



**HAL**  
open science

## Pour une relecture du palimpseste de Strabon

Didier Marcotte, Pascal Cotte, Aude Cohen-Skalli

► **To cite this version:**

Didier Marcotte, Pascal Cotte, Aude Cohen-Skalli. Pour une relecture du palimpseste de Strabon. The Vatican Library Review, 2022, 1, pp.193-203. 10.1163/27728641-00102006 . halshs-03836841

**HAL Id: halshs-03836841**

**<https://shs.hal.science/halshs-03836841v1>**

Submitted on 19 Dec 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Pour une relecture du palimpseste de Strabon

*Didier Marcotte*

Sorbonne Université – Orient & Méditerranée (UMR 8167),  
Paris, France  
[didier.marcotte@sorbonne-universite.fr](mailto:didier.marcotte@sorbonne-universite.fr)

*Pascal Cotte* | ORCID: 0000-0003-2424-4539

Lumiere Technology, Saint-Fargeau-Ponthierry, France  
[pascal.cotte@unibo.it](mailto:pascal.cotte@unibo.it)

*Aude Cohen-Skalli*

CNRS, TDMAM (UMR 7297), Aix Marseille Université,  
Marseille, France  
[skalli@phare.normalesup.org](mailto:skalli@phare.normalesup.org)

### Abstract

This article presents the method and results of a new multispectral imaging process, developed by Lumiere Technology, to facilitate easier and more complete reading of palimpsest manuscripts. To demonstrate the advantages of this technique, the team used the oldest surviving manuscript of Strabo, copied at the end of the fifth century and provenant from the Abbey of Grottaferrata, most of the folios of which are now preserved in the Vatican Library (*Vat. gr.* 2061. pt. A, *Vat. gr.* 2306). The importance of this manuscript for the establishment of Strabo's text is briefly explained, as is the history of transcriptions made from these folios by Wolfgang Aly and François Lasserre during the twentieth century.

### Keywords

palimpsest – Strabon – *Geography* – multispectral scanning – François Lasserre – Wolfgang Aly

### 1 Introduction: le projet

Il y a quelque frustration à éditer la *Géographie* de Strabon. L'œuvre est imposante dans ses dimensions (dix-sept livres) autant que par son ambition spatiale (les terres connues au début de notre ère, de la péninsule Ibérique à l'Inde), mais ses témoins les plus anciens ne nous ont transmis, sur de larges sections, qu'un texte gravement corrompu, dont l'établissement est délicat, quand il ne reste

pas incertain. L'édition intégrale qu'en a procurée récemment Stefan Radt<sup>1</sup>, servie comme elle l'est par une acribie exemplaire, le montre assez: les passages y sont nombreux, singulièrement aux livres IX–XIII, où le philologue ne tranche qu'avec hésitation entre les leçons en présence. Dans bien des cas, eu égard à l'état du texte transmis par les manuscrits médiévaux, le palimpseste vatican, datable de la fin du ve siècle et témoin d'un Strabon complet, pourrait arbitrer le débat, mais comme beaucoup d'autres vestiges d'époque tardo-antique retrouvés au xixe s., il a fait, sur un grand nombre de ses folios, l'objet de traitements chimiques qui en ont compromis la lecture, souvent de manière irrémédiable. Le projet, qu'on présentera brièvement ici, d'une relecture systématique des restes de ce manuscrit s'appuie sur les nouvelles techniques d'imagerie multispectrale; sous les habits de la modernité, il s'inscrit en réalité dans la continuité de travaux amorcés il y a quelque sept siècles et destinés à restituer la *Géographie* dans sa forme originelle<sup>2</sup>.

Il s'agit en premier de tirer à grands traits un bilan de la tradition médiévale<sup>3</sup>. La plupart de ses témoins remontent à une édition byzantine, conduite au xe siècle et composée de deux tomes, qui ont subi chacun de graves dommages avant d'avoir eux-mêmes une descendance. Le premier de ces tomes est conservé: c'est le Paris, Bibliothèque natio-

1 Radt 2002-2009.

2 Sur les enjeux philologiques, dans la durée, d'une telle restitution, voir Marcotte 2018-2019.

3 Pour une histoire du texte de Strabon, voir Diller 1975.

nale de France, *gr.* 1397 (A), qui contient les livres I-IX; avant la fin du XIII<sup>e</sup> s., il perdait au moins trente-neuf de ses folios et subissait l'attaque de rongeurs, qui ont mutilé le début et la fin du volume (fol. 1-39, l. 1; fol. 173-232, l. VIII-IX). Le second tome renfermait les livres X-XVII (on le désignera avec Diller de la lettre  $\alpha$ ) et n'est plus représenté que par une série de manuscrits datables des XIII<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> s., qui ont hérité de leur ancêtre commun de fréquentes omissions d'une certaine étendue; seul un manuscrit isolé de la fin du XIII<sup>e</sup> ou du début du XIV<sup>e</sup>, le *Vaticanus gr.* 1329 (F), étranger à la descendance de  $\alpha$ , offre un texte plus complet à partir de XII C574. Une autre famille de témoins, à laquelle appartient notamment une *Epitome Vaticana* (E, *Vaticanus gr.* 482, s. XIV), résulte d'une édition abrégée produite avant le XII<sup>e</sup> s., qu'on désigne par le sigle  $\epsilon^4$ ; au tournant des XIII<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> s., elle a fourni au restaurateur de A les suppléments qu'appelaient aux livres VIII-IX les dommages subis par ce manuscrit.

Procurer de Strabon un texte aussi complet que possible est une entreprise qui a, de fait, commencé dès le début de la période paléologue. Elle s'est poursuivie entre Grèce et Italie au milieu du *Quattrocento*, grâce à Cyriaque d'Ancone; ce voyageur amateur d'antiques détenait en effet une copie partielle des livres I-VI, prise sur un manuscrit, aujourd'hui perdu, de la bibliothèque de Gémiste Pléthon à Mistra, issu d'une autre famille encore ( $\beta$ ), qui lui a permis de compenser quelques-unes des lacunes qui entachaient dans A les livres en question. Sa contribution autorisera Guarino de Vérone à donner de Strabon, en traduction cette fois (1458), une version plus complète que celle qu'aucun manuscrit arrivé jusque-là en Occident ne donnait à lire, mais qui, tributaire à la fois de  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\epsilon$ , avait l'inconvénient d'offrir un texte composite, sinon contaminé, comme le sera aussi celui de l'Aldine, sortie en 1516.

Il faudra attendre la décennie 1840 pour qu'une pièce résolument nouvelle vint faire reconsidérer en profondeur la tradition textuelle de la *Géographie*: il s'agit d'un codex doublement palimpseste découvert par Angelo Mai en 1844 sous un *Pentateuque* copié au Xe s. en Italie méridionale et provenant de la Badia de Grottaferrata (*Vaticanus gr.* 2306)<sup>5</sup>. Mai y reconnaissait, dans la couche inférieure d'écriture, quarante-quatre folios d'un antique Strabon de format presque carré (mm 281 × 260), copié à

raison de trois colonnes à la page dans une majuscule ogivale inclinée<sup>6</sup>, peut-être à Constantinople<sup>7</sup>; sa découverte recevait un prolongement trente ans plus tard avec l'identification, par l'abbé Giuseppe Cozza Luzi, de trois folios supplémentaires du même manuscrit, détachés du reste et demeurés à la Badia (Crypt. A.  $\delta$ . xxiii)<sup>8</sup>; en 1889 enfin, dans le *Vaticanus gr.* 2061, manuscrit de Grégoire de Nazianze copié lui aussi en Italie méridionale au Xe s., Pierre Battifol retrouvait vingt-deux autres folios du même livre, aujourd'hui réunis sous la cote *Vaticanus gr.* 2061A. Dans la couche intermédiaire, Giovanni Mercati devait ensuite reconnaître un *Nomocanon* « aux 14 titres », copié dans une minuscule précoce à une date approximativement fixée entre le milieu du VII<sup>e</sup> s. et le début du VIII<sup>e</sup><sup>9</sup>, sans que le lieu où cette copie a été effectuée fasse à ce jour l'unanimité<sup>10</sup>.

Avec soixante-neuf folios au total, les lambeaux antiques de la *Géographie* sont, dans le corpus grec, le plus long *codex bis rescriptus* conservé; renfermant des passages des livres I (un seul folio) et VIII-XVII, ils allaient vite montrer la nécessité de lancer une nouvelle édition intégrale de l'ouvrage, destinée à remplacer celles de Gustav Kramer<sup>11</sup> et d'August Meineke<sup>12</sup>. C'est à cet objectif que se sont attelés successivement Wolfgang Aly (1881-1962), François Lasserre (1919-1989), Francesco Sbordone (1911-1983) et Stefan Radt (1927-2017); à ce jour, seule l'édition de ce dernier a été menée à son terme.

Le projet d'un nouveau Strabon a trouvé sa première expression dans les années 1920, quand Giovanni Mercati en confia la direction à un philologue de l'université de Freiburg-im-Breisgau, Wolfgang Aly. Celui-ci entama dès 1927 un patient déchiffrement et une transcription

4 Sur la place de E et de F dans le *stemma*, voir Leroy 2013. Sur les manuscrits de la famille  $\epsilon$ , que Kramer et Lasserre ont appelés *decurtati*, voir Cohen-Skalli 2018.

5 Pour une description codicologique, voir Canart 2004, 52-53. Sur le rôle de Mai dans la découverte du manuscrit, voir Janz 2020.

6 Cf. Mazzucchi 1979, 107.

7 Ainsi Aly 1956, XIII; Diller 1975, 21; en zone égypto-palestinienne, plus spécialement à Césarée, selon Mazzucchi 1979, 107 et 114, suivi par Crisci 1996, 64-66.

8 Description des folios chez Crisci 1990, 20-21 et 77-79 (pl. 15-16).

9 Pour une caractérisation de cette écriture (« minuscule cursiva libraria »), voir Mazzucchi 1977, 172-175 et 182; Mazzucchi 1979, 107-108 et 114; De Gregorio 2000, 116-125; Canart 2004, 53. Pour constituer le nouveau manuscrit, on s'est servi aussi de folios d'un manuscrit de Théophraste, *De magistratibus elegendis* (Vat. 2306, ff. 1, 4, 24, 29; édition Aly 1943, à qui on en doit la découverte), copié au début du VII<sup>e</sup> s. dans une majuscule biblique très proche de celle du Dion Cassius conservé dans le *Vaticanus gr.* 1288 (f. 13), manuscrit qui, sur des critères linguistiques, est attribué par certains à l'aire égypto-palestinienne (cf. supra n. 7; voir Mazzucchi 1979, 103-108; Crisci 1996, 64-65).

10 L'aire égypto-palestinienne ou la Sicile sont privilégiées; voir Cavallo 1977, 129-130; Mazzucchi 1979, 107-108 et 114; Crisci 1990, 79-80.

11 Kramer 1844-1852.

12 Meineke 1852-1853.

annotée, qu'il publia en 1956<sup>13</sup>; l'année suivante, avec une étude générale sur le Géographe, ses témoins manuscrits, son œuvre et ses sources, il définissait les principes de sa propre édition, dont seuls les deux premiers tomes ont paru chez Habelt (Bonn), à titre posthume<sup>14</sup>. Dès 1949, il était imité par François Lasserre, qui procédait lui aussi à une copie diplomatique du tout, restée inédite et conservée aujourd'hui à l'Istituto Svizzero de Rome<sup>15</sup>. Celle-ci devait lui servir à l'édition que lui-même projetait pour la Collection des Universités de France (CUF), dans laquelle il a personnellement procuré les livres III-VI (1966-1967) et X-XII (1971-1975), laissant à sa mort, en 1989, le livre XIII aux trois quarts achevé<sup>16</sup>; il allait aussi la faire partager à ses collaborateurs de la CUF, Germaine Aujac et Raoul Baladié, ainsi qu'à leurs continuateurs<sup>17</sup>.

Comme on peut le comprendre de l'état des lieux qu'on vient de dresser, la lecture du palimpseste représente un enjeu crucial pour les livres VIII-IX, mutilés dans A, et X-XII, où le texte de l'ensemble des manuscrits médiévaux est à la fois abrégé et gâté par de longues omissions. Mais, pour le second tome de l'édition byzantine évoquée plus haut (l. X-XVII), elle est aussi décisive dans les nombreux cas où les témoins descendant de  $\alpha$  ou de  $\varepsilon$  partagent avec F un texte défectueux. Alors que les éditeurs de la CUF ont pu se fonder à la fois sur la transcription de Lasserre et sur celle d'Aly, Stefan Radt a dû se limiter à cette dernière, dont il a en général suivi l'autorité. Or, on constate qu'en de multiples endroits, les deux copies accusent entre elles de profondes divergences, notamment là où l'état du support ne laisse plus apparaître que de timides traces; d'autre part, quand il est encore possible d'interpréter celles-ci grâce aux u.v., il arrive qu'on puisse catégoriquement souscrire

à la lecture de Lasserre plutôt qu'à celle d'Aly<sup>18</sup>; enfin, là où le texte sous-jacent semble avoir été totalement oblitéré, il n'est pas interdit, face aux restitutions de Lasserre et d'Aly, de se demander si la connaissance exceptionnelle que l'un et l'autre avaient du corpus ne leur a pas inspiré certains choix<sup>19</sup>, dont il importerait d'éprouver la validité moyennant un retour au manuscrit lui-même.

C'est ce retour qu'un groupe de chercheurs de Sorbonne Université et d'Aix Marseille Université<sup>20</sup> tente avec le secours d'une technique photographique mise au point par la société Lumiere Technology, dirigée par Pascal Cotte. Avec l'appui de la direction des deux bibliothèques concernées, la Biblioteca Apostolica Vaticana et la Biblioteca Statale del Monumento Nazionale di Grottaferrata, une campagne d'imagerie a été menée en octobre 2021 par Pascal Cotte et Salvatore Apicella, qui a donné lieu à une photographie complète des soixante-neuf folios palimpsestes, selon le procédé exposé dans les pages qui suivent. Sur la base de ce matériau, on entreprend désormais une nouvelle transcription des vestiges du texte de la couche inférieure d'écriture et un examen de la couche intermédiaire, dans la mesure où celle-ci se laisse distinguer<sup>21</sup> et moyennant l'hypothèse qu'une meilleure caractérisation de son écriture et de son contenu apportera un éclairage sur la datation qu'il convient de prêter au premier palimpseste et sur le milieu auquel l'attribuer. Enfin, la poursuite et l'achèvement de l'édition de Strabon dans la CUF seront déterminés, comme on peut en concevoir le souhait, par les résultats de l'étude en cours; la technique mise en œuvre par Lumiere Technology laisse en effet déjà augurer des progrès significatifs dans la lecture du palimpseste, dont on trouvera ci-dessous un exemple parmi d'autres, sur un fait qui intéresse aussi bien l'établissement du texte que l'interprétation de la méthode d'exposition suivie par le Géographe.

13 Aly 1956.

14 Aly 1957; Aly 1968; Aly 1972.

15 Sur la date de la première version de la copie, voir Lasserre 1959, 32, n. 1; Lasserre 1969, LIV; la genèse du travail et son évolution peuvent aussi être retracées grâce à la correspondance que le savant suisse a entretenue dès 1949 avec Wolfgang Aly; voir à ce sujet Marcotte 2018, 234-238.

16 Sur le projet de Lasserre et les papiers laissés par lui, voir Marcotte 2018.

17 Liste récapitulative des livres de la *Géographie* publiés à ce jour dans la CUF. Tome I, vol. 1 (*Livre I*) et 2 (*Livre II*), par Germaine Aujac (éd., trad. et comm.) et François Lasserre (introduction au texte), Paris, Les Belles Lettres, 1969; t. II (*Livres III-IV*), F. Lasserre, 1966; t. III (*Livres V-VI*), F. Lasserre, 1967; t. IV (*Livre VII*), Raoul Baladié, 1989; t. V (*Livre VIII*), R. Baladié, 1978; t. VI (*Livre IX*), R. Baladié, 1996; t. VII (*Livre X*), F. Lasserre, 1971; t. VIII (*Livre XI*), F. Lasserre, 1975; t. IX (*Livre XII*), F. Lasserre, 1981; t. XII (*Livre XV*), Pierre-Olivier Leroy, 2016; t. XIV (*Livre XVII*, 1<sup>re</sup> partie), Benoît Laudenbach, 2015; t. XV (*Livre XVII*, 2<sup>e</sup> partie), B. Laudenbach et Jehan Desanges, 2014.

18 On trouvera deux exemples chez Marcotte 2018-2019, 384 et 389-390. On a une illustration de la situation inverse à la fin du présent article.

19 Voir Marcotte 2018, 250-251, n. 70 et 253, n. 77; Marcotte 2018-2019, 385-386 et n. 75. Un autre exemple, tiré de l'utilisation du procédé d'imagerie expliqué ici, est donné à la fin de l'article.

20 UMR CNRS 8167, Orient et Méditerranée (projet *Palingenesis*, dir. Didier Marcotte), avec la collaboration de l'UMR CNRS 7297, TDMAM (Aude Cohen-Skalli). Le programme *Palingenesis* associe également Sergio Brillante, docteur des universités de Reims et de Bari, actuellement ingénieur de recherche à Sorbonne Université.

21 Sur la base d'une technique différente, un premier essai avait été effectué par Broia-Faraggiana 1999.



FIGURE 1  
La caméra Lumiere Technology à la BAV en octobre 2021



FIGURE 2  
Support de parchemin avec vitre en quartz

## 2 Numérisation multispectrale du palimpseste de Strabon

### 2.1 *Le matériel*

Le système de numérisation multispectrale (fig. 1) a été installé dans le vestibule du Salone Sistino: il est constitué de la caméra Lumiere Technology<sup>22</sup> posée sur un trépied, de deux projecteurs de lumière et d'un support vertical pour les parchemins.

Une chambre noire est installée sur une table pour numériser les images en fluorescence U.V.

- La caméra comporte: un capteur CCD linéaire de 12000 pixels de  $6,5 \mu\text{m}$  qui se déplace à l'intérieur de la caméra reconstituant une matrice de 240 Mp; un barillet à 13 filtres dont 10 couvrent le domaine visible et 3 le proche infrarouge et une optique de 210 mm motorisée pour le focus.
- Dans les projecteurs, les sources de lumière halogène (3 tubes de 70 mm bi-culots de 150W–220V) sont placées verticalement au foyer d'un miroir qui a une forme elliptique dans le sens horizontal. Ils projettent une ligne verticale de lumière semi-colimatée qui balaye le document, synchronisée avec le déplacement du CCD linéaire. Les lampes sont survoltées en 320 V, afin d'avoir une lumière supérieure à 4000 K.

- L'ensemble (CCD, filtres, optiques, sources de lumière) assure une dynamique des images à 79dB. Une mise au point spécifique pour chaque filtre donne une C.T.F. / M.T.F. supérieure à 5% de pixel à pixel ( $31 \times 31 \mu\text{m}$ ) à toutes les longueurs d'onde.
- Le support de document (fig. 2) maintient vertical le parchemin à numériser plaqué derrière une vitre en quartz. Deux barres horizontales ajustables en hauteur intègrent des cibles de résolution espacées de 10 cm et un blanc de référence en téflon.
- Les images en fluorescence U.V. sont faites dans la chambre noire (fig. 3) avec deux sources U.V. à 365 nm et un appareil photo Nikon 50 Mp équipé d'une focale fixe de 60 mm.

### 2.2 *Réglages et paramètres techniques*

#### 2.2.1 La caméra

Le centre optique de la caméra est placé à une distance de 1235 mm du parchemin, assurant une résolution de 800 dpi (pixel  $31 \mu\text{m}$ ).

Les projecteurs sont placés à 2 m du parchemin; ils forment un angle de  $24^\circ$ – $28^\circ$  par rapport à l'axe optique de la caméra. Les paramètres de la caméra sont optimisés pour chaque filtre. Les temps d'exposition (en ms), les gains (en dB) et les focus (1/10 mm) sont établis (tab.1). Un blanc de référence (plaque de téflon de  $105 \times 150$  cm) est numérisé avec chaque filtre, sur tout le champ de vision de caméra, pour la correction *flat-field*.

22 Cotte & Dupouy 2003; Cotte & Dupraz 2006a; Cotte & Dupraz 2006b; P. Cotte et M. Dupouy, Brevet JumboLux US N° US6,603,582 B1 (Patent for High Resolution Device For Digitizing Large Size Documents), 2001.



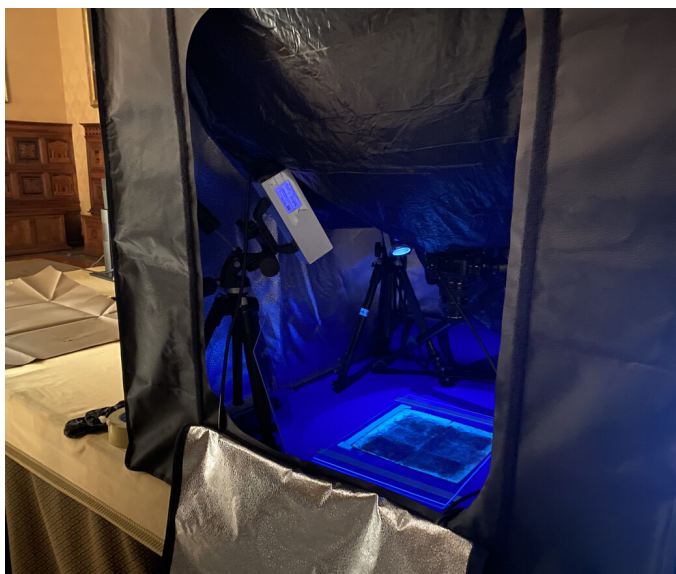


FIGURE 3  
Chambre noire pour les prises de vue en fluorescence U.V.



FIGURE 4  
Les feuilles de parchemin sont placées entre deux plaques de verre

TABLE 1 Réglages des temps d'exposition, du gain et de la correction de focus pour chaque filtre

Filtres	400	440	480	520	560	600	640	680	720	760	815	900	1000
Exp. (ms)	26	25	13,5	11	11	9,5	8	8	8	8	8	8	10
Gain	19,3	12,8	12,8	10,4	6,7	5,7	5,7	3,6	3,1	3,4	3,4	1,3	9,0
Focus (1/10mm)	7	2	–	–	1	1	3	4	7	9	14	12	10

### 2.2.2 La fluorescence U.V.

Les deux lampes U.V. sont placées à 45° du parchemin posé à plat sur la table. L'appareil photo est fixé à une hauteur de 50 cm au-dessus. Avec ISO 125 et N 8, les temps d'exposition varient de 8 à 10 secondes en fonction de la clarté du parchemin. La résolution est de 900 dpi, les parchemins sont numérisés en 1 ou 4 parties en fonction de leur taille.

### 2.3 Nouveaux filtres de la caméra Lumiere Technology

La caméra développée entre 1996 et 2001 utilisait des filtres interférentiels par absorption (*Soft-coating*); ils ont été remplacés par des filtres de nouvelle génération en réflexion (*Hard-coating*) (fig. 5), avec les avantages d'avoir une transmittance moyenne de 98,9% (contre 76,2% auparavant), une densité optique doublée à OD 5, et des recouvrements entre filtres (*overlaps*) inférieur à 0,4% (contre 15%).

En comparaison avec les anciens filtres, les nouveaux permettent des numérisations plus rapides; ils

donnent aussi des informations plus discriminantes et une meilleure dynamique. L'épaisseur des nouveaux filtres a été réduite de 6,35 mm à 2 mm pour diminuer les effets de bord et augmenter la qualité des images.

### 2.4 La procédure

Les parchemins à numériser sont manipulés par l'équipe de la Conservation de la BAV et placés derrière une vitre en quartz (fig. 4). Des pinces les maintiennent avec un autre verre. L'ensemble est posé sur le support vertical devant la caméra et maintenu par quatre serre-joints sur les barres horizontales. La numérisation multispectrale avec les 13 changements de filtres, les focus individuels et les enregistrements de fichiers 16 bits sont automatisés. Le temps de numérisation d'une page est de 20 minutes environ. La numérisation en fluorescence U.V. est faite immédiatement après. Compte tenu des horaires et des temps de manipulation, il a été possible de numériser jusqu'à 20 pages par jour.

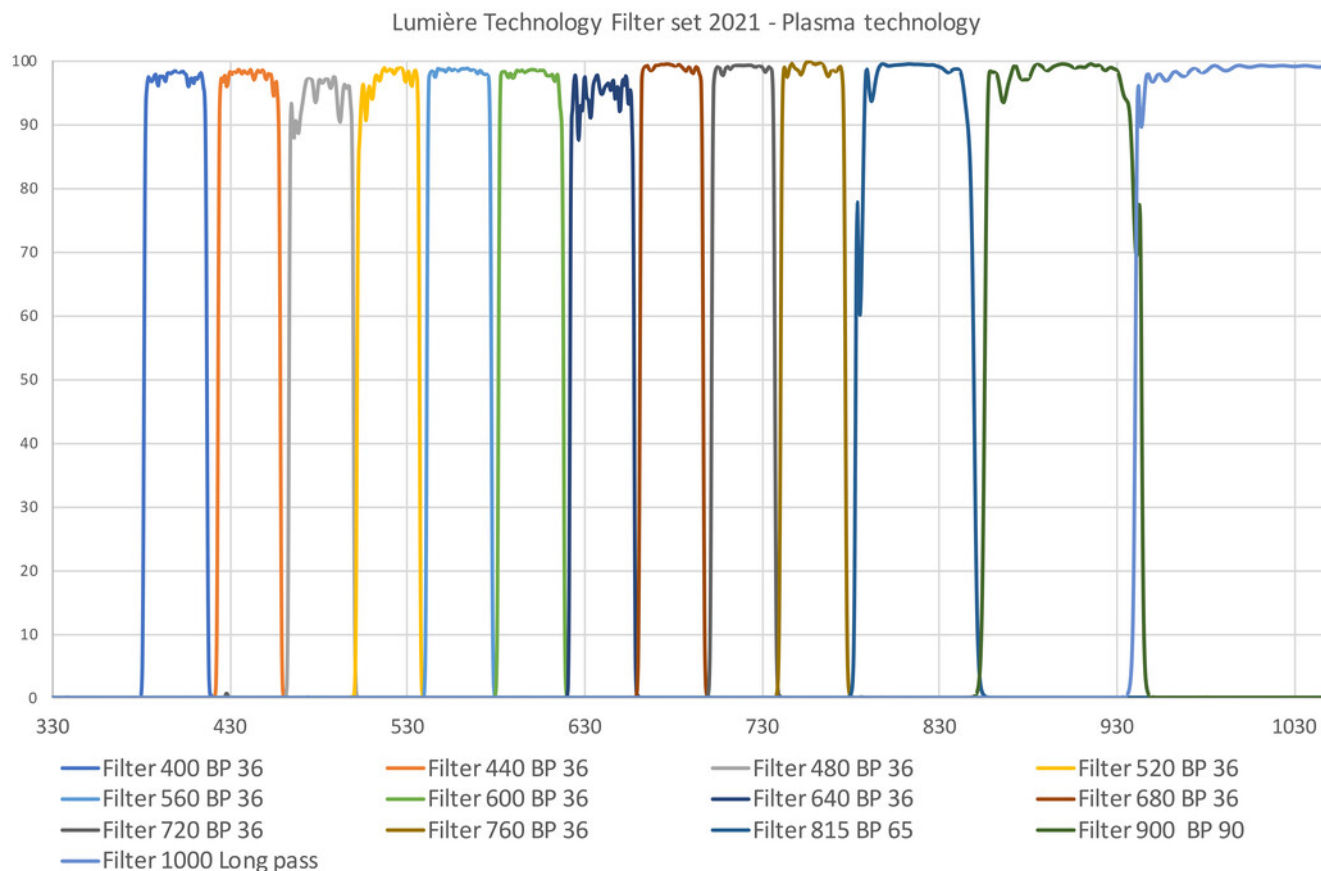


FIGURE 5 Nouveaux filtres de la caméra Lumière Technology – Hard-coating (axe X longueur d'onde en nanomètres; axe Y transmittance des filtres en %)

### 2.5 Les traitements d'images

L'image finale en couleurs de la numérisation multispectrale est calculée d'après CIELAB D65<sub>2000</sub> 10° (fig. 6), après qu'ont été appliqués les *flat-field*, les redimensionnements sur l'image de référence à 560 nm (en utilisant les cibles situées sur les barres horizontales) et enfin la normalisation sur le blanc de référence (téflon).

Les images en fluorescence U.V. sont assemblées puis réduites de 900 dpi à 800 dpi pour une parfaite superposition avec les images multispectrales.

Pour compléter la lecture du palimpseste, on applique les algorithmes de la technique L.A.M.<sup>23</sup>.

### 2.6 La technique L.A.M.

La technique d'imagerie L.A.M. (*Layer Amplification Method*) est fondée sur la détection et l'amplification de très faibles variations des spectres de réflexion diffus de la lumière. Elle peut être utilisée sur des supports dont l'épaisseur de la couche à analyser (couche picturale, parchemin ou papier) est d'environ ±1 mm.

De nombreux exemples de l'utilisation de la technique L.A.M.<sup>24</sup> montrent des détails des couches intermédiaires, là où ils sont invisibles à la réflectographie IR.

Les propriétés optiques (absorption et diffusion) des couches fines permettent à la lumière de les pénétrer en fonction de la longueur d'onde. Cependant, l'extrême complexité de l'interaction de la lumière et de la matière implique tous les composants de la surface analysée.

Sans connaissance précise de la structure de la couche picturale ou du support, il est impossible d'établir un modèle de prédiction permettant d'obtenir une image à la profondeur exacte souhaitée. Pour pallier cette apparente impossibilité, certaines méthodes combinent les images de deux ou plusieurs filtres<sup>25</sup>. La technique L.A.M. est un protocole qui généralise cette approche, et divers calculs<sup>26</sup> sont effectués avec des coefficients variables pour augmenter le contraste. L'étirement et l'égalisation de l'histo-

<sup>24</sup> Benati 2019; Cotte 2012; Cotte 2010.

<sup>25</sup> Daffara et al. 2010; Delaney et al. 2017.

<sup>26</sup> Cotte & Simonot 2020.

<sup>23</sup> Cotte & Simonot 2020.





FIGURE 6 Image couleurs D65 du BAV, *Vat. gr. 2306*, ff. 78<sup>v</sup>+82<sup>r</sup>  
© BAV



gramme basés sur l'entropie de Shannon étendent la dynamique des images résultantes<sup>27</sup>.

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, ou encore des calculs de dérivé numérique sur les réflectances. Le choix des longueurs d'onde et des opérations implique de nombreuses combinaisons et reste difficile à automatiser. Pour les palimpsestes, les calculs les plus efficaces sont les suivants.

1/ La dérivée de la réflectance de trois filtres  $R_{\lambda_1}$ ,  $R_{\lambda_2}$  and  $R_{\lambda_3}$

$$L.A.M. = \left[ - \left( \frac{R_{\lambda_3} - R_{\lambda_1}}{2} + R_1 \right) + pR_{\lambda_2} \right] \quad Eq.(1)$$

Où  $R_{\lambda_i}$ ,  $R_{\lambda_3}$  sont deux réflectances à deux longueurs d'onde lambda, et  $p$  un coefficient qui accroît le poids de la réflectance  $R_{\lambda_2}$ .

2/ Le rapport  $K_\lambda/S_\lambda$  des coefficients d'absorption  $K$  et de la rétrodiffusion  $S$  obtenus à partir de la réflectance par la fonction de Kubelka-Munk<sup>28</sup>. Cette opération met en évidence les différences d'absorption et est beaucoup plus sensible que les différences de réflectance.

$$L.A.M. = \left[ \left( \frac{(1 - R_{\lambda_1})^2}{2R_{\lambda_1}} \right) - p \left( \frac{(1 - R_{\lambda_2})^2}{2R_{\lambda_2}} \right) \right] \quad Eq.(2)$$

Où  $R_\lambda$  est la réflectance à la longueur d'onde lambda, et  $p$  un coefficient pour optimiser le contraste.

Tous ces calculs produisent 1650 images. Comme en échographie médicale, une seule image fixe est difficile à comprendre sans observer les autres images. Pour rendre la technique efficace, les 1650 images sont visionnées à une fréquence vidéo de plusieurs par seconde, et les plus remarquables sont isolées.

Pour un même détail, il est souvent intéressant de superposer les informations données par plusieurs images L.A.M. Comme toute technique de détection, la méthode peut présenter des faux positifs. Ainsi, l'analyse doit être confiée à un expert technique qui vérifie que l'information se retrouve dans plusieurs combinaisons de longueurs d'onde. L'expert doit avoir les connaissances nécessaires pour sélectionner la meilleure image L.A.M. et être un spécialiste de la technique artistique ou de l'écriture pour interpréter correctement les signaux détectés.

Cette méthode est diffusée et enseignée à l'Université de Bologna *Alma Mater Studiorum*. Elle est largement utilisée pour l'analyse des peintures<sup>29</sup>, des dessins et des palimpsestes<sup>30</sup>. Cette méthode complète la liste des examens scientifiques effectués sur les œuvres d'art pour analyser les couches inférieures de la matière picturale afin de trouver, par exemple, les dessins préparatoires, les repeints et les restaurations. Dans la plupart des cas, cette méthode fournit de meilleurs résultats que la réflectographie IR.

## 2.7 Résultats

Les images couleurs haute résolution sont éclaircies et permettent la lecture des textes visibles à l'œil nu en offrant une acuité supérieure à une observation directe ou avec une loupe (fig. 7B). Les images en fluorescence U.V. mettent en évidence un plus grand nombre de lettres (fig. 7), cette lecture sera complétée, lettre par lettre avec plusieurs images L.A.M. (fig. 7C–D).

## 3 Exemple : un extrait de Strabon XIV, 1, 45 C650

Un exemple de l'intérêt d'une utilisation de la fluorescence U.V. est offert dans le *Vat. gr.* 2306, au f. 80<sup>v</sup> (45e cahier du manuscrit original d'après Aly<sup>31</sup>; fig. 8A–B), réduit à un lambeau dont la partie droite a été agressée par les réactifs chimiques, tandis que, à gauche, dans la colonne I, la superposition des trois couches d'écriture présente un obstacle réel au déchiffrement de la *scriptio inferior*, comme en témoignent les lectures divergentes d'Aly et de Lasserre. Dans le passage en question, Strabon (XIV, 1, 45 C650) vient de décrire la région de Nysa, où il s'est formé dans sa jeunesse à l'école du grammairien homérisant Aristodémos, entre Ionie et Carie. Quittant Nysa, il évoque les reliefs montagneux qui se présentent au voyageur, dont celui de la Mésogis (act. Aydınlı Dağları); à ce propos, F et les manuscrits de  $\alpha$  ont le texte suivant, qui offre des difficultés syntaxiques dans le détail desquelles on n'a pas à entrer ici<sup>32</sup>: ἀπὸ δὲ τριάκοντα σταδίων τῆς Νύσης ὑπερβάσι Τμῶλον τὸ ὄρος τὴν Μεσσηνίδα ἐπὶ τὰ πρὸς τὸν νότον μέρη καλεῖται τόπος Λειμών κτλ. Dans le palimpseste, et contrairement à Lasserre, Aly ne relevait aucune mention explicite du massif du Tmolos (act. Boz Dağ), qui fait face vers le nord à celui de la

27 Menotti Gomes 2008.

28 Kubelka & Munk 1931; Kubelka 1948.

29 Cotte 2014.

30 Projet « Palimpsestes et imagerie multispectrale » porté par Victor Gysembergh (Centre Léon Robin, UMR 8061 – Sorbonne Université).

31 Aly 1956, xxiii.

32 L'apparat critique de Radt en rend compte.

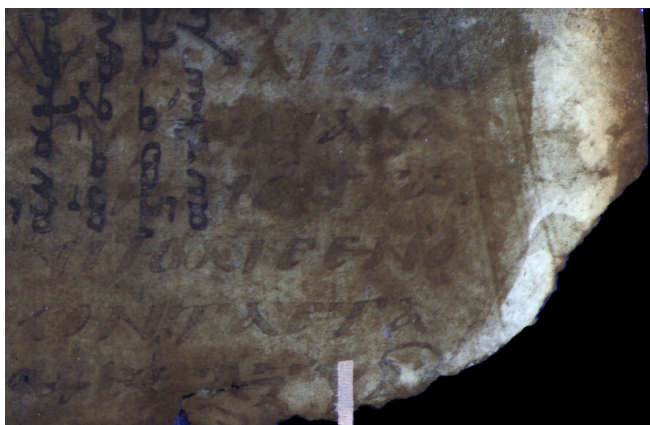


FIGURE 7A  
BAV, *Vat. gr.* 2306, ff. 78<sup>v</sup>+82<sup>r</sup>, fluorescence U.v. éclaircie par traitement logiciel Photoshop (détail)

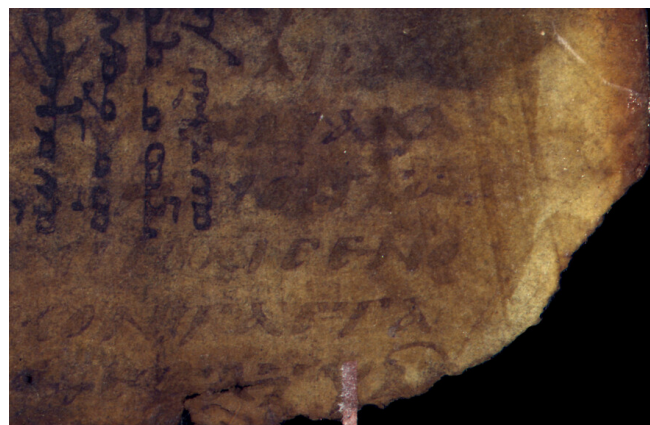


FIGURE 7B  
BAV, *Vat. gr.* 2306, ff. 78<sup>v</sup>+82<sup>r</sup>, couleurs visibles D65 (bandes de longueurs d'onde utilisées: de 400 nm à 720 nm.), photographie éclaircie par traitement logiciel Photoshop (détail)

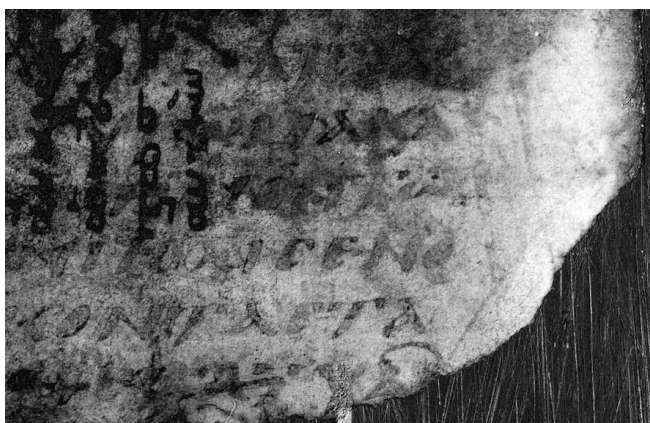


FIGURE 7C  
BAV, *Vat. gr.* 2306, ff. 78<sup>v</sup>+82<sup>r</sup>, L.A.M. Haute Résolution 348 d 4-2-1 (détail). 348 est le numéro d'ordre, D le code du calcul de la différence entre les deux filtres, 4 le numéro du premier filtre, 2 le numéro du deuxième filtre, et 1 le coefficient multiplicateur appliqué sur le deuxième filtre.

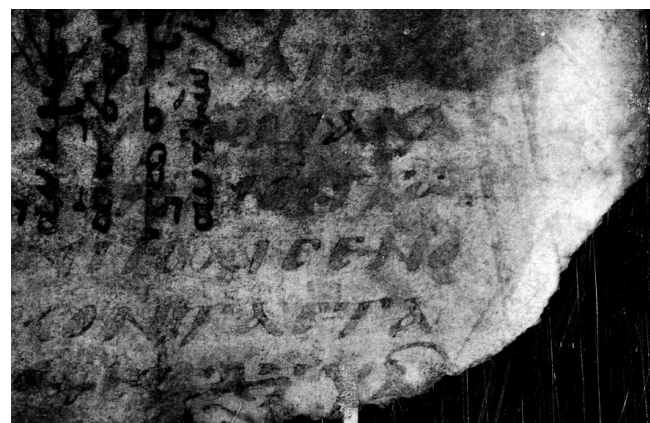


FIGURE 7D  
BAV, *Vat. gr.* 2306, ff. 78<sup>v</sup>+82<sup>r</sup>, L.A.M. Haute Résolution 1642 Rad-560-R2 (détail). 1642 est le numéro d'ordre, Rad le code du calcul, ici radiatif, 560 le filtre utilisé, R2 la version révisée n° 2 du calcul.

Mésogis. Il lisait en effet ἀπὸ δὲ [τριάκο]ντα σταδί[ων τῆς] Νύσης ὑ[περβάσι]ν τὸ ὄρος [...].ν Μεσσηνί[δα]. Les images multispectrales montrent que sa lecture était la bonne et que celle de Lasserre a été, inversement, influencée par le texte de la tradition médiévale.

TRANSCRIPTION du texte de la fig. 11 (Strabon XIV, 1, 45 C650; Aly 1956, 104, col. II; facsimile Lasserre p. 69bis, col. II):

]ΑΙ ΑΠΟΔΕ  
]ΝΤΑΚΤΑΔΙ  
]ΝΥΧΙΣΥ  
]ΝΤΟΟΡΟC  
]ΝΜΕΩΩΓΙ

L'exemple qu'on vient de produire donne une idée des avancées qu'on peut attendre du programme présenté ici dans ses composantes philologique et technique. Ce programme a pour objectif d'étudier le plus ancien témoin de Strabon sous les différents aspects que suppose son analyse, paléographiques, codicologiques et textuels. La visée en est d'abord éditoriale: il s'agit en effet de procurer, dans la *Collection des Universités de France*, la publication des livres de la *Géographie* qui y sont encore inédits. Mais on se propose aussi, en poursuivant les travaux de Wolfgang Aly, Carlo Maria Mazzucchi, Giuseppe De Gregorio et d'autres, de restituer l'histoire du manuscrit dans les différentes étapes de celle-ci.

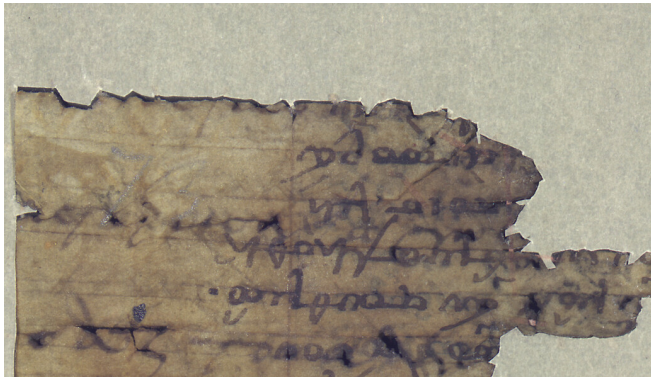


FIGURE 8A  
BAV, *Vat. gr.* 2306, f. 80<sup>v</sup>, couleurs visibles D65<sup>33</sup> (détail)

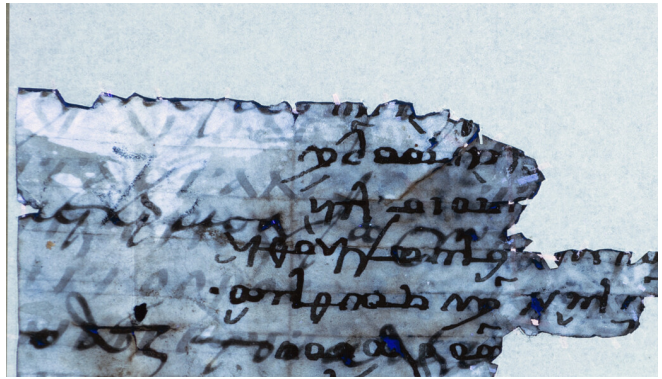


FIGURE 8B  
BAV, *Vat. gr.* 2306, f. 80<sup>v</sup>, fluorescence U.V. (détail). Les trois textes sont visibles: à gauche, dans tout l'espace de la marge, la *scriptio inferior* (Strabon), en petite onciale; le texte intermédiaire (*Nomocanon*) est visible à gauche, il se superpose à la troisième ligne du Strabon; la *scriptio superior* (à lire en sens inverse) est bien visible, à l'encre noire, dans toute la partie droite de l'image.

### Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement pour leur accueil et l'aide constante qu'ils leur ont apportée, pendant la mission et dans la préparation de celle-ci, la Dott.ssa Claudia Montuschi, directrice du Dipartimento dei manoscritti de la Biblioteca Apostolica Vaticana; la Dott.ssa Ángela Núñez Gaitán, directrice du Laboratorio di conservazione e restauro; il Dott. Andrea Pedditzi, direttore della Biblioteca Statale del Monumento Nazionale di Grottaferrata; la Dott.ssa Anna Onesti, conservatrice de la Biblioteca Statale del Monumento Nazionale di Grottaferrata; le Dott. Massimo Breazzano, responsabile du Laboratorio di restauro di Grottaferrata.

### Bibliographie

- Aly, Wolfgang (1943): *Fragmentum Vaticanum De elegendis magistratibus, e codice bis rescripto Vat. gr. 2306. Accedunt tabulae III*. Città del Vaticano: Biblioteca Apostolica Vaticana (Studi e Testi 104).
- Aly, Wolfgang (1956): *De Strabonis codice rescripto*. Città del Vaticano: Biblioteca Apostolica Vaticana (Studi e Testi 188).
- Aly, Wolfgang (1957): *Strabon von Amaseia. Untersuchungen über Text, Aufbau und Quellen der Geographika*. Bonn: Rudolf Habelt Verlag.
- Aly, Wolfgang (ed.) (1968): *Strabonis Geographica*. Vol. 1. *Praemonenda de noua Geographiconum editione. Libri I-II (Prolegomena Strabonis)*, ed. Kirsten, Ernst & Lapp, Friedrich, praef. Hommel, Hildebrecht. Bonn: Rudolf Habelt Verlag.
- Aly, Wolfgang (1972): *Strabonis Geographica*. Vol. 2. *Libri III-VI*,

ed. Kirsten, Ernst & Lapp, Friedrich. Bonn: Rudolf Habelt Verlag.

- Benati, Daniele (ed.) (2019): *Emozione Barocca. Il Guercino a Cento. Catalogo della mostra (Cento, 9 novembre 2019–15 febbraio 2020)*. Cinisello Balsamo: Silvana.
- Broia, Daniele & Faraggiana di Sarzana, Chiara (1999): Per una rilettura del palinsesto *Vat. Gr. 2061A*: saggio di ripristino digitale e di edizione diplomatica del *Nomocanone* alla luce del sistema RE.CO.RD©, in *Bollettino della Badia Greca di Grottaferrata* 53, 67-78.
- Canart, Paul (2004): Les palimpsestes des fonds grecs de la Bibliothèque Vaticane, une liste sommaire et quelques précisions, in Janssens, Bart & Roosen, Bram & Van Deun, Peter (eds.): *Philomathestatos: Studies in Greek and Byzantine Texts Presented to Jacques Noret for his Sixty-fifth Birthday*. Leuven-Paris-Dudley: Peeters (Orientalia Lovaniensia Analecta 137), 45-55; iterum ed. in Canart, Paul (2008): *Études de paléographie et de codicologie*. Vol. 2. Città del Vaticano: Biblioteca Apostolica Vaticana (Studi e Testi 451), 131-132.
- Cavallo, Guglielmo (1977): La produzione di manoscritti greci in Occidente tra età tardoantica e alto medioevo. Note ed ipotesi, in *Scrittura e Civiltà* 1, 111-132.
- Cohen-Skalli, Aude (2018): La famille des *codices decurtati* et la division en tomes des manuscrits de Strabon, in *Eikasmos* 29, 369-380.
- Cotte, Pascal (2010): *La Fuite en Égypte*: apports de la technique multispectrale haute définition (Lumière Technology), in Dubois-Brinkmann, Isabelle & Laveissière, Sylvain (eds.): *Nicolas Poussin. La Fuite en Égypte, 1657*, Paris: Somogy Éditions, 205-206.
- Cotte, Pascal (2012): Géricault sous l'œil de la caméra multispectrale, in *Géricault, études inédites pour Le Radeau de la*



- Méduse* (catalogue). Clermont-Ferrand: Nicolas Chaudin, 78-99.
- Cotte, Pascal (2014): *Lumière on the Lady with an Ermine by Leonardo da Vinci*. Saint-Fargeau-Ponthierry: Vinci Editions.
- Cotte, Pascal (2015): *Lumière on the Mona Lisa. Hidden Portraits*. Saint-Fargeau-Ponthierry: Vinci Editions.
- Cotte, Pascal & Dupouy, Marcel (2003): CRISATEL high resolution multispectral system, in *Proceedings of PICS 5th Symposium (Rochester, USA, May 14th)*. Springfield: IS&T, 161-165.
- Cotte, Pascal & Dupraz, Damien (2006a): Spectral Imaging of Leonardo Da Vinci's Mona Lisa: A True Color Smile without the Influence of Aged Varnish, in *Proceedings of IS&T (University of Leeds, 19th June 2006)*. Springfield: IS&T, 311-317.
- Cotte, Pascal & Dupraz, Damien (2006b): Spectral Imaging of Leonardo Da Vinci's Mona Lisa: An Authentic Smile at 1523 dpi with Additional Infrared Data, in *Proceedings of IS&T (Ottawa)*. Springfield: IS&T, 228-235.
- Cotte, Pascal & Simonot, Lionel (2020): Mona Lisa's *Spolvero* Revealed, in *Journal of Cultural Heritage* 45, 1-9.
- Crisci, Edoardo (1990): *I palinsesti di Grottaferrata. Studio codicologico e paleografico*. Napoli-Roma: Edizioni Scientifiche Italiane.
- Crisci, Edoardo (1996): *Scrivere greco fuori d'Egitto. Ricerche sui manoscritti greco-orientali di origine non egiziana dal IV secolo a.C. all'VIII d.C.* Firenze: Edizioni Gonnelli (Papyrologica Florentina 27).
- Daffara, Claudia & Pampaloni, Enrico & Pezzati, Luca & Barucci, Marco & Fontana, Raffaella (2010): Scanning multispectral IR Reflectography SMIRR: An advanced tool for art diagnostics, in *Accounts of Chemical Research* 43.6, 847-856.
- De Gregorio Giuseppe (2000): Materiali vecchi e nuovi per uno studio della minuscola greca fra VII e VIII secolo, in Prato, Giancarlo (ed.): *I manoscritti greci tra riflessione e dibattito*. Firenze: Edizioni Gonnelli (Papyrologica Florentina 31), 83-151.
- Delaney, John K. & Trumpy, Giorgio & Didier, Marie & Ricciardi, Paola & Dooley, Kathryn A. (2017): A High Sensitivity, Low Noise and High Spatial Resolution Multi-band Infrared Reflectography Camera for the Study of Paintings and Works on Paper, in *Heritage Science* 5, 32.
- Diller, Aubrey (1975): *The Textual Tradition of Strabo's Geography*. Amsterdam: Adolf M. Hakkert.
- Janz, Timothy (2020): Angelo Mai e i palinsesti della Vaticana, in Rita, Andreina (ed.): *La Biblioteca Vaticana dall'occupazione francese all'ultimo Papa Re (1797-1878)*. Città del Vaticano: Biblioteca Apostolica Vaticana, 194-220.
- Kramer, Gustav (1844-1852): *Strabonis Geographica*. Vol. 1-3. Berlin: Friedrich Nicolai.
- Kubelka, Paul (1948): New Contributions to the Optics of Intensely Light-scattering Materials (1), in *Journal of the Optical Society of America* 38.5, 8-57.
- Kubelka, Paul & Munk, Franz (1931): Ein Beitrag zur Optik der Farbanstriche, in *Zeitschrift für Technische Physik* 12, 593-601.
- Leroy, Pierre-Olivier (2013): Deux manuscrits vaticans de la *Géographie* de Strabon et leur place dans le *stemma codicum*, in *Revue d'Histoire des Textes*, n.s. 8, 37-60.
- Marcotte, Didier (2018): François Lasserre face à Strabon: le texte et les muses, in *Futuro Classico* 4, 227-260.
- Marcotte, Didier (2018-2019): Strabon, des copies de l'âge humaniste au palimpseste. Introduction à une lecture philologique de la *Géographie*, in *Incontri di filologia classica* 18, 195-226.
- Mazzucchi, Carlo Maria (1977): Minuscole greche corsive e librerie, in *Aegyptus* 57, 166-189.
- Mazzucchi, Carlo Maria (1979): Alcune vicende della tradizione di Cassio Dione in epoca bizantina, in *Aevum* 53, 94-139.
- Meineke, August (1852-1853): *Strabonis Geographica*. Vol. 1-3. Leipzig: Teubner.
- Menotti Gomes, David (2008): *Contrast Enhancement in Digital Imaging Using Histogram Equalization*, thèse de doctorat. Centro de Estudos Mineiros (Belo Horizonte, Brésil).
- Radt, Stefan (2002-2009): *Strabons Geographika. Mit Übersetzung und Kommentar*. Vol. 1-8. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.