

Christian Sapin, Sébastien Bully, Mélinda Bizri et Fabrice Henrion (dir.)

Archéologie du bâti. Aujourd'hui et demain

ARTEHIS Éditions

Observer et documenter les parements et revêtements muraux : photographie et enregistrement du visible et de l'invisible

Observing and documenting wall surfaces: photograph and record the visible and the invisible

Jean-Baptiste Javel et Emmie Beauvoit

DOI : 10.4000/books.artehis.27455

Éditeur : ARTEHIS Éditions

Lieu d'édition : Dijon

Année d'édition : 2022

Date de mise en ligne : 7 juin 2022

Collection : Monographies et Actes de colloques

EAN électronique : 9782958072650



<http://books.openedition.org>

Référence électronique

JAVEL, Jean-Baptiste ; BEAUVOIT, Emmie. *Observer et documenter les parements et revêtements muraux : photographie et enregistrement du visible et de l'invisible* In : *Archéologie du bâti. Aujourd'hui et demain* [en ligne]. Dijon : ARTEHIS Éditions, 2022 (généré le 07 novembre 2023). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/artehis/27455>>. ISBN : 9782958072650. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.artehis.27455>.

Ce document a été généré automatiquement le 7 novembre 2023.

Le texte seul est utilisable sous licence . Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

Observer et documenter les parements et revêtements muraux : photographie et enregistrement du visible et de l'invisible

Observing and documenting wall surfaces: photograph and record the visible and the invisible

Jean-Baptiste Javel et Emmie Beauvoit

Nous tenons à remercier Hugues Plisson pour avoir consacré du temps, nous avoir montré et appris les bases de la photographie et de la microphotographie, et pour tous les conseils pratiques et techniques. C'est réellement grâce à cette rencontre, que ce projet a pu débuter et qu'un intérêt croissant pour la photographie et ses possibilités s'est développé. Merci au syndicat d'initiative de Trizay, au personnel de l'abbaye de Trizay, Véronique Bergonzoni pour nous permettre de travailler dans de si bonnes conditions à chaque fois.

1. Introduction : photographie et image, l'image de la photographie en archéologie

- 1 L'image et la photographie des monuments est aujourd'hui abondante, en libre accès et omniprésente sur les réseaux sociaux. Les fonds anciens sont de plus en plus numérisés et accessibles en ligne⁴. Les initiatives collaboratives de collecte et de diffusion des images sont importantes et montrent l'intérêt que portent les personnes sur le patrimoine, sa sauvegarde et son accessibilité⁵. En témoigne le nombre croissant de restitutions 3D de monuments détruits, ou détériorés, réalisées à partir d'images en ligne⁶. Pour le chercheur qui s'intéresse aux édifices, l'appareil photo fait la plupart du temps partie du voyage. La facilité d'acquisition du numérique et son stockage dématérialisé permettent des couvertures systématiques des monuments, mais posent

néanmoins d'autres questions à court terme - stockage - mais surtout sur le long terme - compatibilité des formats de fichier.

La photographie, qui, chaque jour prend un rôle plus sérieux dans les études scientifiques, semble être venue à point pour aider à ce grand travail de restauration des anciens édifices, dont l'Europe entière se préoccupe aujourd'hui. [...] Elle présente cet avantage de dresser des procès-verbaux irrécusables et des documents que l'on peut sans cesse consulter [...] car bien souvent on découvre sur une épreuve ce que l'on n'avait pas aperçu sur le monument lui-même (E. Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, volume 8, 1866, p. 33).

- 2 Cette citation d'Eugène Viollet-le-Duc illustre parfaitement ce à quoi sont rattachées l'image et la photographie monumentale. Nous n'avons jamais eu autant d'images d'édifice et celles-ci sont souvent conçues uniquement comme une sauvegarde : témoignage de l'état de l'édifice, de l'information, ou encore d'une observation. Mais, cette citation montre également l'intérêt que peut avoir l'outil photographique et la prise d'image en termes de découverte archéologique et d'observation scientifique. Pourtant, aujourd'hui, la photographie reste souvent sous exploitée dans les possibilités d'acquisition d'imagerie qu'elle permet et est reléguée à une conservation de l'observation. En effet, si elle est bien souvent perçue comme une image et une sauvegarde, elle l'est rarement comme un outil, mis à part en ce qui concerne la photogrammétrie.

2. La photographie : une instrumentation portable polyvalente

- 3 Il est un constat simple aujourd'hui : l'appareil photo numérique est aujourd'hui quasi-exclusivement associé en archéologie à la photogrammétrie. En effet, la grande majorité des recherches méthodologiques concernant l'imagerie et la photographie, réalisées en archéologie, porte sur la photogrammétrie : de l'acquisition au traitement des données et à la création de modèles 3D⁷. Le nombre de publications, de journées d'études⁸, d'exemples d'application et de structures privées ou publiques consacrés à ce domaine parle de lui-même. La photogrammétrie devient une technique de relevé de plus en plus employée en routine par de nombreuses personnes, et la communauté possède maintenant un certain recul sur son utilisation, les possibilités qu'elle offre et les limites de la méthode⁹.
- 4 Cet article n'a pas pour but de traiter de la photogrammétrie, pour cela on peut se référer aux autres articles de ce colloque. Toutefois, nous ferons un rapide état des lieux, non exhaustif, des recherches et développements d'applications, de protocoles, d'appareillages et de solutions logicielles en photographie et imagerie portable menées en archéologie et plus globalement dans le domaine du patrimoine. L'objectif est de montrer comment avec peu de matériel, nous pouvons améliorer notre perception d'un édifice. Nous aborderons ici différentes possibilités d'observation et d'enregistrement apportées par la photographie sur un édifice à travers certains exemples d'applications faciles à mettre en œuvre et parfois méconnus. Sans être exhaustif, cet article propose une réflexion sur une pratique relativement nouvelle dans une approche globale d'archéologie du bâti.

- 5 En effet, l'appareil photographique numérique est le premier outil et la première technique d'observation basée sur des principes physiques que nous utilisons : la captation des rayonnements visibles et invisibles émis par des sources naturelles ou artificielles. De fait, c'est un outil puissant et sous-estimé : dans chaque boîtier réflex se cache une instrumentation portable polyvalente. Cette dernière demeure polyvalente à la fois par son échelle d'acquisition (photographies d'ensemble à la macro et microphotographie aux détails micrométriques) qu'à travers l'étendue des rayonnements qu'elle peut enregistrer. Outre le domaine du visible, un appareil photographique numérique permet l'obtention d'images sous infrarouge, sous ultraviolet ou encore de réaliser de l'imagerie multispectrale. Ces techniques ont largement fait leurs preuves dans le domaine de l'art et de la conservation-restauration¹⁰, mais elles sont pourtant peu utilisées dans le cadre des études du bâti et par ses acteurs, excepté pour le cas particulier des peintures murales¹¹. Les travaux menés sous la direction d'Hélène Dessales à Pompéi font figure d'exception puisqu'une grande partie des techniques présentées dans cet article sont employées pour l'étude des inscriptions et graffitis¹². Il est d'autant plus étonnant que ces techniques ne soient pas plus utilisées alors que nous sommes souvent confrontés à de nombreuses contraintes d'observation : mauvaise luminosité, dégradation, humidité, moisissure, mauvais état de conservation des parements, badigeons et enduits, etc. De plus, cela ne nécessite que peu d'équipements, des outils et du matériel portable facile à acquérir avec un coût relativement abordable et simple à utiliser, voire se limitant à un seul et unique appareil photo.

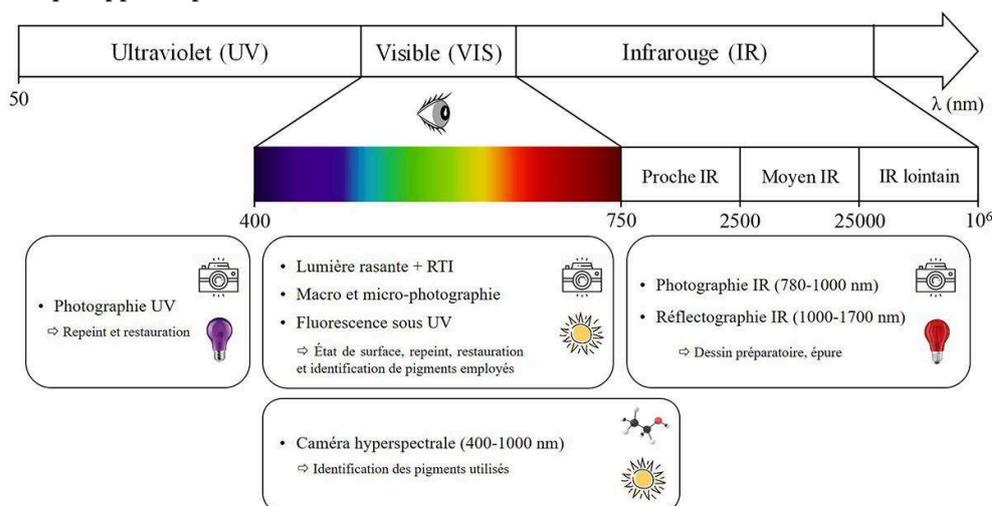


Fig. 1. Les différentes techniques employées en fonction des rayonnements optiques observés.

3. Photographier dans le visible

3.1. Lumière rasante et imagerie de transformation par réflectivité (*Reflectance Transformation Imaging*, RTI)

- 6 De manière empirique, l'observation des murs, parements ou surfaces des maçonneries et de leurs stigmates (traces d'outils, graffitis, marques lapidaires, tracés, inscriptions) débute par des jeux d'éclairage (angle et intensité) afin de tenter de révéler ces indices parfois difficiles à discerner (fig. 2). La photographie en lumière rasante est aujourd'hui

ce qui est le plus simple pour identifier, documenter et illustrer ces indices, parfois ténus, et ce dans la totalité du patrimoine, qu'il soit bâti ou matériel. Mais depuis quelques années, de cette pratique empirique a été développé un procédé technique reproductible et facile à mettre en place nommé *Reflectance Transformation Imaging* (RTI). Deux logiciels libres sont nécessaires : RTIbuilder et RTIviewer. Le premier sert à construire l'image et à acquérir les données et le second à les visualiser.

- 7 Le procédé a été notamment mis en place et employé par Jeanne Capelle dans l'étude de tracés et d'inscriptions observés sur des maçonneries antiques¹³, ou encore dans le cadre d'études de graffitis à Pompéi¹⁴. Cette technique d'observation et d'enregistrement a l'avantage de pouvoir documenter une zone donnée, afin de pouvoir y constater ou non la présence d'éléments et de tracés qui n'ont pas pu être identifiés sur le terrain. Cela se révèle particulièrement utile dans le cadre de l'enregistrement de zones comprenant de nombreux graffitis et inscriptions, voire des tracés de grande taille dont il est difficile d'avoir une vue d'ensemble sur le terrain, et ce d'autant plus lorsque l'on procède dans des conditions d'observations compliquées. À titre d'exemple, nous avons employé cette technique pour enregistrer certains tracés préparatoires de mise en œuvre observés sur les faces supérieures des tailloirs de l'église Saint-Eutrope de Saintes. Au-delà d'une application adaptée au bâti, à l'observation et à l'enregistrement de stigmates ténus, parfois dégradés, en partie visibles sur les parements, la RTI est employée dans de nombreux domaines. Elle est notamment mise en œuvre pour l'observation du mobilier archéologique et d'œuvres d'art avec des dispositifs développés pour l'étude des monnaies et des céramiques par exemple¹⁵.



Fig. 2. Photographie d'une peinture murale dans l'ancien dortoir du prieuré de Trizay : à gauche, une vue avec un éclairage frontal halogène et à droite, la même scène en lumière rasante.

3.2. Macro et Microphotographie

- 8 Dans certains cas, il n'est pas possible de réaliser des prélèvements de matériaux de construction, d'enduits et de peintures murales : soit par manque de moyens, soit par la nécessité de ne pas endommager l'objet d'étude. Il est cependant possible de réaliser, *in situ*, des acquisitions d'images à l'échelle 1:1 et à l'échelle microscopique, à partir d'un appareil photo numérique.
- 9 C'est un moyen efficace d'enregistrer l'information et d'avoir une image des matériaux et des liants architecturaux, allant d'une vue générale à quelques centaines de microns (fig. 3 et 4). Nous pouvons employer ces images acquises à différentes échelles d'observation pour l'étude de traces d'outils, de graffitis, de peintures murales ou

d'autres éléments et les coupler grâce à des traitements logiciels 3D, réflectance, montage etc.

- 10 Pour l'obtention des clichés microphotographiques, un appareil Canon EOS 750D est employé avec un objectif reflex Tamron SP 70-300 mm f/4-5,6 Di VC USD (mais un simple tube peut suffire). Le tout est surmonté, à l'aide d'une bague adaptatrice M42/RMS, d'objectifs de microscope semi-apochromatique. Ces outils ont déjà été mis en place dans le cadre d'études tracéologiques réalisées par Hugues Plisson¹⁶, ou dans des grottes ornées, là où les prélèvements sont limités voire impossibles. Cet équipement est facile à mettre en place et permet de remplacer un microscope de paillasse avec l'avantage d'être mobile. La principale contrainte réside donc dans la nécessité d'avoir un pied photo stable, un rail mobile de bonne qualité et si possible un déclencheur extérieur physique ou via wifi afin de limiter les vibrations pouvant dégrader l'acquisition d'image.
- 11 La photographie nécessite un apprentissage et des expérimentations afin d'apprendre à l'utiliser, comme toute autre technique d'analyse. Aujourd'hui, de nouveaux équipements, clé en main et faciles d'utilisation, sont vendus aux laboratoires pour des sommes importantes et la plupart du temps pour des résultats de moins bonne qualité qu'avec un simple appareil photo numérique.

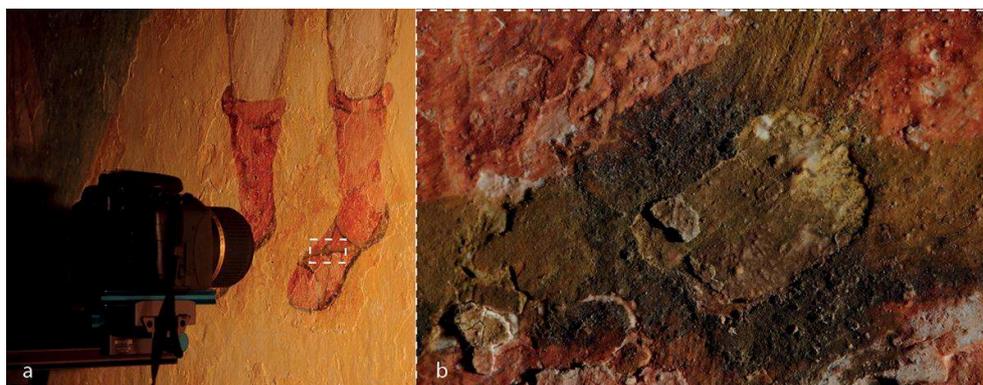


Fig. 3. Macrophotographie (échelle 1:1, pour une image de 22,3 x 14,9 mm) réalisée avec un objectif Tamron 60 mm F2.0 Di II Macro 1:1.

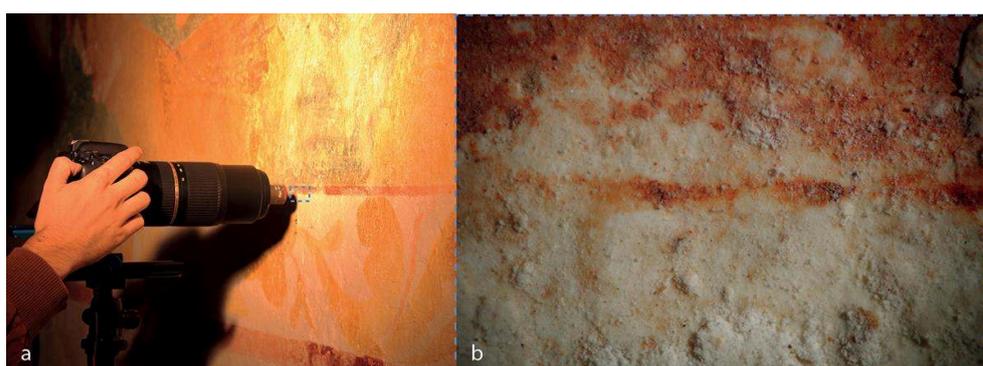


Fig. 4. Microphotographie réalisée avec un objectif de 300 mm, auquel on ajoute, grâce à des bagues adaptatrices, un objectif de microscope. Dans ce cas-là, un objectif Nikon x5 apochromatique a été utilisé. L'image obtenue fait 5 mm de large. On aperçoit sur l'image les détails d'un tracé préparatoire à la sanguine d'une frise peinte.

3.3. Fluorescence UV

- 12 Le principe repose sur l'exposition à une lumière UV d'une surface qui va réémettre ou non de la lumière : c'est la fluorescence. Cette méthode d'observation est largement employée dans le cadre de la conservation - restauration des œuvres artistiques afin d'y déceler les repeints¹⁷ ou la présence de certains pigments¹⁸ etc. Concrètement, pour réaliser ces observations, il est nécessaire de posséder, en plus d'un appareil photo, une source de rayonnement UV (un spot ou une lampe) et d'avoir des lunettes de protection anti-UV. Pour prendre des clichés, il est également conseillé de les réaliser dans un espace suffisamment sombre ou lorsqu'il fait nuit par exemple. Dans le cas des applications de la méthode aux peintures murales, il est à noter que nous pouvons ainsi distinguer certains pigments et liants employés émettant une fluorescence différente. C'est également un moyen efficace d'observer rapidement les restaurations et les reprises des enduits comme l'illustre la figure 5. Il est possible d'aller au-delà et d'observer l'ensemble des parements sous UV, on y remarque alors également les différentes pierres utilisées et les éventuelles restaurations comme celles des chapiteaux de l'église basse de Saint-Eutrope (Saintes, 17) (fig. 6). Les joints et types de liants utilisés sont aussi discernables ; en cela cette méthodologie constitue donc un moyen supplémentaire pour réaliser des études préliminaires de mortiers et d'enduits avant d'envisager d'éventuels prélèvements. De ce premier travail comparatif et d'observation, il sera nécessaire d'approfondir les éléments dont la fluorescence est singulière. Cette technique peut également être intéressante pour l'examen, le diagnostic du bâti et de l'état de conservation des matériaux. Cela peut s'intégrer parfaitement dans une étude globale, en tant qu'outil d'observation aidant à la fois les archéologues, les architectes et les conservateurs - restaurateurs du patrimoine.

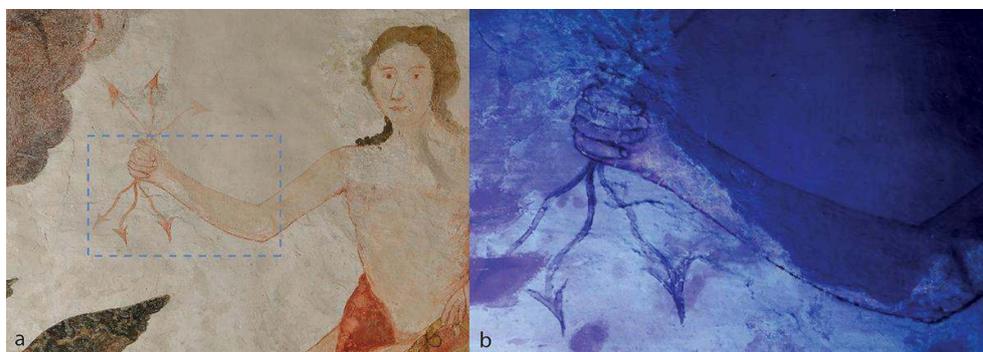


Fig. 5. Peintures murales, dortoir du prieuré Saint-Jean-l'Évangéliste de Trizay. Photographie avec un éclairage frontal halogène, Jupiter sur un char tiré par un aigle (a). Détails du bras observé sous lampe UV. La fluorescence permet de mettre en évidence les reprises et restaurations, ici en violet (b). Une lampe UV est utilisée avec un appareil photo Canon 750D sur pied pour prendre les photos.



Fig. 6. Photographies avec un éclairage frontal halogène (a et c), et sous UV (b et d). On aperçoit les différents états de la pierre. Les restaurations les plus récentes sont en violet foncé, comme l'angle du tailloir (b) et les deux volutes des chapiteaux. La fluorescence rouge observée sur le chapiteau (d) correspond aux mousses vertes visibles sur la surface des pierres.

4. Photographier dans l'invisible (dans l'IR et UV)

- 13 Les appareils photo numériques actuels ont des capteurs capables d'enregistrer et de capturer les rayonnements UV et infrarouge entre 300 et 1000 nm. Cependant, pour que ceux-ci soient utilisables et permettent de bons résultats dans le visible, des filtres sont employés dans le but de réduire les rayonnements UV et IR. Afin de pouvoir utiliser l'ensemble du spectre il faut donc transformer l'appareil en le défiltrant. Plusieurs sociétés et ateliers en France et à l'international proposent ce service. Dans le cadre de cet article, nous avons utilisé un Nikon 3100d défiltré complètement. Muni d'un objectif Nikon 18-55 MM AF-S Nikkor 1:3.5-5.6G DX VR, nous avons utilisé des filtres laissant passer seulement les rayonnements IR Neewer à 750, 850 et 950 nm, ainsi qu'un filtre UV.

4.1. Photographie UV

- 14 C'est la technique qui demande le plus d'équipement. Travailler avec les ultra-violettes nécessite des projecteurs et des lampes UV. De plus, il est important de prendre quelques précautions, le rayonnement UV implique le port de lunettes de protection adaptées. Au-delà de la caméra défiltrée, il faut au moins deux filtres : un filtre bloquant le visible et laissant passer les UV et IR, puis un filtre bloquant les infrarouges.
- 15 Les travaux d'Antonio Consentino montrent l'intérêt de l'observation UV, notamment pour les repeints¹⁹. Cette application pourrait très bien être employée pour l'examen

des peintures murales, encore plus dans le cadre d'ensembles fortement transformés, et restaurés. Étant donné que l'UV permet une observation accentuée des états de surface, une des applications possibles serait justement de prendre des clichés des parements et zones avec des traces et tracés sur le parement, en pierre ou enduit, afin de mettre en exergue la topographie de surface. Dans le domaine de l'art, c'est justement souvent employé pour comprendre et appréhender les vernis et leur état²⁰, et ainsi voir le réseau de craquelure par exemple.

4.2. Photographie Infrarouge (IR)

- 16 Avec un appareil photo modifié, il est possible de réaliser des acquisitions théoriques dans l'infrarouge entre 700 et 1200 nm. D'un point de vue de l'équipement, il est conseillé d'avoir une source de rayonnement IR (un simple projecteur halogène de chantier suffi) ainsi qu'un trépied, les temps d'exposition rendent rarement possible la prise de vue à main levée. S'il n'est pas possible d'avoir accès à une source artificielle de lumière, alors la lumière naturelle pourra suffire (même s'il faudra rallonger le temps d'exposition pour prendre la photographie). La photographie sous IR est peu contraignante et apporte des informations instantanément en examinant les zones désirées avec un appareil photo disposant d'un mode « live view ».
- 17 Cela est en particulier intéressant dans le cadre d'étude de peintures murales, et d'inscriptions particulièrement altérées ou légèrement recouvertes les rendant difficilement perceptibles à l'œil nu (fig. 7). Cela permet ainsi de faire fi des conditions particulières de conservation, de dégradation et d'altération des parements. C'est parfaitement adapté pour visualiser des ensembles de peintures murales très altérées. En effet, les tracés et les contours des figures apparaissent alors plus nettement. L'acquisition en infrarouge permet également de mettre en exergue les tracés réalisés au carbone et graphite, cela s'avère un outil intéressant pour l'étude et l'enregistrement des épures d'architecture.

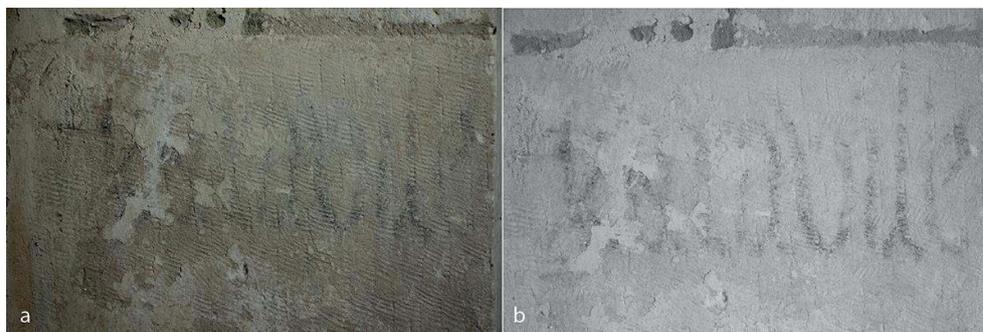


Fig. 7. Image d'une inscription peinte, observée dans le visible à gauche (a) et dans l'IR à droite (b). L'image est ici transformée en noir et blanc, en supprimant la couleur rouge de l'image. L'observation sous IR permet ici d'accroître les contrastes et de rendre visibles des inscriptions peu lisibles.

- 18 Encore une fois, d'un point de vue général, la technique est largement employée dans le cadre de la conservation – restauration, notamment dans l'étude des peintures et tableaux pour l'identification des tracés préparatoires et la détermination de certains pigments²¹. Somme toute, l'observation infrarouge peut être élargie à l'ensemble du matériel archéologique et muséal auquel nous pouvons être confronté (fig. 8).



Fig. 8. Céramique observée dans le visible (a), et sous IR (b). On aperçoit que selon les agents chromogènes employés dans les glaçures, certaines couleurs sont transparentes ou non dans l'IR, c'est un bon moyen de déterminer rapidement la nature des pigments employés. Par exemple, sur ce vase on distingue deux bleus différents : un pour le papillon qui apparaît en foncé sur l'image IR et un pour les fleurs, qui apparaît transparent sous IR.

- 19 Enfin, pour aller plus loin, il est possible de réaliser de la réflectographie infrarouge (de 1000 à 2500 nm²²), mais cela nécessite un équipement spécifique, une caméra, qui constitue un coût plus important, à l'inverse d'un appareil photo numérique modifié qui constitue un équipement peu cher et plus facile à acquérir.

5. Pour une identification *in situ* des pigments

- 20 Pour l'étude des peintures murales et l'identification des pigments employés, l'une des techniques analytiques développée depuis quelques années est l'imagerie hyperspectrale. Ce type de méthode permet une première approche des matériaux de manière totalement non invasive, sans prélèvement ni contact avec l'œuvre. Le système d'imagerie hyperspectrale est composé d'une source lumineuse et d'une caméra comprenant un spectrographe permettant la décomposition de la lumière en ses différentes composantes. L'un des appareils portables utilisés lors de cette étude est une caméra hyperspectrale dans le Visible et Proche Infrarouge (HSI VNIR : *Visible near infrared*) (fig. 1). La caméra IQ, commercialisée et développée par la société SPECIM (Finlande) a été acquise en 2019 par l'IRAMAT-CRP2A (Université Bordeaux Montaigne, UMR 5060 CNRS)²³. Cet équipement a l'avantage d'être très léger (1,3 kg), de la taille d'un appareil photo reflex, ce qui le rend facilement utilisable sur le terrain (fig. 9). Un autre avantage de cette technique est qu'elle combine à la fois l'imagerie et la spectroscopie. Ce système analytique comprend une source lumineuse, une caméra hyperspectrale et un spectrographe (dont le rôle est de séparer la lumière en ses différentes composantes – elles-mêmes associées à différentes longueurs d'onde). L'imagerie hyperspectrale consiste à acquérir des informations spatiales et spectrales sur un objet : à chaque pixel de l'image, un spectre de réflectance de la lumière est mesuré de manière continue avec une résolution de 7 nm (dans la gamme spectrale large de 400 à 1000 nm). La caméra capture une image 2D, dont la résolution est de 512 × 512 pixels (taille de pixel : 17,58 × 17,58 μm). En ce qui concerne la source lumineuse utilisée, il s'agit d'un éclairage halogène qui couvre la totalité de la plage spectrale concernée. La distance de travail minimale est de 15 cm. Le cube de données

acquis durant les analyses est traité grâce au logiciel ENVI 5.2 (Harris Geospatial). Il est possible de sélectionner les images à des longueurs d'ondes spécifiques et de les combiner afin de former une image composite RVB en les plaçant dans trois canaux de couleur rouge (R=670 nm), vert (V=550 nm) et bleu (B=448 nm). De la même façon, on peut également créer des images composites infrarouge en fausses couleurs (IRFC) en décalant les trois longueurs d'onde utilisées pour générer l'image (R→900 nm ; V→650 nm ; B→550 nm)²⁴. Parallèlement, aux images générées, l'identification de la signature spectrale (ou spectre de réflectance) de chaque zone colorée permet, par comparaison à une base de données d'échantillons connus, d'identifier les pigments qui ont été employés²⁵.

- 21 Les données obtenues peuvent permettre de mettre en évidence les zones restaurées des zones picturales originales sans même avoir recours à des prélèvements ou des méthodes analytiques plus lourdes. Pour exemple, l'étude d'un des panneaux du dortoir de Trizay présente des restaurations qui sont mieux visibles sur l'image en IRFC du panneau. En effet, on observe sur l'image IRFC deux teintes différentes pour la zone verte de l'image RVB (fig. 10). D'après les observations macroscopiques, la zone rose correspond à la restauration hachurée de la zone verte alors que la zone bleue coïncide avec le pigment original.

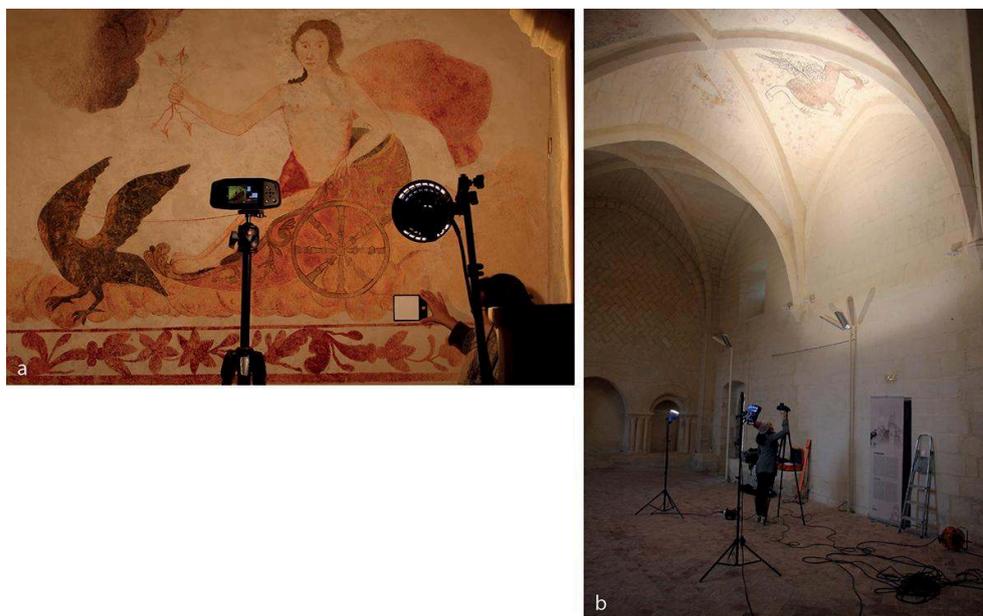


Fig. 9. Dispositif de l'analyse *in situ* de peintures murales situées (a) sur un mur et (b) sur une voûte.

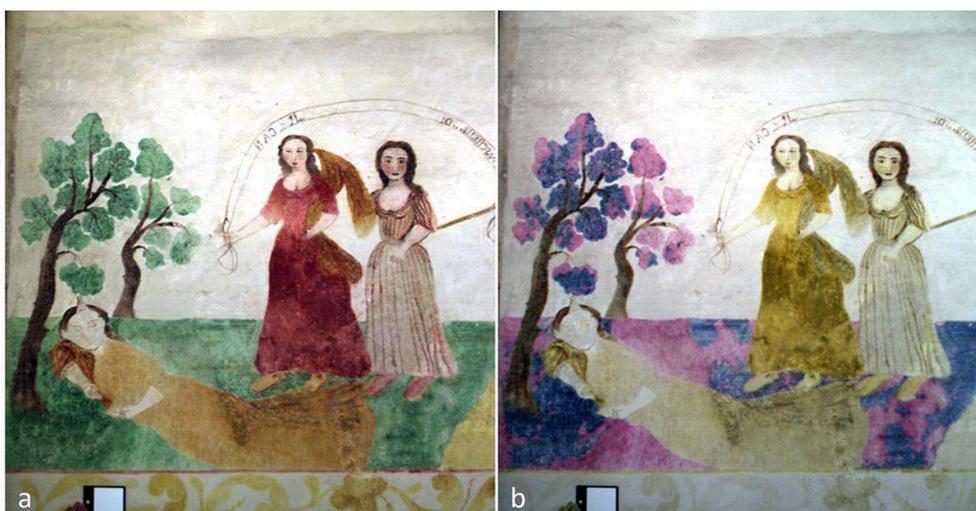


Fig. 10. Détail d'une des peintures murales du prieuré Saint-Jean-l'Évangéliste à Trizay (Charente-Maritime). Image RVB (a) et image infrarouge (en fausses couleurs (b)) (IRFC). Les restaurations de la peinture originelle du vert se voient nettement après le traitement de l'image en IRFC.

- 22 Outre l'interprétation de l'imagerie qui peut apporter de nombreuses informations, l'interprétation des spectres de réflectance dans la gamme spectrale du visible permet l'identification d'un certain nombre de pigments. La figure 11a présente un exemple tiré de l'étude des peintures murales du prieuré Saint-Jean-l'Évangéliste à Trizay (Charente-Maritime). Les spectres de réflectance présentés figure 11b permettent, par comparaison avec une base de données, l'identification des pigments employés pour le vert (vert au cuivre), pour le jaune et le rouge (des ocres)²⁶.

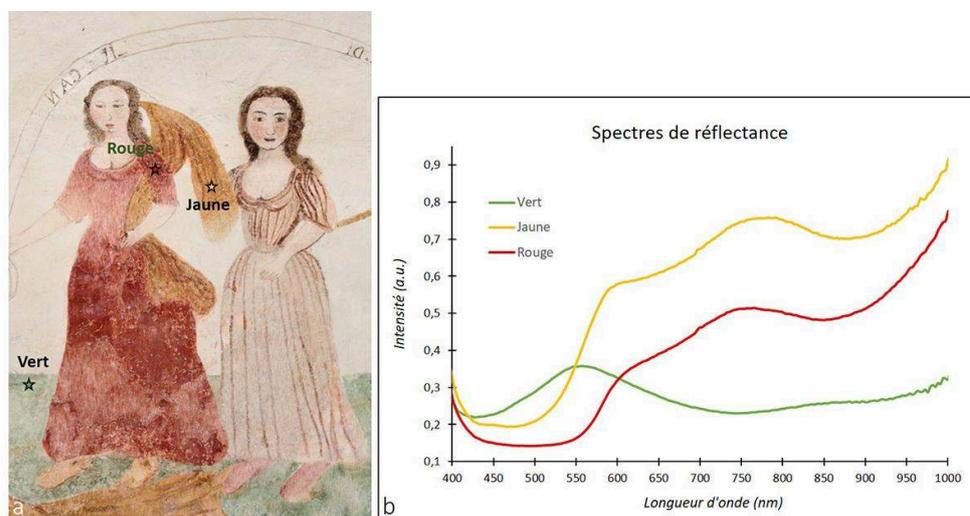


Fig. 11a et b. Détail d'un panneau mural au prieuré Saint-Jean-l'Évangéliste à Trizay (a) et spectres de réflectance acquis sur différentes zones colorées du panneau mural (b).

- 23 Il existe un moyen moins cher, ne nécessitant pas de nouvel équipement pour réaliser ce type analyse : l'imagerie multispectrale²⁷. L'équipement multispectral permet l'acquisition non pas du spectre en continu comme l'hyperspectral, mais de bandes discrètes du spectre (par l'ajout de filtres sur l'appareil photo). Outre l'avantage d'être plus abordable, un autre avantage non négligeable de cette technique est la meilleure résolution des images obtenues.

6. Conclusion et perspectives

- 24 L'objectif de cet article est de présenter des solutions simples et polyvalentes d'acquisition d'images pouvant s'appliquer à l'étude monumentale et à ses conditions parfois difficiles. Sans que les techniques d'observation traitées soient une solution à toutes nos réponses, cela permet néanmoins d'explorer le monument dans l'entièreté de ce qu'il a à nous dévoiler, que cela soit visible ou invisible à notre œil. Le fait de n'employer qu'un appareil photographique numérique, pour réaliser des observations à diverses échelles et à travers différentes longueurs d'ondes, peut permettre l'autonomie des chercheurs, qu'ils soient étudiants, universitaires, en collectivité territoriale, dans le privé ou amateurs. Les exemples présentés précédemment ne sont pas exhaustifs et ne sont que des possibilités parmi d'autres, l'objectif étant de présenter le matériel utilisé, les conditions et modalités d'application afin de susciter un intérêt au sein de la communauté. Cela peut également être une première approche pour des équipes et institutions de s'équiper, avant d'aller vers des équipements et techniques d'analyse plus importants tel que les caméras thermiques²⁸ et hyperspectrales, la réflectographie IR, etc.
-

NOTES

1. Réseau national CAI-RN (Compétences Archéométriques Interdisciplinaires - Réseau National) dont les objectifs sont, entre autres, de structurer la communauté française en pérennisant les compétences clef en archéométrie, en soutenant divers formations et tutorats, en initiant des projets et actions interdisciplinaires et en mutualisant les moyens techniques et scientifiques.

2. BENECH C., CANTIN N., LANGUILLE M.-A., MAZUY A. ET ROBINET L. dir., *Instrumentation portable. Quels enjeux pour l'archéométrie ?*, Editions des archives contemporaines, Paris, France, 2019 (« Sciences archéologiques »).

3. PLISSON H., « 3D en kit : des solutions pour la tracéologie et au-delà », in GILIGNY F., COSTA L., DJINDJIAN F., CIEZAR P. ET DESACHY B. dir., *Actes des 3e Journées d'Informatique et Archéologie de Paris, Archeologia e calcolatori*, 2014, p. 104-119.

4. Sans être exhaustif, nous pouvons citer : la base romane du CESCO, Bildindex, Gallica, INHA, etc. Encore récemment, le Centre des Monuments Nationaux (CMN) a mis en ligne 16 000 photographies. Le CRP2A dispose d'importantes archives photographiques, dans le cadre du centre Léo Drouyn, numérisées et accessibles à l'adresse suivante : <http://1886.u-bordeaux-montaigne.fr/collections/show/13>.

5. Une initiative parmi d'autres : le mois du patrimoine (novembre) sur Wikimedia Commons qui par l'intermédiaire d'un concours international incite les utilisateurs à charger de nouvelles photographies de sites classés au titre des Monuments Historiques en France.

6. Des sites tels que Palmyre ou bien le Krak des Chevaliers en Syrie font l'objet de ce type de travaux afin de pouvoir reconstituer les sites avant destruction. Iconem et Archeovision sont des structures proposant ces études et réalisations spécifiques, mais il en existe aujourd'hui un grand nombre.

7. BOUVART P., CHAUVEAU C., DELLONG E. et PIAT J.-L., « L'archéologue, l'imagerie 3D et le SIG : pour un renouvellement méthodologique », in COLLIOU C. et MORELLE N. dir., *Méthodes de relevés numériques en archéologie et en architecture : applications*, Bulletin Hors-série du CRAHN – SNEPH, 1 (2018). MAUMONT M., « L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie », *In Situ. Revue des patrimoines*, 13, 2010, URL : <https://doi.org/10.4000/insitu.6413>. BOTO-VARELA G., HARTMANN-VIRNICH A., NUSSBAUM N., REVEYRON N. et TALLON A., « Archéologie du bâti : du mètre au laser », *Perspective*, 2, 2012, p. 329-346.

8. À titre d'exemple, nous pouvons citer le colloque organisé par Archéovision « Virtual retrospect », ou encore le séminaire scientifique et technique « Archéologie : Imagerie numérique et 3D » organisé par l'Inrap et l'Inria/IRISA les 26-27 juin 2018 à Rennes.

9. VERGNIEUX R. et GILIGNY F., « Pour un usage raisonné de la 3D en archéologie », *Les nouvelles de l'archéologie*, 146, 2016, URL : <https://doi.org/10.4000/nda.3818>. F. DJINDJIAN, « Archéologie, de l'analogique au numérique : évolution technique ou révolution méthodologique ? », *Les nouvelles de l'archéologie*, 146, 2016, p. 6-11, URL : <https://journals.openedition.org/nda/3820>.

10. Le Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF) travaille sur ces outils, et le site du laboratoire offre une présentation succincte des différentes méthodes employées : <https://c2rmf.fr/analyser/un-laboratoire-de-haute-technologie/imagerie>. BECK L., « Lumière et art, ou comment (perce)voir l'invisible », *Reflets de la physique*, 47-48, 2016, p. 100-105.

11. DANIEL F. et MOUNIER A., « Mobile hyperspectral imaging for the non-invasive study of a mural painting in the Belves Castle (France, 15th c.) », *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 1, 2015, p. 81-88.

12. DESSALES H., PONCE J., BOUST C., CHAPELIN G., CARRIVE M., CAVERO J., COUTELAS A., DEIANA R., DI LUDOVICO M., DE MARTINO G., DUBOULOZ J., LETELLIER-TAILLEFER E., MAIGRET A., MANFREDI G., MARCHAND-BEAULIEU F., MILANESE A., MODENA C., MONIER F., D'HARCOURT-PÉRON A., PIMPAUD A.-B., PROTA A., RIZZO E., ROSSI A., SANTORIELLO A., TRICOCHÉ A. et VALLUZZI M. R., « Pompéi. Villa de Diomède », in *Chronique des activités archéologiques de l'École française de Rome, Les cités vésuviennes*, 2016.

13. CAPELLE J., « Reflectance Transformation Imaging (RTI) et épigraphie », in *Recherche en architecture, archéologie et numérique*, 2017, <https://raan.hypotheses.org/1326>.

14. DESSALES H. et al., *op. cit.*

15. Il est intéressant de signaler le développement d'une solution open source mise au point, notamment par Mickaël Bouhier et Jean-Charles Méaudre, de l'IRAMAT-LMC, pour permettre l'acquisition rapide de petits objets. Le projet se nomme Zenith - OpenRTI et même si cela sort légèrement du cadre strict d'une application au bâti, ce système libre de reproduction (facile à mettre en place) pourra intéresser une partie des lecteurs, très souvent confrontés au traitement et à l'inventaire de mobiliers archéologiques.

16. PLISSON H., *op. cit.* PLISSON H., « Digital photography in use-wear studies, from 2D to 3D », in VERGNIEUX R. et DELEVOIE C. dir., Ausonius éd., *Virtual Retrospect 2013*, Pessac, 2015,

- p. 36-47. PLISSON H. et ZOTKINA L.V., « From 2D to 3D at macro- and microscopic scale in rock art studies », *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2, 2015, p. 102-119. PLISSON H., « Digital photography and traceology, from 2D to 3D », in LOZOVSKAYA O.V., LOZOVSKI V.M. et GIRYA E. Y. dir., *Traces in the history. Dedicated to 75 anniversary of Viacheslav E. Shchelinsky. / Saint Petersburg : IIMKRAN*, 2015, p. 272.
17. BECK L., « Lumière et art, ou comment (perce)voir l'invisible », *Reflets de la physique*, 47-48, 2016, p. 100-105.
18. BOUST C., « DATABASE: Pigments under UV and IR radiations », in *Images scientifiques pour le patrimoine*, 2017, URL : <https://copa.hypotheses.org/552>.
19. COSENTINO A., « Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination », *Conservar Património*, 21, 2015, p. 53-62.
20. BOUST C., avec la collaboration de MÉLARD N., LAMBERT E., CLIVET L. et MAIGRET A., « Imagerie scientifique pour la conservation et la restauration du patrimoine », in MAILHO L., CORTOPASSI R. et GÉRARD A. dir., *Journées d'étude, 13-14 octobre 2016, musée des Beaux-Arts de Nancy*, 2018, p. 6-16.
21. COSENTINO A., « Infrared Technical Photography for Art Examination », *e-Preservation Science*, 13, 2016, p. 1-6.
22. DAFFARA C., FONTANA R., « Multispectral Infrared Reflectography to Differentiate Features in Paintings », *Microscopy and Microanalysis*, 17, 2011, p. 691-695.
23. Devenu en 2022 l'UMR 6034 Archéosciences Bordeaux.
24. HAYEM-GHEZ A., RAVAUD E., BOUST C., BASTIAN G., MENU M., BRODIE-LINDER N., « Characterizing pigments with hyperspectral imaging variable false-color composites », *Applied Physics A*, 121, 2015, p. 939-947.
25. DE VIGUERIE L., MICHELIN A., RADEPONT M., POTTIER F., ALFELD M., WALTER P., GLANVILLE H., « Imagerie hyperspectrale pour l'analyse d'œuvres peintes », in BENECH C., CANTIN N., LANGUILLE M.-A., MAZUY A. et ROBINET L. dir., *Instrumentation portable. Quels enjeux pour l'archéométrie ?*, Editions des archives contemporaines, Paris, 2019 (« Sciences archéologiques »).
26. HAYEM-GHEZ A., « Caractérisation des pigments sur les peintures de chevalet par des méthodes optiques non-invasives », Thèse de Doctorat, Chimie des Matériaux, Université de Cergy-Pontoise, 2015 ; ELIAS M., CHARTIER C., PRÉVOT G., GARAY H. et VIGNAUD C., « The colour of ochres explained by their composition », *Materials Science and Engineering B*, 127, 2006, p. 70-80.
27. COSENTINO A., « Multispectral imaging system using 12 interference filters for mapping pigments », *Conservar Património*, 21, 2015, p. 25-38.
28. On peut citer les travaux de Bastien Lefebvre, Traces, UMR 5608 CNRS - Université de Toulouse - Jean Jaurès.

RÉSUMÉS

La photographie et l'appareil photo comme outils d'observation dans le visible et dans l'invisible sont souvent peu employés en archéologie. Là où l'archéologie se focalise sur les applications liées à la photogrammétrie, la communauté des archéomètres travaille sur des techniques *in situ* sans pour autant exploiter pleinement la photographie et ses possibilités, comme le témoigne la dernière publication du réseau CAI-RN¹, intitulée : *Instrumentation portable : Quels enjeux pour l'archéométrie ?* traitant des méthodes analytiques mises en œuvre *in situ*².

Cet article a pour vocation d'exposer les différentes possibilités offertes par un simple appareil photo numérique pour l'étude et l'observation du patrimoine bâti. En effet, une fois son capteur défiltré, l'appareil photo est capable de capter une large gamme du spectre électromagnétique (longueurs d'onde comprises entre 300 à 1000 - 1200 nm), soit les rayonnements optiques dans l'ultraviolet (< 380 nm), le visible (380 - 700 nm) et l'infrarouge (> 720 nm). De plus, c'est un outil qui permet de réaliser des images à différentes échelles : macroscopique (avec des objectifs 1:1), mais aussi microscopique (en y adaptant des objectifs de microscope). Il est à noter que ce type d'étude et d'appareillage est aujourd'hui répandu dans d'autres domaines spécifiques de l'archéologie comme la préhistoire et la tracéologie³, mais reste marginal pour les études du bâti. Cet article tend ainsi à dresser un panorama à partir d'exemples d'applications, mais n'est pas exhaustif quant aux possibilités et aux techniques pouvant être utiles à l'archéologie. Il vise à répondre spécifiquement à des questionnements propres au bâti. L'objectif principal ici, est donc de pouvoir apporter quelques informations pour pouvoir s'équiper facilement, avec un coût relativement bas et du matériel polyvalent.

Photography and the camera as tools for observation in the visible and the invisible are often poorly exploited in archaeology. Where archaeology focuses on photogrammetry, the archaeometry community works on *in situ* techniques without using photography and its possibilities, as shown by the latest publication of the CAI-RN network, entitled *Instrumentation portable : Quels enjeux pour l'archéométrie ?* dealing with analytical methods used *in situ*.

The purpose of this article is to explain the different possibilities offered by a simple camera for the study and observation of built heritage. In fact, once its sensor has been filtered out, the camera is able to capture a wide range of the electromagnetic spectrum (wavelengths between 300 to 1000 - 1200 nm), i.e. optical radiation in the ultraviolet (< 380 nm), the visible (380 - 700 nm) and the infrared (> 720 nm). In addition, it is a device that allows images to be taken at different scales: macroscopic (with 1:1 objectives) and also microscopic (by adapting microscope objectives). It should be noted that this kind of study and equipment is today widespread in other specific fields of archaeology such as prehistory and traceology, but remains limited for studies of ancient buildings.

This article aims to provide an overview based on examples of applications, but is not exhaustive as to the possibilities and techniques that can be useful for archaeology. It seeks to provide specific answers to questions specific to the building heritage. Therefore, the main objective here, is to provide some information in order to equip oneself easily, at a relatively low cost and with polyvalent equipment.

INDEX

Mots-clés : archéologie du bâti, photographie, fluorescence UV, photographie infrarouge, caméra hyperspectrale, analyse non destructive

Keywords : Building archaeology, Photography, UV Fluorescence, Infrared photography, Hyperspectral camera, Non-destructive analysis

AUTEURS

JEAN-BAPTISTE JAVEL

Doctorant, Université Bordeaux Montaigne, UMR 6034 Archéosciences Bordeaux (anciennement UMR 5060 IRAMAT-CRP2A).

EMMIE BEAUVOIT

Doctorante, Université Bordeaux Montaigne, UMR 6034 Archéosciences Bordeaux (anciennement UMR 5060 IRAMAT-CRP2A).