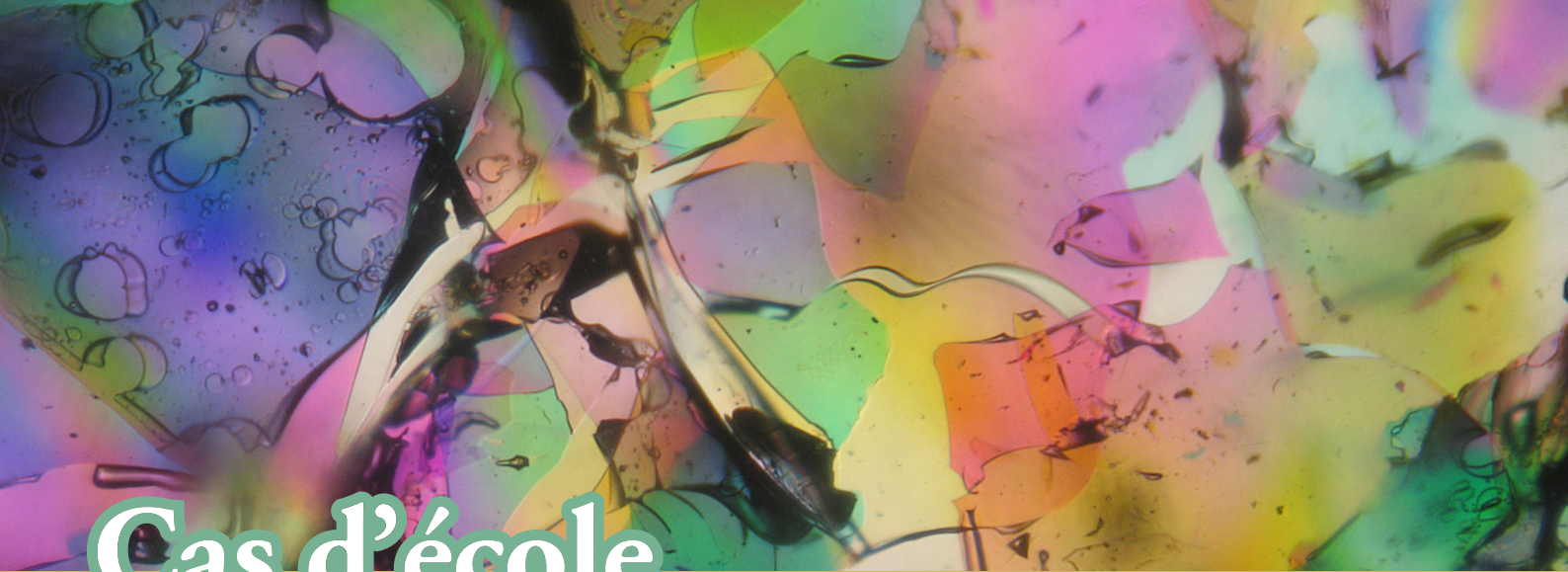




Cas d'école

IMITATION DE LA PIERRE DE SLOCUM

Jean-Pierre Gauthier¹

n° DOI: doi.org/10.63000/G6jpgV225aDnz3

Abstract

IMITATION OF THE SLOCUM STONE - *Slocum stone (John L. Slocum, 1920-1988) is a fairly convincing opal imitation, featuring iridescence due not to diffraction by a two- or three-dimensional grating, but to interference colors from thin films of aluminum oxide within a silica matrix. Here, we present a lower-grade Slocum stone imitation made from a polymer matrix with interferential film flakes. This type of manufacturing can be considered obsolete compared with diffraction grating-based imitations, but remains a textbook case.*

Résumé

La pierre de Slocum (John L. Slocum, 1920-1988) est une imitation de l'opale relativement convaincante, qui présente des irisations dues non pas à de la diffraction par un réseau bidimensionnel ou tridimensionnel, mais à des couleurs interférentielles provenant de films minces d'oxyde d'aluminium à l'intérieur d'une matrice de silice. Nous présentons ici une sorte d'imitation de la pierre de Slocum, de plus basse qualité, composée d'une matrice de polymère comportant des paillettes de films interférentiels. Ce type de fabrication peut être considéré comme obsolète en regard des imitations basées sur les réseaux de diffraction, mais reste cependant un cas d'école.

¹- Centre de Recherches Gemmologiques, 2 rue de la Houssinière, 44332 Nantes cedex, jpk.gauthier@gmail.com

INTRODUCTION

La constitution de l'opale noble a été identifiée dans les années 60 par Pense (1964) et Sanders (1964). Elle est formée d'un arrangement tridimensionnel régulier de sphères de silice hydratée isodiamétrales. Ce réseau donne lieu à des couleurs de diffraction dépendant de son orientation et du diamètre des sphères, compris entre environ 0,2 et 0,35 μm pour pouvoir observer des irisations dans le domaine du visible. La désorientation des "grains d'opale" les uns par rapport aux autres entraîne une mosaïque de couleurs, changeantes lorsqu'on bouge l'échantillon par rapport à la source de lumière et à l'observateur. Pour simuler une opale noble, il s'agit donc de produire de façon aussi convaincante que possible une telle mosaïque de couleurs évoluant avec la direction d'observation. C'est typiquement le cas des couleurs de diffraction ou d'interférences lumineuses.

Les opales non naturelles présentant des couleurs de diffraction sont obtenues de différentes façons :

- a) à l'aide de réseaux tridimensionnels de sphérules de silice : c'est le cas des **synthèses** initialement réalisées par Pierre Gilson (Darragh & Perdrix, 1973, 1975 ; Fairbanks, 1974 ; Schmetzer, 1984) ou des **imitations** comportant, outre des sphères de silice, des particules d'oxyde de zirconium, également de fabrication Gilson (Gauthier, 1986 ; Simonton *et al.*, 1986 ; Banerjee, 1988).
- b) à l'aide de réseaux tridimensionnels de sphérules de polystyrène, que l'on savait produire en réseau régulier bien avant la découverte de la structure de l'opale noble (Alfrey *et al.*, 1954). Ce sont des opales d'**imitation**, souvent appelées dans les articles en anglais "*latex opals*" ou "*plastic opals*" (Horiuchi, 1978, 1982 ; Gunawardene, 1982).
- c) à l'aide de réseaux de diffraction bidimensionnels

ou d'hologrammes plaqués en surface ou à la base de cabochons (Koivula *et al.*, 1993). Ce sont bien entendu des **imitations**, et même des doublets car il faut protéger les film minces ainsi appliqués par un capuchon sur le dôme du cabochon ou par une semelle sur sa base.

Quant aux couleurs d'interférences, elles ne concernent que les opales d'**imitation**, dont les plus convaincantes sont obtenues à partir de coquillages ou minéraux présentant des structures lamellaires fines :

d) deux espèces d'ammonites (*Placenticeras meeki*, Böhm 1898 ; et *P. intercalare*, Meek 1860), connues sous le nom "d'ammolite", gemme officielle de l'Alberta (Canada). Ces espèces fossiles présentent de magnifiques irisations avec des couleurs quasi-spectrales dues à la couche de nacre de la coquille (Mychaluck *et al.*, 2001) pouvant simuler très honorablement les couleurs de l'opale (Johnson *et al.*, 2000 ; Weldon, 1992), mais trop mince et nécessitant des traitements à base de résine époxy (Henn, 1996) ou un capuchon de quartz ou de spinelle protecteur (Wight, 1981 ; Kraus, 1982 ; Mychaluck, 2009 ; Grewal, 2024).

e) la coquille d'un ormeau d'une espèce endémique de la Nouvelle-Zélande, *Haliotis iris* (Gmelin, 1791), nommé "*Paua*" (ormeau en maori) par les autochtones, ainsi que celle des espèces *H. australis* (Queen Paua) ou *H. virginea* (Virgin Paua). Ces espèces "*d'abalones*" (terme utilisé par les anglo-saxons) présentent de très belles couleurs interférentielles et sont élevées pour la production de mabés (Hutchins, 2003). En raison de leurs magnifiques irisations, ces demi-perles sont aussi appelées "opales de mer" (Brown, 1988). D'autres espèces d'ormeaux sont également utilisées à cette fin (*H. rufescens*, *H. corrugata*, *H. fulgens*).

f) divers minéraux, comme l'agate de feu, contenant des systèmes multicouches alternativement de haut et bas indices, donnant des couleurs spectrales

pouvant rappeler les irisations de l'opale. La labradorite a également été considérée comme un possible substitut de l'opale noble, en raison des couleurs interférentielles également dues à l'empilement de couches minces d'indices différents.

g) la pierre de Slocum : celle-ci est constituée d'une matrice en verre silicaté contenant du sodium, du magnésium et du calcium (pour la composition chimique, voir Eckert, 1997) dans laquelle se trouvent des feuillets minces déposés avec alternance d'oxyde d'aluminium et d'oxyde de silicium, constituant un système interférentiel multicouche (Crowningshield, 1974 ; Dunn, 1976 ; Darragh & Sanders, 1978). John Slocum n'a pas divulgué les détails de son invention, mais des fabrications similaires ont été brevetées (Kearnes *et al.*, 2005). À l'époque de sa commercialisation à partir de 1976, la pierre de Slocum a été, comme imitation de l'opale, jugée très convaincante. De nombreux articles y ont été consacrés (Schowalter, 1976 ; Gübelin, 1976 ; Farn, 1979 ; Burch, 1985).

Par la suite, on a vu apparaître quelques fabrications de moindre qualité, ne nécessitant pas les moyens technologiques utilisés pour la pierre de Slocum,

notamment les hautes températures. La matrice de verre a été remplacée par de la résine époxy. La dénomination anglaise est également "*plastic opal*", ce qui peut créer une confusion avec l'opale diffractante constituée de petites sphères de polystyrène. Peu d'articles y sont consacrés et les provenances, en particulier sur les marchés orientaux, ne sont pas précisées (Koivula & Kammerling, 1991 ; Kammerling *et al.*, 1991). Seule, La firme Kyocera est citée pour avoir réalisé ce type de matériau composé de paillettes polygonales orientées au hasard dans une matrice polymérisée (Renfro & Shigley, 2018). En revanche, l'origine de l'échantillon de la présente étude n'est pas connue.

DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON

Ce cabochon provient de la collection de pierres de la section lyonnaise de l'Association Française de Gemmologie et est référencé sous le numéro B1-256. De masse égale à 1,50 carat, ses dimensions sont de 10 x 7 x 4 mm. Son indice de réfraction a été évalué par une lecture à distance à 1,50, pouvant correspondre à un polymère (polyméthacrylate de méthyle : voir Brown, 1999). Il est de basse densité et flotte sur un liquide de densité 1,46, valeur très

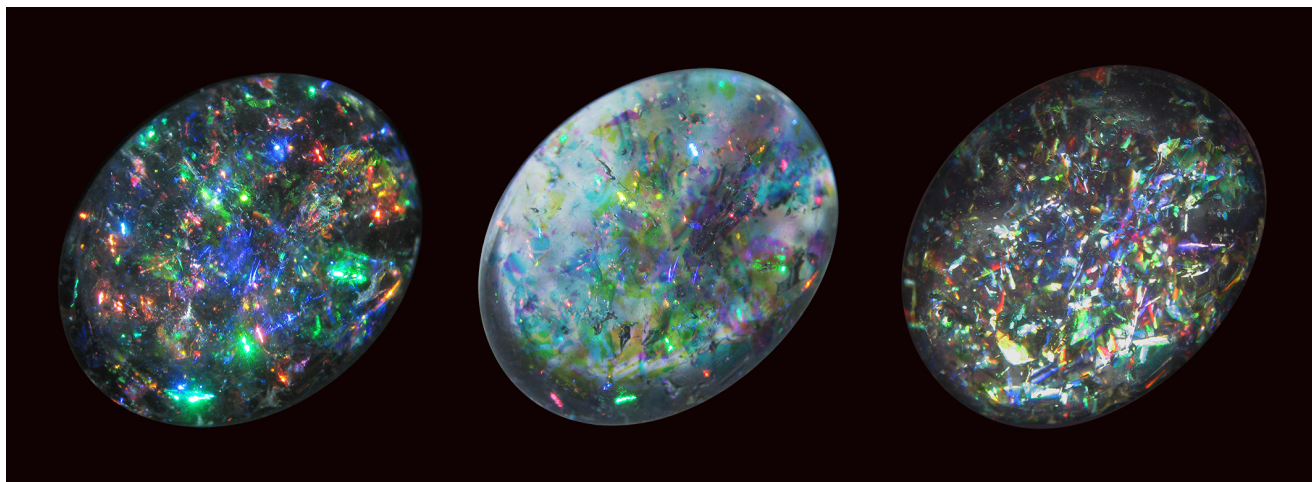


Figure 1 : Opale "plastique" de 1,50 ct et mesurant 10 x 7 x 4 mm: a) en lumière réfléchie sur fond noir ou b) en lumière réfléchie sur fond clair et c) en lumière transmise, entre polariseur et analyseur croisés. Photos : J.-P. Gauthier.

Figure 1: Plastic opal, weighing 1.50 ct and measuring 10 x 7 x 4mm, illuminated: a) from the front against a dark background or b) against a light background and c) by backlighting, between crossed-polarizers. Photos by J.-P. Gauthier.

éloignée de la densité des pierres de Slocum évaluée entre 2,41 et 2,51 par différents auteurs (Schowalter, 1976 ; Gübelin, 1976 ; Farn, 1979), suggérant également la nature plastique de l'échantillon. Il réagit aux U.V. courts (254 nm) (donnant une luminescence jaune) mais pas aux U.V. longs (365 nm). La matrice est transparente et ne possède pas de teinte de masse. A l'œil nu, il ressemble à la variété dénommée en anglais "*pinfire opal*", où apparaissent des éclats ponctuels de lumière colorée très changeants lorsqu'on bouge l'échantillon.

Les observations sont effectuées à l'aide d'un microscope binoculaire Leica S8 APO équipé d'un polariseur et d'un analyseur. Pour les photographies par éclairage arrière, le cabochon a été immergé dans l'eau afin de diminuer la zone de réflexion totale sur le pourtour.

OBSERVATIONS

Ce cabochon d'opale d'imitation, d'apparence clair et transparent, présente une multitude de points lumineux colorés qui changent très rapidement de teintes avec la direction de l'éclairage, mais aussi avec le mode d'observation : de face sur fond noir (Figure 1a) ou sur fond clair (Figure 1b) ou par éclairage arrière entre polariseur et analyseur croisés (Figure 1c).

Photo latérale du cabochon

Après avoir été collé avec un papier adhésif sur la paroi verticale d'un objet parallélépipédique en acier,

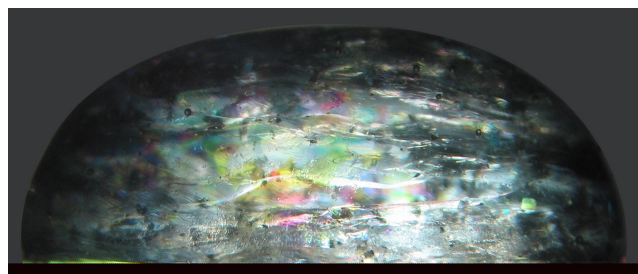


Figure 2 : Cabochon vu de profil. Photo : J.-P. Gauthier.

Figure 2: Cabochon side view. Photo by J.-P. Gauthier.

le cabochon a été immergé dans de l'eau et photographié de profil. On constate la présence de lignes ondulantes sensiblement horizontales qui pourraient correspondre aux strates successives d'introduction de feuillets minces de type cellophane dans de la résine.

État de surface

Bien que paraissant lisse à l'œil nu, la surface de l'échantillon est affectée par deux types de défauts. Tout d'abord, on relève la présence de rayures de polissage relativement grossières, dans plusieurs directions, comme par exemple sur la Figure 3a. Par ailleurs, on constate quelques zones rugueuses d'origine indéterminée, qui pourraient être un manque de poli de surface, mais aussi un dépoli dû à un solvant de nettoyage par exemple (Figure 3b).

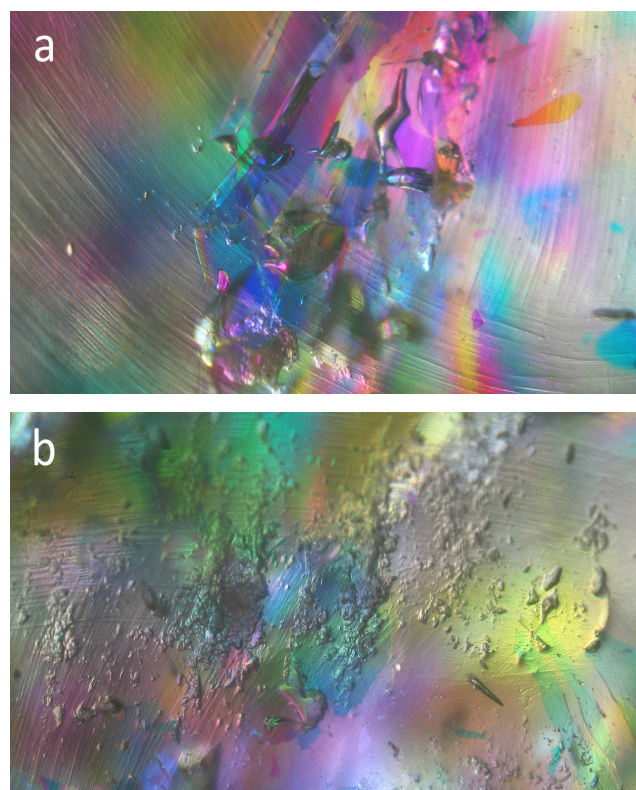


Figure 3 : État de surface du cabochon : a) rayures de polissage ; b) dépoli de surface. Photos en lumière transmise entre polariseur et analyseur parallèles : J.-P. Gauthier.

Figure 3: Cabochon surface finish: a) polishing scratches; b) surface roughness. Backlighting with parallel polarizers. Photos by J.-P. Gauthier.

Présence de bulles

De nombreuses bulles sont visibles dans la matrice polymérisée. La zone sombre de réflexion totale importante sur les bords des bulles rend compte d'une différence d'indice forte entre l'intérieur de la bulle et la matrice, marquant la présence de gaz (probablement de l'air) plutôt que de liquide. Elles sont loin d'être sphériques comme celles de l'opale "plastique" évoquée par Kammerling *et al.* (1991). Sur la Figure 4a, elles sont étirées horizontalement, ce qui peut être la marque d'un fluage dans l'axe est-ouest, mais pas uniquement. En effet, certaines ont des formes inhabituelles, avec des excroissances filamenteuses (Figure 4b), des pointes fines dans deux ou plusieurs directions (Figure 4c) ou un aspect plus bizarre encore (Figure 4d).

Présence de paillettes et mosaïque de couleurs

En lumière transmise, entre polariseur et analyseur parallèles, on observe une mosaïque de couleurs due à une multitude de lamelles ou paillettes de taille millimétrique ou submillimétrique, transparentes, analogues à de petits fragments de cellophane (Figure 5). Chacun a en principe sa propre couleur, mais lorsqu'ils se recouvrent partiellement, ils présentent une couleur différente.

Origine des couleurs et franges d'inclinaison dans les paillettes

Lorsque l'on place une lamelle de cellophane entre polariseur et analyseur croisés, on a généralement un rétablissement partiel de la lumière avec une couleur

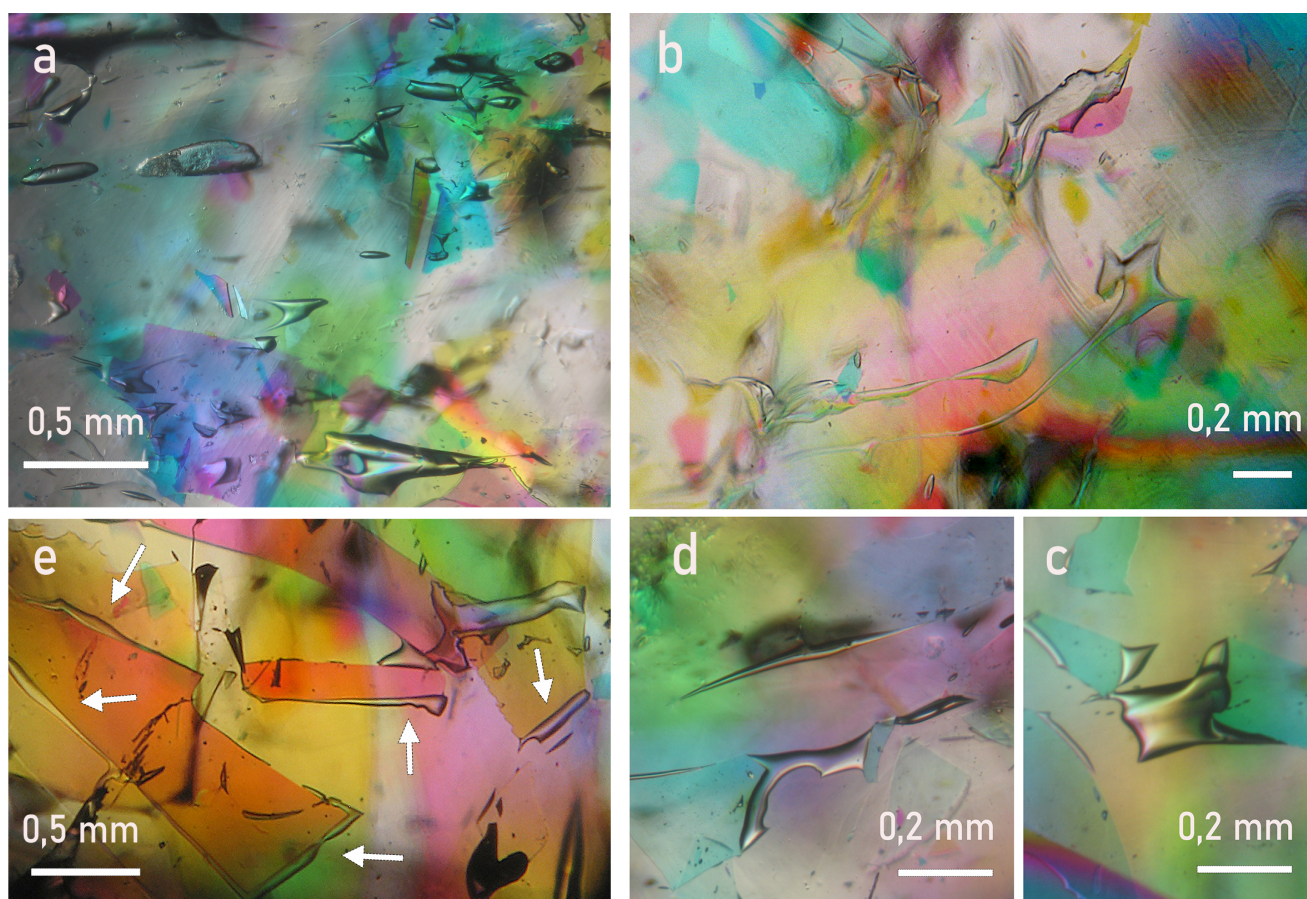


Figure 4 : Bulles de gaz : a,b,c,d) dans la matrice polymérisée et e) le long des bords de paillettes (flèches). Photo : J.-P. Gauthier.

Figure 4: Gas bubbles: a,b,c,d) in the polymerized matrix and e) along flake edges (arrows). Photo by J.-P. Gauthier.

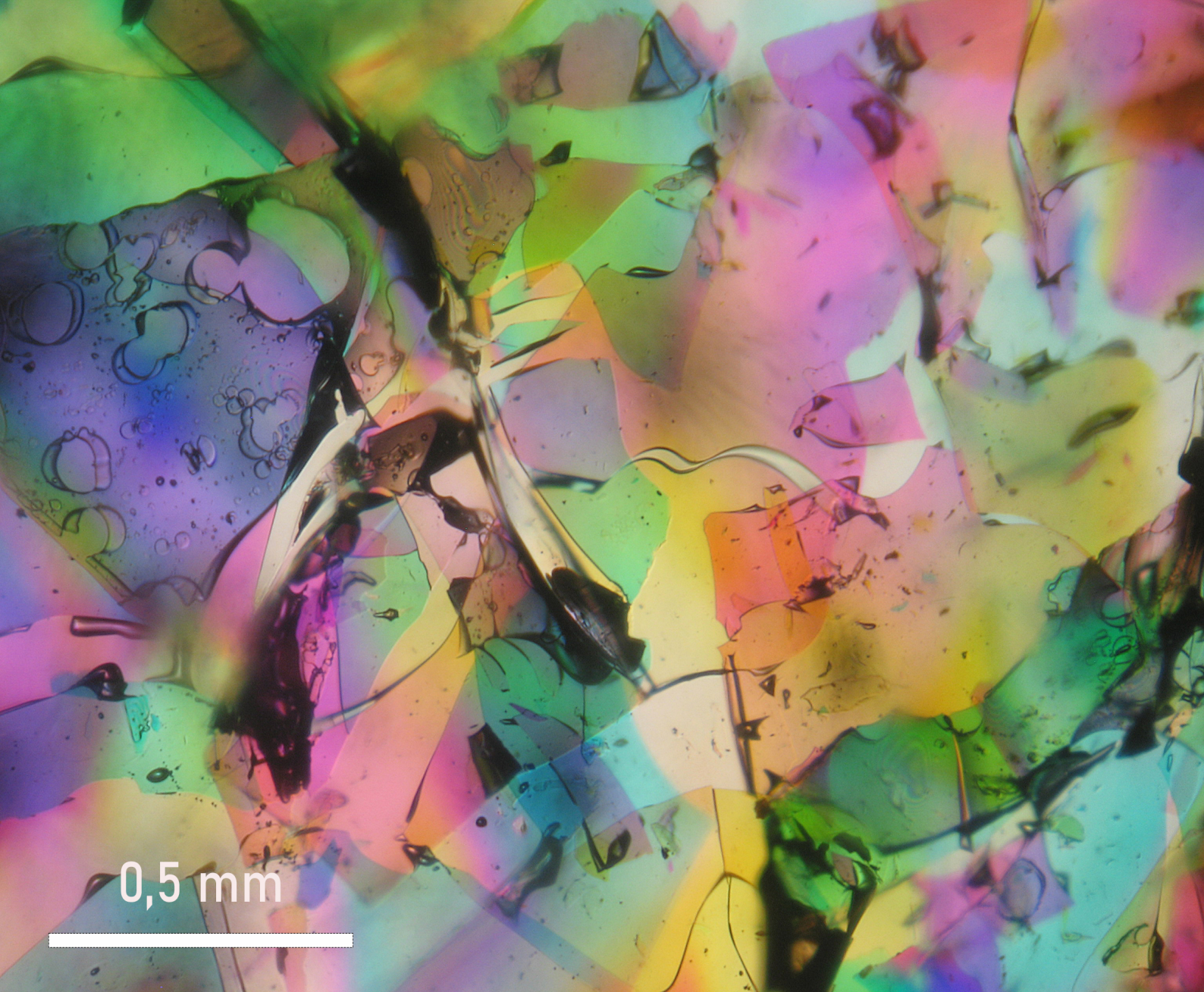


Figure 5 : Mosaïque de couleurs observée sur le cabochon entre polariseur et analyseur parallèles. Photo : J.-P. Gauthier.

Figure 5: Mosaic pattern observed on the cabochon between parallel polarizers. Photo by J.-P. Gauthier.

dépendant de son épaisseur et de son orientation. Cela est l'indication d'une anisotropie, et l'axe optique est en principe un axe de tension différentielle dans le sens de la longueur, perpendiculairement à l'axe d'enroulement de la bande de cellophane utilisée. Sans préjuger de la nature exacte des paillettes présentes dans l'échantillon, elles se comportent exactement comme des fragments de cellophane. Entre polariseur et analyseur croisés, il y a extinction de lumière quatre fois par tour pour chacune d'entre elles.

Si la paillette n'est pas plane, l'épaisseur traversée par la lumière n'est pas la même sur tout le fragment, et par conséquent la couleur va changer. C'est la raison pour laquelle on observe des franges de couleur différente sur certains fragments qui ont subi une courbure lors de l'élaboration du matériau (Figure 6). Il est à remarquer que si des tensions additionnelles affectent localement la lamelle lors de la polymérisation de la matrice, des variations de couleur peuvent aussi se manifester.

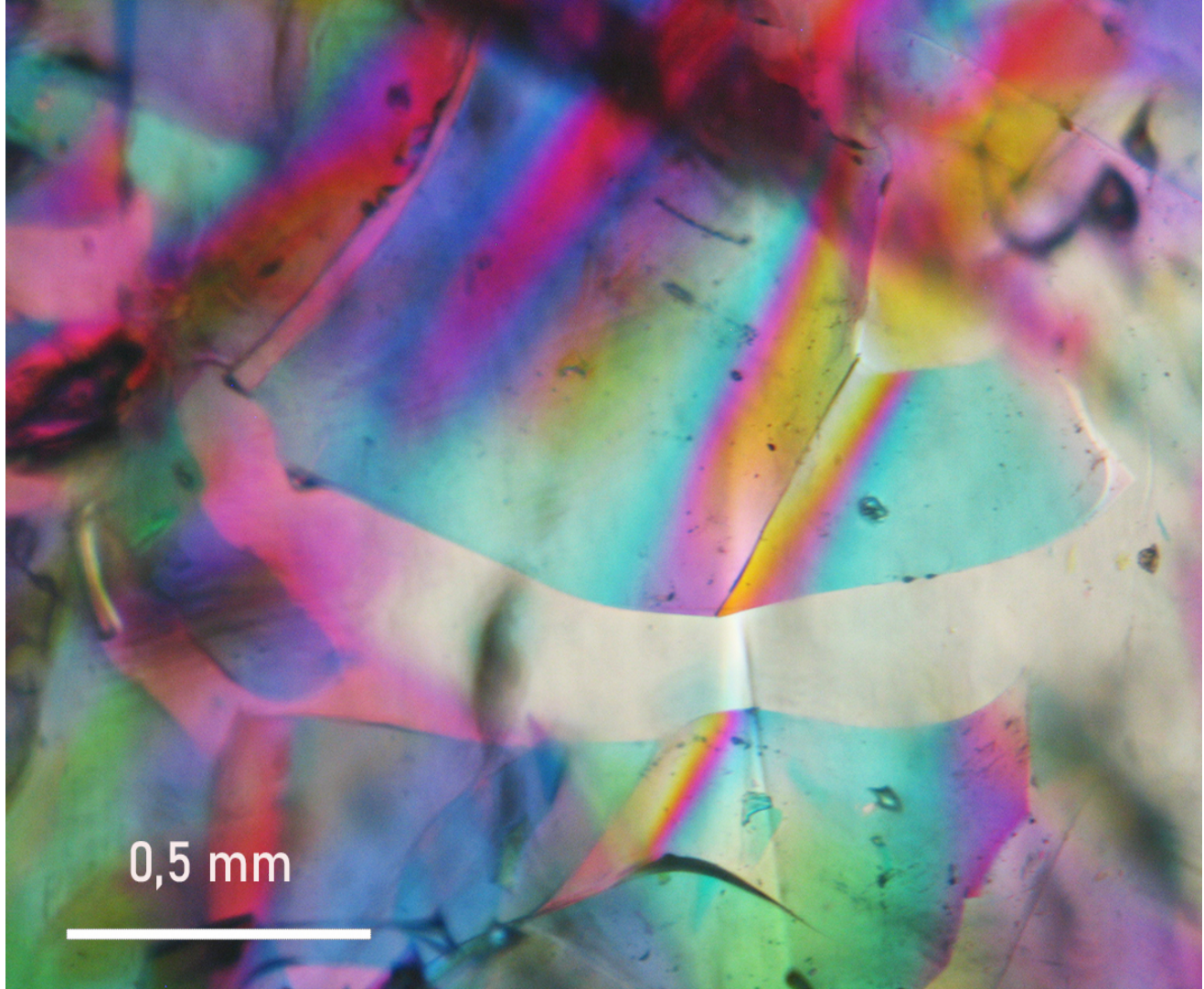


Figure 6 : Franges de différentes couleurs apparaissant dans une lamelle sous l'effet d'une courbure ou d'une tension différentielle. Photo : J.-P. Gauthier.

Figure 6: Fringes of different colors in a lamella due to a curvature or differential stresses. Photo by J.-P. Gauthier.

Notons que les couleurs observées ici, quelles que soient les positions relatives des polariseurs, sont des couleurs de polarisation générées par la rotation différente des vecteurs d'onde pour chaque couleur spectrale. À ne pas confondre avec les couleurs observées par réflexion, qui sont dues aux interférences des rayons réfléchis par les surfaces supérieure et inférieure des lames minces.

Fragmentation des lamelles

Après introduction des lamelles dans la résine et avant polymérisation, le fluage de la matrice pâteuse a probablement entraîné la fragmentation de certaines lamelles. L'indice le plus visible se trouve en haut de la Figure 7 où les deux paillettes larges ont

des profils anguleux, l'un convexe l'autre concave, qui se correspondent après une légère rotation. Plus chaotique et moins évidente est la répartition des petites paillettes de la partie intérieure de la photographie, mais la fragmentation est ici très probable.

Sur la Figure 4, on peut voir également une déchirure ondulante de la lamelle centrale.

Cette dislocation des lamelles initiales, naturelle en raison de la nature pâteuse de la résine ou provoquée volontairement, est propice à la multiplication des directions de réflexion des faisceaux de lumière donnant l'aspect d'opale "pinfire" telle qu'on l'observe sur les Figures 1a et 1b.

DISCUSSION ET CONCLUSION

À l'occasion de cette étude, il nous paraît intéressant de rappeler que la diffraction correspond d'abord à une diffusion de la lumière incidente par des particules de dimensions voisines des longueurs d'onde, organisées en réseau régulier, puis la combinaison de rayons diffusés qui interfèrent additivement dans certaines directions particulières. En revanche, les systèmes lamellaires constituent des miroirs décalés qui permettent aux rayons réfléchis d'interférer en sortie de ces dispositifs interférentiels. Outre le phénomène de dispersion, cette distinction n'est pas toujours faite dans la littérature pour l'explication des irisations présentées par différentes gemmes, souvent accompagnées de la mention "arc-en-ciel" (*rainbow opal*, *rainbow obsidian*, *rainbow andradite*, *rainbow hematite*, *rainbow calcite*, *rainbow moonstone*).

Certaines des photographies effectuées sur l'imitation d'opale "plastique" sont étrangement ressemblantes à celles publiées par Farn (1976) ou Burch (1985) : lamelles interférentielles, bulles d'air atypiques étirées dans diverses directions, fragments de dimensions très variables, fluage, que ce soit dans la pâte de verre ou dans la matrice résineuse, aspect ponctuel (en "tête d'épingle") des réflexions colorées. En ce qui concerne ces effets optiques dans la présente opale "plastique", ils n'ont rien à envier à la pierre de Slocum.

L'échantillon de la collection lyonnaise peut donc être considéré comme une imitation assez convaincante, mais de moindre qualité, de la pierre de Slocum en raison de sa matrice plastique au lieu du verre, moins noble et plus altérable.

Cependant, du fait de leur ressemblance beaucoup plus frappante avec l'opale précieuse, les fabrications basées sur la diffraction par des particules organisées (sphérules de silice ou de polystyrène), contemporaines ou ultérieures à la pierre de Slocum ou à ses succédanés, ont rendu obsolètes les produits basés sur des systèmes interférentiels dans les couches minces, peut-être un peu moins convaincants et surtout plus reconnaissables, car les éléments produisant les irisations sont visibles au microscope optique, alors que les sphérules de silice ou de polystyrène ne le sont pas. Les imitations de l'opale impliquant les colorations dues à des films interférentiels sont surtout des cas d'école pour les jeunes gemmologues qui pourraient rencontrer ces types de cabochons dans les collections des instituts de gemmologie.

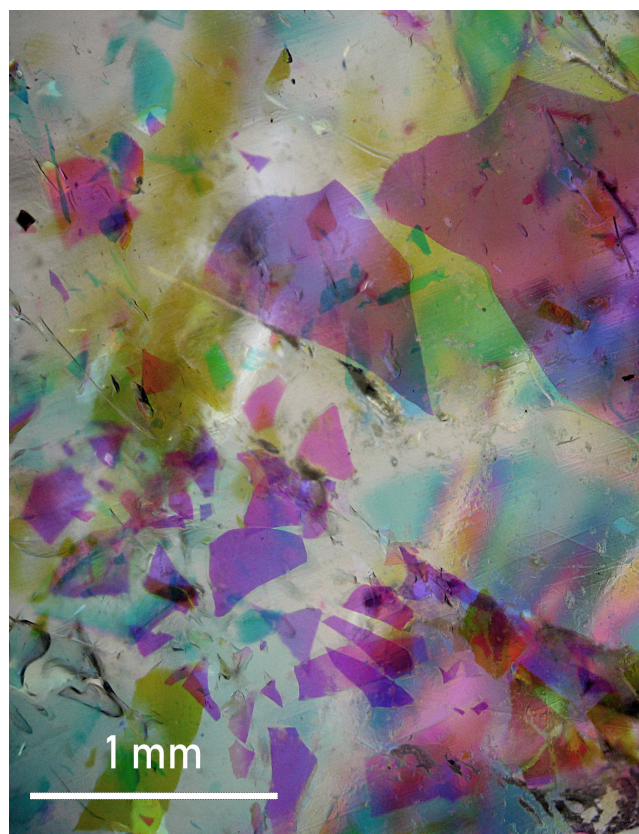


Figure 7 : Dislocation des lamelles sous l'effet du fluage de la matrice résineuse. Photo : J.-P. Gauthier.

Figure 7: Lamellar dislocation of the lamellae due to resin matrix creep. Photo by J.-P. Gauthier.

BIBLIOGRAPHIE

- Alfrey Jr. T., Bradford E.B., Vanderhoff J.W., Oster G. (1954)** Optical properties of uniform particle-size latexes. *Journal of the Optical Society of America*, **44**(8) 603-609, doi:10.1364/JOSA.44.000603.
- Banerjee A. (1988)** Gilson-Opale der neuen Generation. *Kurzmitteilungen aus dem Institut für Edelsteinforschung der Johannes Gutenberg Universität Mainz*, **4**(2) 12.
- Burch C.R. (1985)** A re-examination of Slocum stone-with particular emphasis on inclusions, *The Journal of Gemmology*, **9**(7) 586-596.
- Brown G. (1988)** Paua shell: New Zealand's distinctive organic gems. *The Australian Gemmologist*, **16**(10) 367-370.
- Brown G. (1999)** French opal. *The Australian Gemmologist*, **20**(6) 223-224.
- Crowningshield R. (1974)** Opal, Opal. *Gems & Gemology*, **14**(12) pp 362-366.
- Darragh P.J., Perdrix J.L. (1973)** Precious opal - Developments towards synthesis. *The Australian Gemmologist*, **11**(11) 17-21.
- Darragh P.J., Perdrix J.L. (1975)** Notes on synthetic precious opal. *The Journal of Gemmology*, **14**(5) 215-223.
- Darragh P.J., Sanders J.V. (1978)** Slocum stone. *The Australian Gemmologist*, **13**(5) 148-149.
- Dunn P.J. (1976)** Observations on the Slocum stone. *Gems & Gemology*, **15**(8) 252-256.
- Eckert A.W. (1997)** The World of Opals. New York, New York: John Wiley and Sons.
- Fairbanks E.E. (1974)** The Gilson synthetic opal. *Gems & Minerals*, **438** 32-43.
- Farn A.E. (1979)** Imitation opal: Slocum stone. *The Journal of Gemmology*, **16**(5) 295-300.
- Gauthier J.P. (1986)** Observation directe par microscopie électronique à transmission de diverses variétés d'opales : II. Opale synthétique. *Journal de Microscopie et de Spectroscopie Electroniques*, **11**(1) 37-52.
- Grewal A. (2024)** Ammolite, one of the Earth's most colorful and best kept secrets. *InColor Magazine*, **50** 31-37.
- Gübelin E.J. (1976)** Über eine neue Opal-Imitation. *Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft*, **25**(4) 199-203.
- Gunawardene M. (1983)** Further investigations on opal imitation made of plastic. *The Journal of Gemmology*, **18**(8) 707-714, doi:10.15506/JOG.1983.18.8.707.
- Henn U. (1996)** Über 'Ammolith', einen irisierenden fossilen Schmuckstein aus Kanada. *Gemmologie-Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft*, **45**(3) 138-140.
- Horiuchi N. (1978)** Plastic opal imitation. *Journal of the Gemmological Society of Japan*, **5**(2) 61-65, doi : 10.14915/gsjapan.5.2_61 [en japonais].
- Horiuchi N. (1982)** New synthetic opal made of plastics. *The Australian Gemmologist*, **14**(9) 213-218.
- Hutchins P. (2004)** Culturing abalone half-pearls: The story of the New Zealand Eyris Blue Pearl. *The Australian Gemmologist*, **22**(1) 10-20.
- Johnson M.L., Koivula J.I., McClure S.F., DeGhionno D. (2000)** Colored stones and organic materials - Mosaic ammonite. *Gems & Gemology*, **36**(3) 261-262.
- Kammerling R.C., Koivula J.I., Fritsch E. (1991)** Plastic imitation opals purchased in Thailand. *The Australian Gemmologist*, **17**(12) 498-501.
- Kearnes R.H., Starcke S.F., Bennet K.E. (2005)** Gemstone material. US Patent 20050011225.
- Koivula J.I., Kammerling R.C. (1991)** Plastic imitation opal from Thailand. *Gems & Gemology*, **27**(2) 124-125.
- Koivula J.I., Kammerling R.C., Fritsch E. (1993)** Novel opal simulants. *Gems & Gemology*, **29**(2) 138.
- Kraus P.D. (1982)** Korite from Alberta, Canada. *Lapidary Journal*, **35**(10) 1994, 1996.
- Mychaluk K.A. (2009)** Update on ammolite production from Southern Alberta, Canada. *Gems & Gemology*, **45**(3) 192-196, doi:10.5741/GEMS.45.3.192.
- Mychaluk K.A., Levinson A.A., Hall R.L. (2001)** Ammolite: Iridescent fossilized ammonite from Southern Alberta, Canada. *Gems & Gemology*, **37**(1) 4-25, doi:10.5741/gems.37.1.4
- Pense J. (1964)** Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Calcedon und Edellopal. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Edelsteinkunde*, **50** 25-27.
- Renfro N., Shigley J.E. (2018)** New plastic imitation opal from Kyocera. *Gems & Gemology*, **54**(1) 60-62.
- Sanders J.V. (1964)** Colour of precious opal. *Nature*, **204**(4964) 1151-1153, doi: 10.1038/2041151a0.
- Schmetzer K. (1984)** An investigation of the synthetic products of Gilson showing a play of colours. *The Journal of Gemmology*, **19**(1) 27-42.
- Schowalter M. (1976)** Slocum stone, a new man-made material. *Lapidary Journal*, **30**(6) 1370-1374.
- Simonton T.C., Roy R., Komarneni S., Breval E. (1986)** Microstructure and mechanical properties of synthetic opal: a chemically bonded ceramic. *Journal of Materials Research*, **1**(5) 667-674, doi: 10.1557/JMR.1986.0667.
- Weldon R. (1992)** Ammolite: The colourful fossil gem. *Jewellers Circular Keystone*, **46**.
- Wight W. (1981)** "Korite"-fossil ammonite shell from Alberta, Canada. *The Journal of Gemmology*, **17**(6) 406-415.