

Re.S.Artes

Le Regard de la Science sur les Arts et le patrimoine culturel

RADIOGRAPHIE X NUMÉRIQUE ET MOBILE APPLIQUÉE AUX OBJETS D'ART : UNE EXCLUSIVITÉ RE.S.ARTES

Pourquoi radiographier un objet d'Art ?

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 sur tout type d'objets (sculptures, tableaux, mobilier, ...). Elle permet de visualiser leur structure interne et de mettre en évidence leur état de conservation.

Les informations obtenues concernent aussi bien la recherche d'éléments liés à la technique de fabrication et l'identification de différentes phases d'élaboration successives que la détection de zones de restauration ou encore de montages frauduleux.

Précisons que, dans le cas de l'expertise, 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.

La singularité de Re.S.Artes : la radiographie X numérique *in situ* mise en œuvre par deux radiologues spécialisés dans l'analyse des objets d'Art



Nos moyens techniques exclusifs

Pour nos interventions radiographiques, nous disposons, en propre, d'un générateur de forte puissance et d'un système d'acquisition numérique et portable.

Notre appareillage permet d'obtenir des images de radiographie sur site, en temps réel, et sans devoir déplacer les objets.

Il s'agit d'un dispositif 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 de 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 radiologues spécialisés dans l'analyse des objets d'Art

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

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) et spécialisés dans l'analyse des objets d'Art depuis près de 10 ans.

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.

Ce que nous pouvons mettre en évidence

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 permettent d'affiner les interprétations. Un retour constant à la vision des zones radiographiées en lumière naturelle (observation visuelle proche) participe également à la compréhension des images de RX.

Les spécificités de notre 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.

Dans le cas d'une couverture radiographique complète, une reconstitution de l'ensemble de l'œuvre est réalisée numériquement à partir des différentes images obtenues.

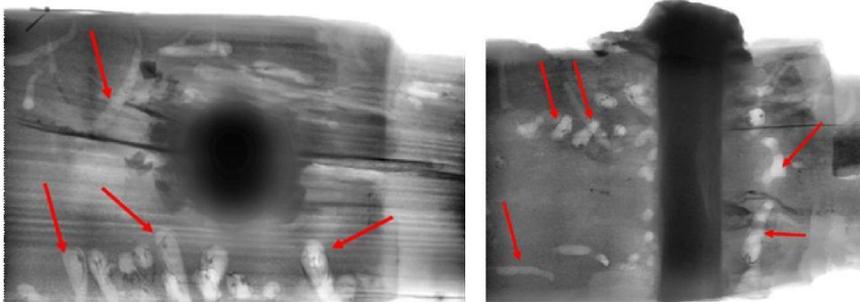
Puis une synthèse des informations acquises est proposée afin d'établir un bilan détaillé sur la structure de l'objet et son état de conservation.

Les radiographies sont également fournies en format informatique.

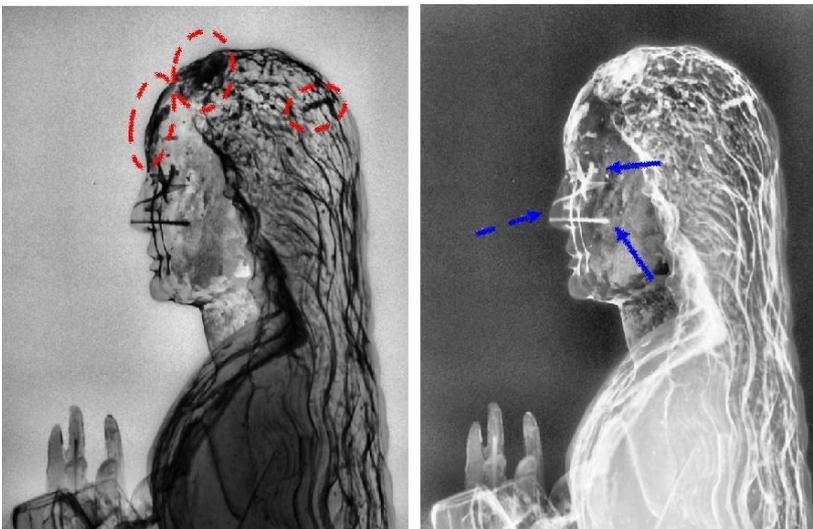


Quelques-unes de nos études de référence

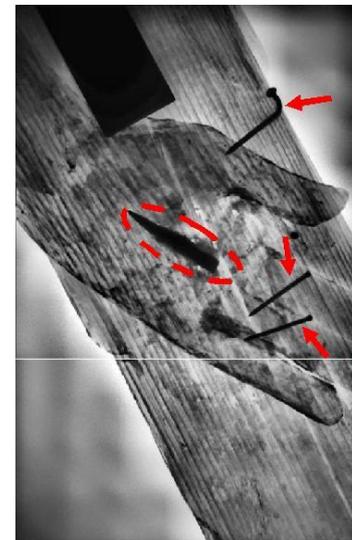
... sur bois ...



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



Radiographies d'une sculpture en bois polychromée, traitées en positif et en négatif (Arc Nucléart, Grenoble). 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).



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 (Arc Nucléart, Grenoble).

... sur bois ...



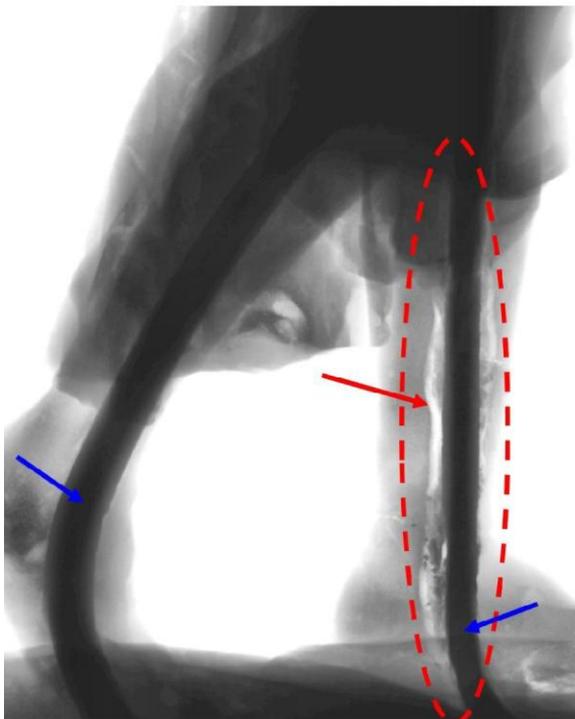
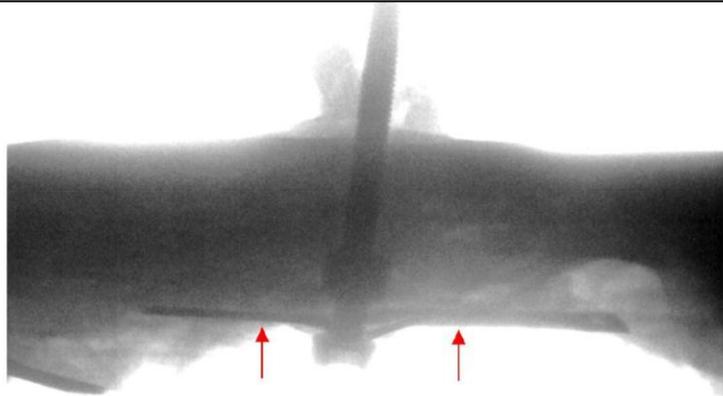
Reconstitution radiographique d'une sculpture en bois (84 clichés ont été associés). Les variations de niveaux de gris permettent de repérer en particulier les reliefs extérieurs de la sculpture (rehaussés de traits sombres correspondant aux superpositions de matière et à la présence de la polychromie) ainsi qu'un grand nombre de clous et quelques restaurations (Arc Nucléart, Grenoble).

sur plâtre ...

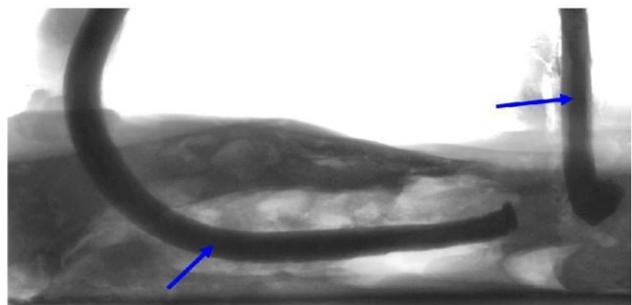


Radiographie d'une sculpture en plâtre (Musée Auguste Rodin, Paris). Mise en évidence d'une armature métallique verticale dans la jambe gauche composée de tiges filetées, non jointives, reliées entre elles par des manchons. Des fissures sont détectées à la base du mollet, le long de la tige et au niveau du genou (flèches). Cette dernière est consolidée par un tenon métallique (T).

La tige verticale filetée est fixée dans une plaque métallique, dans la terrasse (flèches).



Radiographie d'une sculpture en plâtre (Musée Auguste Rodin, Paris). Mise en évidence d'armatures métalliques, plus ou moins corrodées (ovale pointillé rouge), dans les jambes et solidement implantées dans le socle (flèches bleues). Un retrait important de plâtre est visible au contact de la tige maintenant la jambe gauche (flèche rouge).

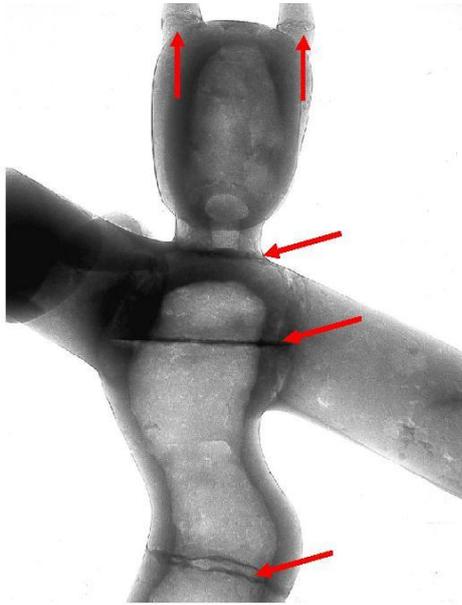


sur plâtre ...

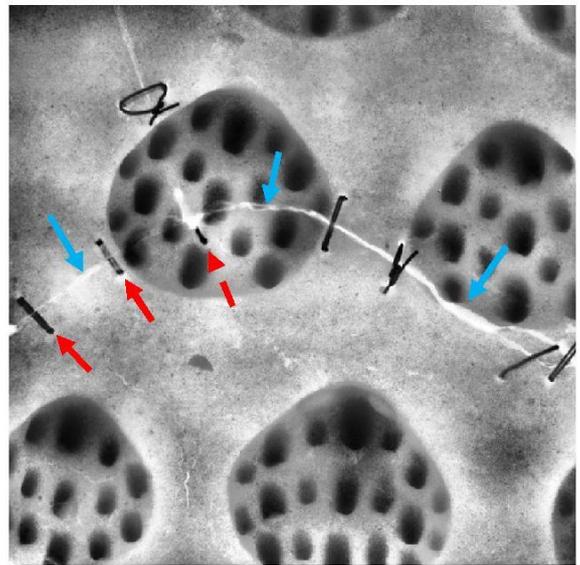


*Reconstitution radiographique d'une sculpture en plâtre (12 clichés ont été associés). Les variations de niveaux de gris permettent de repérer l'armature métallique sur laquelle est bâtie l'œuvre, les hétérogénéités du plâtre (manques ou retraits) ainsi que son état de conservation (fissures ou des cassures consolidées).
Musée Auguste Rodin, Paris.*

... sur terre cuite ...



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

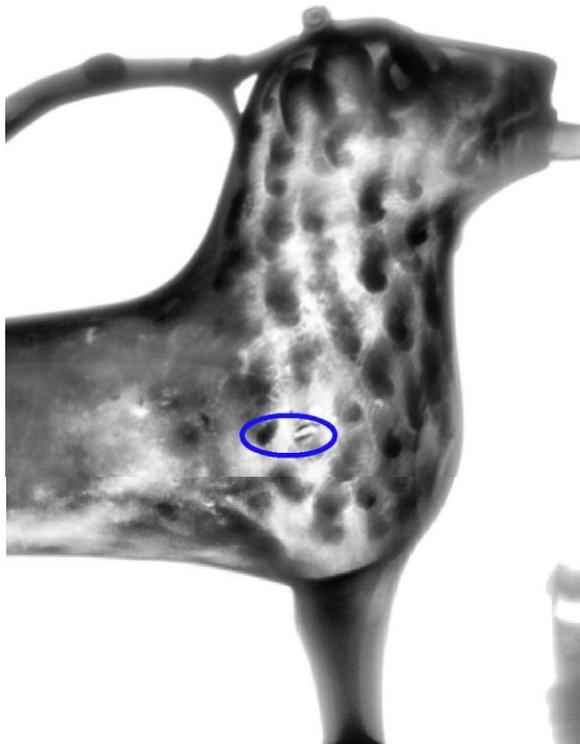


Détail d'une aryballe Inca en terre cuite polychrome (Musée du Quai Branly, Paris). Une cassure est mise en évidence (flèches bleues) : elle a été restaurée à l'aide d'agrafes métalliques simples et doubles. Certaines semblent fracturées (flèches rouges) ; une autre est très lacunaire (flèche pointillée rouge).

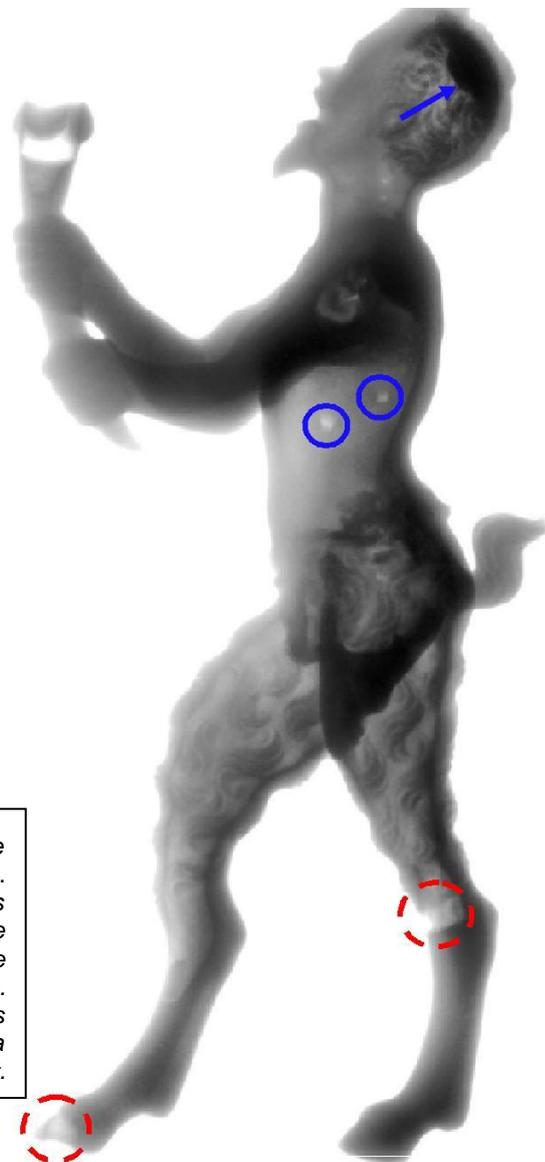


Radiographie d'un chameau chinois d'époque Tang en terre cuite (Coll. Particulière). Elle met en évidence des structures géométriques (délimitées par des lignes blanches) qui indiquent que l'objet a été composé d'éléments en terre cuite taillés puis assemblés. Il s'agit d'une forme de falsification.

... sur métal ...



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

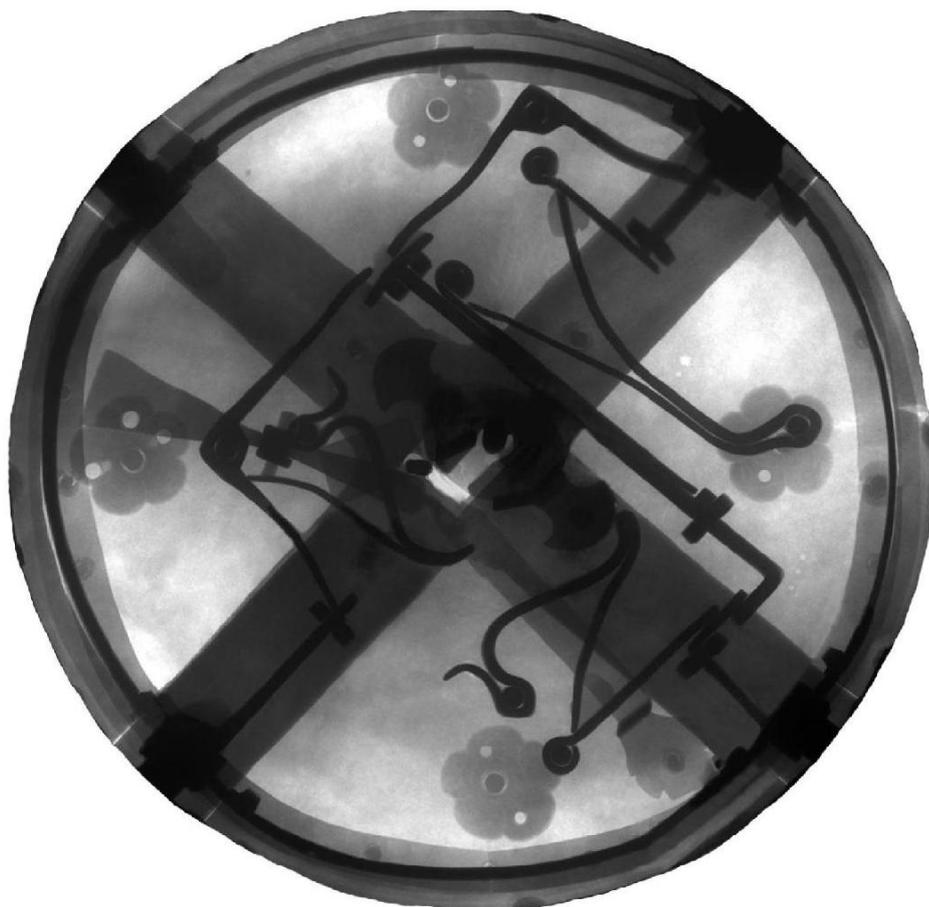


*Radiographie d'un faune d'époque Renaissance en bronze (Coll. Particulière).
Outre le relief extérieur de l'objet on observe quelques éléments provenant de la technologie de fonte employée (ovales bleus) ainsi qu'un reliquat du noyau de coulée (flèche bleue).
De petites zones de restauration sont également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

... sur métal ...



Radiographie d'un disque en bronze Dong Son (Vietnam, Coll. Particulière). L'étendue de la corrosion du métal est mise en évidence



Reconstitution radiographique du mécanisme d'ouverture d'un tonneau en fonte (Musée de la Ville de Strasbourg). Sept clichés composent cette restitution.

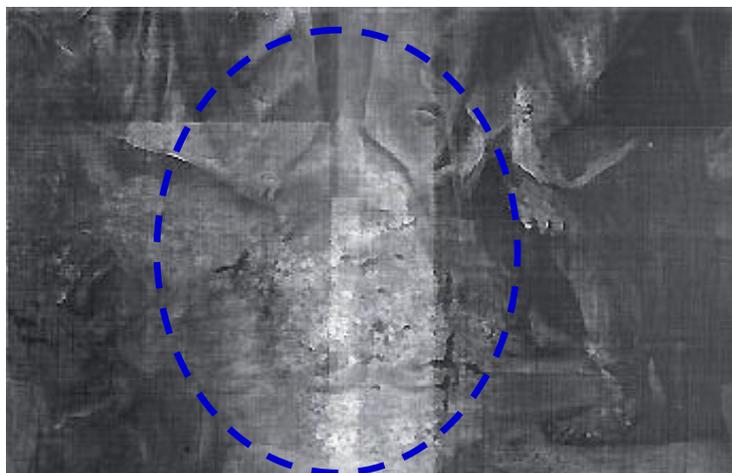
... sur tableau ...



*Vue de détail et radiographie d'une huile sur toile du XVI^{ème} siècle (Coll. Particulière).
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^{ème} siècle
(Coll. Particulière).
Un portrait sous-jacent abouti apparaît,
tête en bas, sous la scène visible en
lumière naturelle (ovale pointillé bleu).*



... sur tableau ...



*Reconstitution radiographique des parties latérales d'une huile sur toile du XVII^{ème} siècle
(Commune de Villeneuve-de-Berg -07-).
Chaque zone restituée contient 25 clichés.*

Des compositions sous-jacentes abouties sont mises en évidence sous les repeints du XIX^{ème} siècle.