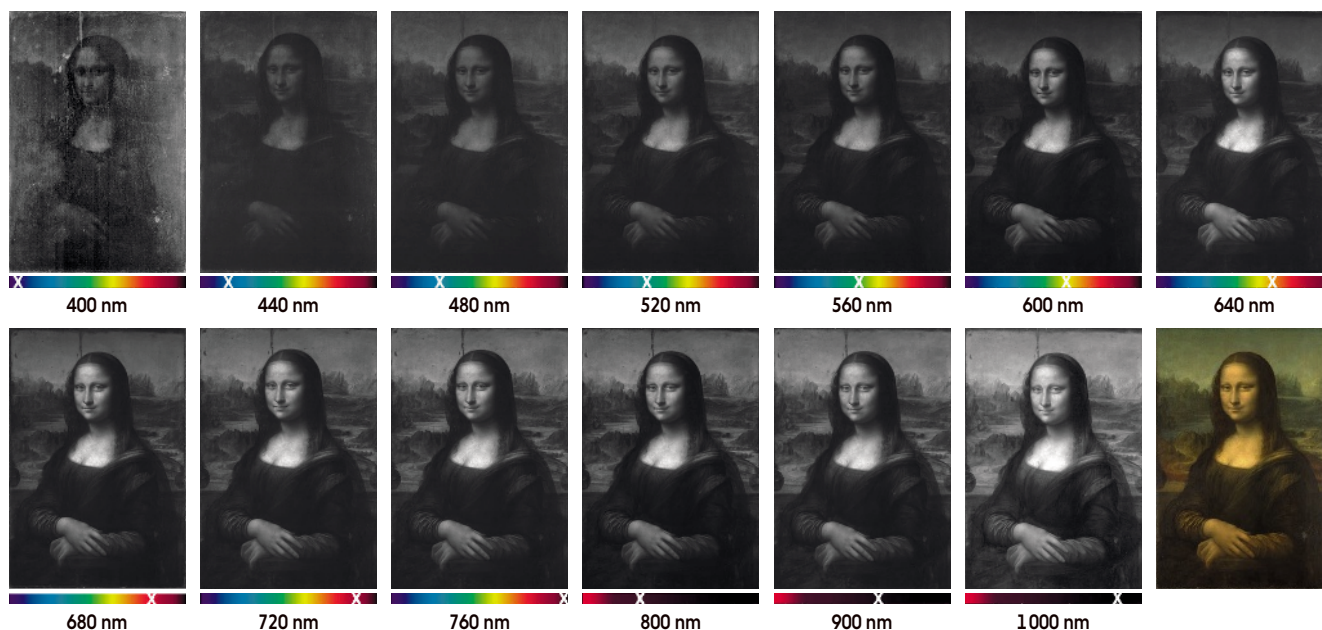




Les treize images de *La Joconde* prises à des longueurs d'onde différentes, indiquées en nanomètres (dix dans le visible et trois dans l'infrarouge). La dernière image est une restitution en couleur. C'est l'analyse de ces images par la méthode LAM qui a mis en évidence les traces de *spolvero*.

> (octobre 2019-février 2020), une équipe du Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF) faisait la synthèse des dernières analyses scientifiques. Celles-ci n'avaient pu assurer l'existence d'un transfert pour *La Joconde*, mais les chercheurs affirmaient que « la pratique habituelle s'agissant des portraits le suggère fortement, au moins pour la tête ».

L'IMAGERIE INFRAROUGE NE SUFFIT PAS

Pourquoi n'avait-on pas détecté l'usage du *spolvero* sur *La Joconde*? La réflectographie infrarouge est la technique la plus usuelle pour révéler des dessins sous-jacents. Elle consiste à éclairer la peinture avec de la lumière infrarouge, rayonnement invisible pour l'œil humain, et à prendre une photographie avec un capteur d'image sensible à ce rayonnement. La matière picturale est en effet en grande partie transparente aux infrarouges. Les dessins préparatoires apparaissent alors par contraste, le noir de charbon absorbant davantage les infrarouges que les autres matériaux utilisés. L'analyse de *La Joconde* par cette technique, publiée en 2006 dans le livre *Au cœur de La Joconde*, montrait une reprise par Léonard de Vinci dans la position des doigts de la main gauche. Mais pas de *spolvero*.

En 2004, à l'occasion d'une campagne de mesures scientifiques sur le tableau, l'un de nous, Pascal Cotte, a scanné *La Joconde* à l'aide d'une caméra multispectrale de sa conception, inspirée de systèmes d'imagerie pour la télédétection satellitaire. L'objectif était de mesurer

précisément la couleur de chaque pixel dans la perspective de répéter l'opération plusieurs dizaines d'années plus tard et, ainsi, d'estimer les facteurs de vieillissement. Le procédé, à l'époque innovant pour l'analyse d'œuvres d'art, consiste à scanner le tableau *via* dix filtres optiques dans le visible et trois dans l'infrarouge (les caméras classiques, elles, ne sont sensibles qu'à trois canaux de couleur, les canaux rouge, vert et bleu).

Cette technique d'imagerie multispectrale est évidemment sans contact et les éclaircissements requis pour scanner le tableau sont choisis pour ne pas risquer d'endommager l'œuvre. Le procédé s'est depuis perfectionné avec une recherche de compromis entre résolution spectrale et spatiale. La caméra de Pascal Cotte ne fournit « que » 13 images (*voir la figure ci-dessus*), mais celles-ci présentent une haute résolution spatiale et une grande dynamique de mesure. Le résultat obtenu offre une signature spectrale pour chaque pixel, c'est-à-dire pour chaque point du tableau. Cela permet d'identifier certains pigments et de localiser leur utilisation sur le tableau, de proposer un allègement virtuel et réaliste du vernis vieilli, ou encore, grâce aux canaux dans l'infrarouge, de confirmer les observations réalisées en réflectographie infrarouge. Mais en 2004, même en augmentant au maximum le contraste des images, il n'y avait toujours pas de trace de *spolvero*.

Pascal Cotte passera alors plus d'une dizaine d'années à étudier dans les moindres détails ses images de *Mona Lisa*. Au cours de cette période, il eut l'idée de développer une méthode de



Dans le *Portrait de Maddalena Doni* par Raphaël (*ici un détail*), le voile sur le front présente une broderie. Le *spolvero* révélé sur *La Joconde* pourrait être le dessin d'une telle broderie, abandonné ensuite par Léonard de Vinci.

traitement d'images multispectrales appelée LAM (pour *Layer amplification method*, «méthode d'amplification de couche»).

TRAITEMENT D'IMAGES MULTISPECTRALES

Le principe consiste à appliquer pixel par pixel des opérations mathématiques, telles que des différences pondérées d'intensité, sur des images de deux ou trois canaux spectraux différents. Le choix des longueurs d'onde et des opérations implique de nombreuses combinaisons et est difficile à automatiser. En effet, les choix optimaux dépendent des couches de peinture recouvrant le dessin et peuvent différer beaucoup d'une zone à l'autre. La détection des informations (traits de dessins, reprises de l'artiste, coups de pinceau, *spolvero*, restaurations, etc.) se fait d'abord en visualisant un jeu d'images LAM d'une même zone puis, si un signal intéressant est détecté, en ajustant les paramètres des opérations pour un réglage plus fin.

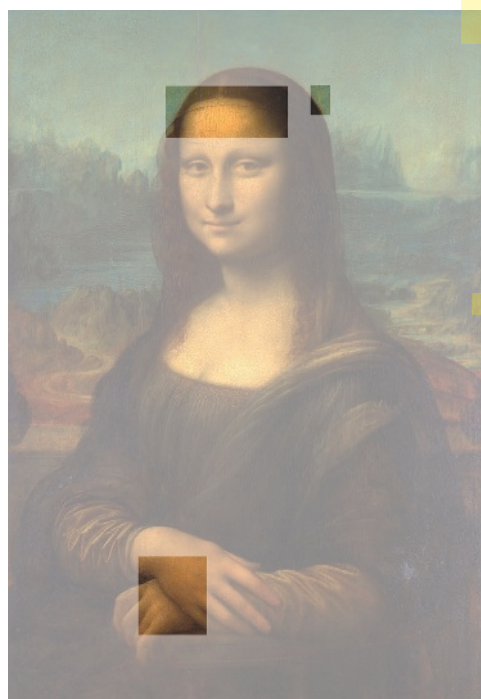
Toute la surface de *La Joconde* a ainsi été étudiée systématiquement par petites zones. Et vers 2015, trois d'entre elles se sont révélées d'un grand intérêt (voir la figure ci-dessous) : la

jointure des mains de Mona Lisa, son front et une petite région au-dessus de la tête.

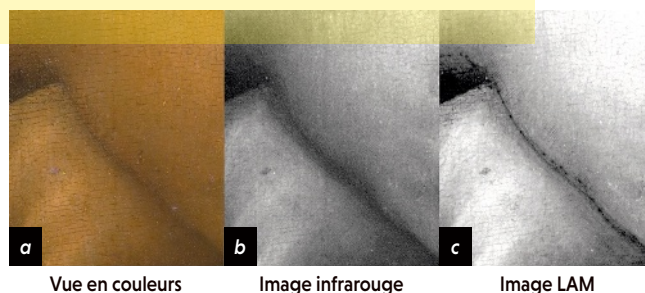
À la jointure des mains, le *spolvero* a été mis en évidence en utilisant uniquement des canaux dans le visible, à 480 et 720 nanomètres de longueur d'onde. Les images montrent que la peinture finale a repris le dessin préparatoire des points de *spolvero*.

Sur le front, les points de *spolvero* sont reliés, mais ils ne correspondent pas à la démarcation du front et du voile de Mona >

La méthode d'analyse LAM implique des choix difficiles à automatiser



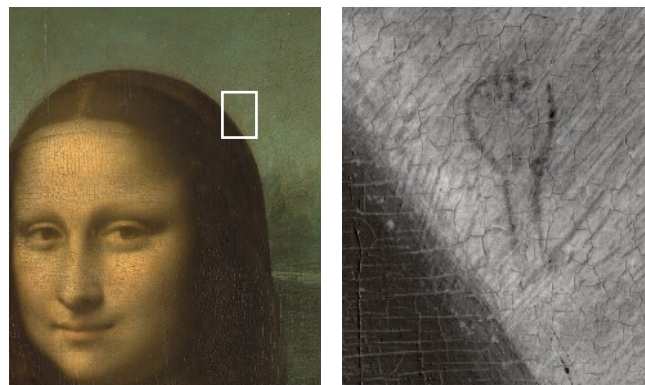
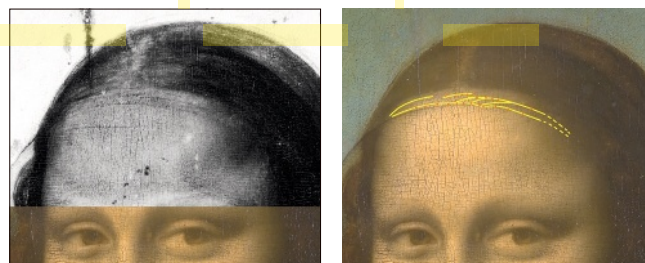
La localisation des trois zones d'intérêt identifiées est indiquée ci-dessus. À la jointure des mains (à droite, en haut), la vue en couleurs (a) et l'image infrarouge (b), à 1000 nanomètres de longueur d'onde, ne permettent pas de détecter le *spolvero*, alors que le traitement LAM le met en évidence sans ambiguïté (c). Sur le front (à droite, au milieu), l'image LAM révèle une double ligne de points en partie reliés ; la superposition avec l'image en couleurs montre que cette double ligne est décalée par rapport à la démarcation du voile. Au-dessus de la tête (ci-contre), le traitement LAM révèle un dessin intrigant.



Vue en couleurs

Image infrarouge

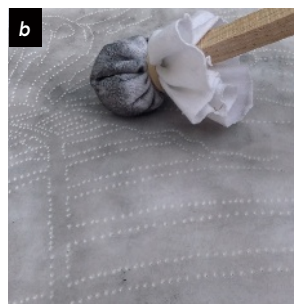
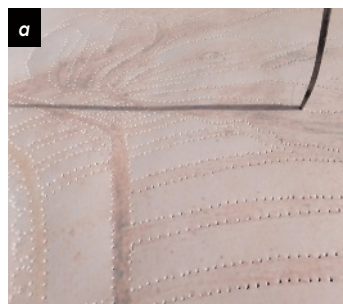
Image LAM



LA TECHNIQUE DU « SPOLVERO »

La *spolveratura*, ou technique dite « du *spolvero* », de l'italien *polvere* (« poudre »), consiste à reporter sur le *gesso* (enduit de préparation de la peinture) les principaux détails d'un dessin préparatoire appelée le *cartone* (« carton »).

La première étape consiste à exécuter le dessin sur une feuille de papier. On recouvre ensuite ce dessin, posé sur une surface molle (carton ou tissu) d'une feuille transparente ; à l'aide d'une pointe, on transperce l'ensemble en y faisant des



Perçage du calque posé sur le dessin (a), tamponnage du calque sur le gesso (b) et le dessin ainsi transféré sur le support de la peinture à venir (c).

séries de petits trous (a). Cette étape, plus complexe qu'il n'y paraît, requiert des choix artistiques nombreux, ce qui exclut son exécution par un apprenti. Dans la troisième étape, on pose la feuille transparente sur le *gesso* et on tamponne avec un petit pochon rempli de poudre noire, généralement du noir de fumée, ses trous ; les tracés du dessin préparatoire sont ainsi transférés sous la forme de petits points noirs (b et c).

Cette technique était utilisée à l'époque de la Renaissance italienne en peinture de chevalet, mais également pour les fresques et les peintures murales. Elle permet aussi de reporter de multiples fois une même composition. Elle porte en français le nom de « poncif ».

Le *cartone d'Isabelle d'Este*, de la main de Léonard de Vinci, aujourd'hui au Louvre, ainsi que le *cartone de La Joconde nue* (auteur non

identifié) du château de Chantilly sont deux exemples caractéristiques. De nombreux trous contournent les mains, le visage, le nez, la bouche, les bords des membres et des vêtements, mais il n'y a aucune marque de poudre noire du transfert. Cela suggère soit qu'ils ont été percés mais non utilisés, soit qu'il ait été fait usage d'une feuille de transfert intermédiaire.

BIBLIOGRAPHIE

P. Cotte et L. Simonot, **Mona Lisa's spolvero revealed**, *Journal of Cultural Heritage*, en ligne le 26 août 2020.

V. Delieuvin et L. Frank, **Léonard de Vinci**, catalogue de l'exposition au Louvre 24 octobre 2019-24 février 2020, Hazan, 2019.

M. Menu et al. (dir.), **Au cœur de la Joconde**, Gallimard/Musée du Louvre, 2006.

P. Cotte et D. Dupraz, **Spectral imaging of Leonardo Da Vinci's Mona Lisa : A true color smile without the influence of aged varnish**, dans *Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision*, Society for Imaging Science and Technology, 2006, pp. 311-317.

> Lisa. Cela indique que dans le projet initial de Léonard de Vinci, le visage était orienté davantage vers la droite. Le *spolvero* marque une double ligne ainsi que des petits traits de jonctions en diagonale. Peut-être s'agissait-il d'une broderie, comme sur le front du modèle dans le *Portrait de Maddalena Doni* (ou *Maddalena Strozzi*), par Raphaël (voir la figure page 44), dont la posture rappelle fortement celle de *La Joconde*. Peint à la même époque et également à Florence, ce portrait témoigne des règles vestimentaires des dames de la bourgeoisie florentine.

UN PETIT DESSIN ÉNIGMATIQUE

La technique LAM a également mis en évidence un petit dessin initial au-dessus de la tête et détaché de celle-ci (voir la figure page 45). Manifestement, le projet a été abandonné par Léonard. Il pourrait s'agir d'une tête d'aiguille à cheveux. Pourtant, les historiens du costume sont formels : aucune aiguille à cheveux n'était de règle dans la ville de Florence entre 1503 et 1510, période probable à laquelle *La Joconde* a été peinte. Les cheveux étaient au contraire enfermés dans un filet et plaqués sur la tête. On trouve des représentations de coiffures avec des draperies et des aiguilles pour les maintenir, mais uniquement pour des personnages irréels tels que des madones, des allégories ou des déesses, comme nous l'a précisé Elisabetta Gnignera, historienne du costume et autrice de

nombreux ouvrages sur les modes de la Renaissance italienne. Le petit dessin initial de Léonard de Vinci reste donc énigmatique.

Comme pour la réflectographie infrarouge, la technique LAM devient moins performante quand la couche picturale est très absorbante. La détection du *spolvero* sur des zones très sombres du tableau est moins évidente. Pour éviter les faux positifs qu'engendre toute technique de détection, l'interprétation des images LAM doit se faire en collaboration avec des experts des techniques picturales, et en complémentarité avec d'autres méthodes existantes d'analyse des œuvres d'art.

Les données multispectrales de *La Joconde* continuent d'être analysées. Elles révéleront peut-être d'autres informations cachées dans la profondeur des couches picturales. Outre les résultats sur *La Joconde*, la technique LAM a également permis de discriminer différentes écritures d'un palimpseste. Rappelons en effet qu'une page de parchemin pouvait être grattée ou lavée pour être réutilisée ; parfois certaines écritures persistent, imprégnées dans le parchemin, mais restent difficiles à lire. Or les images LAM éliminent les textes récents en surface pour isoler les textes anciens imprégnés, avec un taux de réussite supérieur à toutes les autres techniques testées. L'imagerie LAM ouvre ainsi de nouvelles perspectives pour l'analyse et l'interprétation d'œuvres d'art ou de documents archéologiques. ■