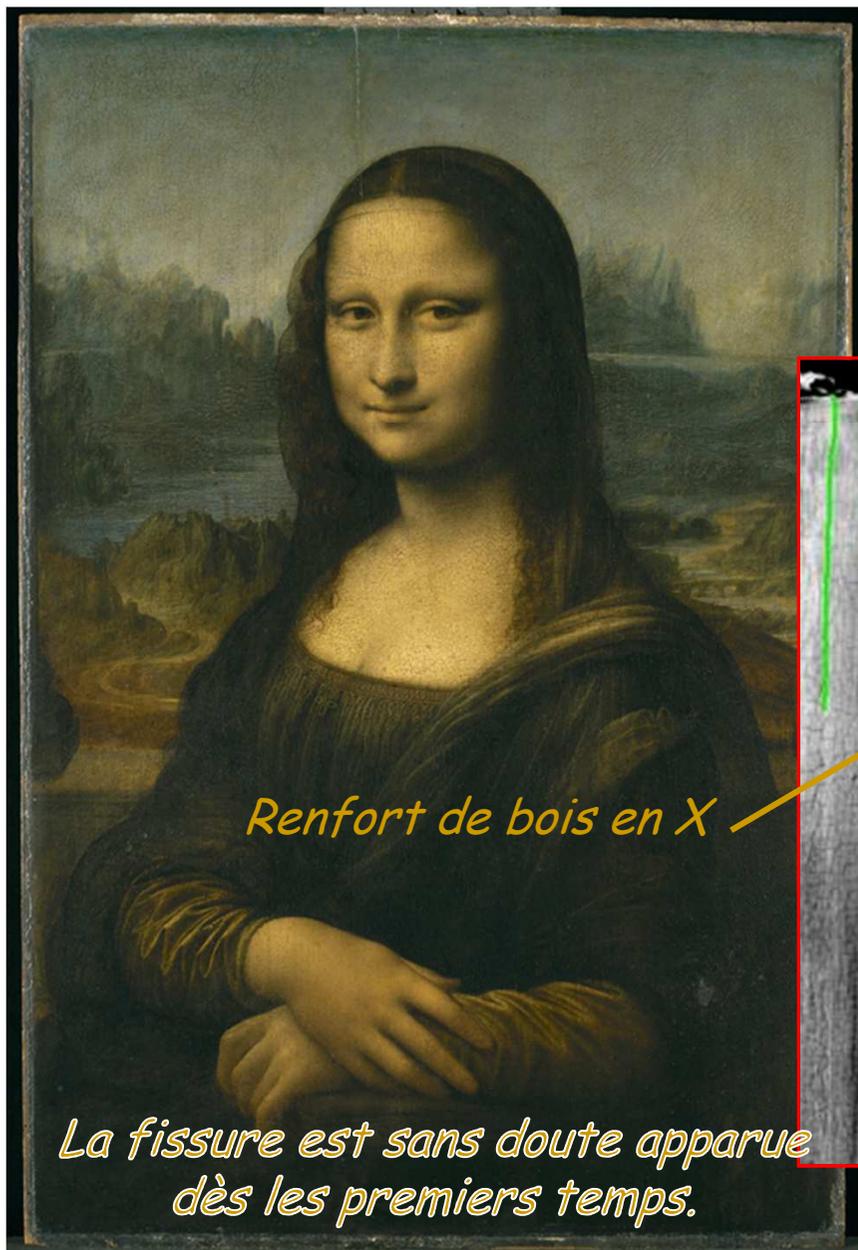
$E_{RX} = 45 \text{ kV}$



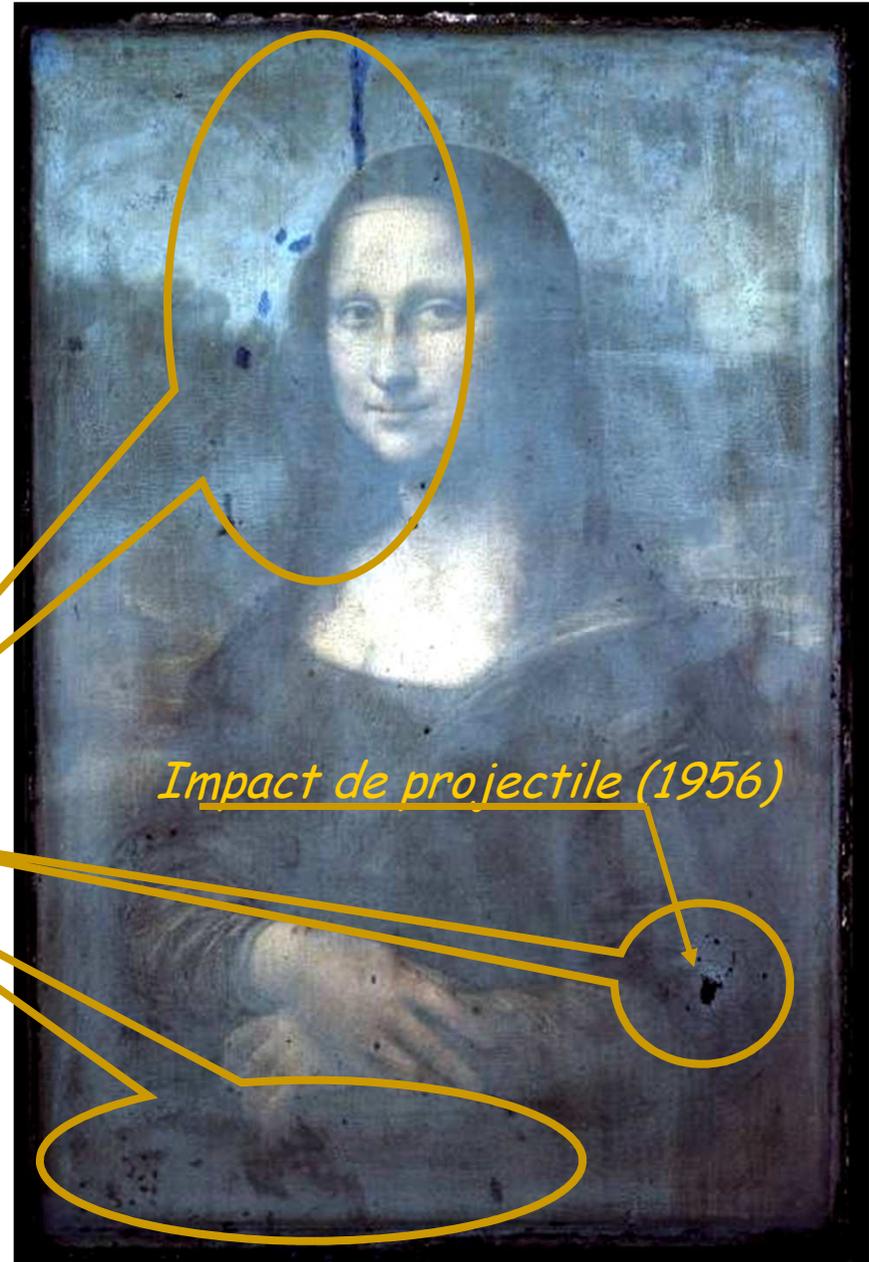
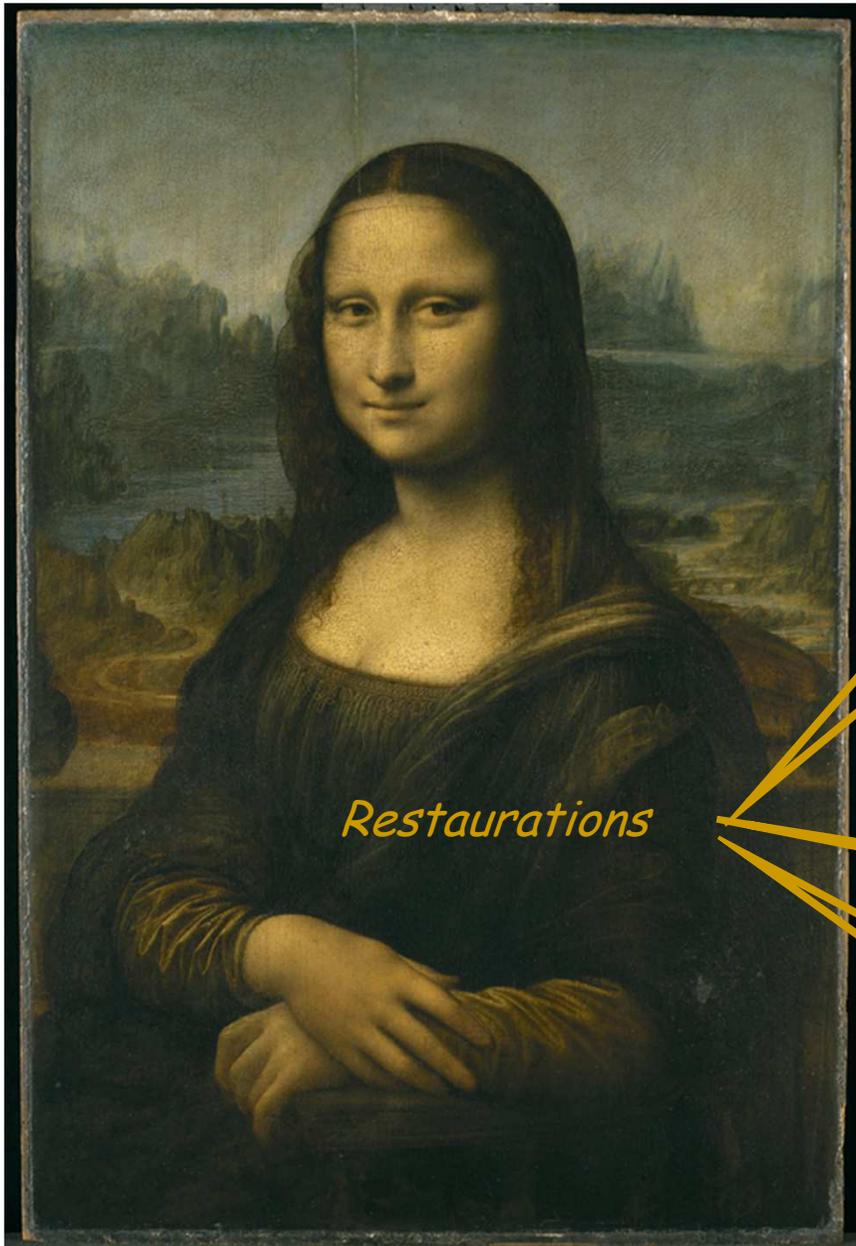
Anneaux du bois

Radiographie X

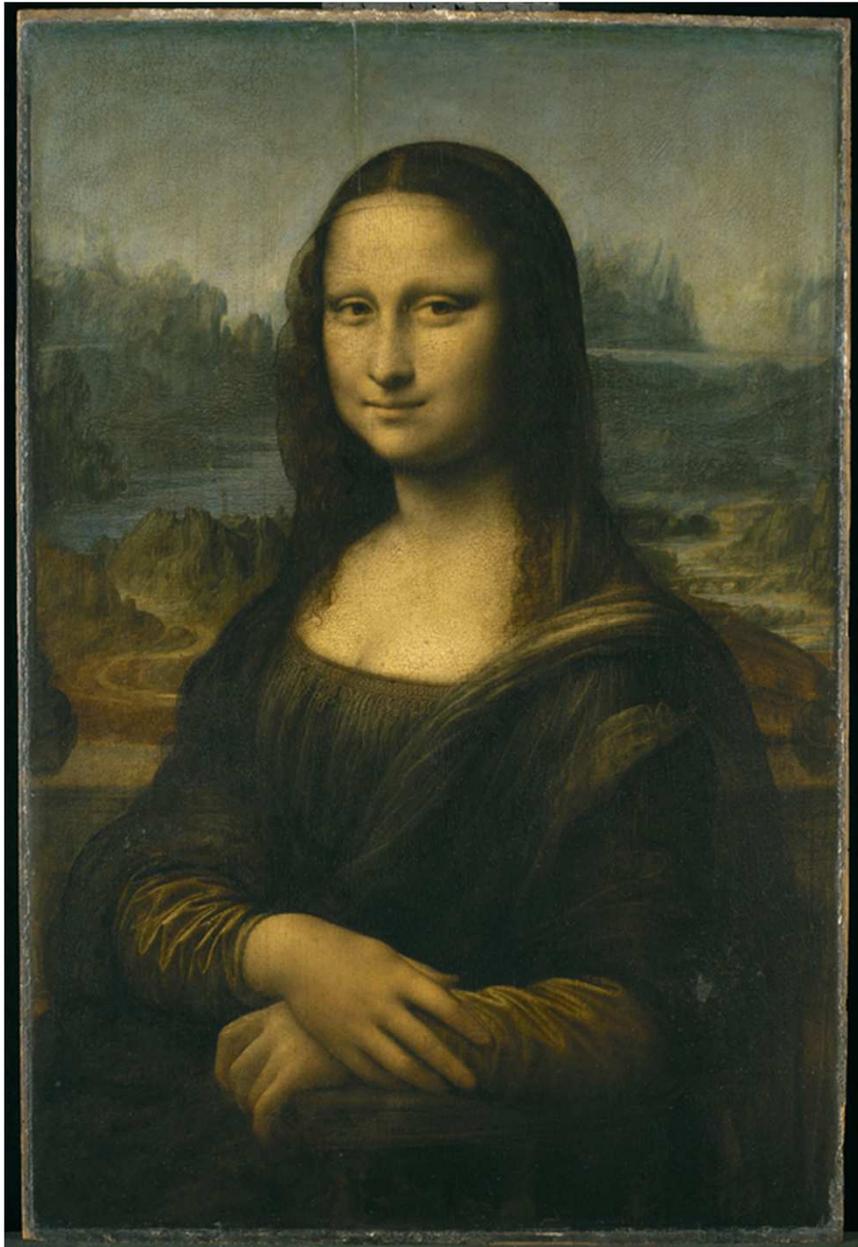
*fissure 11,9 cm stable depuis
1933 (première radiographie)*



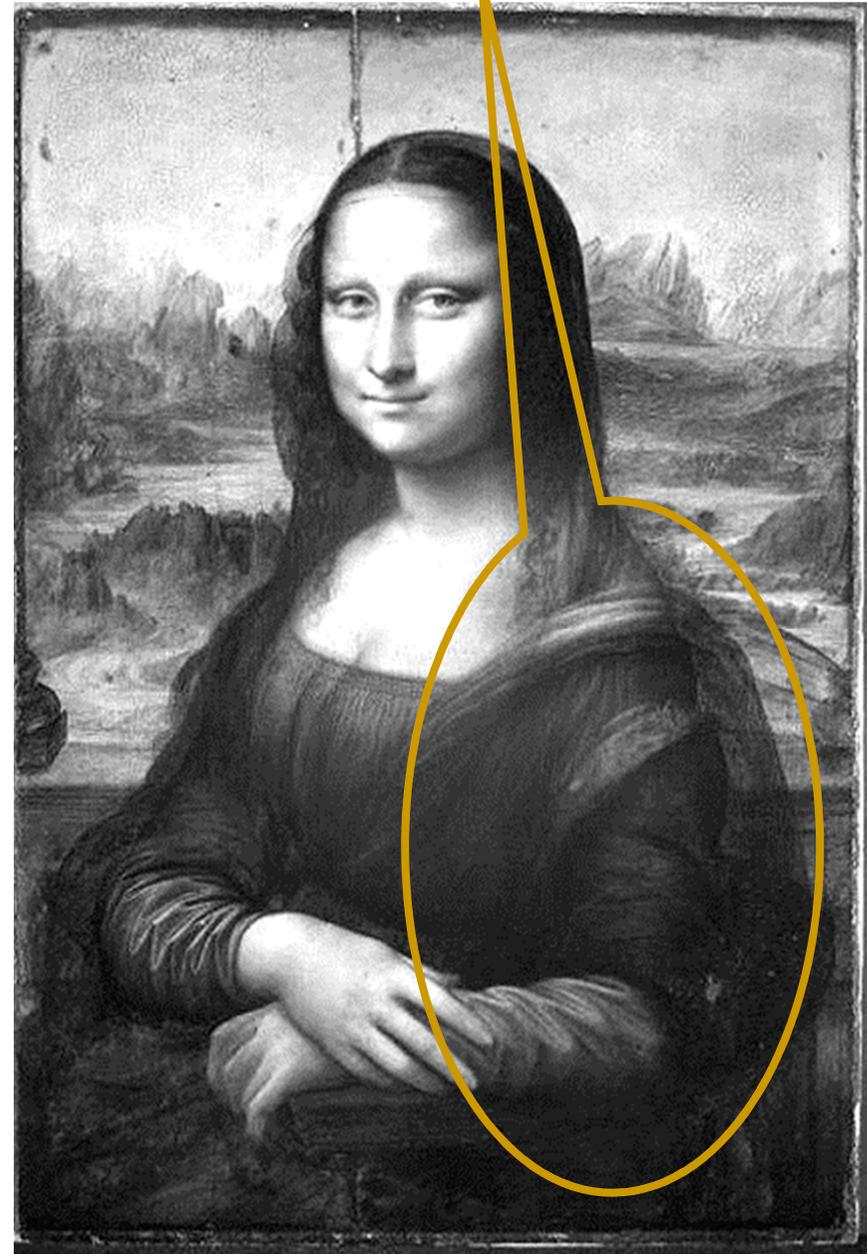
Fluorescence UV restauration



Photographie infrarouge 900 nm

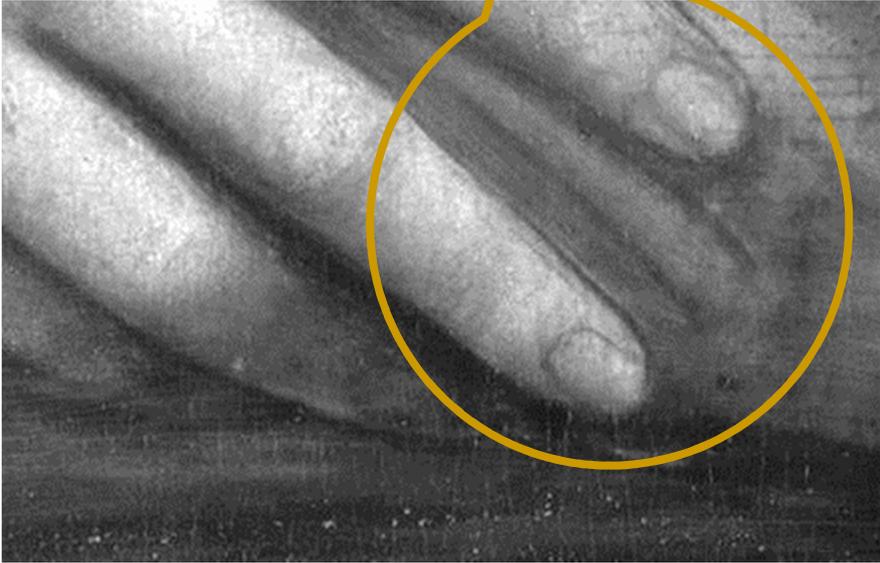
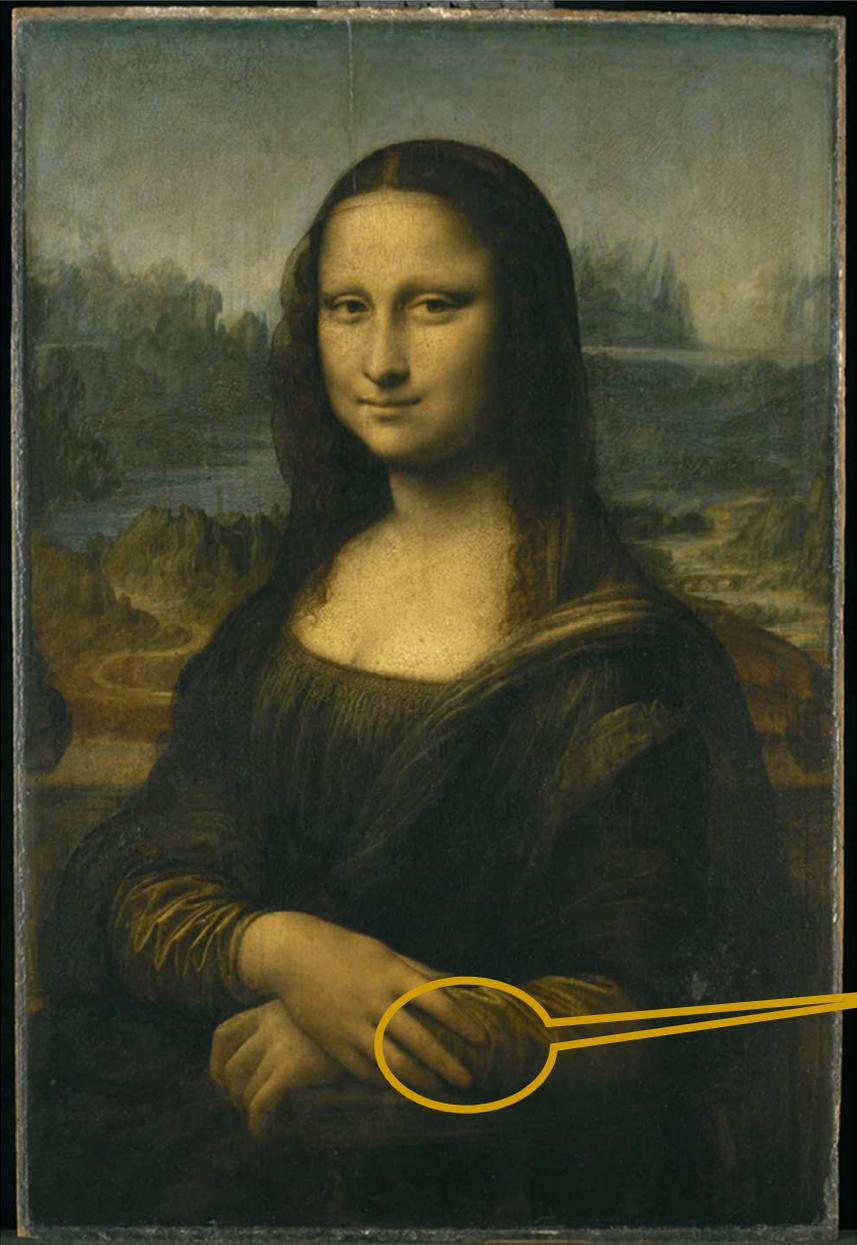


Détails sous la peinture



Reflectographie infrarouge 1000 to 2200 nm

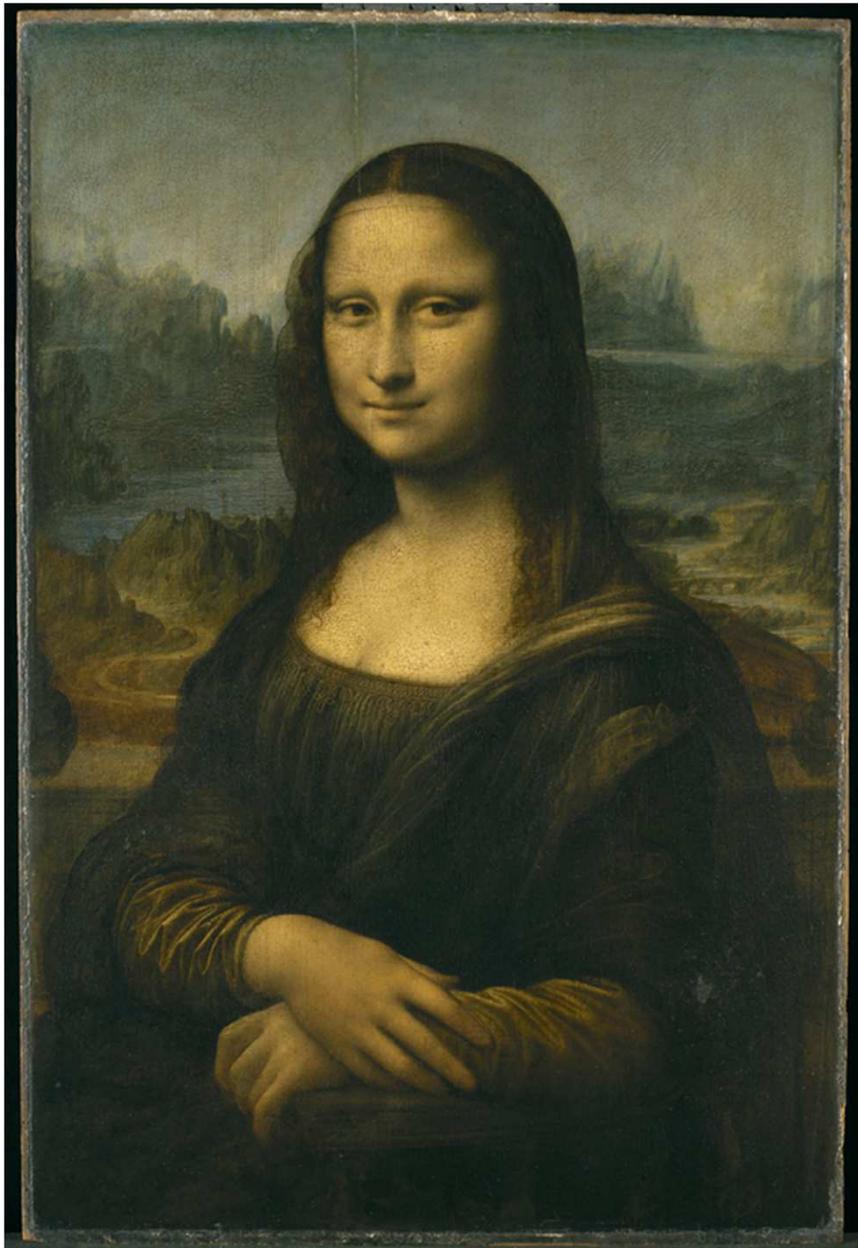
'Pentimento' du peintre



Pentimento



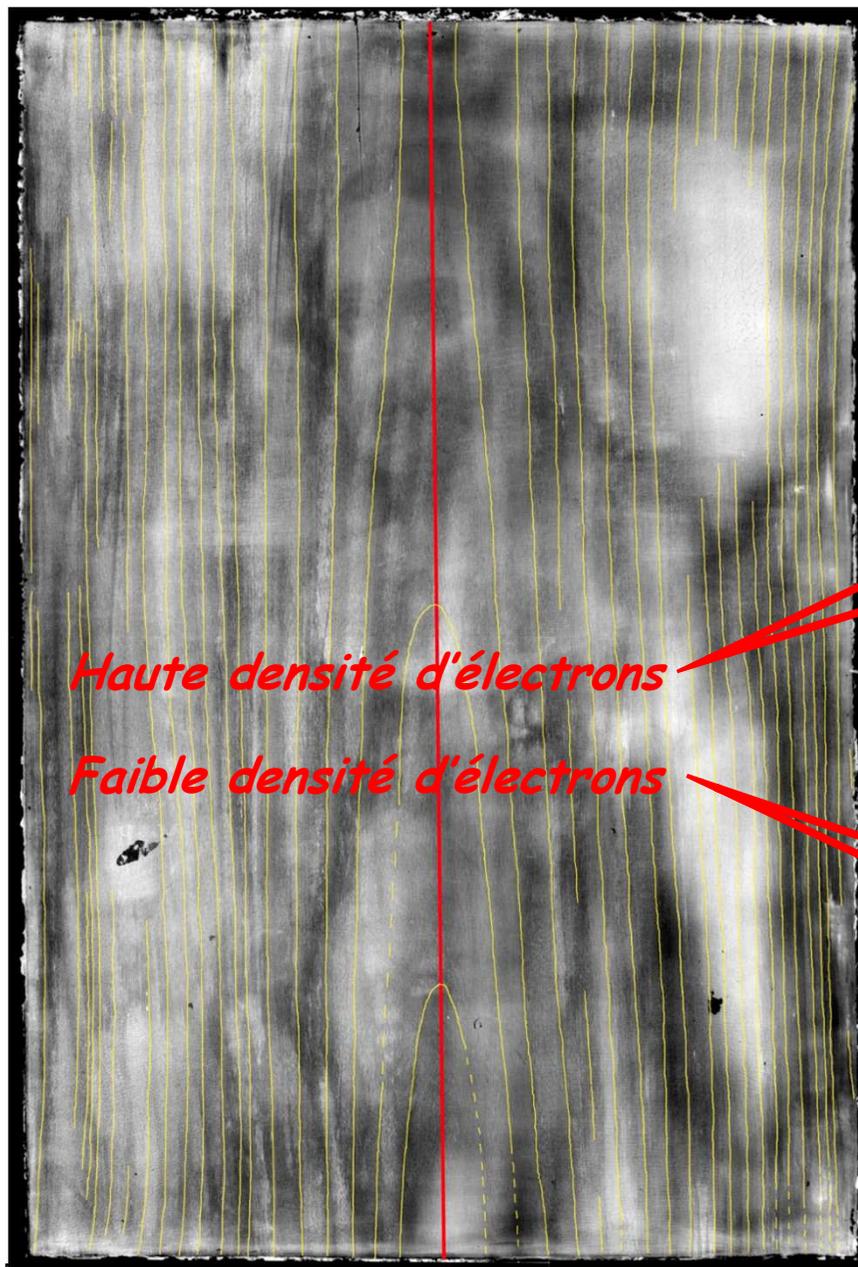
Emissiography ; X polychromatiques $E_{RX} < 290 \text{ kV}$; 4 mA; 2 min



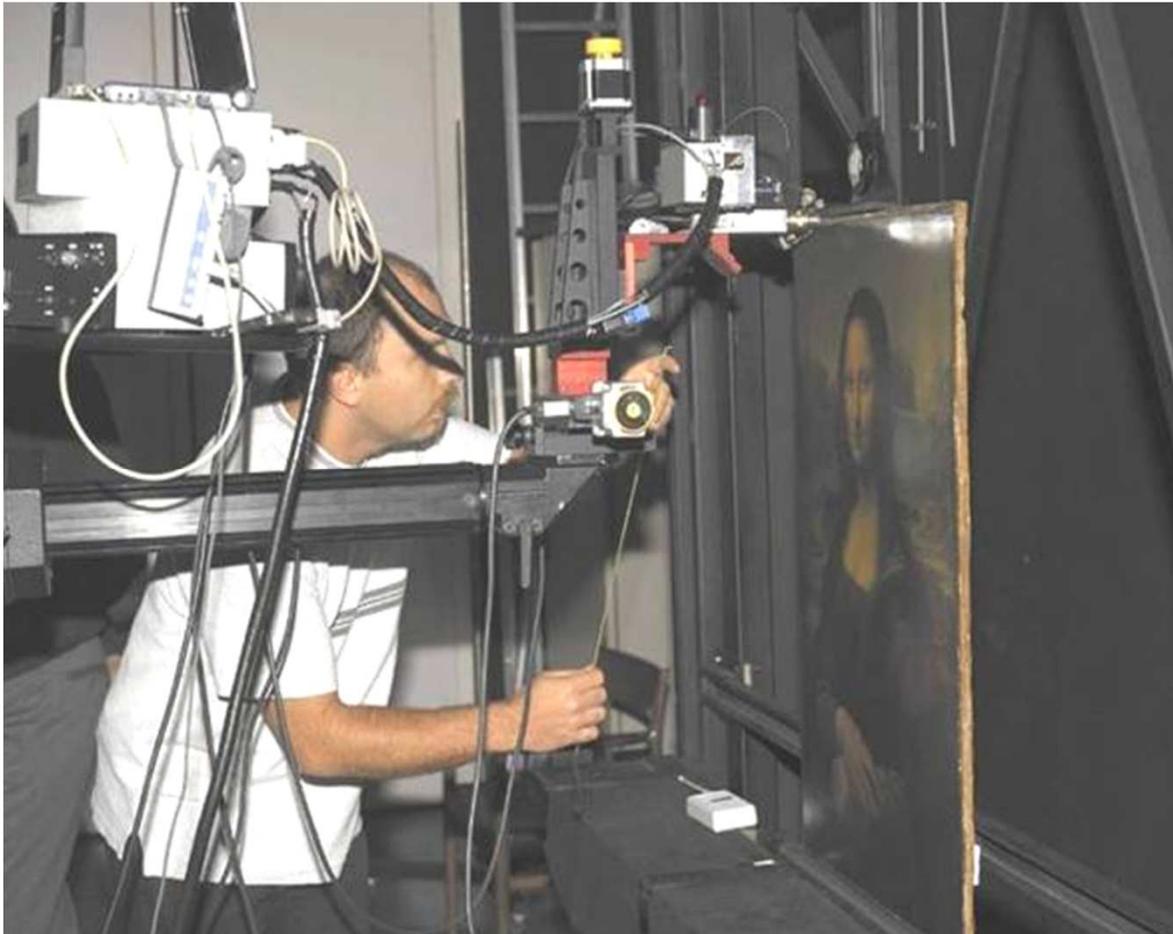
Radiographie X

versus

Emissiographie



XRF (Fluorescence X)



Anode argent ; 3 W
SDD Röntec
resolution f 150 eV

Pigments:

Blanc de plomb (carbonates ?)
Bleu de cuivre (azurite ?)
+ bleu Lapis lazuli
Vert de cuivre (malachite ?)
Jaune de plomb-étain
Vermillon (cinabre ?)
Noir (carbon ?)
Brun (argile de Ombrie: Fe;
Mn; Ca)

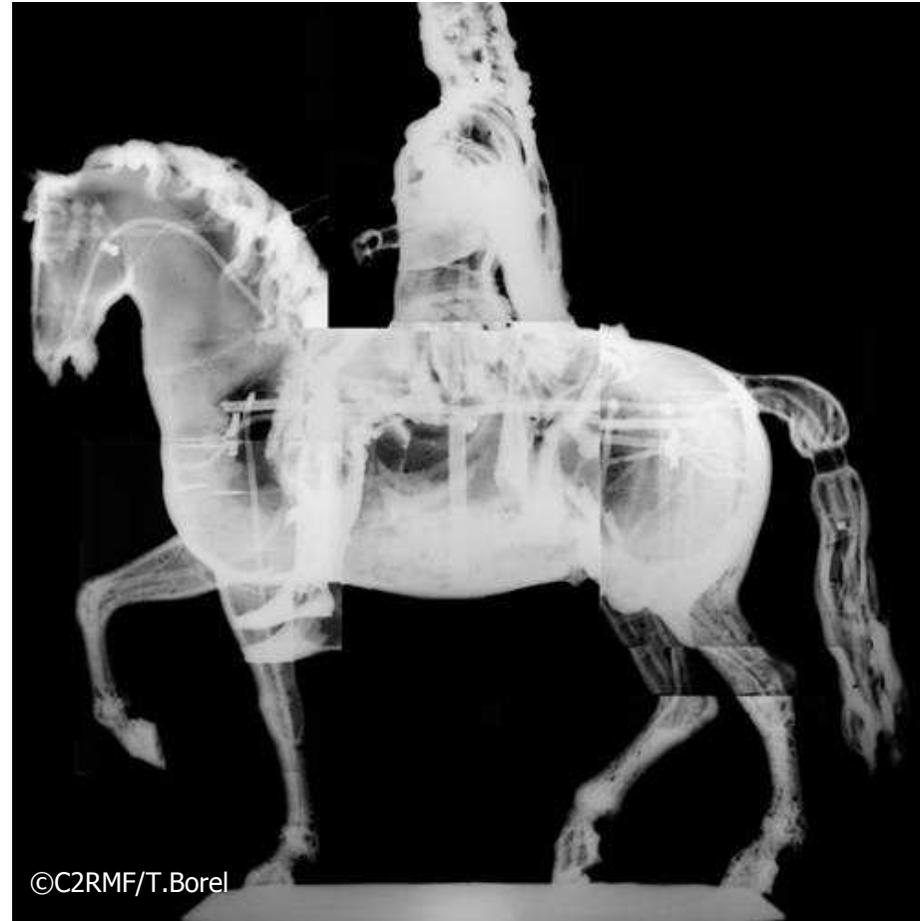
Quantitative analysis of Della Robbia glazes with a portable XRF spectrometer and its comparison to PIXE methods.
A. Gianoncelli, J. Castaing, A. Bouquillon, A. Polvorinos, P. Walter.
X-ray Spectrometry, 2006, vol. 35, pp. 365 - 369

AU CŒUR DE « LA JOCONDE » : Léonard de Vinci décodé.
Ouvrage réalisé avec le C2RMF. Édition publiée sous la direction de
Michel Menu, Jean-Pierre Mohen et Bruno Mottin, 128 pages, 325 ill. *Livres d'Art*, Gallimard [2006]

Radiographie



Statue de Louis XIV par Girardon,
H = 105.5 cm, Louvre



©C2RMF/T.Borel

Thierry Borel
In memoriam



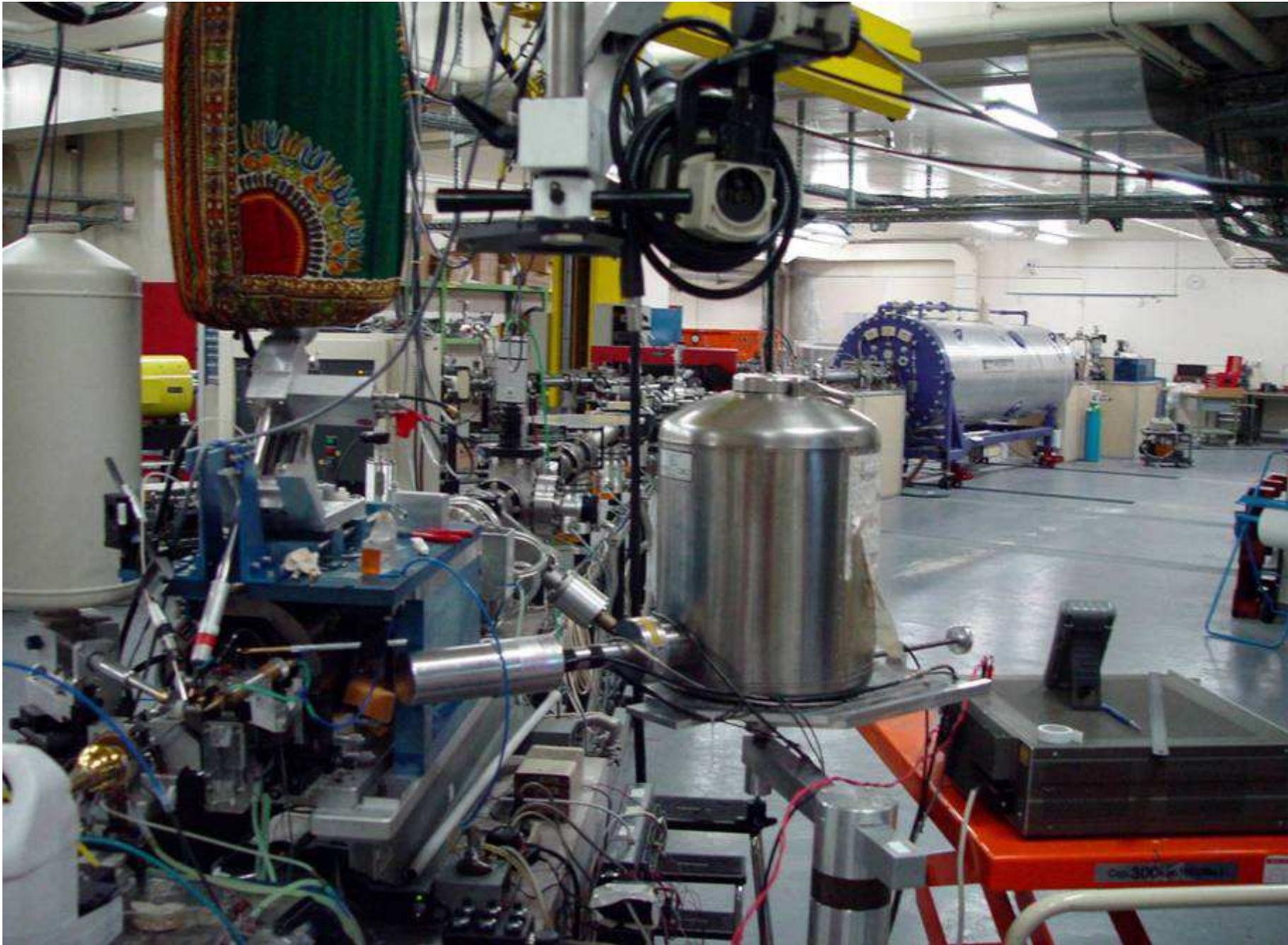
AGLAÉ : Accélérateur du Grand Louvre pour l'Analyse Élémentaire



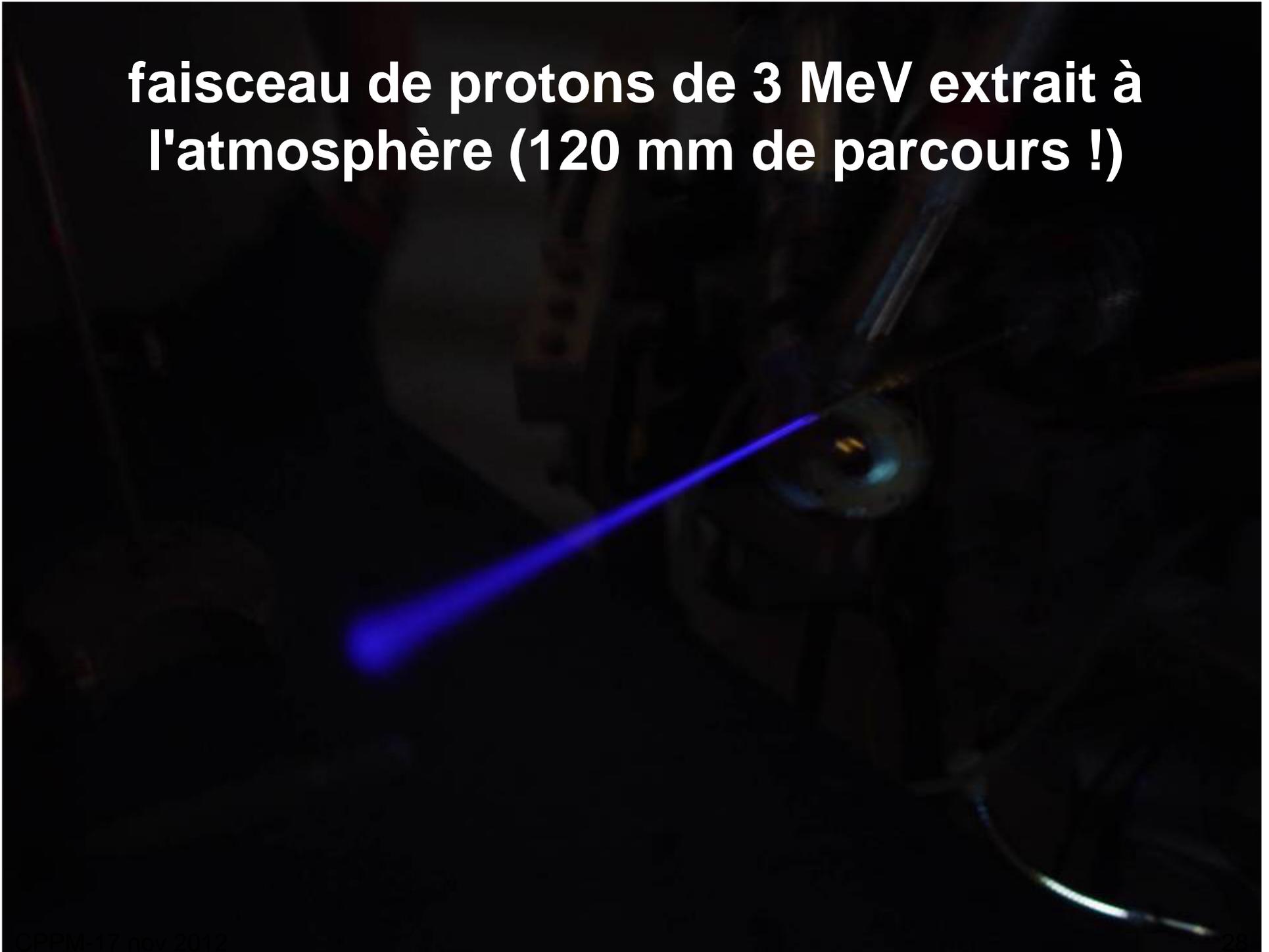
La source et l'accélérateur

La salle de contrôle

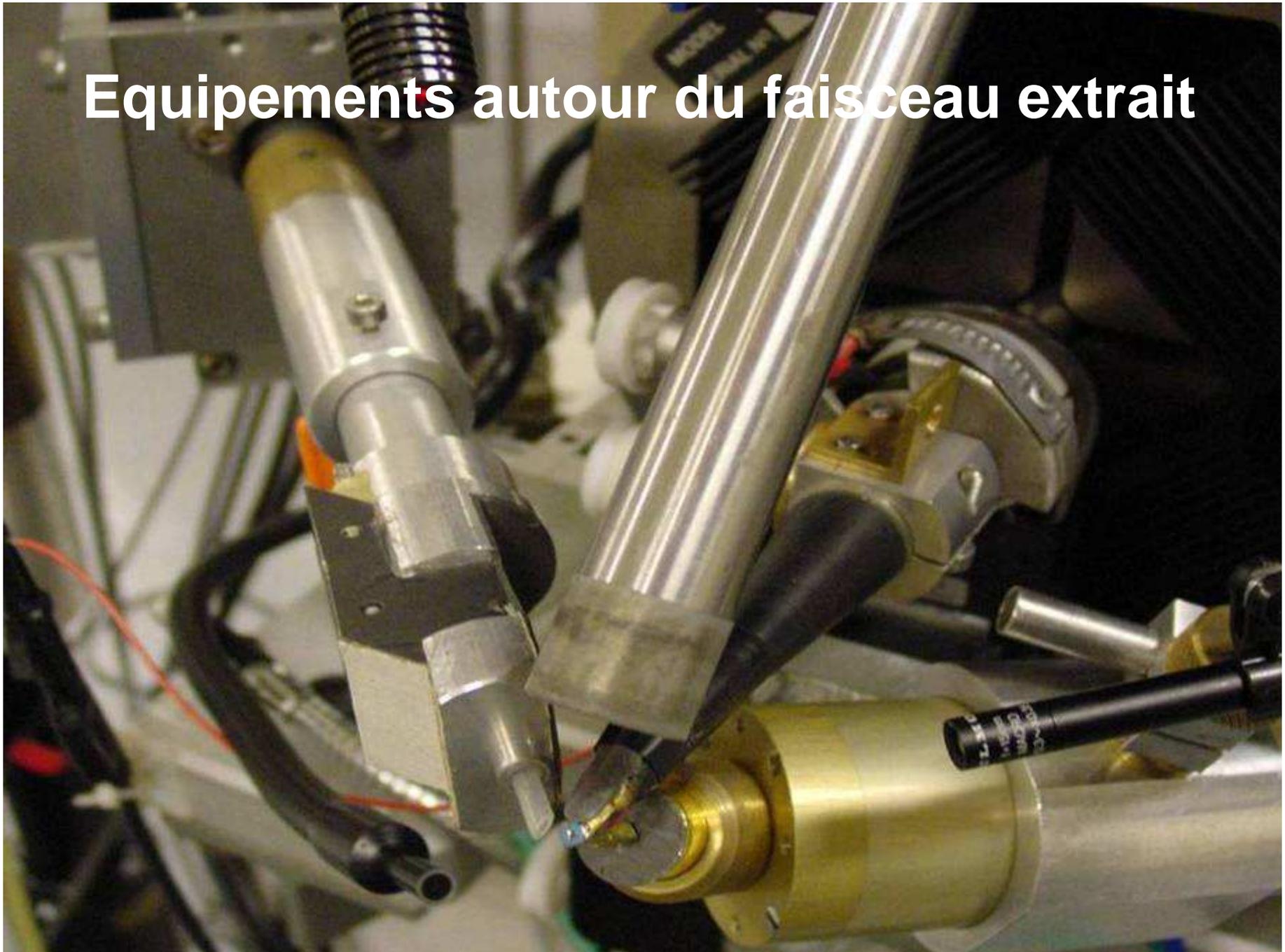




**faisceau de protons de 3 MeV extrait à
l'atmosphère (120 mm de parcours !)**

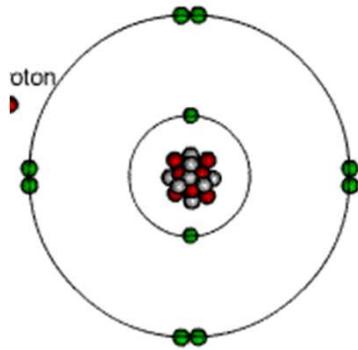


Equipements autour du faisceau extrait

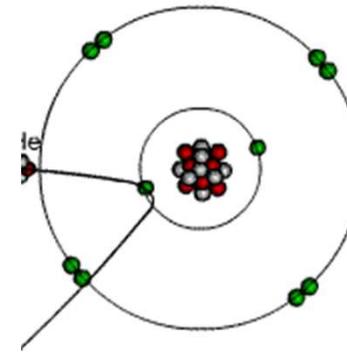




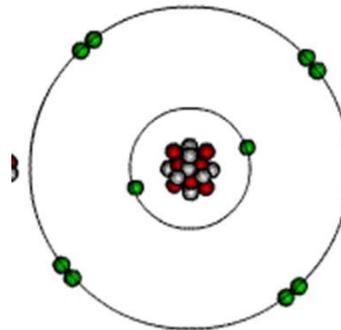
PIXE-RBS combinés



*PIXE : particle-induced
X-ray emission*



*RBS : Rutherford
backscattering spectrometry*



NRA : nuclear reaction analysis

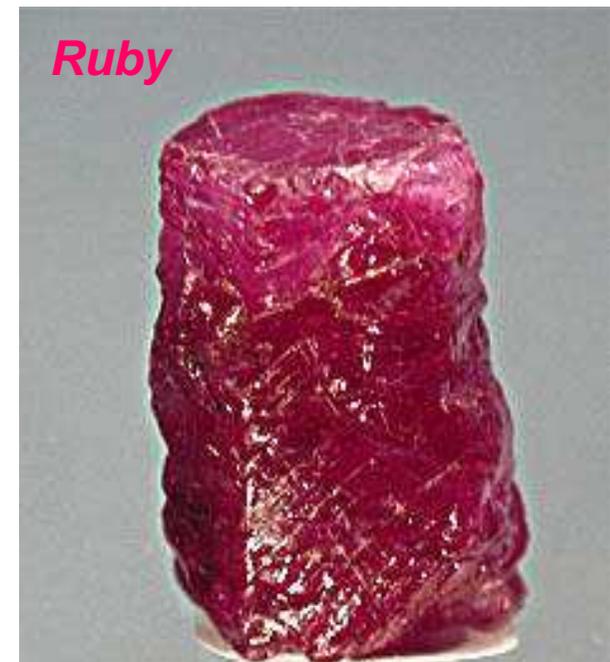
Rubis: la déesse Ishtar

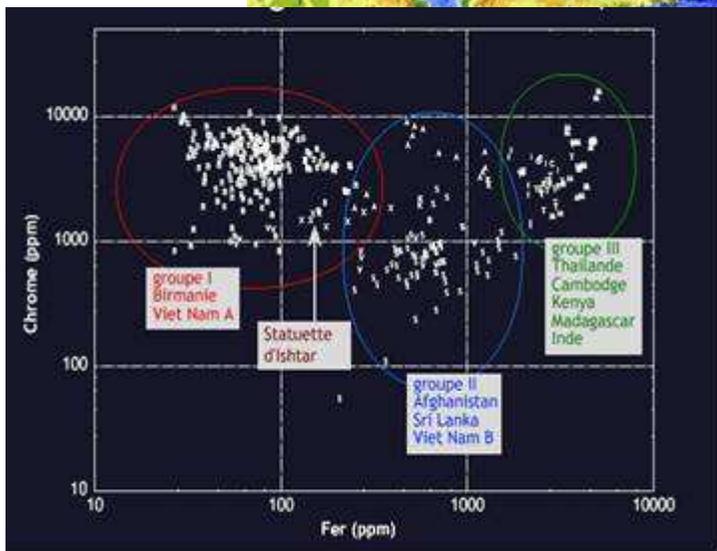
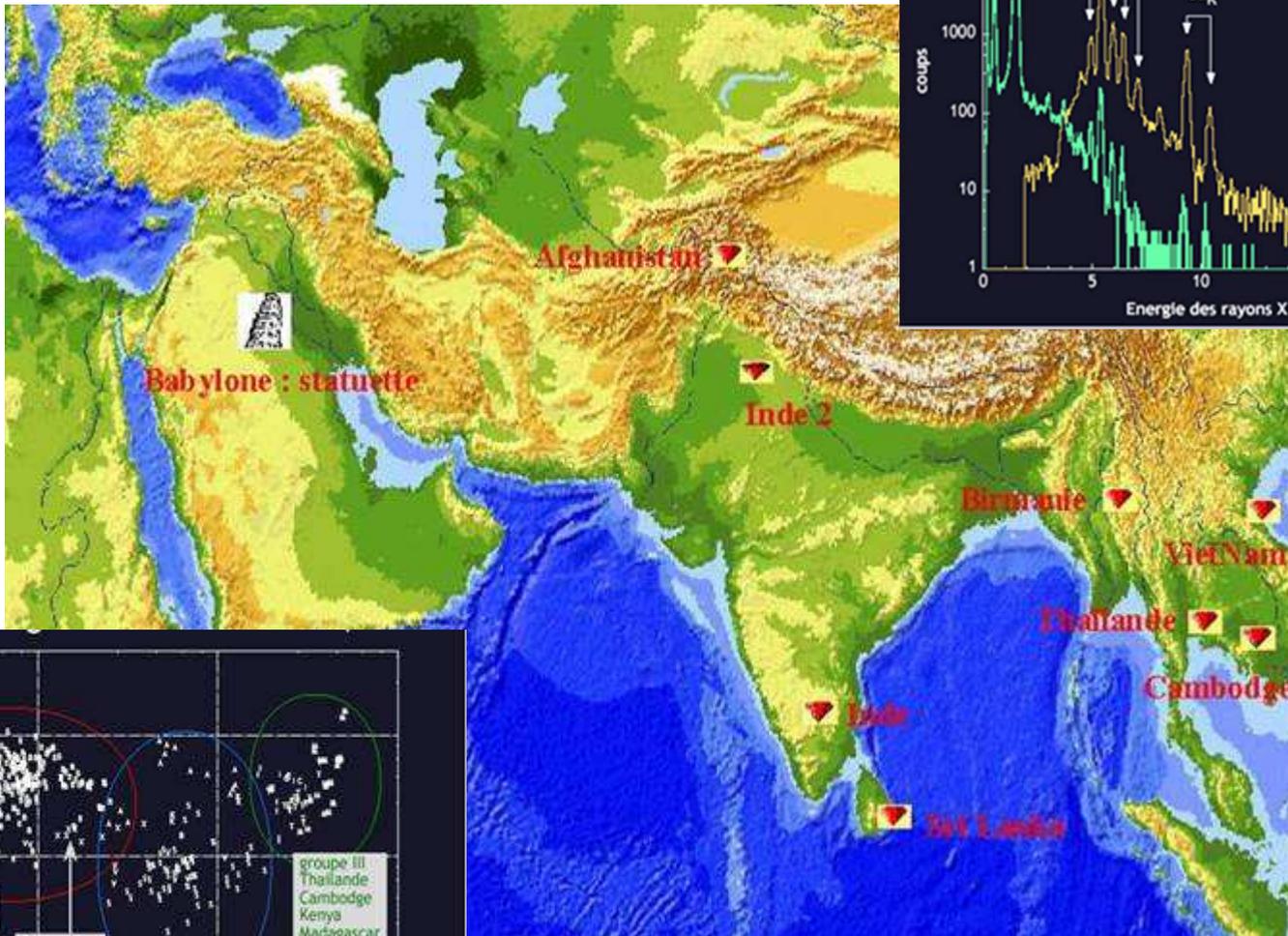


Représentation de la déesse ISHTAR, époque Séleucide, III-II siècle B.C., Babylone ; déesse de guerre et sexualité. Albâtre avec des incrustations de rubis (yeux et nombril)



Le rubis est à base d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3). L'oxyde pur, corindon, est un cristal incolore avec une dureté entre l'émeraude et le diamant. Des traces de chrome donnent au rubis sa couleur rouge.





Grâce aux écrits anciens (Pline) on sait où étaient situées les mines de rubis au IIIème siècle B.C.

10 janvier 2005



Divine adoratrice d 'Amon, **Karomama**
env. 850 av. JC, Louvre, Département des Antiquités
Égyptiennes
(Mme E. Delange, Conservateur)



Enquête autour d'un crâne

D'après Thomas Calligaro et Yvan Coquinot, C2RMF



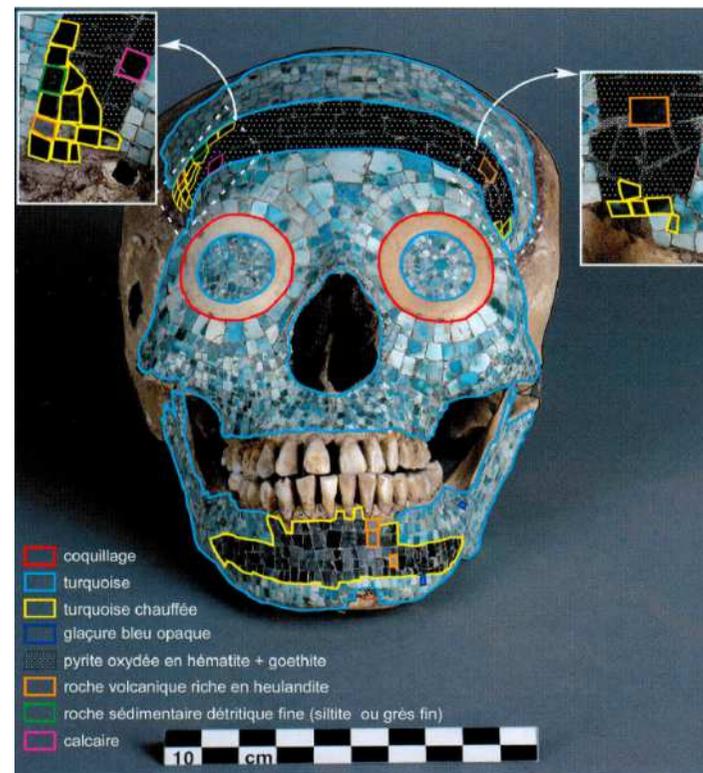
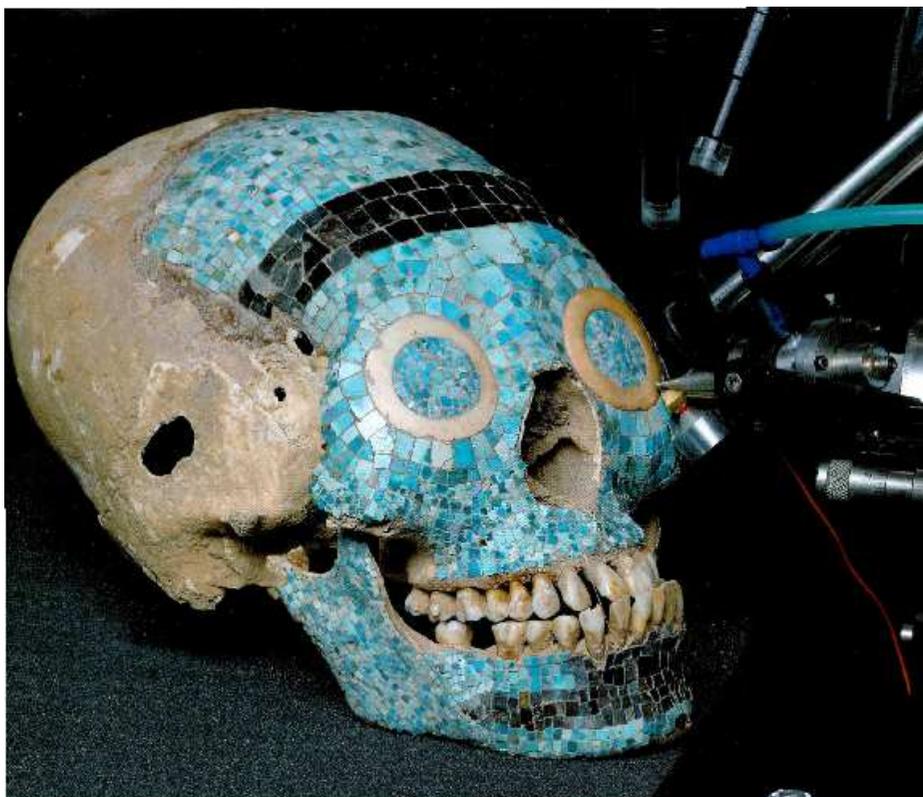
Musée d'Arts Africains Océaniens ,
Amérindiens (MAAOA), Marseille.

Provenance présumée : Mexique
Datation présumée : préhispanique

Tesselles de pierre noire (obsidienne ?)
Coquillages (autour des yeux)
Turquoises ?

**Authentique ou reconstitué
au XXe s. ?**

Datation C14 du crâne :
772-900 ap. J.C.



Combinaison d'analyses PIXE et de microdiffraction X :

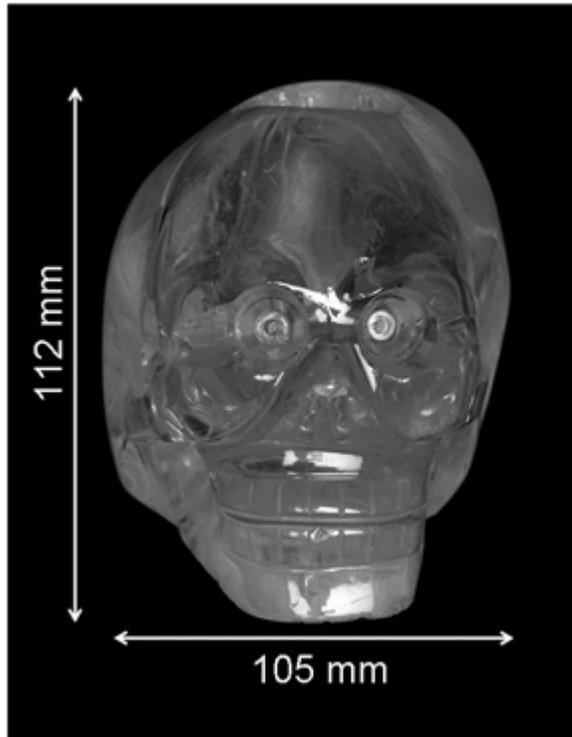
Des tesselles noires sont des turquoises décomposées en ténorite (CuO) par chauffage
 D'autres tesselles noires au centre du bandeau sont
 de la pyrite (couleur or en principe) oxydée en hématite en surface
 Quelques turquoises sont en fait une glaçure (céramique vitreuse) bleue
 La colle utilisée semble peu authentique

Enquête autour d'un crâne

Hypothèses

- ensemble authentiquement précolombien, entièrement démonté et restauré au XXe-Siècle
- assemblage, à une période récente, de deux objets précolombiens (crâne et mosaïque),
- mosaïque réalisée récemment par un faussaire et collée sur un crâne précolombien
- curiosité réalisée à une époque coloniale, selon une technique de traditionnelle et un mélange de matériaux mésoaméricains (crâne, turquoise, pyrite, coquillage) et européens (verre et colle).

Encore un crâne en cristal celui-ci



Musée du quai Branly, Paris
Mention « Pachuca Hidalgo »

Présenté comme préhispanique
Provenance douteuse

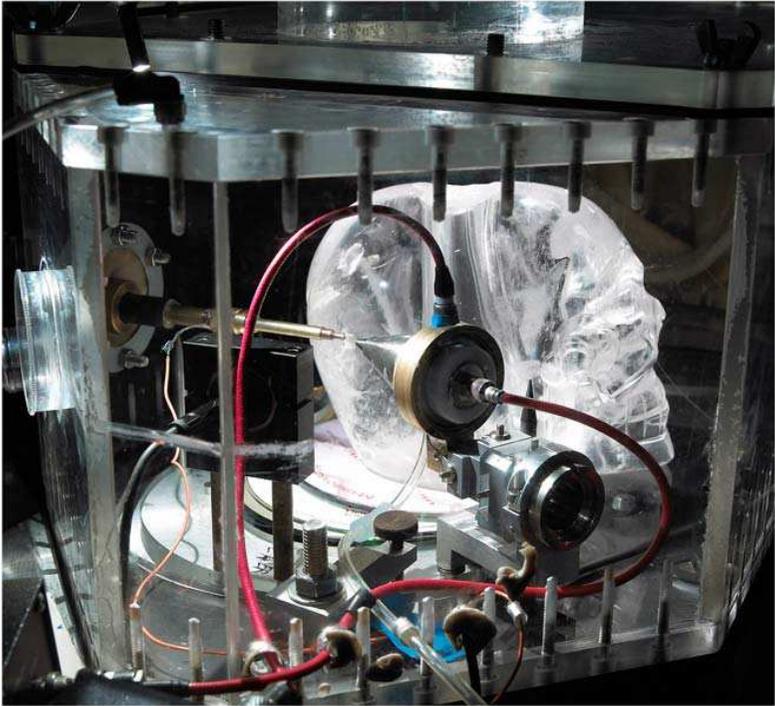
Confié au C2RMF quelques semaines avant la sortie de :
Indiana Jones et le Royaume du crâne de cristal, 2008

D'après :

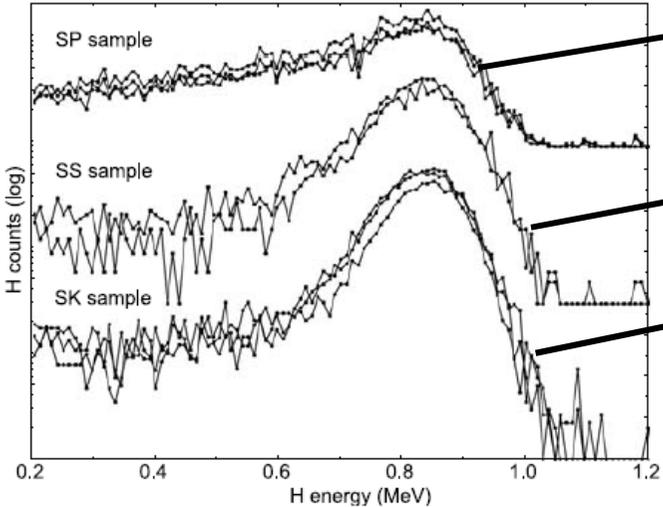
T. Calligaro, Y. Coquinot, I. Reiche, J. Castaing, J. Salomon, G. Ferrand, Y. Le Fur,
Appl Phys A (2009) 94: 871–878

Profilométrie de surface
 (sur répliques silicone) :
 Traces d'outils régulièrement espacées,
 en particulier dans les orbites.
 Utilisation d'un outil rotatif moderne !

Mesures ERDA
pour profilage de l'hydrogène :
 Faisceau de particules alpha, sous
 atmosphère d'hélium ultrapur,
 incidence 10 degrés
 Détection des protons de recul.
 Datation par la profondeur de diffusion



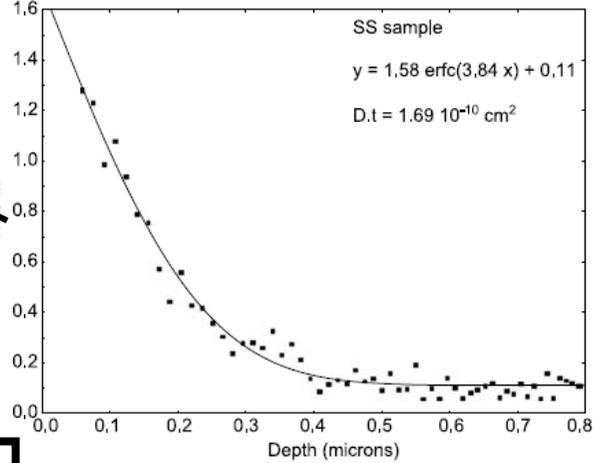
ERDA (energy recoil detection analysis)



Pièce authentique

Témoin 18^e siècle

Crâne



C'EST UN FAUX

Patine et polychromie dans l'Antiquité : de précieux objets en métal

Thèse de François Mathis

Patine intentionnelle : Couche de composés souvent oxydés en surface du métal, obtenue par traitement chimique et/ou thermique (très utilisée depuis la Renaissance)



Pomone, A. Maillol,
Jardin du Carrousel
du Louvre (Paris)

Patine intentionnelle

Décors de surface



Objet initial

Corrosion
(patine)

Intervention post-découverte
(restauration, restitution)

Aspect d'un objet Antique

Patine et polychromie dans l'Antiquité

➤ Une seule couleur obtenue par patine chimique connue jusqu'à présent :

le noir

- La patine au soufre : bronzes de l'épave de Mahdia
- Le bronze noir : patine noire sur des alliages de cuivre ***contenant de l'or*** :

« *hmty km* » en Égypte

« *Corinthium Aes* » sous l'empire romain

« *shakudo* » pendant le Japon médiéval

Autres couleurs?

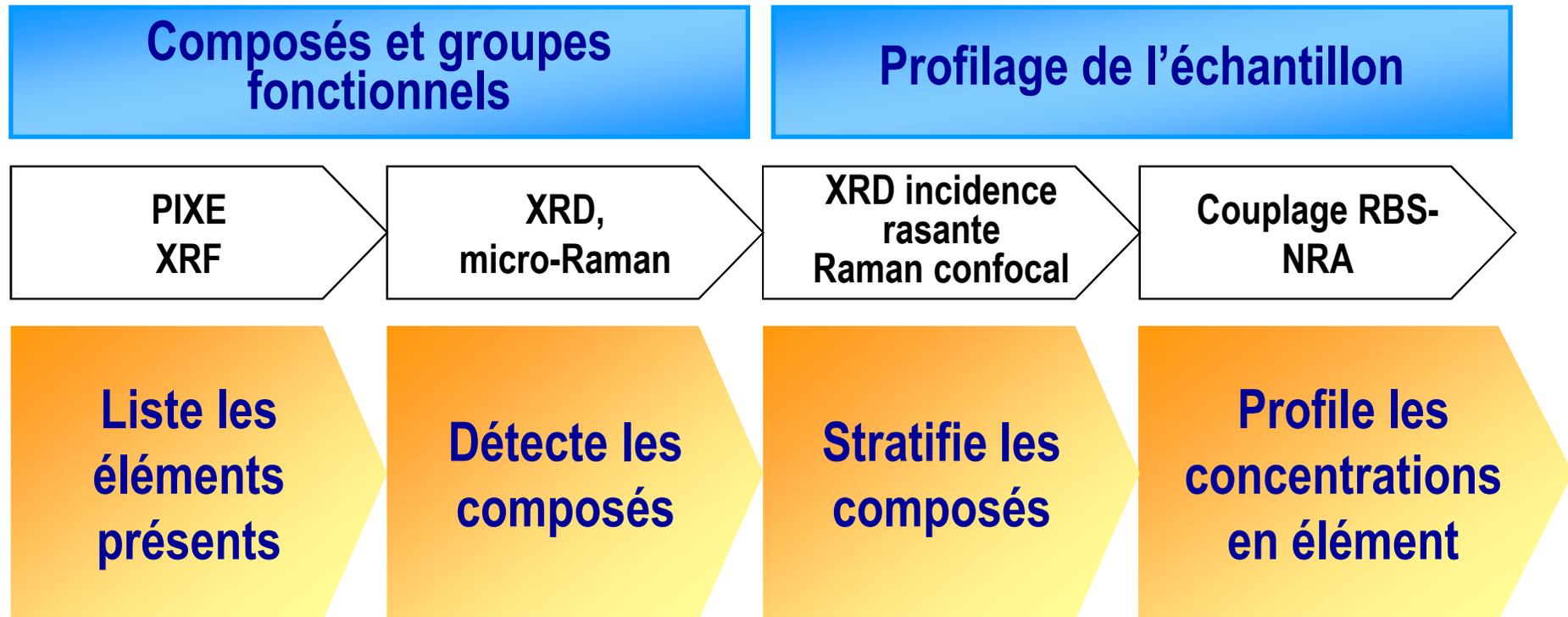


Rôle de l'or?

Recettes?

Patine et polychromie dans l'Antiquité

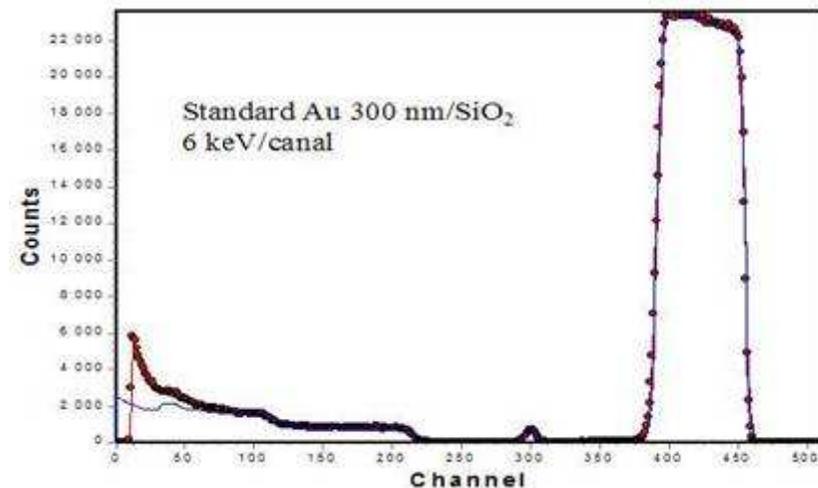
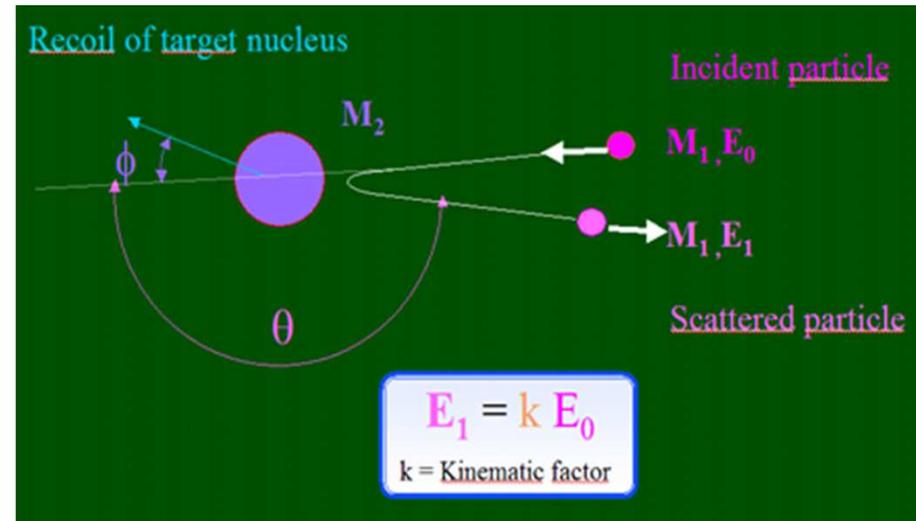
Démarche Expérimentale



Expérimentations avec différentes recettes de la littérature afin d'obtenir des analogues sacrificiables

RBS (*Rutherford Backscattering Spectrometry*) *rétrodiffusion élastique des particules*

- L'énergie des particules rétrodiffusées dépend à la fois de la nature des atomes-cibles et de leur profondeur à partir de la surface.
- Ceci permet une analyse en profondeur sur quelques micromètres à partir de la surface



Méthodes d'analyse non destructives



Patine et polychromie dans l'Antiquité

Le corpus d'objet : les objets égyptiens

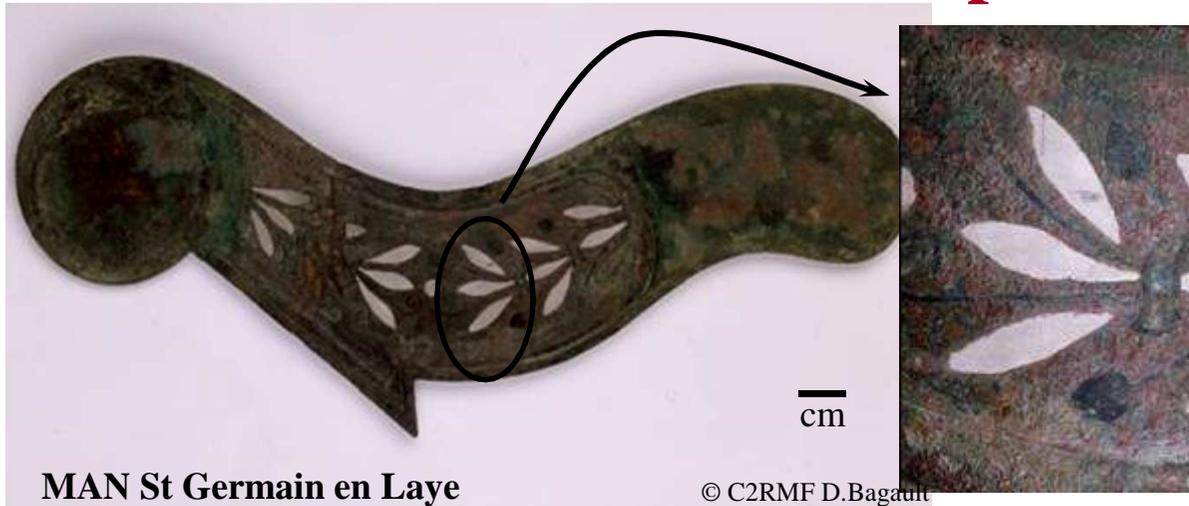


Patines volontaires sur le fond

Patine et polychromie dans l'Antiquité

Le corpus d'objet : les objets romains

I-II^e siècle après J.-C.



MAN St Germain en Laye

© C2RMF D.Bagault

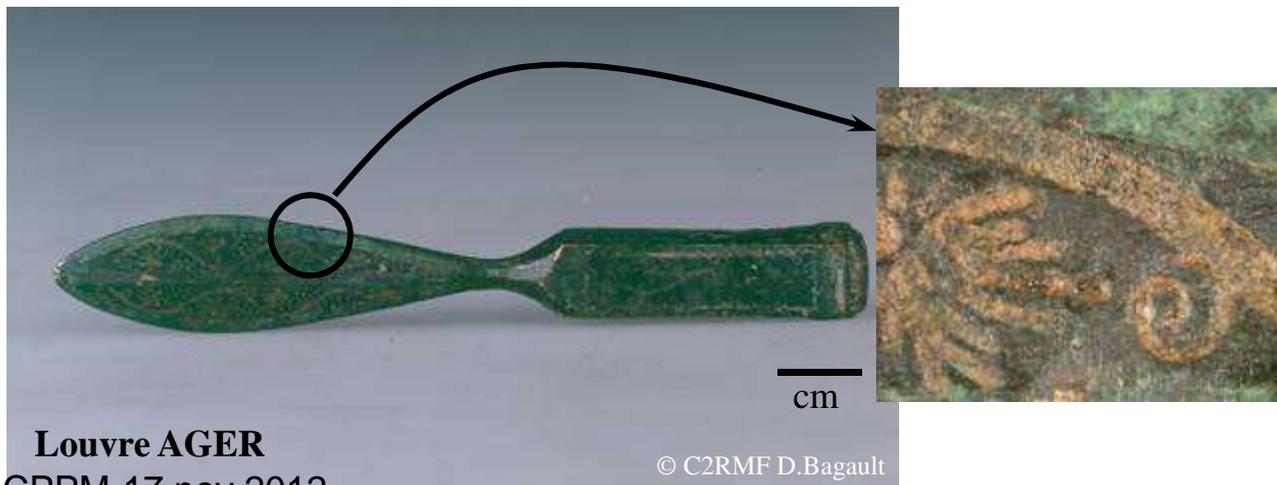
Statuette patinée



MAN
St Germain
en Laye

© C2RMF D.Bagault

Incrustations volontairement patinées
sur un fond en laiton ou en bronze



Louvre AGER

CPPM-17 nov 2012

© C2RMF D.Bagault

Patine et polychromie dans l'Antiquité

L'encrier de Vaison la Romaine



© C2RMF D.Bagault

Encrier connu depuis 1876 sans date précise ni contexte de découverte

L'encrier a été acquis par le Musée du Louvre en 1883

La scène représente la déesse Venus avec sa suite: Psyche, Adonis, une servante et plusieurs figures d'éros.

Cette décoration est réalisée par des incrustations argentées, dorées et noires. D'autres traces sont également visibles sans qu'on puisse en préciser la nature

Patine et polychromie dans l'Antiquité

L'encrier de Vaison la Romaine



Alliage de base : Laiton Cu 85% - Zn 15%

Couleur jaune De Cu allages d'argent :

propriétés mécaniques différentes

	Cu	Pb	S	Cl
suivante	99,0	0,2	0,0	0,4
argentifère	98,9	0,2	0,15	0,9
frise	93,6	0,9	0,9	0,4
parcs de papillon	22	1,0	1	5

Patine et polychromie dans l'Antiquité

Le corpus d'objet : les objets romains



Coupe de

Césarée de Palestine

(Musée du Louvre, 4^e s. ap. J.-C.)



Décor incrusté : commémoration de la
fondation de la colonie par Straton

Diamètre max. : 20,2 cm

Patine et polychromie dans l'Antiquité

La coupe de Césarée de Palestine

Analyse élémentaire des incrustations non patinées (PIXE)

	Cu	Zn	Ag	Sn	Au
Substrat	92	-	-	8	-
Blanc	3	-	96		0,6
Rouge	> 99	-	-	-	-
Jaune	78	20		1,8	

→ Bronze

→ Argent

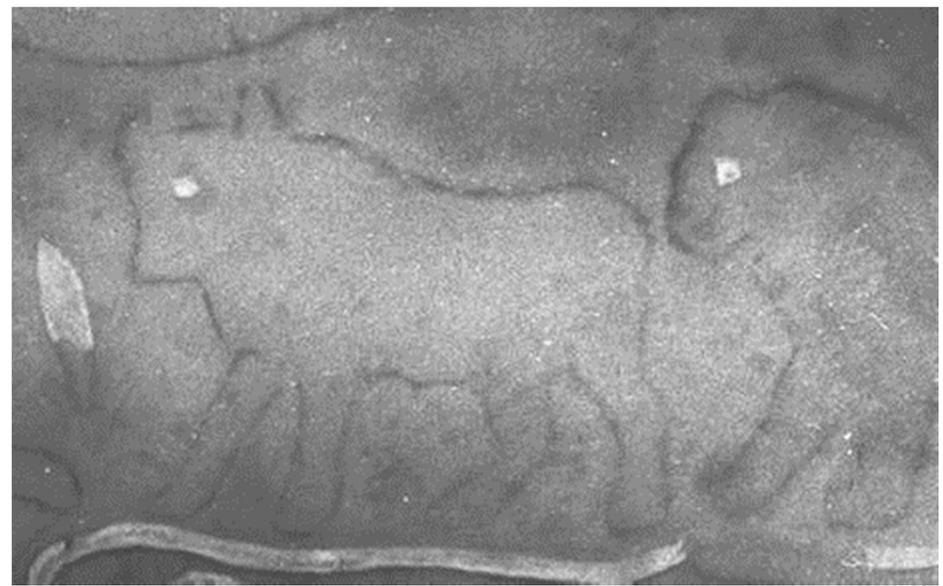
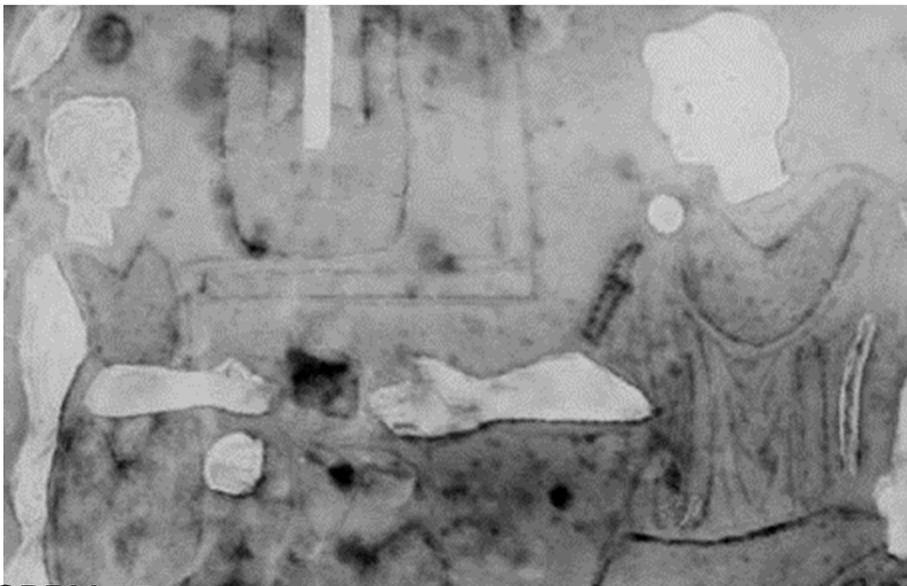
→ Cuivre non allié

→ Laiton



Patine et polychromie dans l'Antiquité

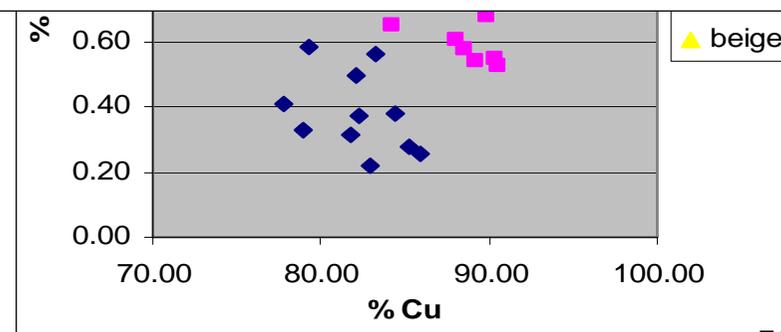
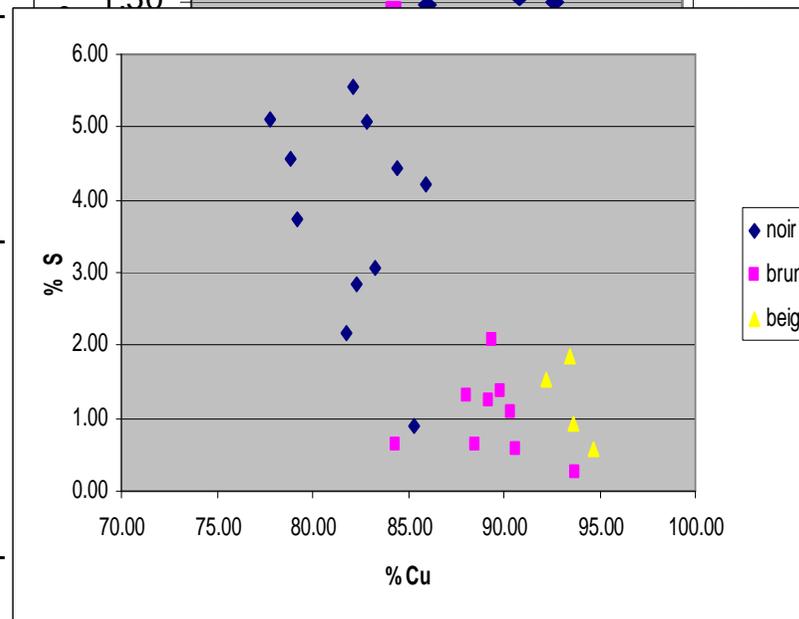
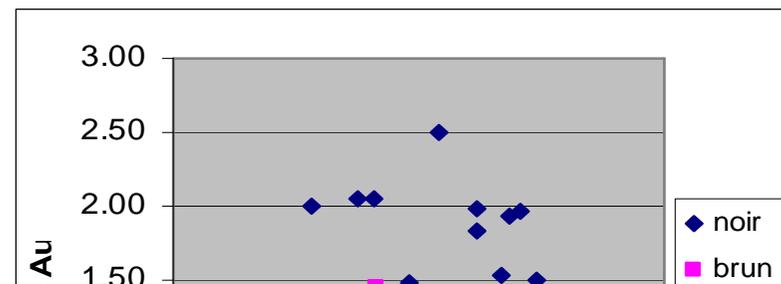
La coupe de Césarée de Palestine



Patine et polychromie dans l'Antiquité

La coupe de Césarée de Palestine

Type de Patine		Epaisseur (at.cm ⁻²)	Epaisseur estimée (µm)
noir		120.10 ¹⁸	15
beige		2,5.10 ¹⁸	0,3
brun		3.10 ¹⁸	0,4



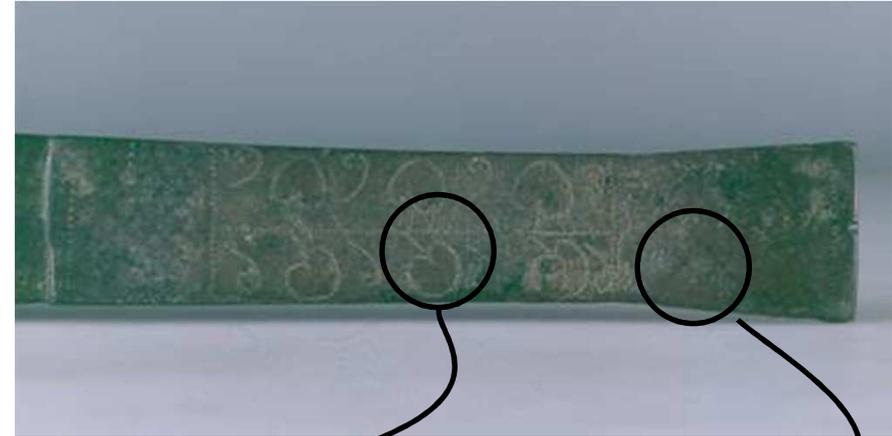
Patine et polychromie dans l'Antiquité

Les analyses structurales : résultats

<i>Objets</i>	Nature de la couche de surface	Epaisseur (at.cm ⁻²)	Epaisseur estimée (µm)
Harpocrate meche	Cuprite + Au + clinoatacamite	>10 ²⁰	>20
Sébek contrepoids	Cuprite + Au, Ag	>10 ²⁰	>20
Statuette féminine	Cuprite + chlorures + sulfures	70 . 10 ¹⁸	9
Double égide contrepoids	Cuprite + Au, Ag	>10 ²⁰	>20
Encrier	Cuprite + Au, Ag + malachite	>10 ²⁰	>20
Coupe de Césarée	Cuprite + Ag, Au	2,5; 3; 120.10 ¹⁸	0,3; 0,4; 15
Statuette homme noir	Cuprite + Au, Ag + chlorargyrite	40 .10 ¹⁸	5,2
Fulchrum	Cuprite + Au, Ag + malachite	40 .10 ¹⁸	5,2
Manche scalpel	Cuprite + Ag + malachite	>10 ²⁰	>20

Patine et polychromie dans l'Antiquité

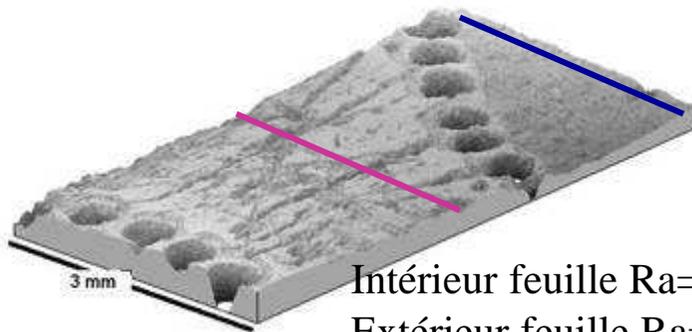
Le strigile romain



Patine et polychromie dans l'Antiquité

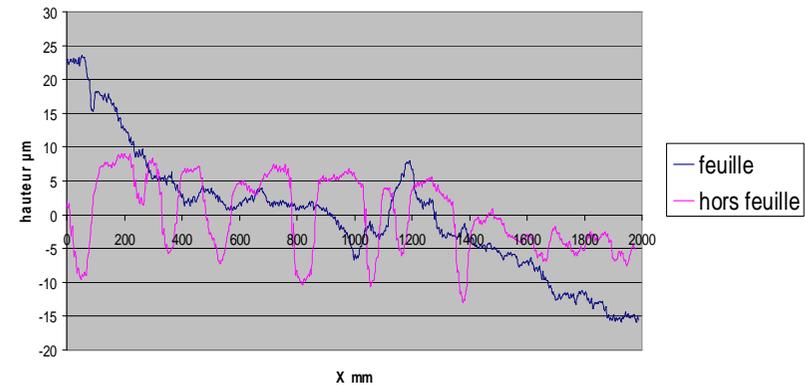
Le strigile romain

Mesures sans contact par une station de microtopographie STIL[®]

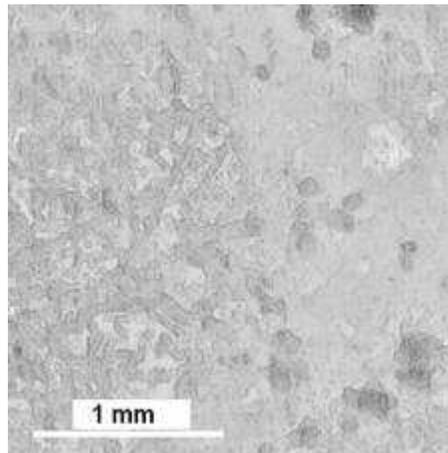


Intérieur feuille $R_a=1.9\mu\text{m}$
Extérieur feuille $R_a=4.0\mu\text{m}$

Cartographie zone proche feuille



profils



Croisillons larges

➤ Découverte d'un nouveau type de patine utilisée sous l'Empire romain

➤ Preuve de l'utilisation de patine chimique sur des objets usuels et non seulement sur des objets précieux

Patine et polychromie dans l'Antiquité

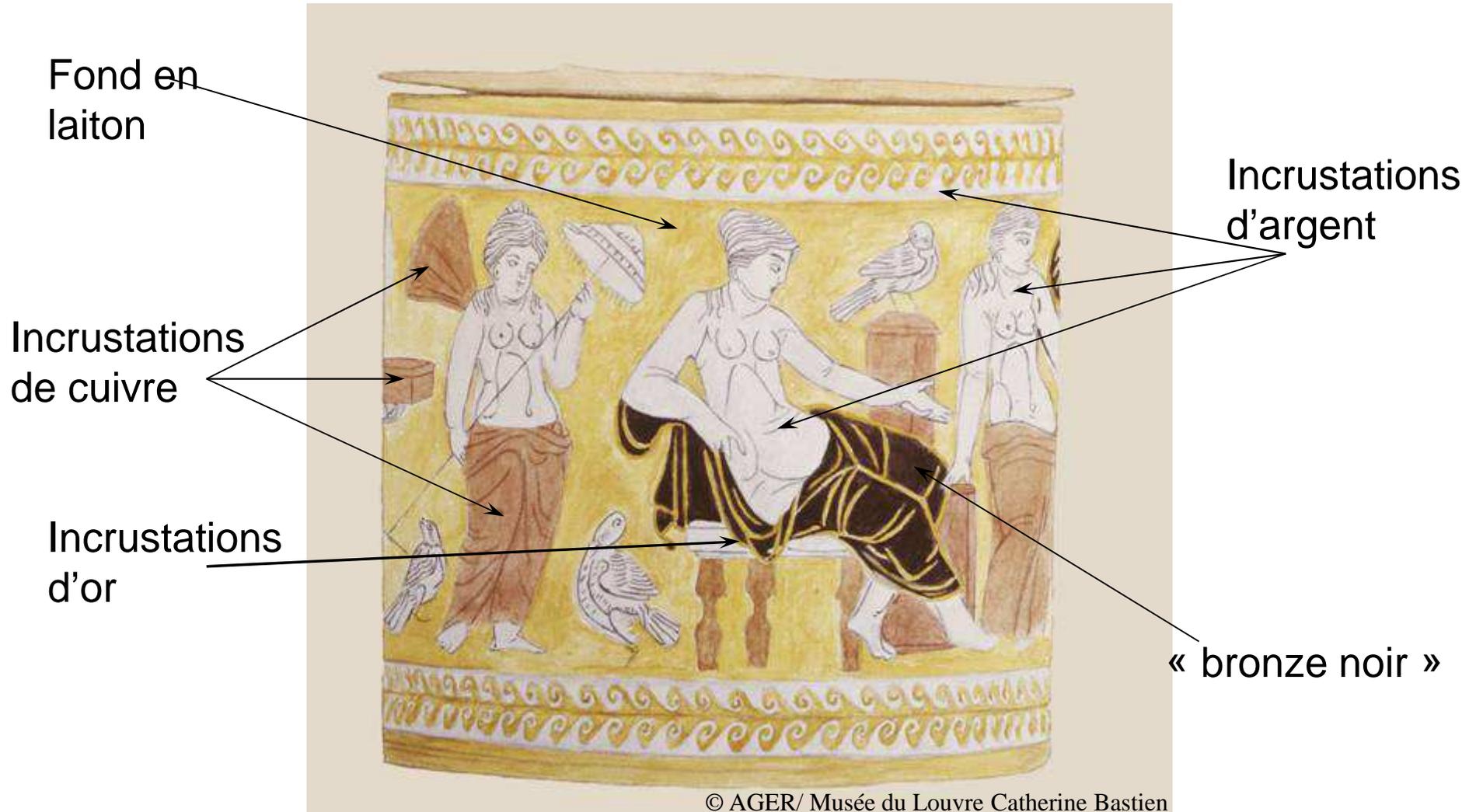
Encrier de Vaison la Romaine :

Aspect actuel

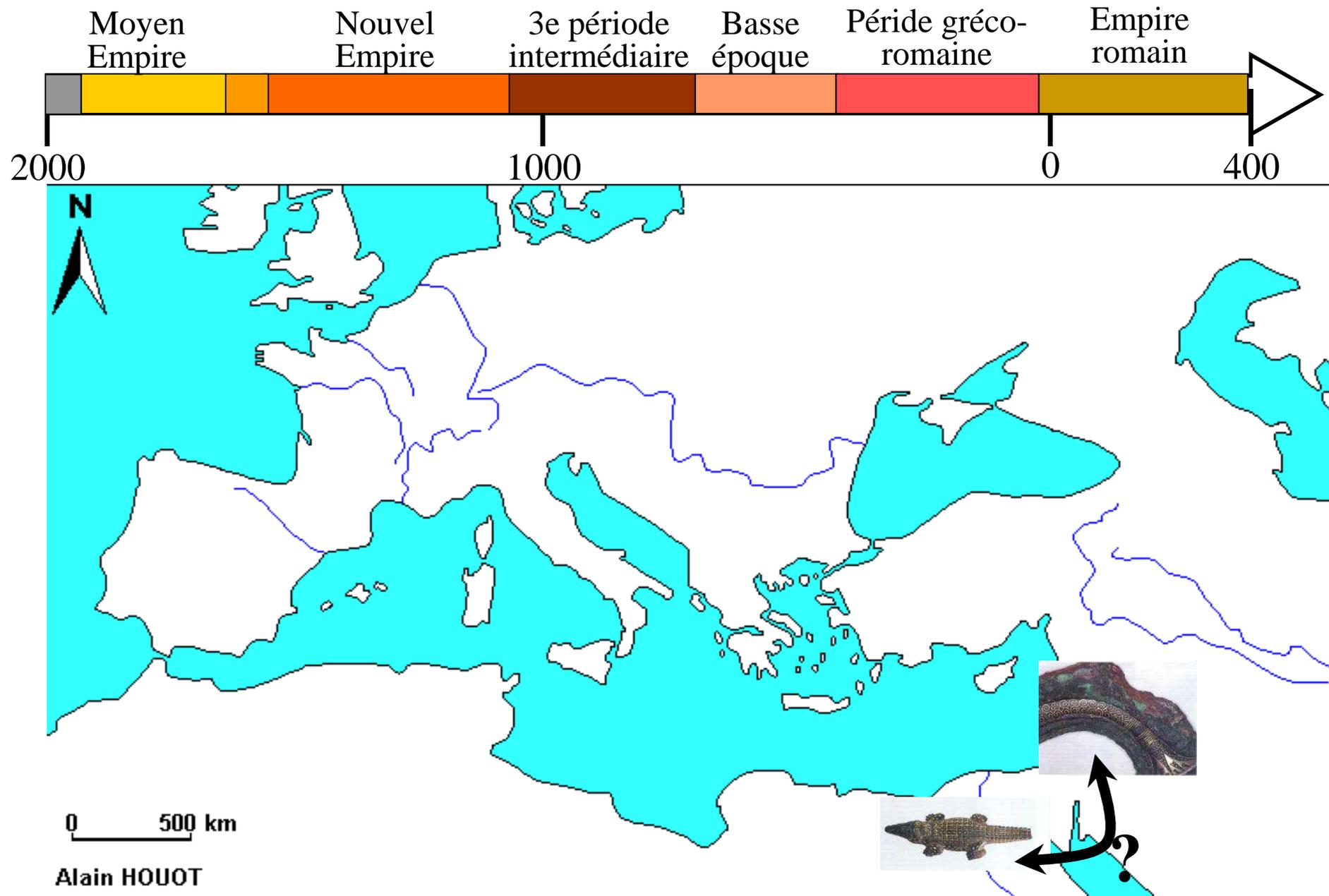


Patine et polychromie dans l'Antiquité

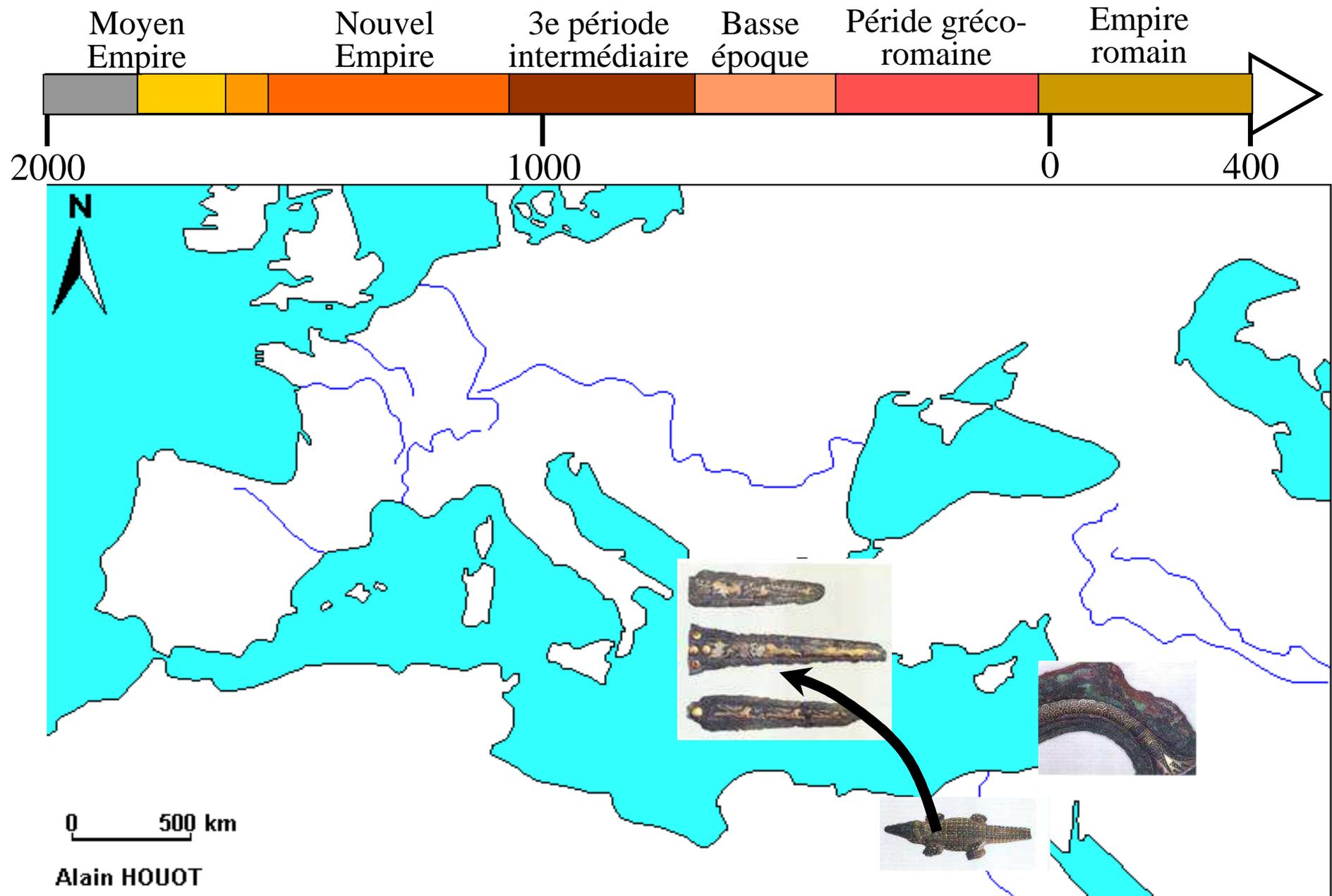
Restitution moderne de l'encrier, couleurs basées sur les résultats d'analyses



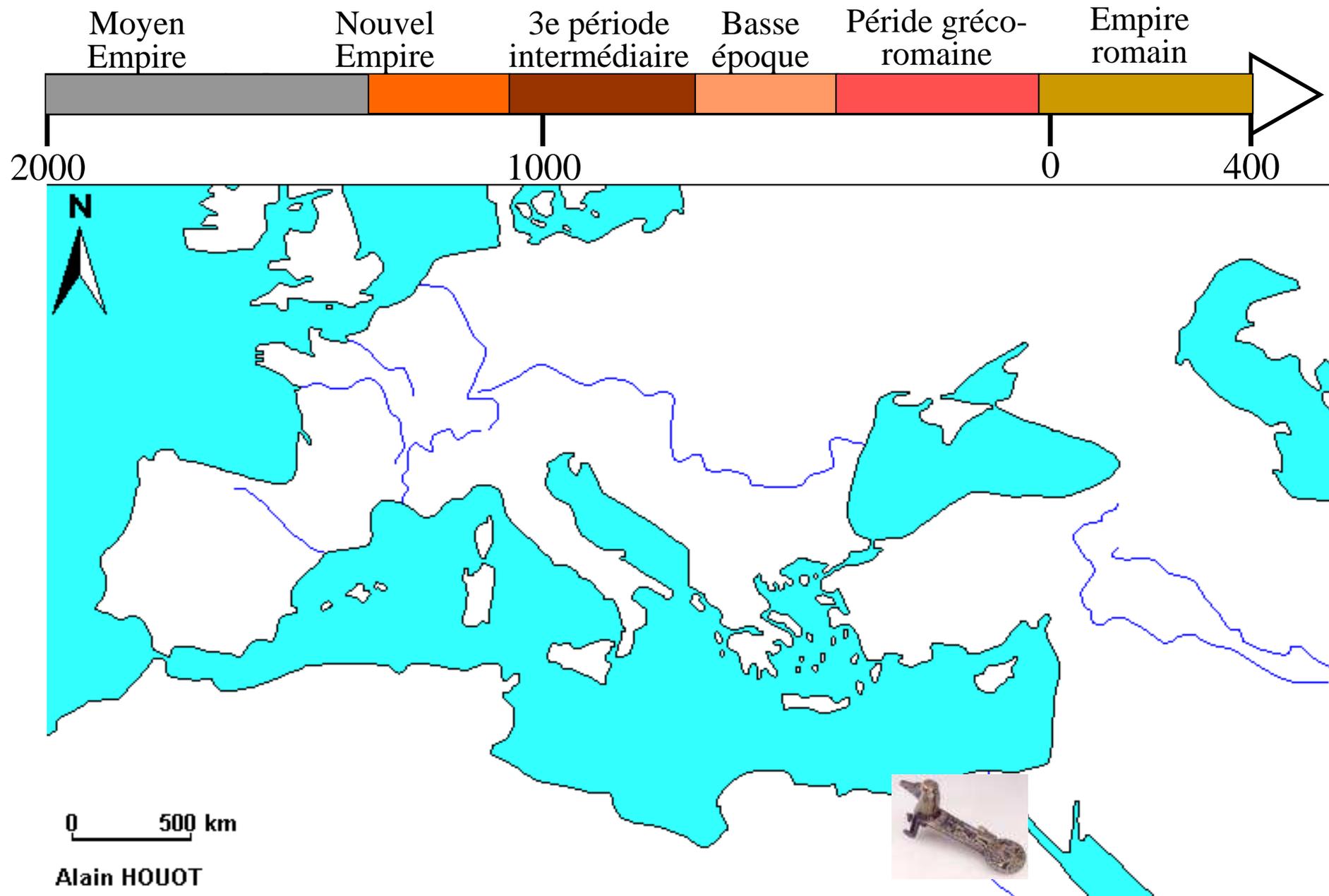
patine intentionnelle : histoire des techniques



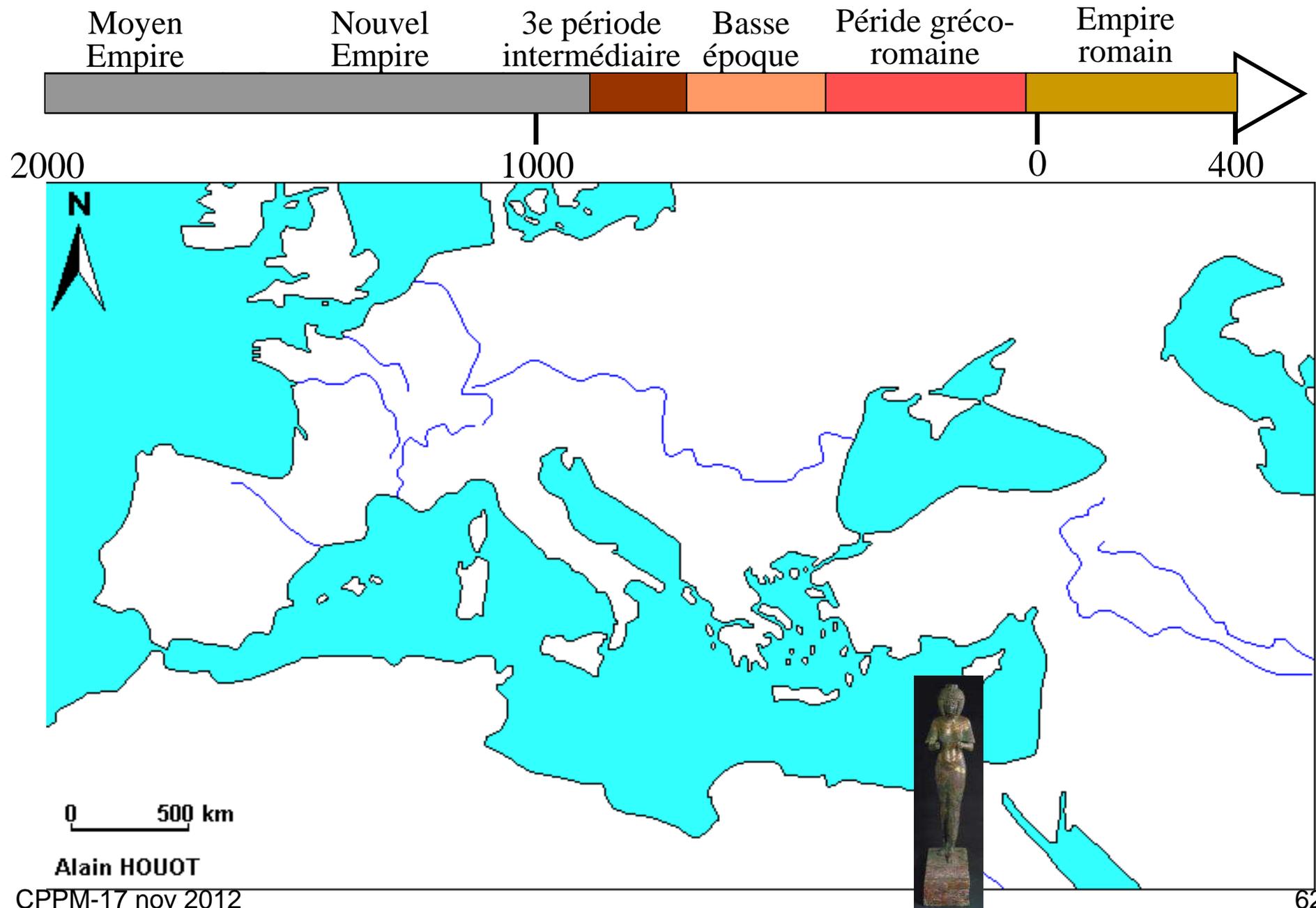
patine intentionnelle : histoire des techniques



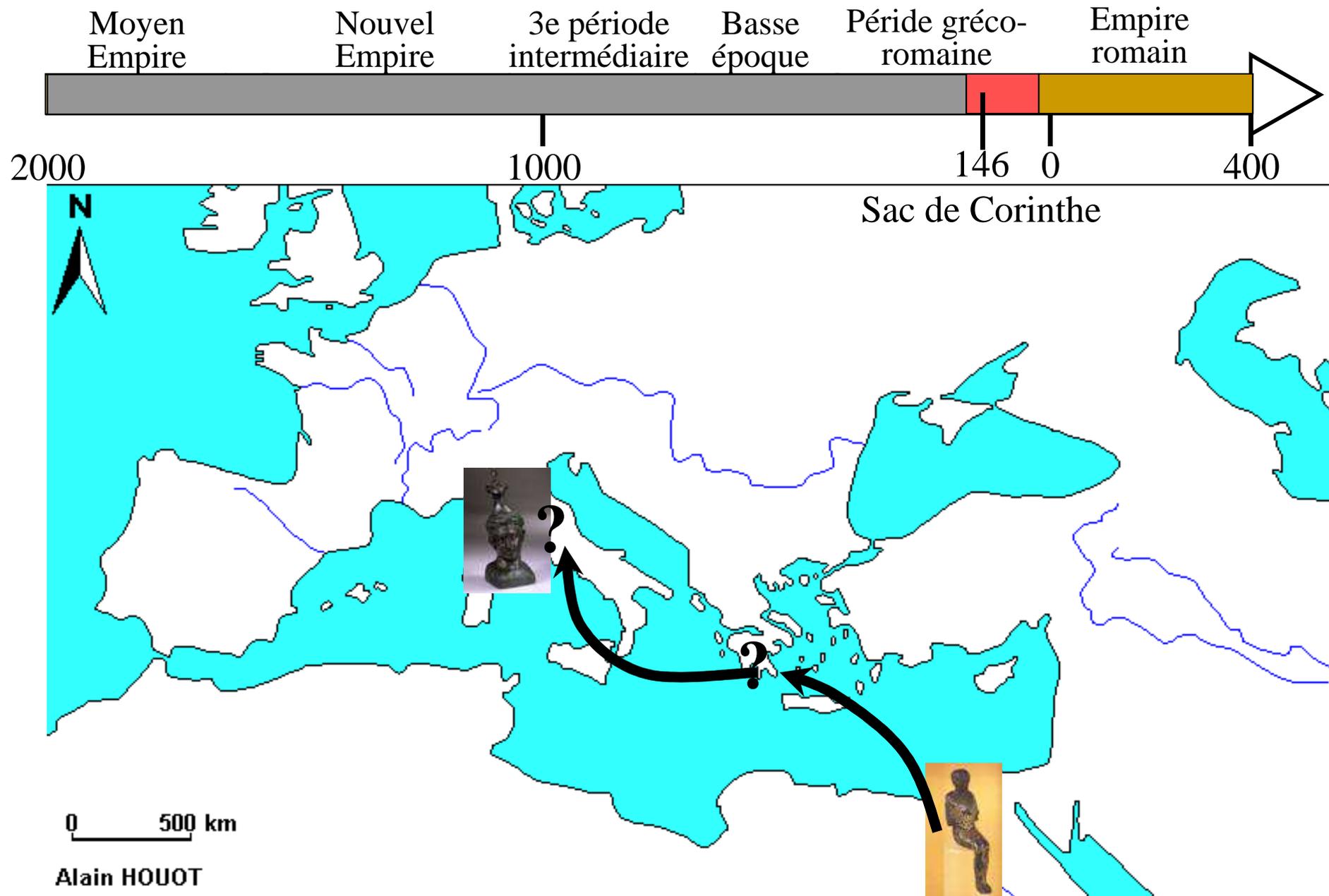
patine intentionnelle : histoire des techniques



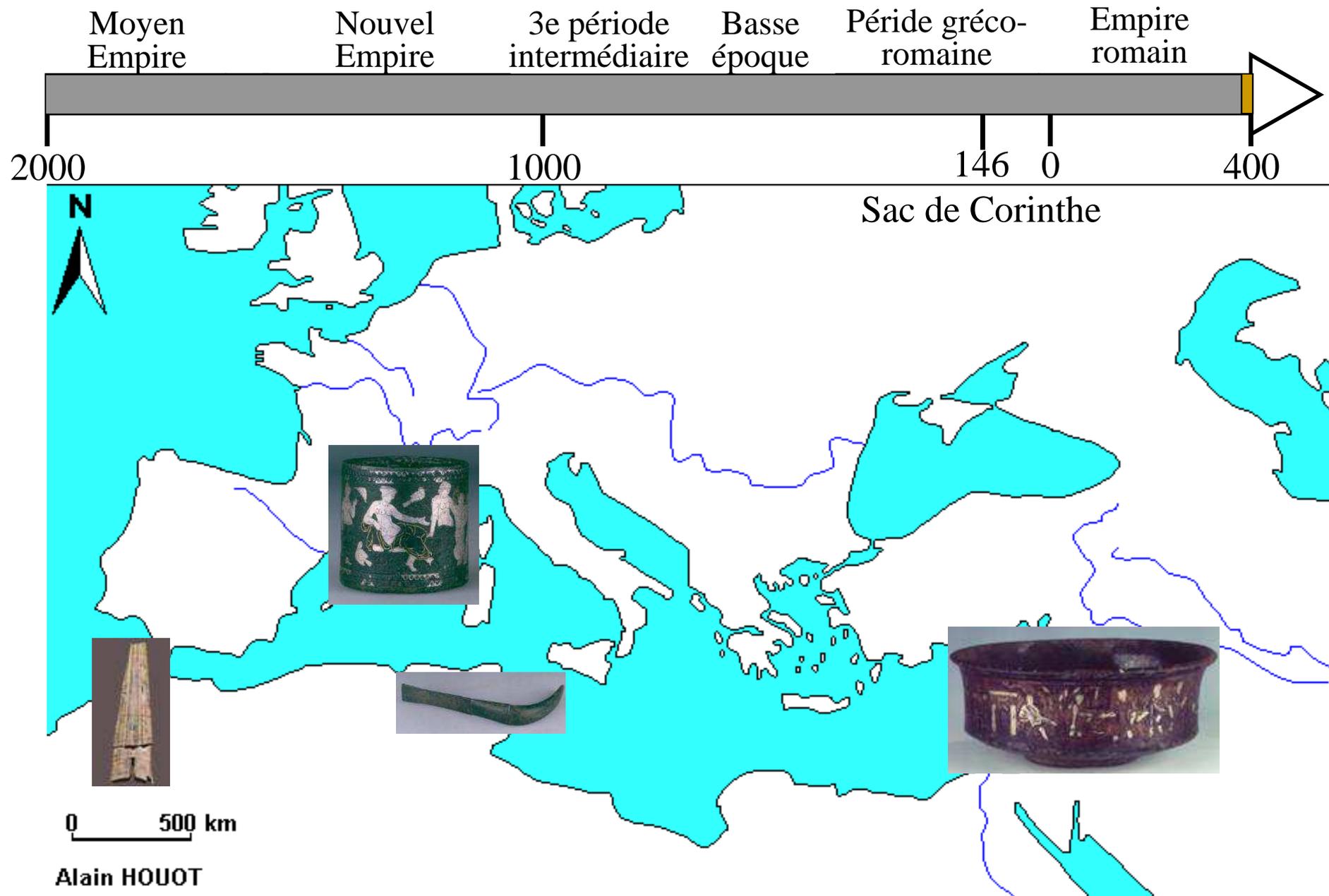
patine intentionnelle : histoire des techniques



patine intentionnelle : histoire des techniques



patine intentionnelle : histoire des techniques



LES LUSTRES DES MAJOLIQUES DE GUBBIO

analyse des couches de surface

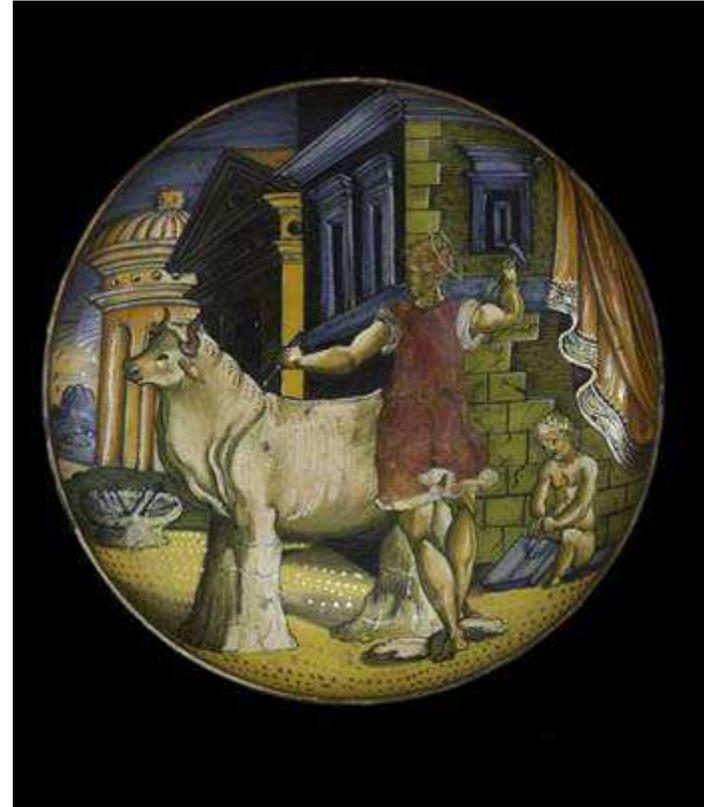


CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Marc Aucouturier , Anne Bouquillon et Stefan Roehrs, C2RMF

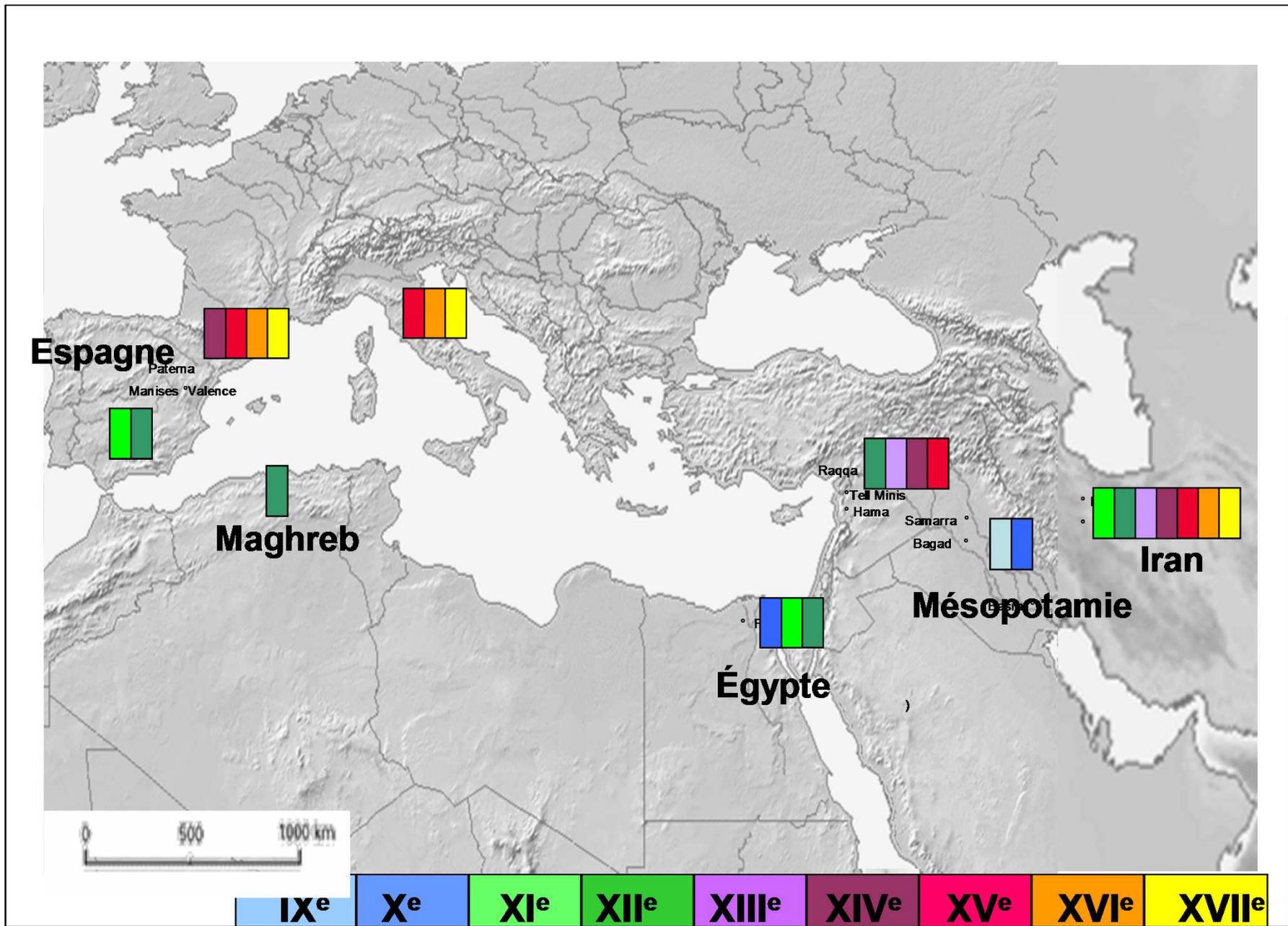
Giuseppina Padeletti, ISMN-CNR



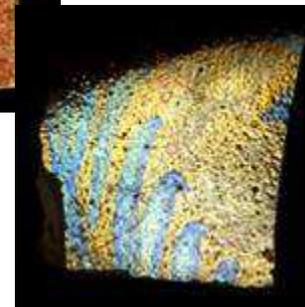
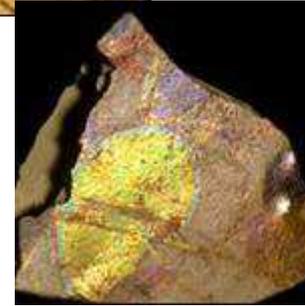
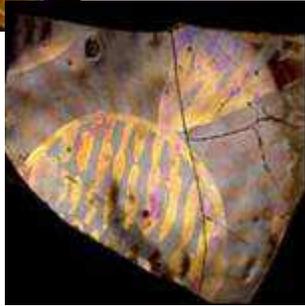
Rappel

- **Le lustre est constitué d'une fine couche avec un reflet métallique développée à la surface de la céramique glaçurée par une troisième cuisson en atmosphère réductrice en présence d'une pâte contenant des sels métalliques**

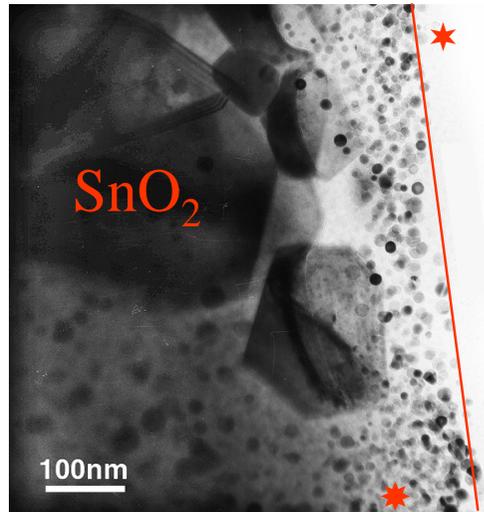
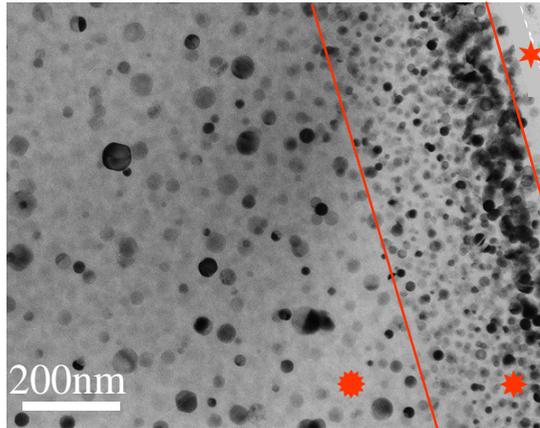




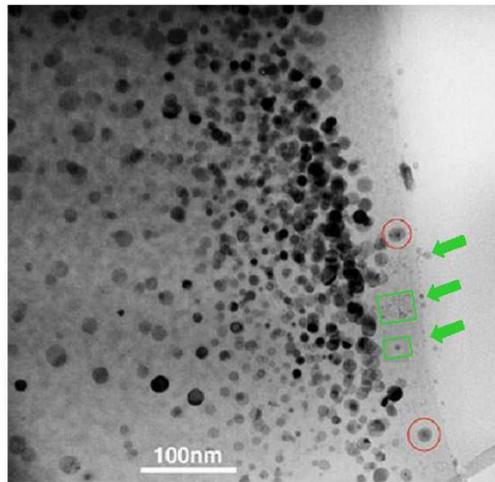
Répartition géographique et chronologique des céramiques lustrées



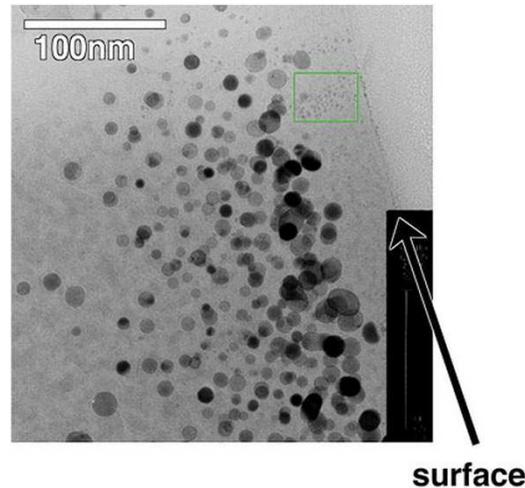
Lustres modernes, observations MET



- Nanoparticules métalliques (Ag, Cu)
- Taille = 10 to 30 nm
- Multicouche avec des tailles et densités variables
- Présence de cristaux SnO_2 près de l'interface
- Présence d'une fine (< 50 nm) couche vitreuse en surface
- Quelques particules dans le couche de surface

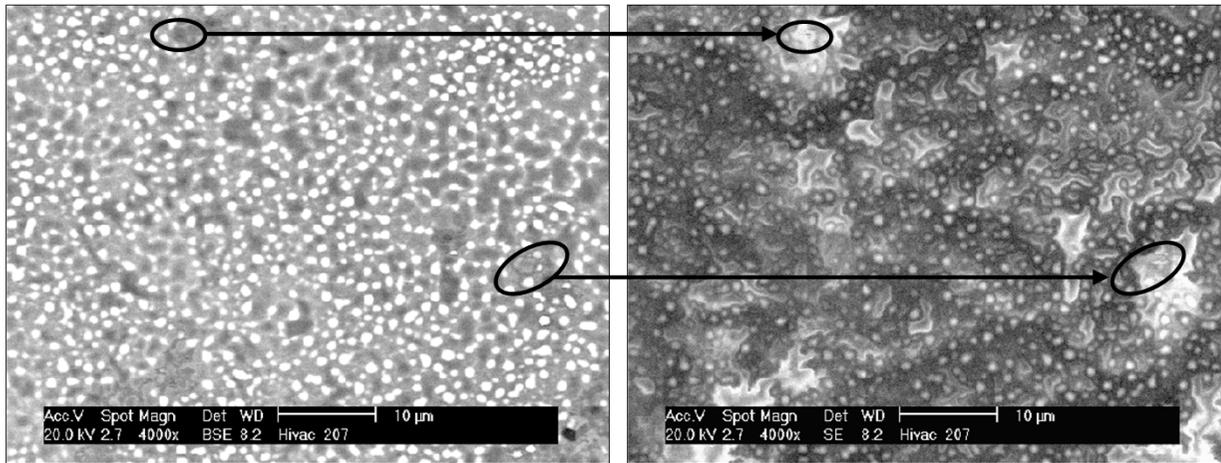


surface

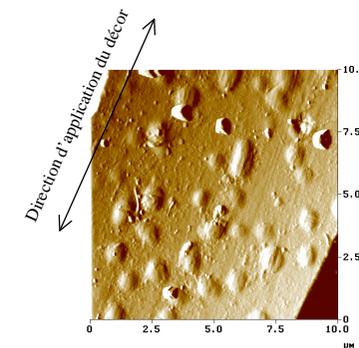
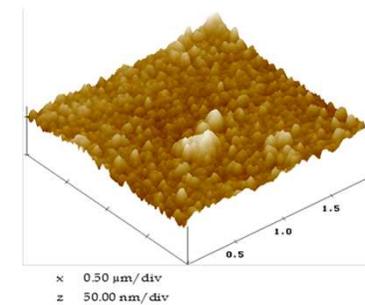
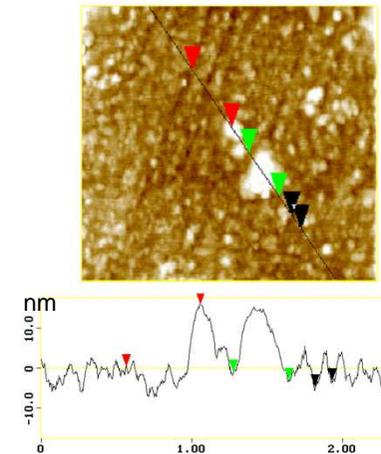


surface

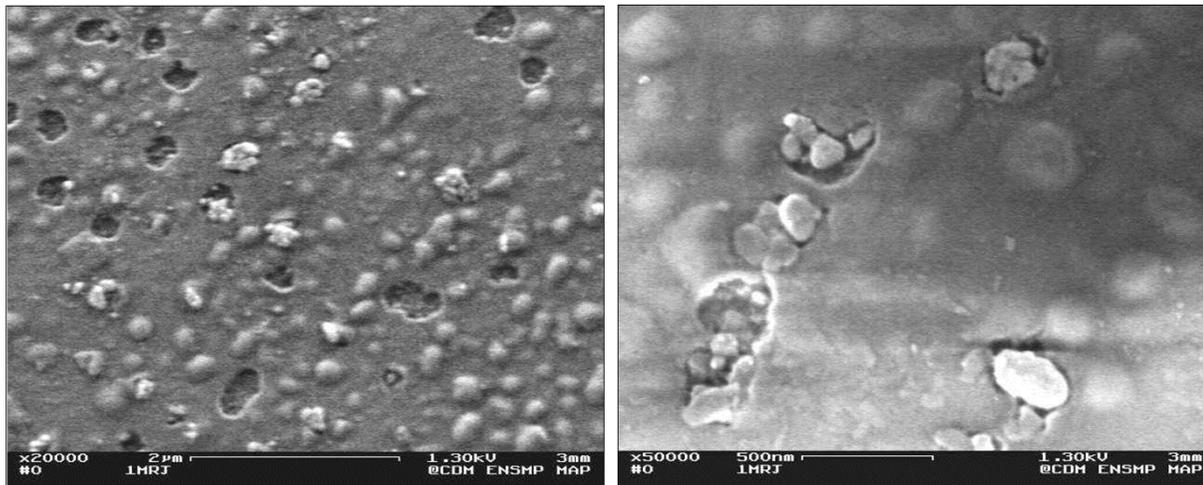
Collaboration P. Fredrickx, Univ. d'Anvers



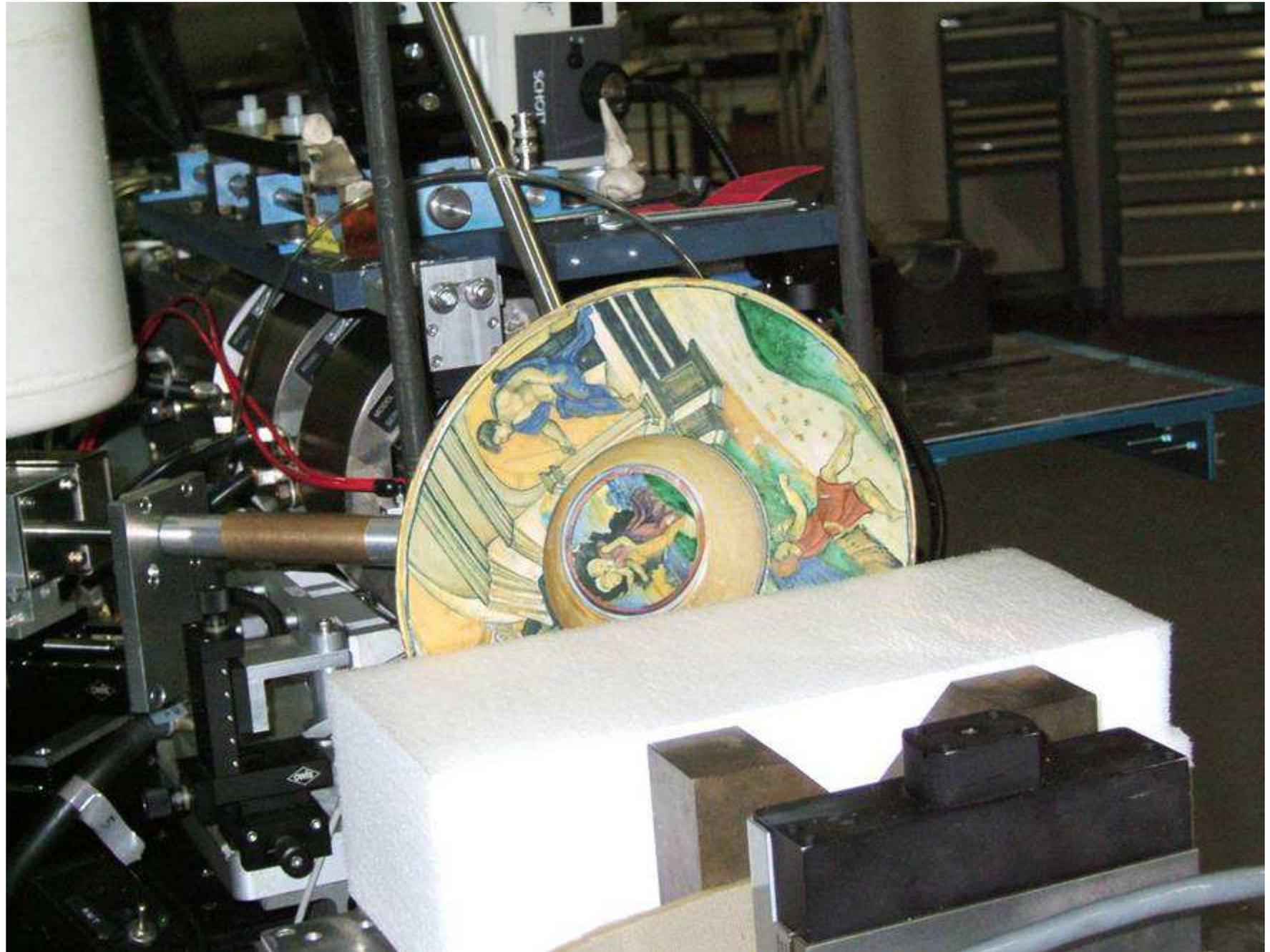
MEB
 mode BSE mode SE

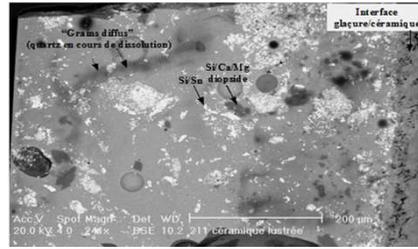


AFM



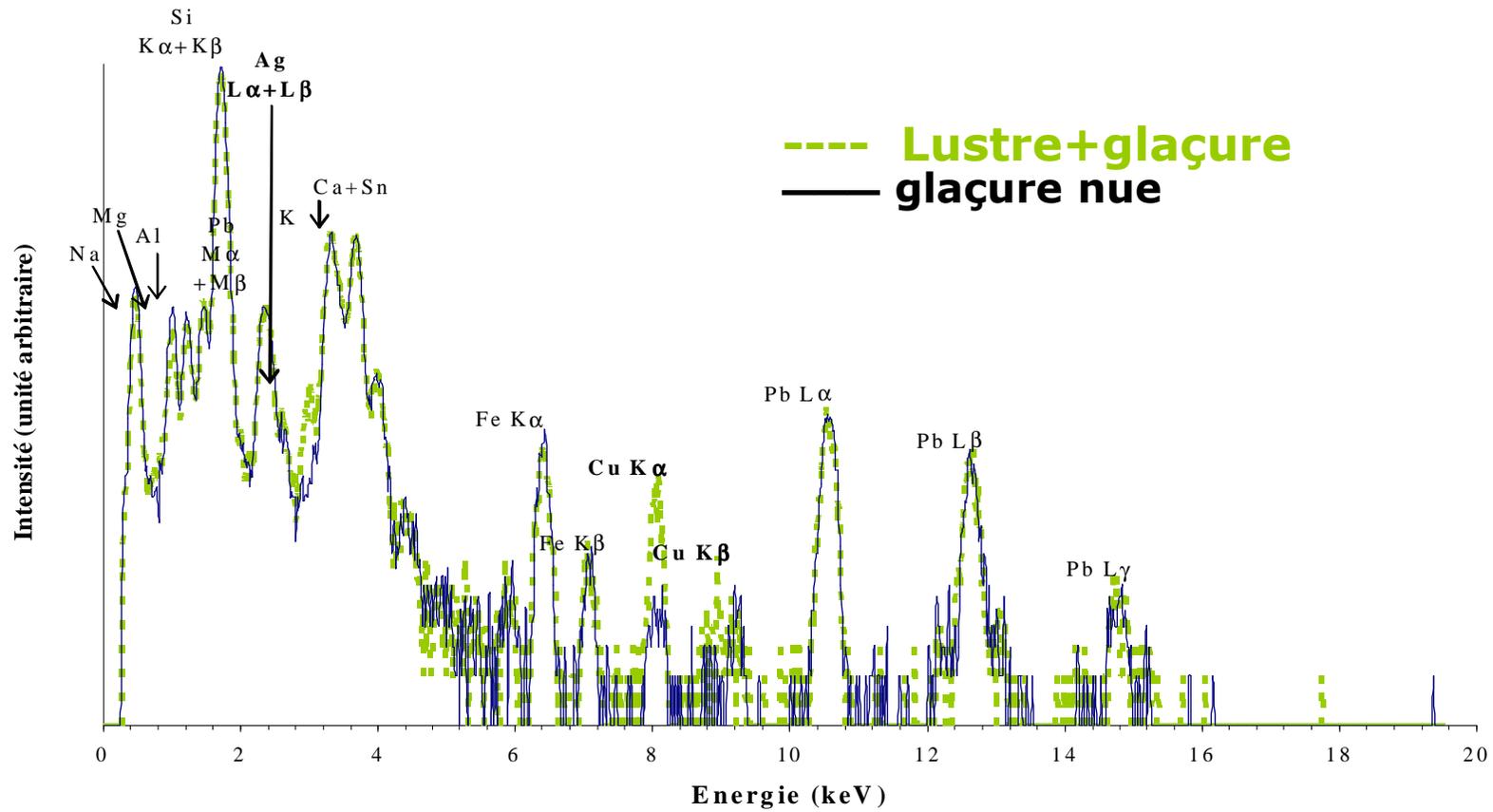
MEB-HR (FEG)
 Collaboration F. Grillon, ENSMP





glaçure | pâte

Analyses PIXE



Objets analysés



1510/1515



1518



1522



1527



1527



1528



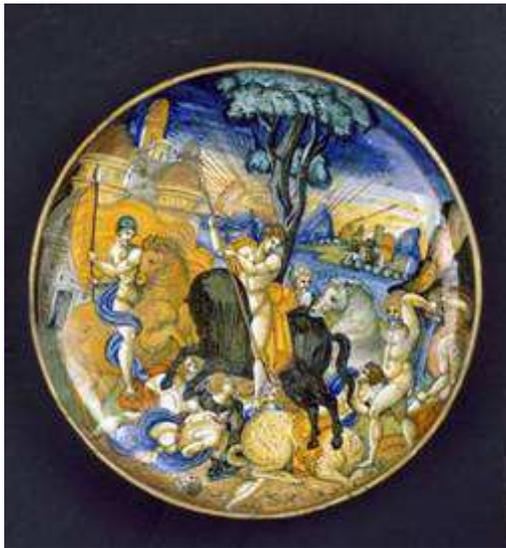
1531



1532



1533



1539



>1540



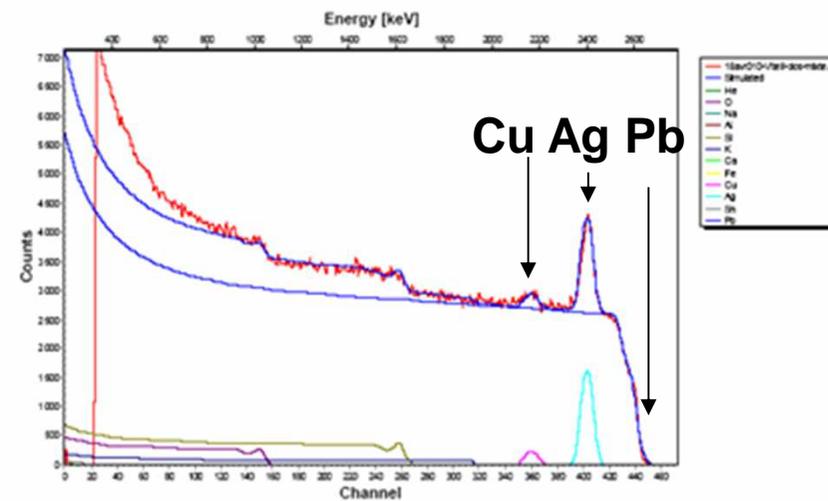
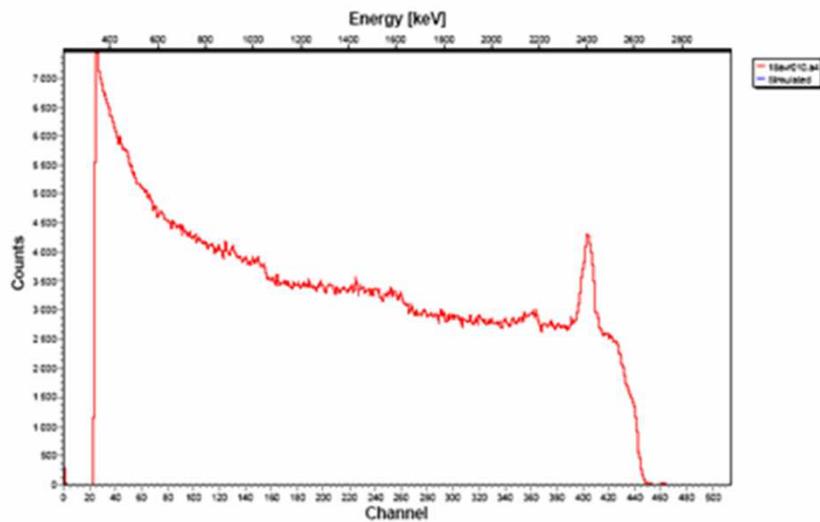
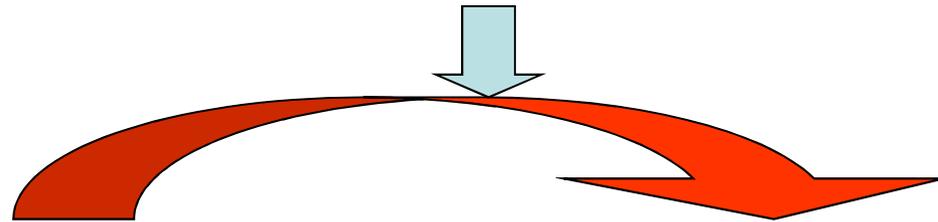
>1540



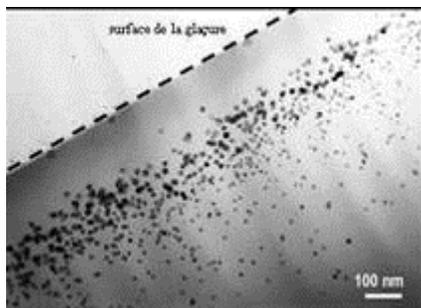
Exploitation des spectres RBS

logiciel SIMNRA

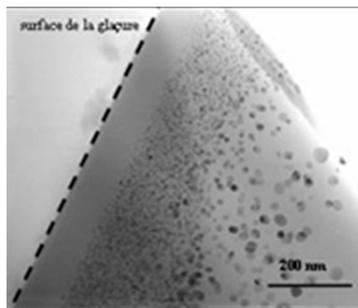
Couche	Si	O	Pb	K	Ca	Al	Na	Fe	Sn	Cu	Ag	ép. at.cm ⁻²	ép.estimée (nm)
1	0,3	0,62	0,005	0,03	0,006	0,15	0,17	0,002	0,001	0	0	550	78
2	0,19	0,55	0,042	0,03	0,006	-	-	-	-	0,05	0,13	650	92
3	0,25	0,62	0,055	0,03	0,006	0,15	0,17	0,002	0,001	0	0	Subst.	inf.



IX^{ème}-X^{ème} siècles

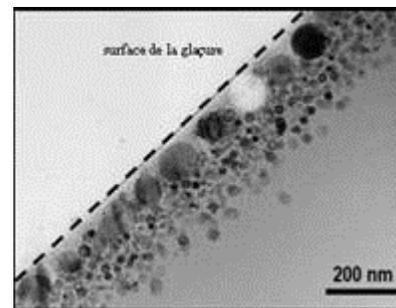


Décor vert



Décor rouge

XVIII^{ème} siècle



Décor "cuivré"

100 nm
↕

Cu = 0% / Ag = 0 %
Cu = 1,5 % / Ag = 14 %
Cu = 0,5 % / Ag = 5-1 %

Substrat



Cu = 0% / Ag = 0 %
Cu = 12 % / Ag = 0,8 %
Cu = 5 % / Ag = 0,8 %
Cu = 12 % / Ag = 0,8 %
Cu = 3 % / Ag = 0,5 %

Substrat



Cu = 40 % / Ag = 6 %
Cu = 4,5 % / Ag = 1,5 %

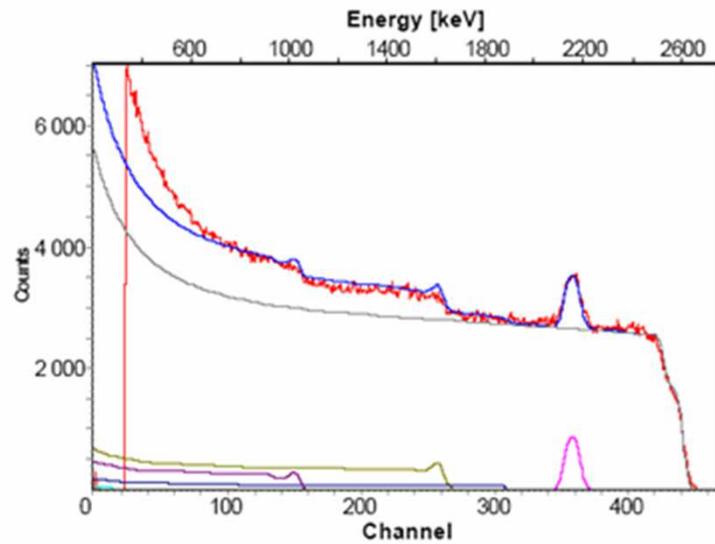
Substrat



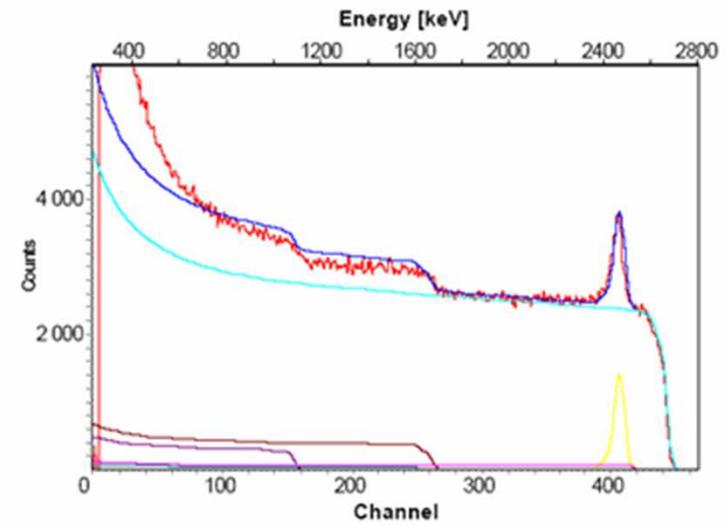
10 cm

Cu = 10 %
Ag = 5 %

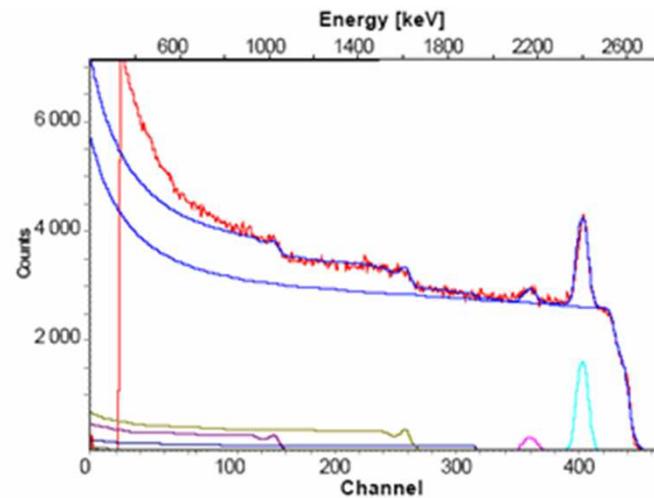
Résultats



Cuivre seulement (rouge)



Argent seulement (or)



Cuivre et argent

Plat Signature / date	couleur analysée	<u>couche de surf. (nm)</u>	<u>couche 1 (at. %)</u>	couche 2 (at. %)	Ag/Cu (at.)
Chasseurs G. Paoluccio/1510- 1515	red	<u>28</u>	114 nm, 6Cu+1Ag	no	0.17
“	gold	<u>28</u>	114 nm, 10Ag+2Cu	no	5
Grottesque, M. Giorgio/1518	red	<u>14 – 28</u>	57-114 nm, 4-7Cu+0-7Ag	107 nm, 1Cu	0-1.75
“	gold	<u>14 – 28</u>	71 nm, 12Ag	107 nm, 1Ag	inf.
Armes des Ricci M. Giorgio/1522	gold	<u>92 – 156</u>	114 nm, 12Ag	no	inf.
“	red	<u>92 – 156</u>	114 nm, 17Cu	no	0
“	mixed (back)	<u>92 – 156</u>	57 nm, 9Ag	85 nm, 7Cu	inf. and 0
“	mixed (back)	<u>92 – 156</u>	85 nm, 10Ag+1Cu	99 nm, 3Cu+2Ag	10 and 0.7
Armes des Vitelli M. Giorgio/1527	gold	<u>57 – 85</u>	57 nm, 16Ag	no	inf.
“	red	<u>57 – 85</u>	57 nm, 14Cu	no	0
“	mixed (back)	<u>57 – 85</u>	71-99 nm, 6-13Ag+1-5Cu	no	2.6-6
Horace M. Giorgio/1531	gold	<u>28 – 42</u>	85-99 nm, 6-16Ag	107 nm, 3Ag	inf.
“	red	<u>28 – 42</u>	99 nm, 5-7Cu	99 nm, 3Cu	0
Diana et Atteone M. Giorgio/1532	red	<u>28 - 42</u>	114-142 nm, 9-10Cu	71 nm, 3Cu	0
“	gold	<u>28 - 42</u>	99 nm, 9Ag	71 nm, 1Ag	inf.
Daedalus M. Giorgio/1533	red	<u>106 - 284</u>	128 nm, 8-9Cu	no	0
“	gold	<u>106 - 284</u>	28-85 nm 18-20Ag	0-128 nm, 0-2Ag	inf.
“	mixed	<u>106 - 284</u>	85 nm, 17Ag	no	inf.
Combat Cavaliers M. Giorgio/1539	red	<u>35 - 270</u>	114-185 nm, 5-7Cu	0-185 nm 0-1.5 Cu	0
“	gold	<u>35 - 270</u>	85-114 nm, 5-11Ag	0-185nm, 0-2Ag	inf.
Plat au chien “N”/ post 1540	gold	<u>99 - 114</u>	114 nm, 4.5Ag	no	inf.
“	red	<u>99 - 114</u>	128 nm, 8Cu	no	0
Plat au St Jean “ N”/ post 1540	gold	<u>99 - 114</u>	99 nm, 17Ag	114 nm, 2Ag	inf.
“	red	<u>99 - 114</u>	85 nm, 15Cu	no	0

Les lustres sont toujours recouverts d'une couche vitreuse transparente, ne contenant ni argent ni cuivre

La couche principale contenant l'argent et le cuivre est fine (moins de 150 nm)



Pour la première fois observé, il existe un cas de deux couches superposées : une couche chargée en argent et une couche chargée en cuivre. L'artisan a utilisé deux pâtes

Conclusions

- La production de lustres de Gubbio par Giacomo de Paoluccio, Mastro Giorgio, puis ses successeurs, est relativement homogène et très élaborée
- Cependant, plusieurs indices font penser que la technique du lustre métallique a évolué pendant la courte période de 1510 à 1540 :
 - **Apparition d'un procédé de superposition des lustres or et rouge**
 - **Utilisation de pâtes lustrantes monométalliques systématiquement à partir de 1522 ou 1527**
- Un certain nombre de caractéristiques **différencient fondamentalement** les lustres des productions majoliques des lustres islamiques ou des lustres modernes étudiés en comparaison :
rupture ou raffinement des technologies ?

Arles, les fouilles du Rhône

Un fleuve pour mémoire

La Victoire dorée

Un chef d'œuvre
témoin de la virtuosité des artisans du bronze

Marc Aucouturier
Dominique Robcis

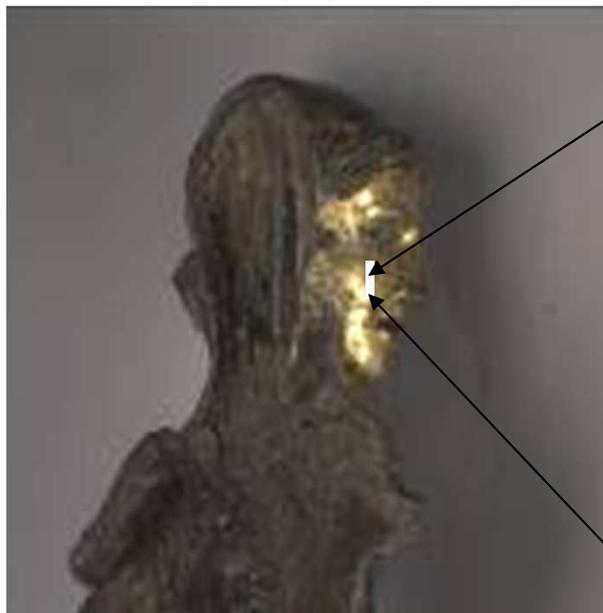


La dorure de la victoire observations et mesures d'épaisseur

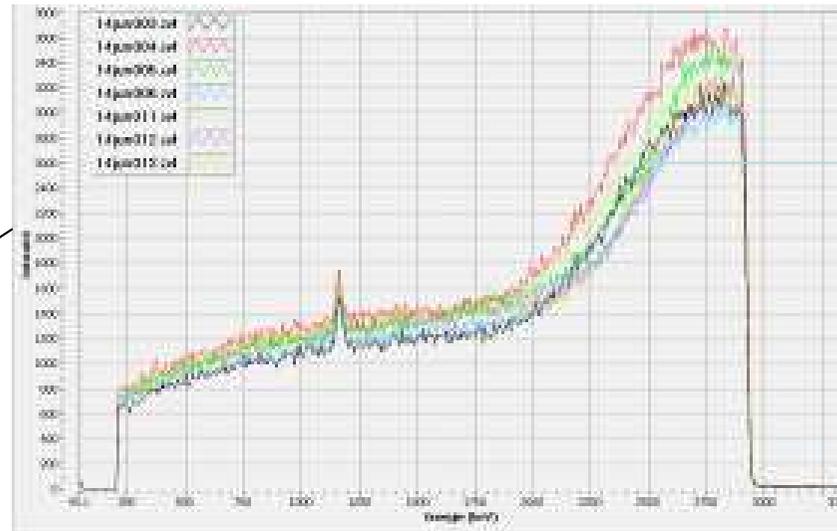


Exemple de mesures RBS

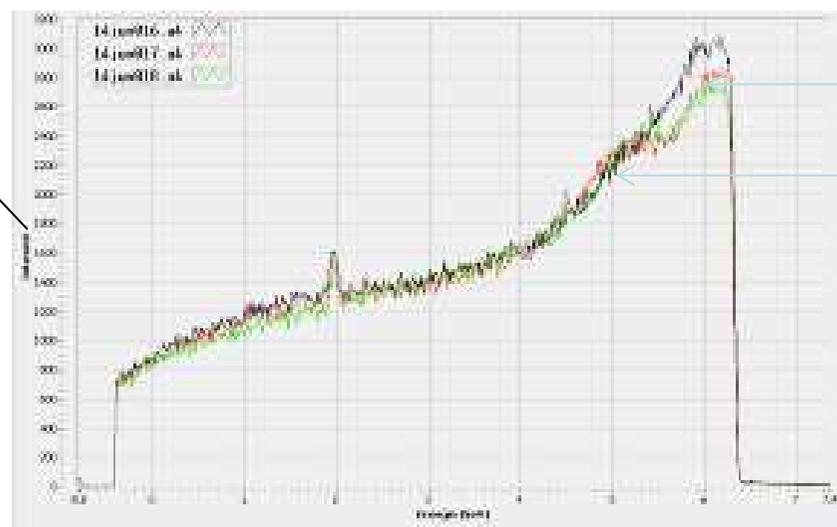
Ligne de mesures sur la joue droite



Une zone redorée ?



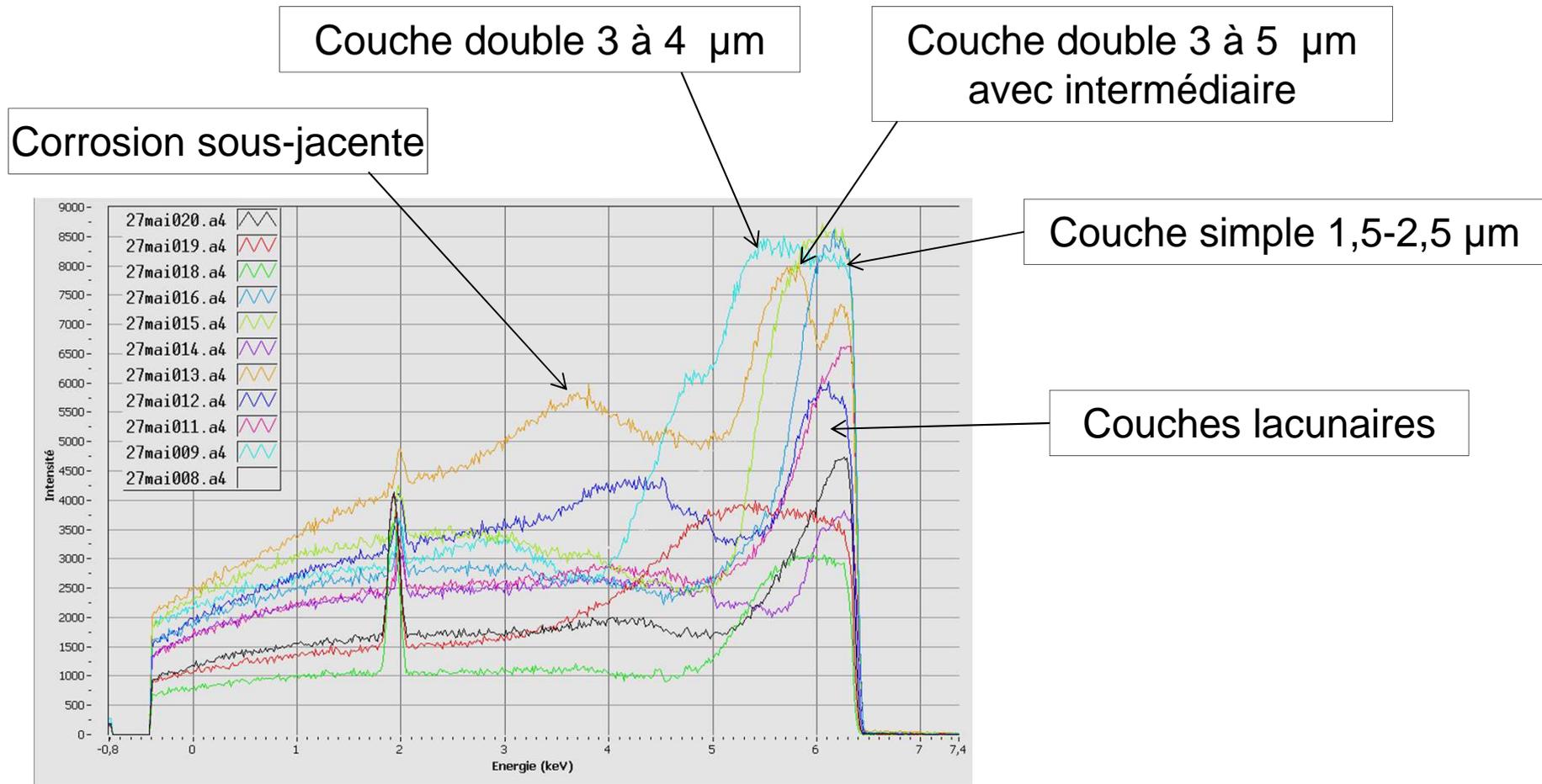
3 à 4 μm



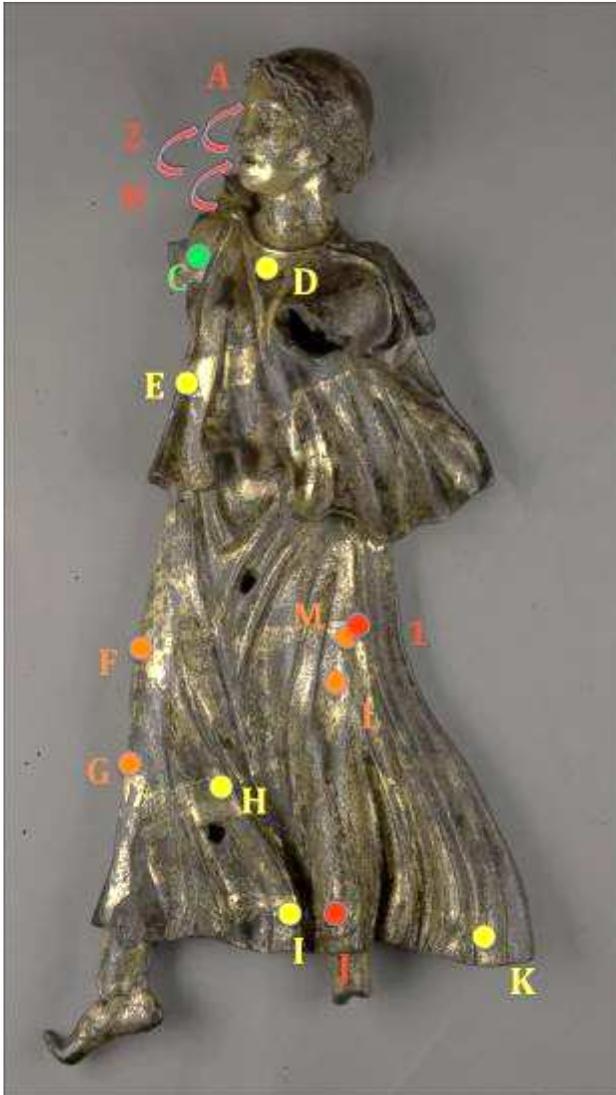
1,5 à 2,5 μm

3 à 4 μm

Mesures d'épaisseur par RBS



Mesures d'épaisseur Bilan



F M L G : normale – simple 1,5 à 2,5 μm

E D H I K : lacunaire ou très fine

1 2 C A B J : Double 3 à 4 μm

Les mesures par XRF sur les mêmes points donnent les mêmes résultats à 20 % près

Les bandes horizontales du chiton



Les largeurs sont beaucoup trop grandes pour correspondre à des recouvrements
Les épaisseurs ne sont pas systématiquement doubles



Relevé tiré du catalogue
Le Rhône pour mémoire

L'hypothèse d'une décoration (picturale ?) qui aurait protégé la dorure partiellement

HYPHOTHÈSE

Les bandes sur la tunique de la Victoire
pourraient reproduire le décor coloré
des vêtements antiques.

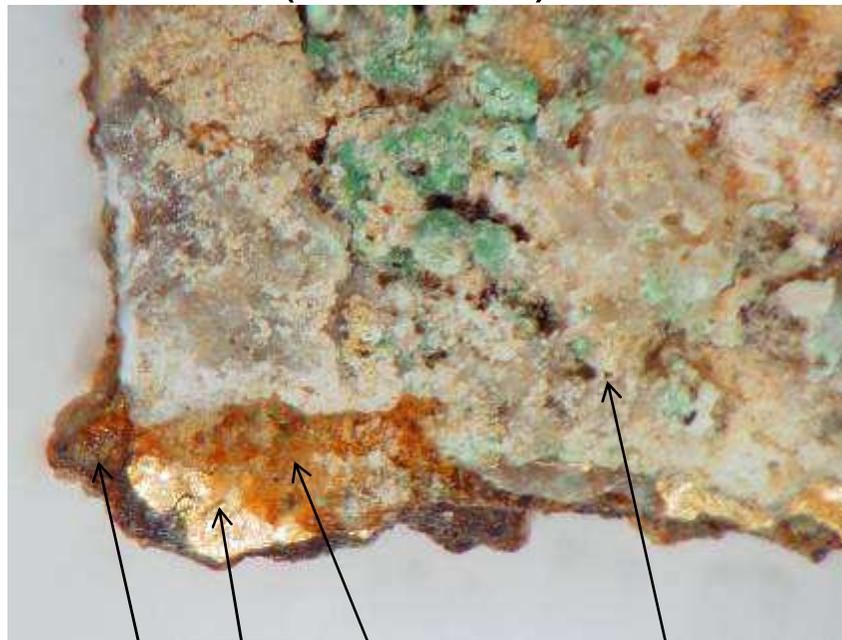


Représentation de Niké.
*Grèce, Ve siècle av. J.C.,
Metropolitan museum of Art*

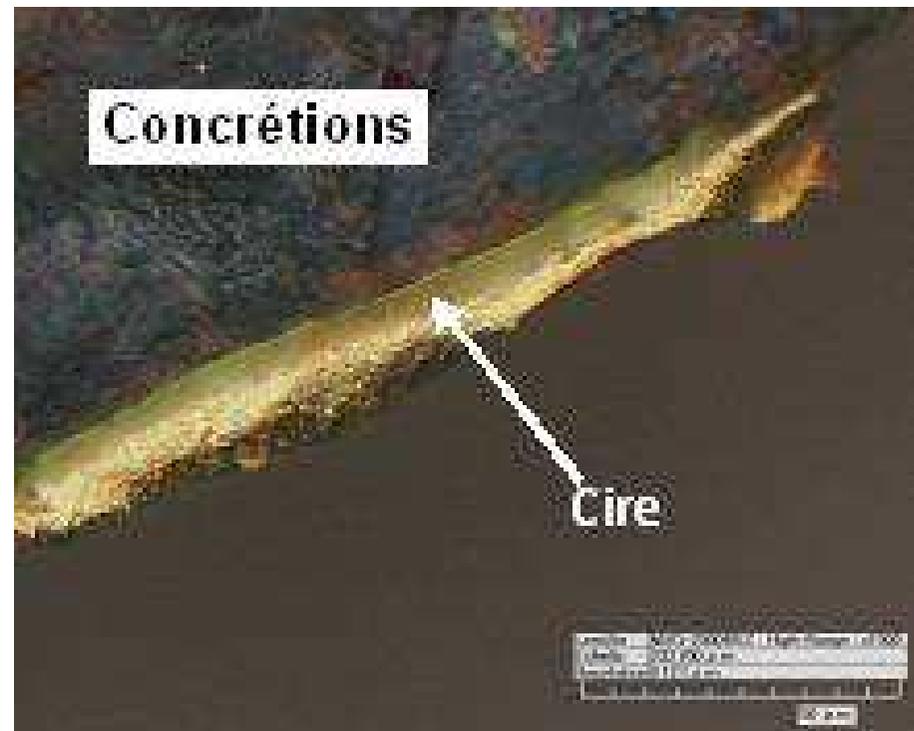


Observation d'une écaille microscope 3D

Vue côté bronze
(dessous)



Vue en coupe



Analyse GC-MS localisée des composés organiques (Juliette Langlois C2RMF)



Victoire d'Arles
fragment « coté concrétion »



Victoire d'Arles
fragment « coté corrosion »



**Prélèvement
de l'adhésif
pour analyses
organiques :**

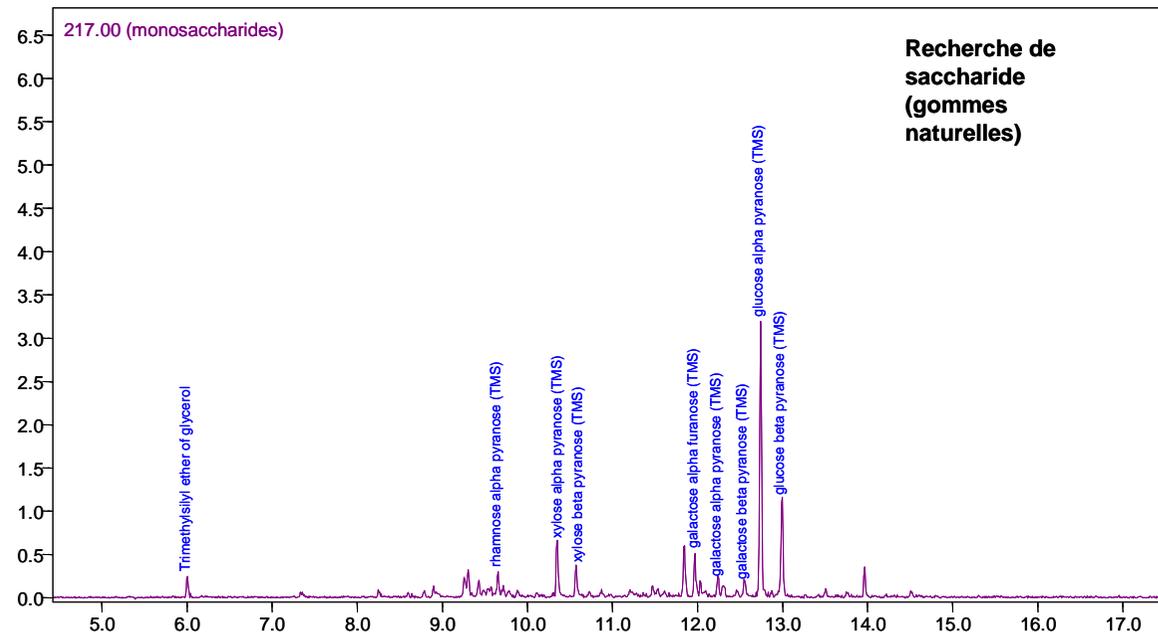
recherche de
saccharides
(gommes
naturelles),
de résines
naturelles, cire
d'abeille ou
lipides

Analyse des composés organiques par GC-MS

(Nicolas Bouillon, CICRP, et Juliette Langlois , C2RMF)

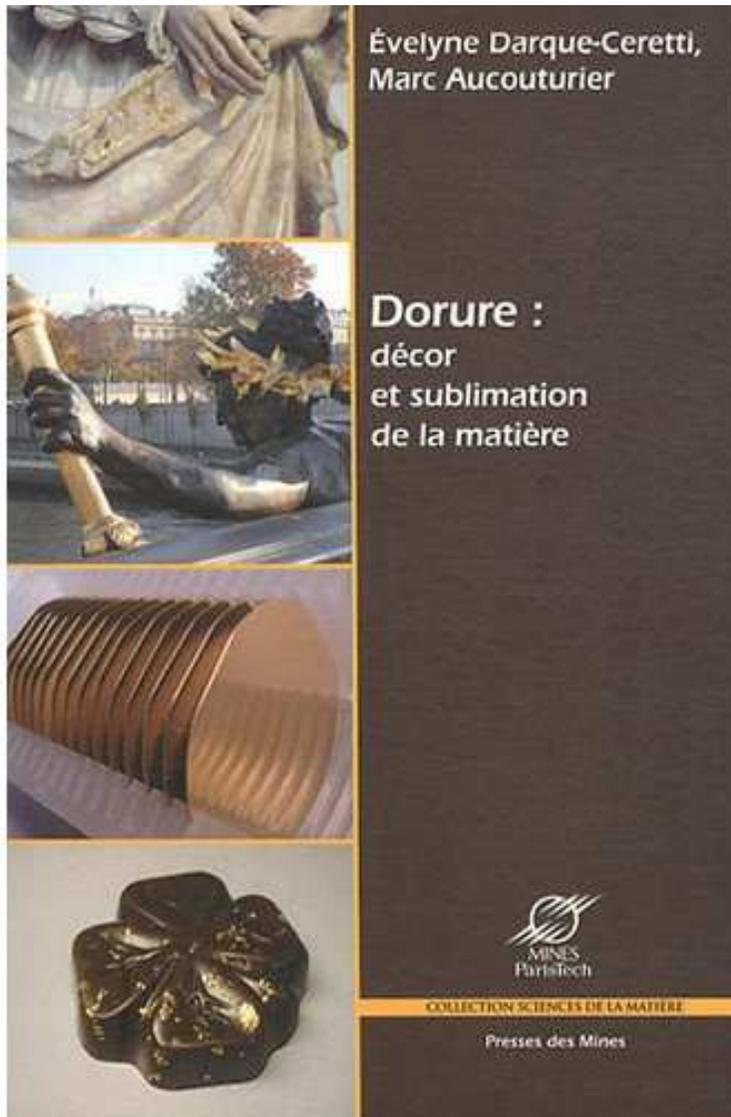
- Analyse globale d'une écaïlle (**non localisée**) :
 - **Cire d'abeille** plus un composé apparenté aux saccharides
- Analyse **localisée** de l'adhésif : composé de la famille des **saccharides** (miel, gomme, amidon, etc.)

Chromatogramme en mode SIM (single ion monitoring) sur m/z 217=saccharides"



Remerciements

- Equipe AGLAE du C2RMF, *analyses*
- D. Bagault, D. Vigears, T. Borel^t, C2RMF, *photographies, radiographies*
- D. Robcis, C2RMF, chef des travaux d'arts
- Patines antiques:
 - Elisabeth Delange, Louvre DAE
 - Sophie Descamps, Louvre DAGER
- Céramiques lustrées
 - Delhia Chabanne, post-doc au C2RMF
 - Sophie Makariou et Delphine Miroudot; Louvre DAI
 - Françoise Barbe, Petit Palais puis Louvre DOA
 - Giuseppina Padeletti, CNR Rome et Gubbio (Umbria)
- Dorure
 - Evelyne Darque-Ceretti, Mines ParisTech, Sophia-Antipolis
 - Pascale Picard, Conservateur, musée départemental Arles Antique,
 - Juliette Langlois et Yannick Vandenberghe, C2RMF, *pour les analyses sur les prélèvements*



Editeur :
Presses des Mines,
60 Boulevard Saint-Michel, 75006 Paris
<http://www.pressesdesmines.com/>
Date de parution : mars 2012

C'est ce que je vois le matin en allant au « travail » ...



..et rendez-vous sur : www.c2rmf.fr

Merci pour votre attention ...