

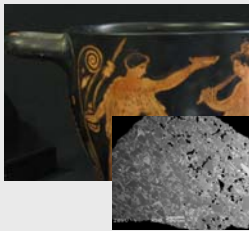
## Physique appliquée à l'Archéologie Datation, Analyse, Provenance

### Caractérisation des matériaux

Ces études ont pour but d'identifier les matériaux retrouvés en contexte archéologique, afin de déterminer leur origine, leur provenance, leur usage, de révéler les techniques de fabrication ou d'identifier leurs altérations et de proposer une assistance technique à leur restauration.

**Les compétences de CIRAM couvrent un large spectre de techniques d'analyse des matériaux minéraux, métalliques et organiques.**

#### Le minéral



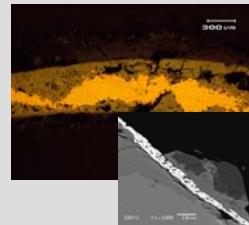
##### Les analyses

*Étude minéralogique, caractérisation des altérations, étude de provenance, traces d'outils, techniques de fabrication.*

##### Les moyens

*Microscopie optique et MEB-EDX, Diffraction de rayons X, PIXE, Radiographie de rayons X.*

#### Le métal

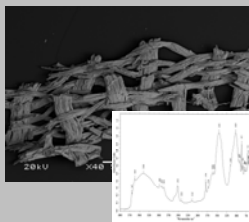


*Composition des alliages, identification des processus de corrosion, développement et localisation des altérations, étude archéo-technologique.*

##### Les analyses

*Microscopie métallographique et MEB-EDX, PIXE, Radiographie de rayons X.*

#### L'organique



##### Les analyses

*Identification de résidus d'huiles, de résines, d'essences, caractérisation des liants, des pigments organiques, analyse microbiologique.*

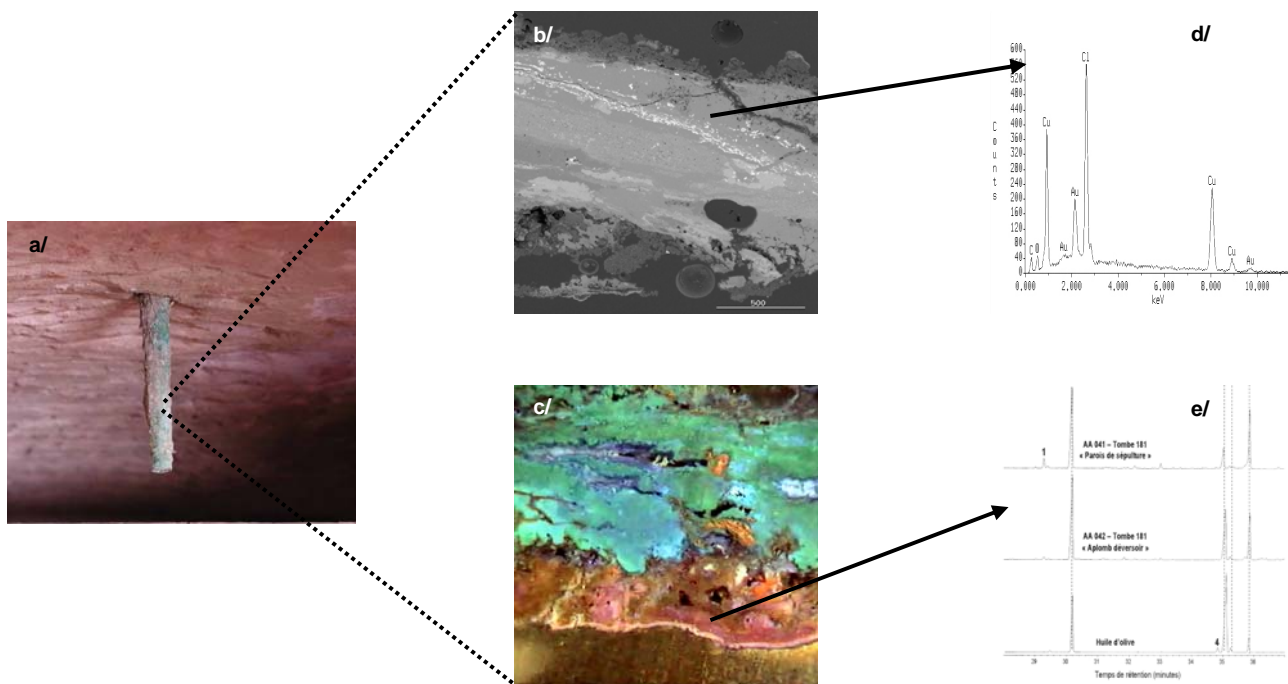
##### Les moyens

*Microscopie optique et MEB-EDX, Spectrométrie IRTF et Raman, Chromatographie, Séquençage ADN.*

**CIRAM est le seul laboratoire privé à proposer un panel d'études aussi large (PIXE en faisceau extrait par exemple), afin de répondre au mieux à la diversité de vos problématiques.**

**La plupart de nos études sont réalisées en deux semaines.**

## Exemple d'études



**Caractérisation du degré de corrosion d'un métal et recherche de résidus organiques dans un déversoir (a).** La microscopie électronique (b), la microscopie optique (c) et l'analyse élémentaire (d) ont révélé que le métal était entièrement corrodé. Nous observons uniquement des produits de corrosion d'un alliage de cuivre, étain et plomb (bronze). La chromatographie (e) a permis de mettre en évidence des résidus lipidiques, très proches de l'huile d'olive.

## La recherche de provenance des artefacts

Cette problématique participe à une **réflexion globale sur les échanges économiques et sociaux à travers l'espace et le temps**. Sa résolution est basée sur l'analyse d'objets récoltés sur le site et d'échantillons de référence issus des lieux de production ou des gisements de provenance probables. Elle repose sur une étude multicritère systématique des compositions chimiques (éléments majeurs, mineurs et traces par exemple).

L'étude de provenance des matériaux est une des recherches archéologiques les plus complexes à mener. En effet, la simple caractérisation des matériaux retrouvés en fouille est, certes, nécessaire, mais elle n'est pas suffisante.

C'est pourquoi cette problématique requiert l'utilisation de plusieurs méthodes complémentaires et l'analyse d'échantillons de référence de provenance connue.

### L'analyse des composants majeurs et mineurs (> 0,5%)

Microscopie électronique à balayage (MEB)  
couplée à la microanalyse par EDX

### L'analyse des éléments traces (< 0,5%)

PIXE en faisceau extrait

### La confrontation des données

Traitements statistiques et  
comparaison avec une  
base de données

## *Datation des matériaux*

CIRAM assure la mise en œuvre de plusieurs méthodes de datation physique appliquées à des matériaux de natures différentes. Cette approche croisée permet d'établir et de valider, le cas échéant, des séquences chronologiques.

**CIRAM vous propose une solution analytique pertinente aux problématiques d'ordre chronologique :  
C14 sur les matières organiques, TL sur les minéraux anciennement chauffés  
et dendrochronologie sur le bois.**

Grâce à la multiplicité de nos offres, nous pouvons répondre à un grand nombre de problématiques chronologiques touchant des contextes archéologiques et des domaines temporels les plus divers.

## *Datation par Radiocarbone - C14*

Notre offre de datation par Carbone 14 repose sur la mise en œuvre de la technique dite "**par accélérateur couplé à une spectrométrie de masse**" (AMS). Il s'agit de la méthode la mieux adaptée pour établir une séquence chronologique fiable.

Les datations sont possibles sur bois, charbons de bois, résidus végétaux ou animaux, cuir, textiles, papier, coquillages, ossements, os brûlés, ivoire, dents, ...



*Extracteur soxhlet*

### ***Le contrôle qualité des mesures***

La séparation et le comptage spécifique des différents isotopes du Carbone permettent de contrôler les effets d'éventuelles pollutions et d'obtenir une indication sur la "qualité" de l'échantillon et la fiabilité de la mesure.

### ***Le contrôle de la représentativité "stratigraphique" des échantillons***

Par ailleurs, l'AMS permet la datation de fragments carbonés individualisés de petite taille (un charbon de bois = une date), qui diffère de l'analyse d'ensembles moyennés d'échantillons (comptage classique). Une telle approche nous permet d'appréhender les problèmes post-dépositionnels de migration des petits objets à travers les niveaux, sous l'action de phénomènes de percolations ou autres mouvements des sols.



*Installation AMS*

### ***Un partenariat étroit et efficace avec un grand laboratoire européen***

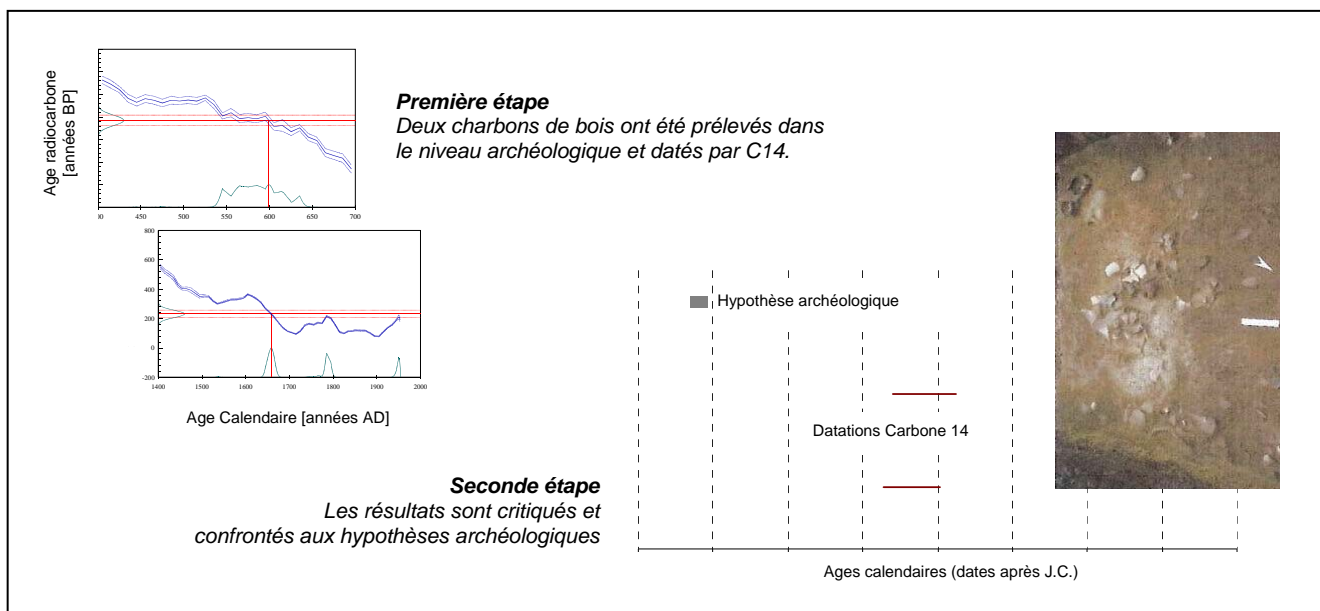
Cette offre repose sur un partenariat scientifique entre CIRAM et un grand laboratoire mondial, faisant figure de référence dans la communauté internationale, à la pointe des recherches méthodologiques menées sur la calibration des dates C14, l'extension des limites de la méthode ou les procédures de préparation des échantillons. Il résulte de cette collaboration la garantie d'un travail "technique" d'une qualité optimale, intégrant les dernières innovations méthodologiques.

## Analyse critique des résultats – bilan et discussion

**Notre offre de datation par Carbone 14 ne se limite pas à l'obtention d'âges.**

Les rapports d'étude C14 comportent une documentation complète et une discussion sur la fiabilité des mesures et le degré de concordance des résultats obtenus. En effet, nous effectuons une analyse de leur distribution statistique, afin d'évaluer leur pertinence et leur représentativité. Enfin, les dates sont replacées dans leur contexte et discutées à la lumière des données de terrain.

**Nous nous engageons à fournir une synthèse critique des résultats de datation et une exploitation optimale des données chronologiques.**

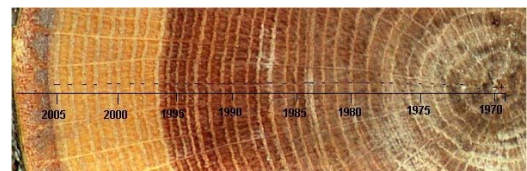


*Délais compris entre 2 semaines et 2 mois*

## Datation par dendrochronologie

CIRAM a développé un partenariat avec un laboratoire spécialisé en datation par dendrochronologie.

Cette activité est assurée par une spécialiste, qui travaille en étroite collaboration avec des laboratoires reconnus dans le domaine et à la pointe de la recherche concernant le développement de référentiels pour diverses essences.



Elle intervient auprès de nombreuses institutions archéologiques, publiques et privées, afin de dater des éléments de bâti en bois.

[www.ciram-art.com](http://www.ciram-art.com)

Europe - Phone +33 5 56 23 45 35 – Mobile +33 6 64 14 24 10 - [contact@ciram-art.com](mailto:contact@ciram-art.com)  
North America - Mobile +1 917 509 5616 - [info@ciram-art.com](mailto:info@ciram-art.com)

## Datation par Thermoluminescence

**CIRAM est le seul laboratoire privé à réaliser de réelles datations par thermoluminescence, dans le respect des procédures méthodologiques développées dans les structures publiques.**

### **La mise en œuvre de la méthode : les pré-requis**

La datation par thermoluminescence repose sur l'étude de la radioactivité naturelle et la capacité des cristaux contenus dans un objet anciennement chauffé (céramiques, galets de quartz, silex...) à accumuler les effets de cette irradiation.

Afin de déterminer l'âge TL, il faut donc **impérativement** :

- ✓ **mesurer la dose d'irradiation naturelle ( $Q_{Nat}$ )** reçue depuis un instant zéro (le dernier chauffage du matériau). Cette démarche requiert la mise en place de protocoles de thermoluminescence complexes et longs, afin de garantir la fiabilité des résultats. Il est nécessaire de mener un grand nombre d'expériences ( $\approx 200$  courbes de TL par prélèvement).
- ✓ **déterminer la dose d'irradiation annuelle ( $I$ )** reçue par les cristaux. Elle recouvre la contribution de l'objet lui-même et celle de son environnement. Elle requiert des mesures de radioactivité *in situ* et l'analyse au laboratoire de la composition radiochimique de l'artefact à dater et des échantillons du milieu d'enfouissement immédiat.

C'est le rapport de ces deux grandeurs qui donne l'âge entre le dernier chauffage de l'objet et son étude en laboratoire :

$$T(ans) = \frac{Q_{Nat}(Gy)}{I(Gy/an)}$$

### **Pour une intervention scientifique rigoureuse**

**Aucune datation par thermoluminescence ne peut s'affranchir de l'analyse de la radioactivité du milieu d'enfouissement immédiat des objets à dater, dans tous les cas au laboratoire et si possible sur le terrain. L'absence de cette mesure expérimentale invalide purement et simplement le résultat.**

Pour garantir la réalisation d'un travail scientifiquement rigoureux et archéologiquement pertinent, nous essayons d'intervenir sur le site de fouille, afin de procéder à la collecte du matériel archéologique et sédimentaire indispensable à la datation et d'effectuer des mesures de radioactivité.

### **Une activité d'analyse autonome**

Bénéficiant des compétences de deux de ses membres spécialisés dans ce domaine, CIRAM a développé son propre laboratoire de datation, comprenant un équipement de préparation des échantillons, un appareillage de TL/OSL et un détecteur de radioactivité pour les mesures *in situ*.

CIRAM a par ailleurs développé un partenariat scientifique avec un centre d'étude nucléaire (Université et CNRS), pour les analyses de composition radiochimique des matériaux.

L'autonomie technologique de CIRAM, associée à sa forte réactivité et sa grande disponibilité, permet d'obtenir des datations TL dans des délais de 3 à 4 mois.

Au-delà de la simple obtention de dates, CIRAM s'engage également à fournir une synthèse critique complète des résultats et à en proposer une exploitation archéologique optimale.

**Il résulte de ces investissements la garantie d'un travail d'une qualité optimale, exploitant des compétences reconnues alliées à une instrumentation de pointe.**

## DATATION PAR THERMOLUMINESCENCE EN ARCHÉOLOGIE

### Une mise en garde contre des pratiques abusives

*Nous présentons dans le tableau ci-dessous les différences fondamentales qui existent entre une « réelle » datation TL, telle que celle proposée par CIRAM, et un test d'authenticité TL, comme celui pratiqué par d'autres laboratoires privés.*

$$T(\text{ans}) = \frac{Q_{\text{Nat}} (\text{Gy})}{I (\text{Gy/an})}$$

$T$  (ans) : âge du matériau analysé ;  $Q_{\text{nat}}$  (Gy) : quantité d'irradiation naturelle reçue par le matériau depuis son dernier chauffage ;  $I$  (Gy/an) : quantité d'irradiation à laquelle est soumis le matériau pendant une année.

<u>DATATION PAR THERMOLUMINESCENCE</u>	<u>TEST d'ANCIENNETÉ PAR THERMOLUMINESCENCE</u>
<p style="text-align: center;"><b>Détermination de <math>Q_{\text{nat}}</math></b></p> <p>Des <b>expériences</b> de thermoluminescence <b>préalables</b> à la datation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Connaître les propriétés de thermoluminescence de l'objet à dater : stabilité dans le temps, reproductibilité, signaux parasites, ...</li> <li>✓ Connaître le passé thermique et l'état de chauffe de l'objet à dater : chauffage suffisant, conditions de chauffe archéologique, ...</li> </ul> <p>Des <b>protocoles adaptés</b> à chaque cas, garantissant la fiabilité et la précision des résultats.</p> <p><b>Environ 200 courbes de TL</b> par prélèvement à dater</p> <p style="text-align: center;">➔ <b>Une mesure de <math>Q_{\text{nat}}</math> rigoureuse, fiable et précise</b> (5 à 10% d'incertitude)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Détermination de <math>Q_{\text{nat}}</math></b></p> <p>Des expériences de thermoluminescence standardisées, ne permettant <b>aucun contrôle</b> sur la fiabilité des mesures.</p> <p><b>Aucune prise en compte</b> des propriétés spécifiques de thermoluminescence, différentes pour chaque objet ...</p> <p><b>Moins de 20 courbes de TL</b> par prélèvement à dater.</p> <p style="text-align: center;">➔ <b>Une estimation de <math>Q_{\text{nat}}</math> grossière et imprécise</b> (plus de 20% d'incertitude)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Détermination de <math>I</math></b></p> <p>Des <b>mesures de radioactivité <i>in situ</i></b>.</p> <p>Une <b>étude approfondie</b> du contexte d'enfouissement (matériaux présents, humidité du milieu, modifications post-dépositionnelles).</p> <p>Prélèvement d'<b>échantillons de sol</b>, représentatifs du milieu d'enfouissement.</p> <p><b>Mesure au laboratoire</b> de la composition radiochimique de l'objet à dater et des échantillons de sol (teneurs en uranium, thorium, potassium).</p> <p style="text-align: center;">➔ <b>Une mesure de <math>I</math> rigoureuse, fiable et précise</b> (5 à 10% d'incertitude)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Détermination de <math>I</math></b></p> <p><b>Aucune mesure</b> physique de la radioactivité du milieu d'enfouissement, ni sur le terrain, ni au laboratoire.</p> <p><b>Aucune analyse</b> du contexte d'enfouissement de l'objet à dater.</p> <p style="text-align: center;">➔ <b>Une valeur arbitraire de <math>I</math>, choisie en fonction de l'âge attendu</b></p>
<p><b>Une réelle datation par TL scientifiquement recevable et archéologiquement exploitable</b></p>	<p><b>Un test d'ancienneté destiné à écarter les objets faux sur le Marché de l'Art</b></p>

## Radiographie X numérique et portable

CIRAM dispose d'un appareillage de dernière génération, composé d'un générateur de forte puissance et d'un système d'acquisition numérique et portable, qui autorise l'intervention sur site et l'obtention d'images de radiographie en temps réel.

Ces caractéristiques permettent d'apporter des réponses immédiates et pertinentes aux questions posées.



Nous pouvons réaliser des clichés de radiographie X sur

- ✓ Le métal  
*techniques de fabrication, corrosion,...*
- ✓ La pierre  
*restauration, fissure, montage,...*
- ✓ La terre cuite  
*bouchage, reconstruction, montage,...*
- ✓ Le bois, l'os, l'ivoire  
*identification, fissure, restauration,...*
- ✓ Les armes  
*observation des mécanismes,...*
- ✓ Les tableaux  
*restauration, repeint, repentir,...*

et plus généralement sur tout type de matériaux, la seule limite d'intervention étant liée à la densité et l'épaisseur à traverser.

## Des études radiographiques en temps réel sur site

L'analyse instantanée des radiographies offre la possibilité d'adapter en temps réel la procédure analytique et d'acquérir des clichés sous les angles de vue les plus pertinents, avec les paramètres expérimentaux les plus appropriés.

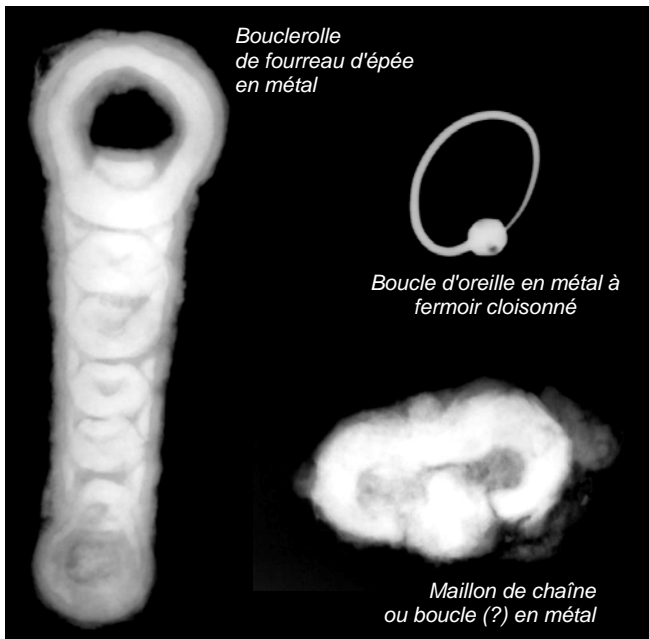
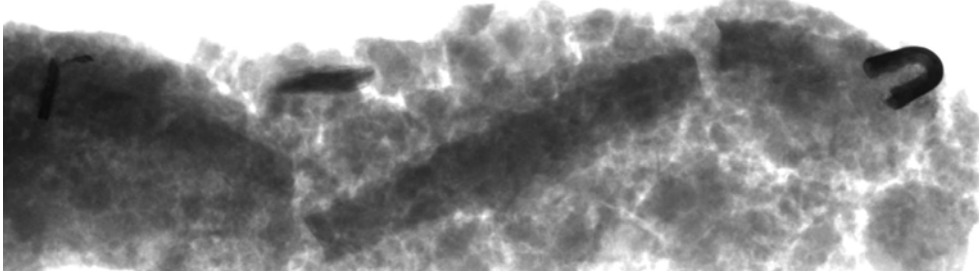
Le matériel utilisé étant transportable, nous intervenons aisément sur site.

**Cette rapidité d'analyse constitue un atout important, puisqu'elle assure une réactivité immédiate entre la lecture des clichés radiographiques et les questions soulevées par les observations.**

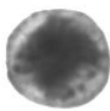
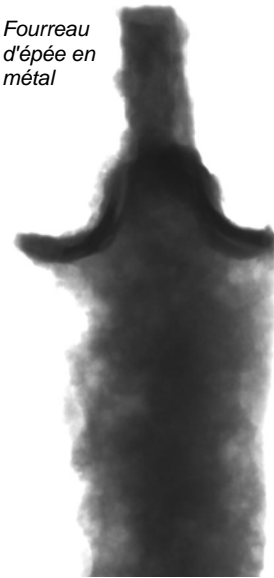
**Elle permet une interactivité optimale avec le commanditaire qui peut orienter l'étude à son gré.**

## Quelques exemples

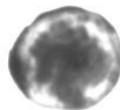
*Fragments de poignard en métal dans sa gangue de terre*



*Fourreau d'épée en métal*



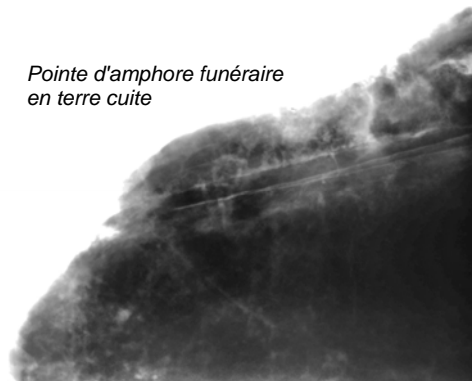
*Monnaies fourrées (?)*



A titre d'exemple, voici quelques clichés obtenus à l'aide de l'appareillage de radiographie X numérique et portable de forte puissance.

*Clichés CIRAM*

*Pointe d'amphore funéraire en terre cuite*





## Quelques références

### Résolution de problématiques de datation

- ✓ *INRAP Grand Sud-Ouest - Centre Archéologique de Guyane*  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, Vivé, Martinique.  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, sites 97308224 et 97308229, Saint-Georges de l'Oyapock, Guyane.  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, Yuiketi, Bisdary, Gourbeyre, Guadeloupe.  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois et d'un amalgame alimentaire sur céramique, Saut-Saillat, Guyane.  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, Grande Anse, Trois Rivières, Guadeloupe.  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois et de tessons de céramique, Sparouine, Guyane.  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois et synthèse raisonnée de l'ensemble des données chronologiques physiques, Plateau des Mines, Saint Laurent du Maroni, Guyane.
- ✓ *INRAP Grand Sud-Ouest*  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, Lons, Voie Nord / Sud de Pau (64).
- ✓ *INRAP Grand-Ouest*  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, Bernay, lieu-dit "Les Granges" (27).  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de prélèvements de graines, Aubevoye, "La Chartreuse" (27).  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, Cambolle, Evreux (27).
- ✓ *Conseil Général du Finistère, Service départemental d'Archéologie*  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, "Le Souc'h", Plouhinec (29).
- ✓ *Conseil Général de Charente-Maritime, Service départemental d'Archéologie*  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, site gallo-romain du Fâ, Barzan (17).  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, La Génétouze, La Garde (17).
- ✓ *HADES, Bureau d'Investigations Archéologiques, Labège*  
Étude de datation par Carbone 14 (AMS) de charbons de bois, Château-Morand, Saint-Junien (86).
- ✓ *Maison René Ginouvès, CNRS - UMR 8096 "Archéologie des Amériques", Nanterre*  
Étude méthodologique de céramiques par thermoluminescence, Culture Barbakoeba (650 – 1450 après J.C.), Guyane.

### Radiographie d'objets archéologiques

- ✓ *Conseil Général de la Dordogne, Service départemental d'Archéologie*  
Étude d'une parure en métal provenant d'une inhumation habillée du VI<sup>ème</sup> siècle après J.C, France.
- ✓ *Bibracte, Centre de Recherche Archéologique Européen du Mont Beuvray*  
Étude d'objets en métal : évaluation des potentialités d'un appareillage de radiographie X numérique portable pour des applications archéologiques.
- ✓ *Service Archéologique municipal de la ville de Marseille*  
Étude d'amphores funéraires : tests préliminaires. Rue Malaval, Marseille (13).

### Caractérisation de matériaux archéologiques

- ✓ *INRAP Grand Sud-Ouest*  
Étude par thermoluminescence de l'état de chauffe de galets quartzes, Lons, Voie Nord / Sud de Pau (64).
- ✓ *Service Archéologique Municipal de la ville de Marseille*  
Caractérisation de deux sépultures privilégiées en sarcophage du V<sup>ème</sup> siècle après J.C. : recherche de résidus organiques. Rue Malaval, Marseille (13).

### Assistance technique à la restauration de sculptures, peintures murales ou de chevalet...

- ✓ *Musée du Louvre, Département Art Islamique*
- ✓ *Musée Rodin*
- ✓ *Musée du Petit Palais*
- ✓ *Musée Historique de la ville de Strasbourg*
- ✓ *Musée des Beaux-Arts de Pau*
- ✓ *Abbaye de Saint-Savin sur Gartempe (86), Patrimoine mondial de l'UNESCO.*
- ✓ *Château de Blois, aile François I<sup>er</sup> (41), Peintures murales de Félix Duban, XIX<sup>ème</sup> siècle*

### Expertise scientifique d'objets d'Art

- ✓ Égypte Pharaonique, Antiquité Classique, Dynasties chinoises, Cultures d'Asie du Sud-Est, Civilisations africaines, Islam Médiéval, Haut Moyen Age et Renaissance européens, ...

## Nos Publications scientifiques

- 2007** BOBIN O., MOULINIER B., "Etude et analyse de peintures murales des XI<sup>ème</sup> - XIII<sup>ème</sup> siècles et repeints du XIX<sup>ème</sup> siècle, Abbaye de Saint-Savin sur Gartempe (86).", *Cahiers techniques de l'ARAAFU*, sous presse.
- 2005** BOBIN O., SCHVOERER M., CHABANNE D., NEY C., SELLIER E., "Mise en évidence de la nanotexture des constituants de décors de lustre métallique sur des céramiques glaçurées de l'espace méditerranéen", *Actes de la table ronde "Glaçures et lustre métallique"*, CUEBC, CNRS, Université Bordeaux 3, Ravello 11-12 octobre 1998, 31-38.
- BOBIN O., SCHVOERER M., CHABANNE D., NEY C., LABRUGÈRE C., LAHAYE M., GUETTE A., "Localisation et distribution par spectrométrie Auger des constituants colloïdaux des décors de lustre métallique de céramiques glaçurées", *Actes de la table ronde "Glaçures et lustre métallique"*, CUEBC, CNRS, Université Bordeaux 3, Ravello 11-12 octobre 1998, 39-45.
- 2003** BOBIN O., SCHVOERER M., NEY C., RAMMAH M., DAOULATI A., PANNEQUIN B., GAYRAUD R.P., "Where did the lustre tiles of Sidi Oqba mosque (836-863 AD) of Kairouan come from?", *Archaeometry*, 45,4, 569-577.
- BOBIN O., SCHVOERER M., MIANE J.L., FABRE J.F., "Coloured metallic shine associated to lustre decoration of the glazed ceramics: a theoretical analysis of the optical properties", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 332, 28-34.
- BOBIN O., SCHVOERER M., NEY C., RAMMAH M., PANNEQUIN B., CILIA PLATAMONE E., DAOULATI A., GAYRAUD R.P., "The role of copper and silver in the colouration of metallic lustre decoration (Tunisia – 9th century, Mesopotamia – 10th century, Sicily – 16th century). A first approach", *Color Research and Application*, 28, 5, 352-359.
- 2001** BOBIN O., *Céramique glaçurée archéologique à décor de lustre métallique – IX<sup>ème</sup> siècle après J.C., Mosquée Sidi Oqba de Kairouan – Tunisie. Caractérisation, provenance et archéotechnologies*. Thèse de doctorat en Physique des Archéomatériaux, Université Bordeaux 3.
- BOBIN O., SCHVOERER M., MIANE J.L., FABRE J.F., GUETTE A., LABRUGÈRE C., LAHAYE M., "The metallic lustre of glazed ceramics: interpretation of the in-scattered-light optical properties. One theoretical approach", *Proceeding of the 6<sup>th</sup> European Meeting on Ancient ceramics*, Fribourg 3-6 October 2001, 19-24.
- 1999** BOBIN O., SCHVOERER M., CHABANNE D., NEY C., CILIA PLATAMONE E., "Données physiques pour une nouvelle définition du décor de lustre métallique à partir de céramiques glaçurées mises au jour à Syracuse", *Actes du Colloques International "De la céramique à l'Histoire"*, Perpignan 23-25 novembre 1999, sous presse.

## En savoir plus sur les services de CIRAM Demander un rendez-vous ...

Consultez notre site internet  
[www.ciram-art.com](http://www.ciram-art.com)

Contactez-nous  
**EUROPE**

**bureau & laboratoire, Pessac, France**  
Tel. / Fax **+33 (0)5 56 23 45 35**  
e-mail **contact@ciram-art.com**

**NORTH AMERICA**

**office, New York, USA**  
Tel. **+1 917 509 5616**  
e-mail **info@ciram-art.com**

Rejoignez-nous  
**Facebook, LinkedIn, Twitter, Issuu, Slideshare, Pearltrees**