

Étude et Datation de l'Or / Study and Dating of Gold

La corrosion des objets en or et en argent se développe très lentement. Aussi, l'analyse du métal doit être beaucoup plus précise que pour les alliages de cuivre. C'est pourquoi, dans la majorité des cas, la microscopie électronique à balayage (**MEB**) doit être couplée avec la méthode **PIXE en faisceau extrait** ou **ICP/MS** (Induced Coupled Plasma / Mass Spectrometer).

L'analyse d'un objet en or comporte trois phases : étude des dépôts superficiels, étude de la composition du métal en éléments majeurs, mineurs et traces, et examen de la surface pour observer des figures de corrosion. Pour les objets en argent, nos investigations peuvent se limiter à la caractérisation de sa corrosion (*embrittlement*), si elle est suffisamment développée.

For gold and silver objects, the corrosion processes are very slow. Then the metal analysis has to be much more precise than for copper alloys. That is why, in the most cases, we have to couple scanning electron microscope (**SEM**) and **external beam PIXE** or **ICP/MS** (Induced Coupled Plasma / Mass Spectrometer) investigations.

Study of gold objects needs three steps: study of superficial deposits, composition of the alloy (major, minor and trace elements) and a surface exam to observe corrosion features. For silver objects, the analysis of the corrosion degree (*embrittlement*) might be sufficient.

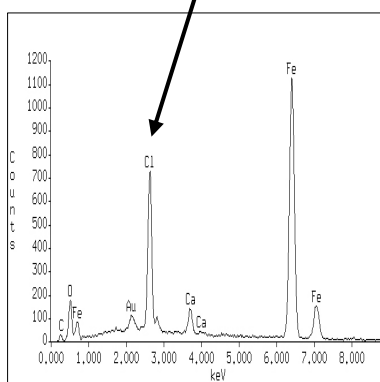
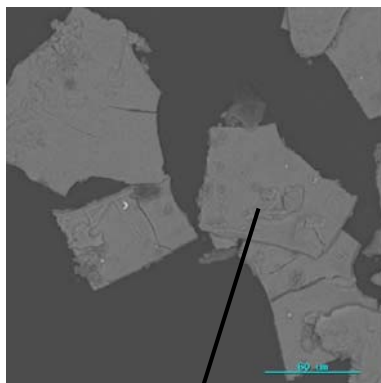
➡ Étape 1 / 1st step: Étude des dépôts de surface / Superficial deposits

La première étape consiste à déterminer la nature des **dépôts superficiels**, afin d'identifier leur **origine**.

S'agit-il d'un **dépôt d'enfouissement naturel** qui associe des phases minérales silicatées (argile), des phases calcaires et quelques produits de corrosion métalliques ?

S'agit-il d'un **dépôt artificiel appliqué volontairement** ?

Sur les objets en or, on détecte régulièrement des **dépôts brun orange** constitués de chlore et de fer. Ils correspondent à une attaque acide par le **chlorure ferrique** pour simuler la corrosion du métal et des dépôts d'enfouissement.



The first step is to define the **origin of superficial deposits**, from their composition.

Is it a **natural and burial** deposit, which is composed by silicated mineral phases (clay), lime phases and metal corrosion products?

Is it an **artificial deposit**?

On gold objects, we commonly detect **brown orange deposits**, which are composed by chlorine and iron.

They result from an acid attack performed with **ferric chloride**. They are applied on the object to simulate corrosion and burial deposits.

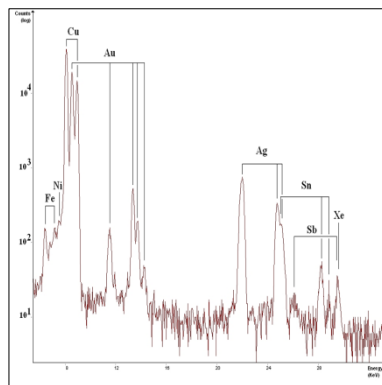
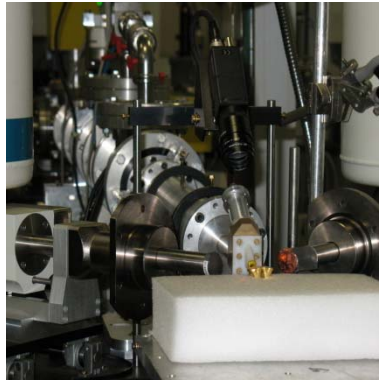
➡ Étape 2 / 2nd step : Recherche d'éléments traces / Trace element composition

La seconde étape est la détermination précise de la composition de l'alliage et principalement la recherche des **éléments traces** (quelques centaines de ppm ou moins de 0,01%).

En effet, les techniques d'extraction anciennes ne permettaient pas d'obtenir des métaux très purs.

C'est pourquoi, les "**ors**" et les "**argents**" anciens contiennent un cortège caractéristique d'éléments traces.

Pour les détecter nous utilisons le **PIXE en faisceau extrait** (méthode non destructive) ou l'**ICP/MS**.



The second level is to define the accurate composition of the alloy and especially its **trace element composition** (hundreds ppm or less than 0.01%).

Indeed, the ancient extraction techniques gave metal with many impurities.

That is why ancient gold and silver contain many typical trace elements.

The trace composition is obtained with **external beam PIXE** (non destructive analyses) or with **ICP/MS**.

➡ Étape 3 / 3rd step : Étude de la corrosion / Corrosion study

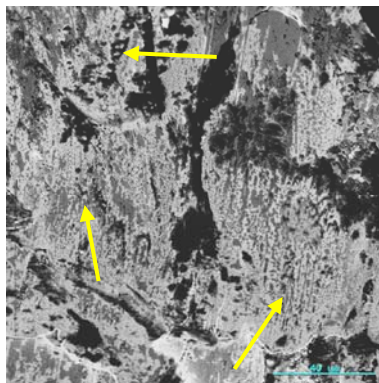
L'ultime étape permet d'observer si l'alliage est altéré et ainsi éliminer les faux qui auraient été fabriqués à partir d'or ou d'argent anciens.

L'altération naturelle d'un objet en or se caractérise par (flèches jaunes) :

- ✓ Texture émoussée
- ✓ Nombreuses micro-porosités
- ✓ Corrosion aux joints de grains

L'observation de micro-particules d'or indique que l'objet a subi **une attaque acide moderne**.

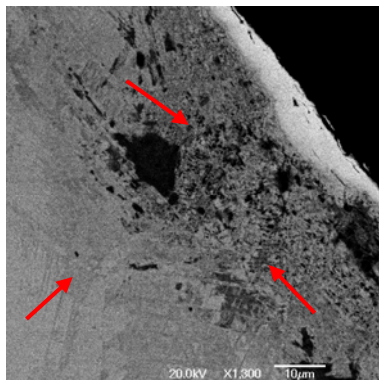
La corrosion d'un alliage d'argent est similaire à celle des alliages de cuivre : les processus de fragilisation (flèches rouges) doivent pénétrer profondément dans le métal et les produits de corrosion doivent être composés de sels issus des constituants de l'alliage.



The last level is performed to observe the weathering of the alloy. It allows to eliminate forgeries, which have been made from ancient gold or silver.

The natural corrosion of a gold object corresponds to these features (yellow arrows):

- ✓ Smooth and irregular texture
- ✓ Numerous pits
- ✓ Inter-granular corrosion



The observation of gold micro-particles indicates the object has undergone **a modern acid attack**.

The corrosion of silver is similar to those of copper alloys: the embrittlement has to penetrate deep inside the alloy (red arrows) and corrosion products have to be composed by alloy salts.

La datation de l'or – Gold dating

La datation de l'or par U, Th – ⁴He

Cette méthode de datation est basée sur la quantification de l'hélium présent au sein des alliages d'or. Sa concentration étant proportionnelle à l'âge de fabrication de l'objet.

Lors de la formation des minerais aurifères, l'uranium, le thorium, le samarium et d'autres éléments (éléments traces) sont incorporés au réseau cristallin.

Quand l'uranium, le thorium et le samarium se désintègrent en plomb, ils émettent une particule alpha (un atome d'hélium). L'hélium reste intégré dans l'or et sa concentration augmente avec le temps.

L'extraction de l'or nécessite de chauffer le minerai. Cette opération entraîne l'évaporation de l'hélium, mais pas celle de l'uranium, le thorium et le samarium.

Ce chauffage correspond donc à notre point zéro. La concentration d'hélium est nulle lors de la fabrication de l'objet.

A travers le temps, la désintégration de l'uranium, du thorium et du samarium continue au sien de l'objet. La "production" d'hélium reprend et sa concentration augmente.

Nous devons donc déterminer les concentrations en hélium, uranium et thorium, afin d'estimer l'âge de la fabrication de l'objet.

The U, Th – ⁴He dating method for gold objects

This method is based on the quantification of helium inside the gold alloy. The concentration of helium is proportional to the age of manufacturing.

When gold crystals are formed in the earth, uranium, thorium, samarium and other elements (so-called trace elements) are incorporated into the crystal.

When uranium, thorium and samarium decay to lead (Pb), they also emitted an alpha particle (helium atom). So, helium remains embedded in gold and its concentration increases.

To manufacture a gold object, we have to extract gold from the ore. So, you have to melt the gold ore. This process induces the evaporation of helium, but not uranium, thorium and samarium.

So, this first step of heating is our zero point: the concentration of helium is zero.

When the goldsmith achieves the objet, the gold alloy still contains uranium, thorium, samarium, but not helium.

The radioactive decay of uranium, thorium and samarium continues. So, the "production" of helium resumes and as time passes its concentration increases.

So, we have to determine the concentrations of helium, uranium and thorium, in order to estimate the age of the object.

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

Consultez notre site internet
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