

DURÉE LIBRE

3 FORMULES AU CHOIX

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Marketing – 170 bis boulevard du Montparnasse – 75 014 Paris – email : boutique@pouirlascience.fr

☒ **OUI, je m'abonne à Pour la Science en prélèvement automatique**

PAG20NOE

1 / Je choisis ma formule (merci de cocher) et je complète l'autorisation de prélèvement ci-dessous.

☐

FORMULE PAPIER

- 12 n° du magazine papier
- + **UN CADEAU**

DPV4E90K8

4,90€
PAR MOIS

☐

FORMULE PAPIER + HORS SÉRIE

- 12 n° du magazine papier
- 4 Hors-série papier
- + **UN CADEAU**

PPV6E50K15

6,50€
PAR MOIS

☐

FORMULE INTÉGRALE

- 12 n° du magazine (papier et numérique)
- 4 Hors-série (papier et numérique)
- Accès illimité aux contenus en ligne
- + **UN CADEAU**

IPV8E20K15

8,20€
PAR MOIS

2 / Mes coordonnées

Nom:
Prénom:
Adresse:
.....
Code postal

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Ville:
Tél.:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

E-mail:@
(Indispensable pour la formule intégrale)

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

Durée d'abonnement : 1 an. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/03/2021 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site <https://boutique.pourla science.fr>. Photos non contractuelles. Vous pouvez acheter séparément chaque élément de cette offre : les numéros de *Pour la Science* pour 6,90 €, les numéros de *Pour la Science Hors-série* pour 7,90 € et le livre *Pourquoi le Soleil brille* pour 16,00 €.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et nous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société *Pour la Science*. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. *Pour la Science* ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à *Pour la Science*. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante: <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit «RGPD») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

Groupe Pour la Science - Siège social: 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris cedex 14 – Sarl au capital de 32 000€ – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z

3 / Mandat de prélèvement SEPA

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom: Prénom:

Adresse:

Code postal Ville:

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____

[illegible]

(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom:

Adresse:

Code postal : Ville :

Date et signature

Organisme Créancier: Pour la Science
170 bis, bd. du Montparnasse – 75014 Paris
N° ICS FR92ZZZ426900
N° de référence unique de mandat (RUM)

4 / MERCI DE JOINDRE IMPÉRATIVEMENT UN RIB

Partie réservée au service abonnement Ne rien inscrire

L'ESSENTIEL

> Le *spolvero* est un procédé utilisé à la Renaissance italienne pour transférer, au moyen de poudre noire, un dessin préparatoire vers le support d'une peinture.

> L'utilisation du *spolvero* avait été mise en évidence sur certains tableaux de Léonard de Vinci, mais pas sur *La Joconde*.

> Grâce à de l'imagerie multispectrale et à LAM, une méthode d'analyse d'images développée par Pascal Cotte, trois zones de *La Joconde* ont révélé des traces de *spolvero*.

> La technique LAM se montre prometteuse pour l'analyse d'autres œuvres d'art ou documents.

LES AUTEURS



PASCAL COTTE
ingénieur et fondateur,
en 1989, de la société
Lumiere Technology,
basée à Ponthierry



LIONEL SIMONOT
enseignant-chercheur
à l'université de
Poitiers, à l'institut P'
du CNRS

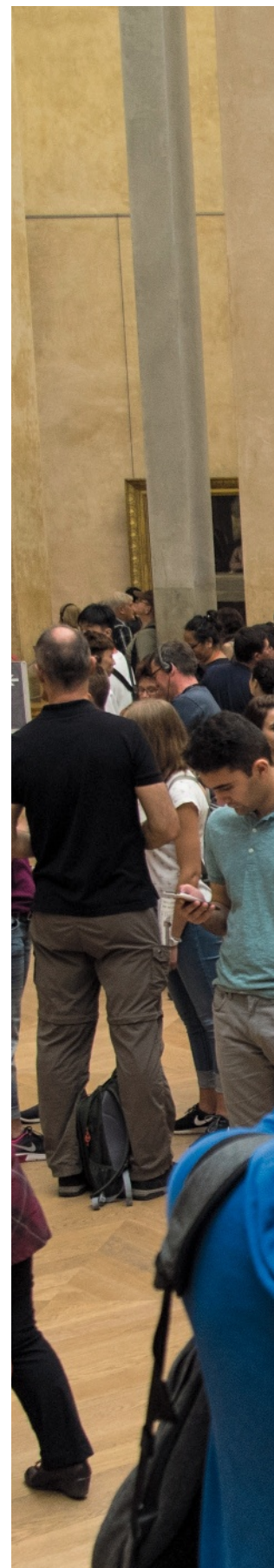
La Joconde aussi a des points noirs

Des chercheurs ont mis en évidence, pour la première fois, l'utilisation du « *spolvero* », technique de transfert de dessin, sur le célèbre portrait de Mona Lisa peint par Léonard de Vinci.

C'est peut-être la peinture la plus observée de l'art occidental. Des points noirs sur le front de *La Joconde* et à la jointure des mains n'avaient pourtant encore jamais été remarqués ni par les millions de visiteurs annuels du musée du Louvre, ni par les spécialistes de Léonard de Vinci, ni par aucun dispositif scientifique. À leur décharge, les points noirs de Mona Lisa ne sont pas visibles à l'œil nu. Ils ne se trouvent pas en surface, mais légèrement en profondeur de la couche picturale. Nous les avons découverts récemment à l'aide de méthodes d'imagerie et d'analyse d'images novatrices.

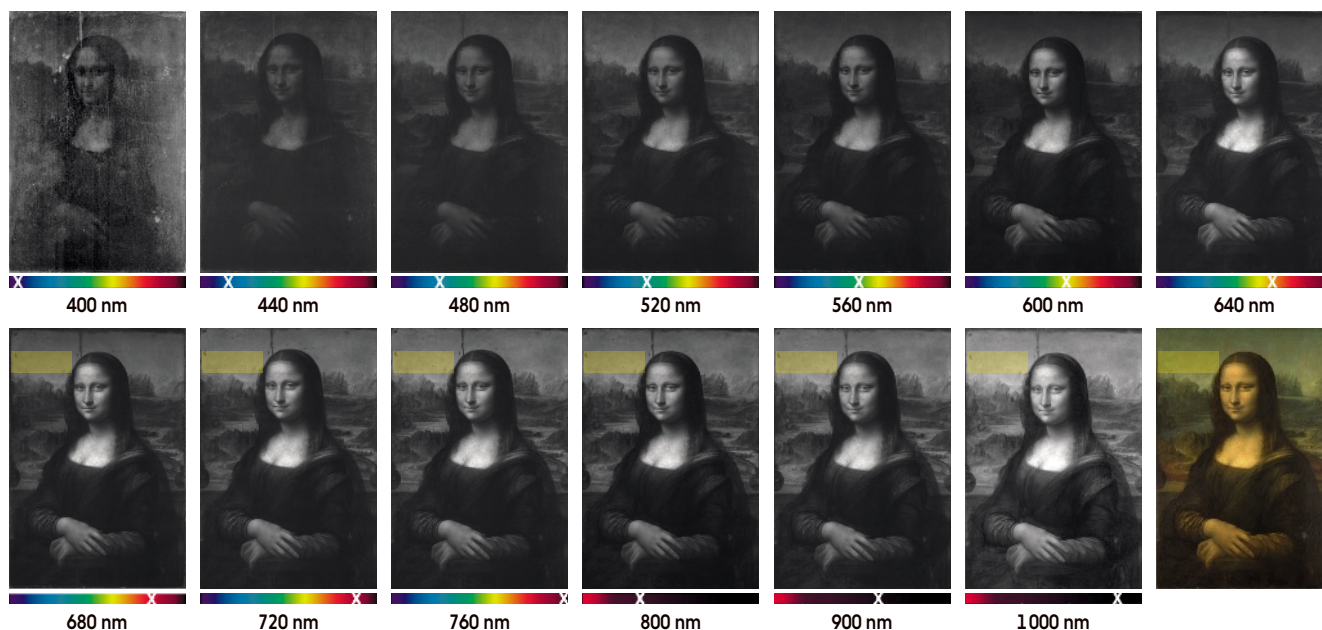
Ces points noirs témoignent de l'utilisation du *spolvero*, technique de transfert d'un dessin préparatoire vers l'œuvre picturale. Dans cette technique, le dessin est réalisé sur un « carton », feuille que l'on perce de petits trous suivant les contours du dessin, puis transféré sur un support en faisant passer à travers les trous du carton de la poudre (*polvere* en italien) de noir de charbon (voir l'encadré page 46).

Très utilisé à la Renaissance, le *spolvero* a été mis en évidence par réflectographie infrarouge (voir plus loin) depuis les années 1950 sur d'autres tableaux de Léonard de Vinci, tels la *Dame à l'hermine*, *La Belle Ferronnière* et le *Portrait de Ginevra de' Benci*. Dans le catalogue de l'exposition au Louvre sur Léonard de Vinci >





Malgré les millions de visiteurs du Louvre qui ont contemplé *La Joconde* et les nombreux spécialistes qui l'ont scrutée, ce tableau fait encore l'objet de découvertes.



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.