

## **ANALYSE DES OBJETS D'ART : APPORTS DE LA RADIOGRAPHIE X**

### **Généralités : pourquoi faire une radiographie ?**

La radiographie consiste à obtenir une image générée par le contraste entre le passage et l'absorption de rayons X projetés sur un objet.

Pour effectuer cette analyse, il est nécessaire d'avoir un émetteur de rayons X (le générateur) et une plaque détectrice permettant l'acquisition de l'image.

Cette démarche peut être mise en œuvre aussi bien sur des tableaux que sur des sculptures. Elle permet de visualiser la structure interne des objets et de révéler des éléments liés à la technique de fabrication, des reprises au cours du temps, des zones de restauration ou encore des montages frauduleux.

Cependant, dans la plupart des cas, cette seule approche ne permet pas à elle seule d'authentifier un objet. Elle doit être couplée avec d'autres analyses pour déterminer l'ancienneté du matériau le constituant.

## Un choix technologique : la radiographie X numérique *in situ*

### Nos moyens techniques

Les moyens techniques que nous mettons en œuvre se composent **d'un générateur de forte puissance et d'un système d'acquisition numérique et portable permettant d'obtenir des images de radiographie en temps réel.**

Il s'agit d'un appareillage de type Fox-Rayzor Inspection System comportant un générateur de rayons X à impulsions XRS-3 (tension : 270 KV), une plaque d'acquisition numérique (Amorphous Silicon Flat Panel, 22,3 x 21,6 cm – matrice active en silicium amorphe, associée à un système d'amplification en colonne géré par une électronique insérée dans le panneau) et un ordinateur de commande du générateur et de traitement des images (logiciel Vidisco Ltd).

#### *Le rayonnement X pulsé*

Le générateur de rayons X à impulsions utilisé permet de pénétrer des densités et des quantités de matériaux très diverses (allant de l'épaisseur d'une toile de peinture à quelques centimètres de fonte). Ceci rend possible, en particulier, la radiographie d'objets d'épaisseurs variables et/ou comportant des matériaux de natures et de densités très diverses.

Quelques secondes d'irradiation suffisent pour obtenir une image X de l'objet (jusqu'à un peu plus de 6 secondes pour les expositions les plus longues).

Cette rapidité d'analyse constitue un atout important, puisqu'elle assure une réactivité immédiate entre l'analyse des caractéristiques visuelles de la radiographie et les questions soulevées par les observations.

#### *L'acquisition numérique des images*

Le détecteur utilisé permet de visualiser la radiographie de l'objet, instantanément, sur l'écran d'un ordinateur portable.

Le contrôle de la qualité du tir est par conséquent immédiat. Les paramètres d'irradiation générant une image exploitable peuvent donc être réajustés à tout moment.

Dotée d'une grande sensibilité, la plaque numérique permet d'obtenir des images de haute résolution. De telles caractéristiques autorisent la visualisation de détails très fins (jusqu'à une centaine de microns, si les variations de densité sont importantes), et assurent une très grande latitude dans les traitements postérieurs.

#### *Le traitement des images*

De nombreux clichés numériques peuvent être réalisés sur un objet, selon différents angles de prise de vue, sans aucune contrainte expérimentale dans la mesure où l'enregistrement informatique ne pose pas de limites de capacité.

Acquis sur fond blanc (en positif), ils peuvent également être visualisés en négatif et être soumis à tous les traitements d'image facilitant la mise en évidence d'éventuelles "anomalies" : variation des nuances de gris, rehaussement des contrastes, zooms, ajustement de la netteté, ....

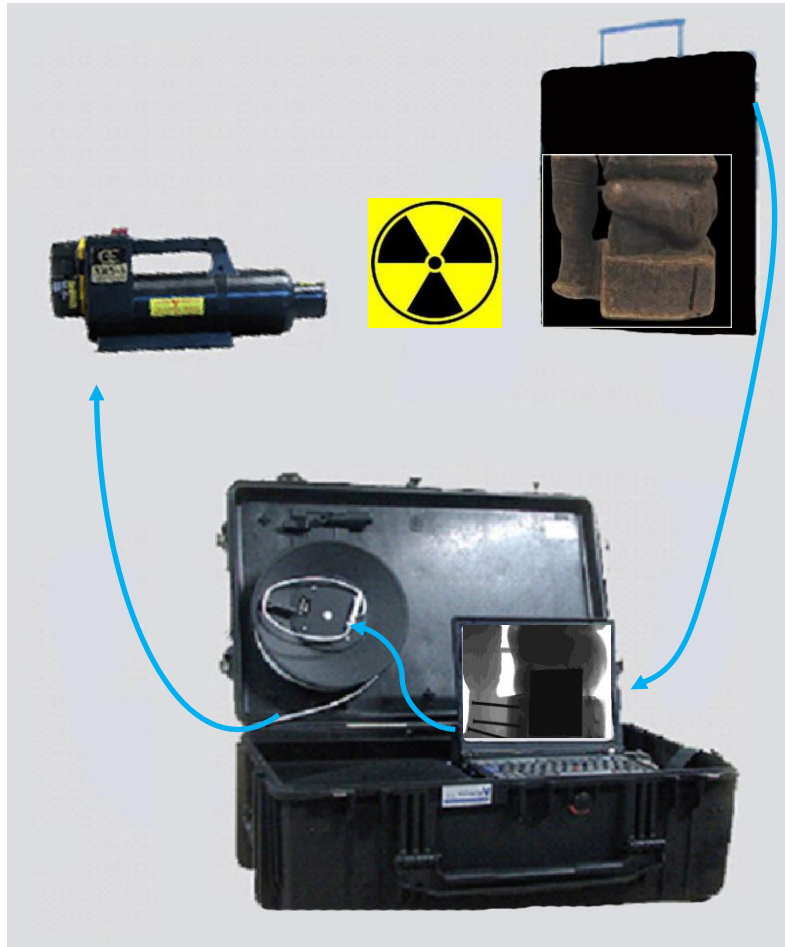
Il est également possible de procéder à des mesures de distance et d'épaisseur, qui peuvent contribuer à caractériser un artefact.

Toutes ces opérations de traitement des images numériques sont effectuées immédiatement après les prises de vue, avec rapidité et facilité, ce qui permet de circonscrire sur le vif, en cours d'intervention, des informations relatives à la structure de l'objet et à son état de conservation.

Cette exploitation directe des clichés est un atout majeur pour orienter le déroulement de l'intervention en fonction des éléments mis en évidence et garantir une couverture radiographique la plus efficace et complète possible.



**Générateur de rayons X à impulsions (270 Kv, 1 mA)**  
*tension et intensité du rayonnement fixes ; modulation sur le temps d'exposition.*



**Plaque numérique d'acquisition des radiographies**  
*placée au plus près de l'objet à analyser.*

**Système informatique de commande et d'enregistrement des radiographies :**  
*commande à distance du générateur de rayons X ; transfert immédiat des informations acquises par la plaque numérique et enregistrement des images sur support informatique.*

### Dispositif de radiographie X utilisé par Re.S.Artes et mise en situation d'intervention



*Radiographie d'une sculpture en bois. L'installation a été modulée pour permettre la visualisation d'une zone spécifique.*



*Radiographie d'un objet en plâtre de près de 2m de haut.*



## Nos conditions d'intervention

Les interventions sont menées par les deux membres de Re.S.Artes titulaires du Certificat d'Aptitude à Manipuler les Appareils de Radiographie et de Radioscopie Industrielles (CAMARI).

**La mobilité de notre dispositif de radiographie** permet de s'affranchir de déplacements des œuvres, souvent fragiles ou structurellement altérées.

Nous définissons sur place le positionnement le mieux approprié de l'appareillage par rapport à l'objet de manière à pouvoir accéder à tous les angles de tir nécessaires, en assurant le minimum de déplacement de l'œuvre.

Afin d'optimiser les résultats de nos interventions radiographiques, il est important que le mandataire ou la personne intéressée par les clichés soit présent lors de l'opération, dans les limites de sécurité que nous préciserons.

Ajoutée à notre propre expérience de radiographie des œuvres, cette collaboration étroite garantit l'obtention des résultats les plus pertinents vis-à-vis des problématiques posées en adaptant nos prises de vue en fonction des informations obtenues au fil de l'intervention.

De cette manière, la compréhension des éléments mis en évidence s'en trouve renforcée, tous les participants pouvant confronter leurs points de vue en mobilisant leurs connaissances et expériences complémentaires.

**Cette réactivité est rendue possible par les spécificités de notre dispositif radiographique** qui offre une grande rapidité de tir (quelques secondes) et l'acquisition instantanée des clichés en format numérique permettant un contrôle immédiat et systématique de la qualité des prises de vue.

## Réalisation des radiographies de l'œuvre, sur site

Afin de répondre de manière efficace et pertinente aux questions soulevées sur la structure et l'état de conservation de l'œuvre, nous procédons à **des radiographies de face, de profil et parfois de trois-quart, dans toutes les zones d'intérêt**. Il est en effet indispensable de faire varier les angles de tir afin d'obtenir la définition la plus juste des éléments mis en évidence.

En effet, les rayons X, d'énergie élevée, traversent l'objet et permettent d'obtenir une image de sa structure interne, de sa texture ainsi que de la répartition des matériaux qui le composent selon leur densité.

Ainsi, les différences de densité entre le matériau constitutif de l'œuvre, les éventuelles restaurations et des éléments métalliques permettent de visualiser sans difficulté leurs limites et leurs interpénétrations. Il devient en particulier possible de **localiser des lignes d'assemblage** et de définir de quelle manière est assurée leur jonction.

Par ailleurs, **l'état d'altération du matériau constitutif** de l'œuvre est également visible sur les clichés de RX, les zones altérées étant significativement moins denses que les parties saines. Nous pouvons, en particulier, mettre en évidence les éventuelles pénétrations de galeries creusées par des insectes xylophages dans les objets en bois ou évaluer le niveau de corrosion d'une sculpture en bronze.

Enfin, outre la **localisation des éléments métalliques**, l'observation de leur forme, de leur angle et profondeur de pénétration, la radiographie permet d'évaluer **leur état de conservation** par la mise en évidence de leur degré de corrosion et de déterminer l'impact de cette altération dans le matériau environnant (diffusion de la corrosion métallique autour des clous ou agrafes).

Précisons que l'image radiographique est **une projection en deux dimensions de l'ensemble des matériaux traversés** par les rayons X. Il pourrait donc être parfois délicat de déterminer très précisément à quel niveau de profondeur se trouve une hétérogénéité. L'observation approfondie des clichés, le niveau de netteté des éléments mis en évidence et la réalisation de tirs sous différents angles complémentaires permettront d'affiner les interprétations. Un retour constant à la vision des zones radiographiées en lumière naturelle (observation visuelle proche) participera également à la compréhension des images de RX.



## Rédaction et rendu du rapport d'intervention

Les rapports d'intervention remis par Re.S.Artes présentent l'ensemble de la documentation acquise lors de l'opération (photographies de situation et radiographies) et dressent un bilan radiologique complet et raisonné permettant de répondre aux problématiques posées.

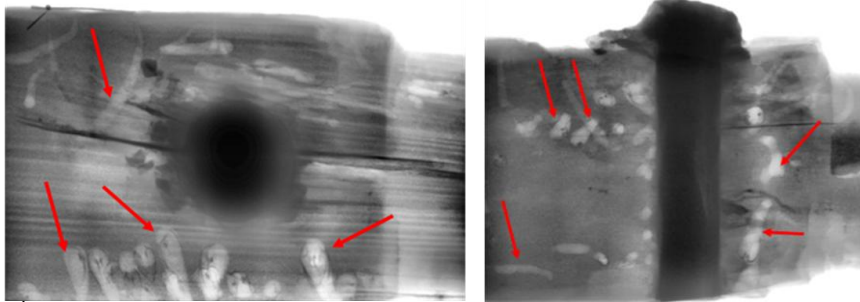
Ainsi, les clichés sont replacés dans le contexte de leur prise de vue, annotés et commentés de manière à en faciliter la lecture et à en proposer une interprétation la plus pertinente possible.

Puis une synthèse de l'ensemble des informations acquises est proposée afin d'établir un bilan détaillé sur la structure de l'objet et son état de conservation.

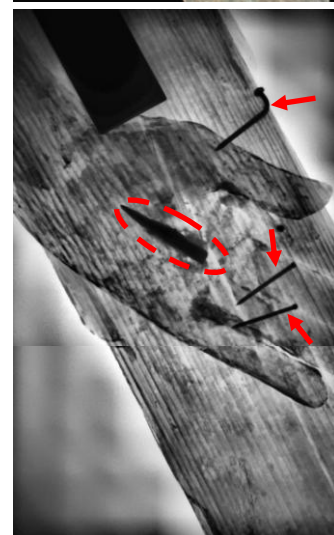
Les radiographies sont également fournies en format informatique.

### Quelques exemples de clichés obtenus et mode de présentation par Re.S.Artes

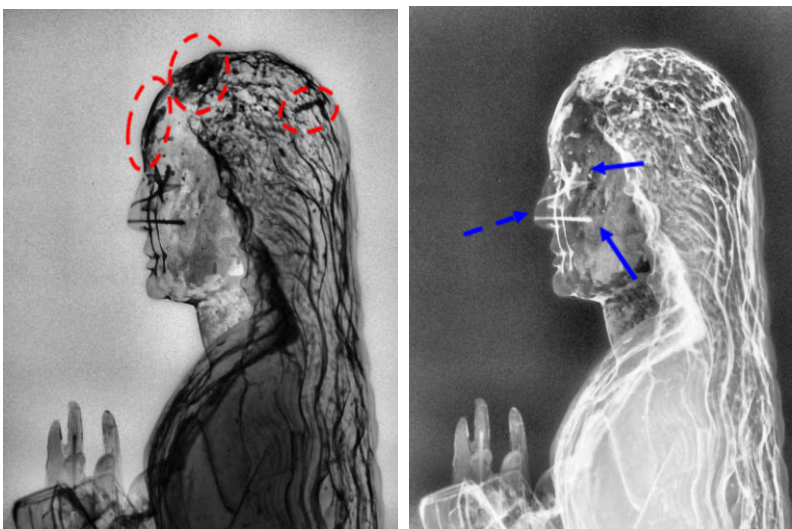
... sur bois ...



*Affût de canon en bois - fragment d'axe, épave de navire. Les flèches pointent vers les galeries laissées par des mollusques (tarets).*

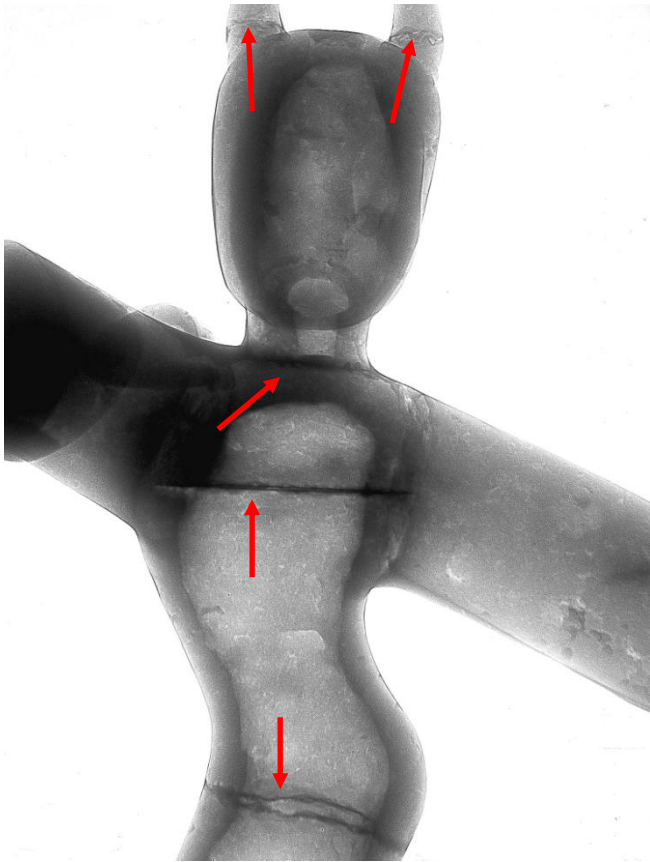


*Détail d'une sculpture en bois et mise en évidence de clous en radiographie (ovale pointillé et flèches rouges). Le lignage du bois est également bien lisible.*



*Radiographies d'une sculpture en bois polychromée, traitées en positif et en négatif. Mise en évidence de rebouchages (ovales pointillés rouges), d'une restitution au niveau du nez (flèche pointillée bleue) et de clous de maintien métalliques (flèches bleues pleines).*

... sur terre cuite ...

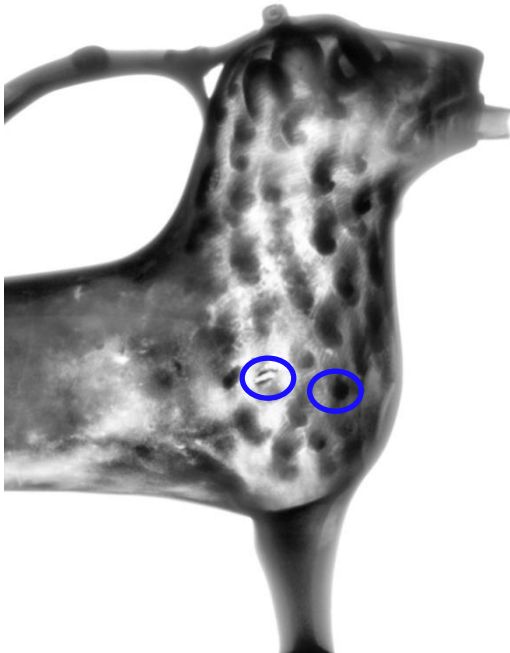


*Radiographie d'une dame de cour d'époque Han. Elle met en évidence des coupures nettes dans le corps, le cou et les cornes (flèches rouges).*



*Radiographie d'un chameau chinois d'époque Tang. Elle met en évidence des structures géométriques (flèches rouges) qui indiquent que l'objet a été composé d'éléments en terre cuite taillés puis assemblés. Il s'agit d'une forme de falsification.*

... sur métal ...



*Radiographie d'un aquamanile de la Renaissance. Le relief extérieur de l'objet est mis en évidence, de même que quelques éléments provenant de la technologie de fonte utilisée (ovales bleus). Il n'y a pas d'anomalies structurelles.*



*Radiographie d'un faune d'époque Renaissance. Outre le relief extérieur de l'objet on observe quelques éléments provenant de la technologie de fonte employée (ovales bleus) ainsi qu'un reliquat du noyau de coulée (flèche bleue). De petites zones de restauration sont également visibles (ovales pointillés rouges). Il n'y a pas d'anomalies dans la structure de l'objet.*

... sur tableau ...



*Vue de détail et radiographie d'une huile sur toile du XVI<sup>ème</sup> siècle. De nombreuses zones de restauration, de grande étendue, sont révélées (ovales bleus) ainsi que des motifs sous-jacents (ovale pointillé rouge).*



*Vue de détail et radiographie d'une huile sur toile du XVII<sup>ème</sup> siècle. Un portrait sous-jacent abouti apparaît, tête en bas, sous la scène visible en lumière naturelle (ovale pointillé bleu).*

