



# GEMMES

La revue de l'association  
**Gemmologie & Francophonie**

## GEMMOLOGIE DE LABORATOIRE

- Nouvelles considérations sur la sodalite-hackmanite de la région de Mogok, Myanmar

## DILIGENCE & IMPACT

- Le chemin de la durabilité

## AU COEUR DES GEMMES

- Inclusions communes et rares dans l'aigue-marine



GEMMOLOGIE  
ET FRANCOFONIE

# Les petites mains de la revue

# GEMMES

---

## COMITÉ DE RÉDACTION

Martial Bonnet  
Marie Chabrol  
Boris Chauviré  
Éloïse Gaillou  
Jean-Pierre Gauthier  
Chloé Picard  
Karin Schmoker

## COMITÉ DE LECTURE

Féodor Blumentritt  
Marie Chabrol  
Boris Chauviré  
Aurélien Delaunay  
Dominique Dufermont  
Emmanuel Fritsch  
Éloïse Gaillou  
Jean-Pierre Gauthier  
Chloé Picard

## MISE EN PAGE

Tessa Fougou

## NOUS CONTACTER

[gemmofranco@protonmail.ch](mailto:gemmofranco@protonmail.ch)

## L'ASSOCIATION

[gemmaologie-francophonie.com](http://gemmaologie-francophonie.com)

Envie de contribuer aux savoirs  
gemmaologiques de la francophonie ?

Ecrivez-nous pour nous proposer vos articles :  
[gemmofranco@protonmail.ch](mailto:gemmofranco@protonmail.ch)

Merci pour votre confiance -  
GEMMES c'est 2 numéros par an !



**Photo de couverture :** Photomicrographie d'une inclusion fluide en forme de « confettis » colorés, entourée de multiples canaux dans l'aigue-marine brésilienne étudiée (éclairage en incidence rasante). La lumière et le positionnement de l'échantillon sous microscope font ressortir la composante verdâtre de la couleur de l'aigue-marine. Largeur de champ : 10 mm. Photo : Marine Bouvier

**Cover photo:** Photomicrograph of a colored «confetti»-shaped fluid inclusion, surrounded by multiple channels, in the Brazilian aquamarine studied (grazing lighting). The light and the positioning of the sample under the microscope bring out the greenish component of the aquamarine color. Field of view: 10 mm. Photo: Marine Bouvier

Diamants

Pierres et diamants de couleur

Pierres ornementales

Perles et coraux

Bijoux

Naturalité

Gradation pureté et couleur

Origine géographique

Détection des traitements

Nettoyage et huilage d'émeraudes



# GGTL Laboratories

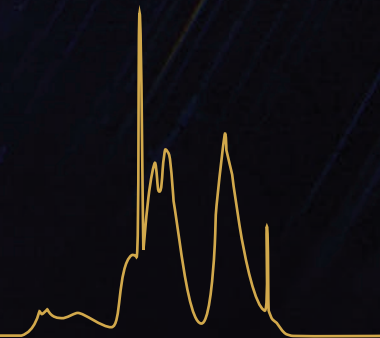
- Leader des gemmes pour la haute horlogerie -

[www.ggtl-lab.org](http://www.ggtl-lab.org)

GGTL Laboratories Switzerland  
GGTL Laboratories Liechtenstein  
GGTL Laboratories Belgium

Route des Jeunes 4bis, 1227 - Les Acacias, Suisse  
Gnecht 42, 9496 - Balzers, Liechtenstein  
Pelikaanstaat 62, 2018 - Antwerpen, Belgique

switzerland@ggtl-lab.org  
liechtenstein@ggtl-lab.org  
antwerp@ggtl-lab.org





## C'est la naissance de la revue GEMMES !

Née en mars de cette année 2023, notre revue débute sous le signe de la pierre de ce mois, l'aigue-marine. Très appréciée en joaillerie, cette gemme, dont la taille se décline sous diverses formes pour en magnifier sa délicate couleur et sa transparence, n'en est pas moins belle dans son état naturel brut de croissance.

Séduite par cette pierre aux multiples inclusions, Marine Bouvier nous en révèle quelques aspects parmi les plus spectaculaires et nous offre une très belle œuvre d'art en page de couverture. Découvrez son article pages 39 - 45.

Photo : Cristal brut d'aigue-marine de la vallée de Shigar au Pakistan de 2,97 grammes. Hauteur du cristal: 15,41 mm et largeur : 10,64 mm. Photo : Marine Bouvier

*Photo : Rough aquamarine crystal from the Shigar Valley in Pakistan of 2.97 grams. Crystal height: 15.41 mm and width: 10.64 mm. Photo: Marine Bouvier*

# ÉDITO

**Bonjour à toutes et à tous,**

Nous voici à la fin du mois de mars, période qui voit arriver l'équinoxe de printemps, moment annonciateur de renaissance pour la Nature qui se réveille de sa longue léthargie hivernale. Nous ne pouvions donc pas choisir un meilleur moment pour vous annoncer avec grand plaisir le lancement, que dis-je, la naissance de la revue de gemmologie de notre association Gemmologie & Francophonie !



Notre volonté de créer cette revue qui sera digitale dans un premier temps vient de plusieurs constats, le premier est de vouloir combler un trou béant laissé par l'absence de revue francophone en ce qui concerne notre domaine en Suisse. Et oui, nous sommes basés en terre d'Helvétie et si les pays amis limitrophes ont les leurs, pourquoi pas nous ? La seconde raison tient dans l'un des mots du titre de notre association, la francophonie ! Il existe bien des revues ou des newsletters dans les pays francophones mais rien n'existe pour centraliser les recherches, les données et les bonnes volontés.

Loin de vouloir remplacer ou évincer les initiatives déjà existantes, nous avons à cœur de trouver notre place afin de pouvoir continuer notre travail d'agrégation des différentes forces de la gemmologie francophone. Notre volonté est de pouvoir travailler avec les laboratoires, les revues existantes, les différentes écoles qui œuvrent à la formation des professionnels

du métier et les nombreux acteurs « indirects » tels que les musées ou collections privées afin de nourrir cette revue qui se veut avant tout un creuset.

La gemmologie est une discipline très encyclopédique, car elle touche une majorité de domaines, des sciences naturelles (minéralogie, cristallographie, physique et chimie, ... ) aux sciences humaines (géographie,

histoire, ...) et bien entendu aux domaines des arts et des marchés. Il existe ainsi autant d'axes d'intérêt qu'il existe de spécialités la concernant. Grâce à toutes ces possibilités, nous pouvons espérer recueillir de nombreux articles qui agrémenteront nos lectures de thèmes inédits, captivants et instructifs.

Nous espérons que notre proposition vous séduira et que nous aurons le plaisir de publier nombre d'articles venant de tous les pays francophones qui pratiquent des recherches en gemmologie ou qui fournissent les gemmes que nous chérissons tant.

**Martial Bonnet**  
**Président**  
**Gemmologie & Francophonie**





# GEMGENÈVE

11 > 14 MAI 23

PALEXPO GENÈVE

## INTERNATIONAL GEM & JEWELLERY SHOW

*Pour les amateurs et les passionnés  
de joaillerie et de pierres précieuses*

 ANGLO BELGE  
SPECIAL RISKS



 SSEF  
SWISS SCIENTIFIC SERVICES FOR THE  
FURNACE OF GEMSTONES

 palexpo

[gemgeneve.com](http://gemgeneve.com)

# SOMMAIRE

Numéro 1 Printemps 2023

ÉDITO	5	UN JOUR, UNE CURIOSITÉ	
SOMMAIRE	7	• <b>Plans d'empilement de sphères de silice dans une opale éthiopienne</b>	30
À RETROUVER DANS CE NUMÉRO	8	Jean-Pierre Gauthier & Francesco Mazzero	
LE MOT DE L'ASSOCIATION	9	AU CŒUR DES GEMMES	
DILIGENCE ET IMPACT		• <b>Inclusions communes et rares dans l'aigue-marine</b>	39
• <b>Le chemin de la durabilité</b>	10	Marine Bouvier	
Chloé Picard		MARCHÉ	
GEMMOLOGIE DE LABORATOIRE		• <b>Belle reprise à Miami</b>	46
• <b>Un exceptionnel zircon photochrome de 9,58 carats</b>	15	Marie Chabrol	
Féodor Blumentritt & Franck Notari		SÉMINAIRES & COLLOQUES	
• <b>Synthétiser des diamants au laboratoire comme ils se forment dans la nature</b>	18	• <b>L'ornement précieux</b>	50
Hélène Bureau		Marie-Laure Cassius-Duranton	
• <b>Nouvelles considérations sur la sodalite-hackmanite de la région de Mogok, Myanmar</b>	32	ON PARTAGE	57
Emmanuel Fritsch, Nicolas Hébert, Féodor Blumentritt & Cassandre Moinard			
ASSOCIATION			
• <b>Ce que les noms des pierres disent de nous</b>	24		
Gemmologie & Francophonie			
• <b>Un Jardin d'Hiver 2023 réussi</b>	54		
Gemmologie & Francophonie			

# À retrouver dans ce numéro

## Les gemmologues francophones

« Nous résumons ici les premières analyses de l'un des plus grands zircons présentant un photochromisme de type T... »

**Féodor Blumentritt & Franck Notari**  
- p15

« Un lot de 13 kg d'hackmanite de la région de Mogok a donné lieu à quelques observations surprenantes qui contribuent à une meilleure connaissance de ce minéral, la variété photochrome de la sodalite »

**Emmanuel Fritsch, Nicolas Hébert, Feodor Blumentritt, Cassandre Moinard** - page 32

« Un des premiers intérêts du salon est d'être le tout premier de l'année. Pour cette raison particulière, et en raison de son antériorité, sa réputation et ses dates, il est un excellent baromètre de l'activité du métier... »

**Alexandre Rieunier & Matthieu Darnis**  
- p 46

« Une entreprise durable a un impact positif sur toutes ses parties prenantes à court et à long terme. Elle répond à un besoin sociétal... »

**Chloé Picard** - p 10

« Chaque année nous découvrons de nouvelles espèces minérales au coeur des diamants. Mais comment se forment les diamants dans la Terre. Cette question reste posée... »

**Hélène Bureau**  
- p 18

« La présence de ces superbes inclusions « confettis » additionnée aux canaux de croissance permet alors de produire des photomicrographies artistiques du plus bel effet... »

**Marine Bouvier** - p 39

Photo : Projection de Fuller dans un icosaèdre (dépliée). Cette carte est parfois intitulée « une seule île dans un seul océan » pour souligner l'unicité du monde et de l'Humanité. Source : Wikipedia



## Le mot de l'association

L'association Gemmologie et Francophonie a pour but d'offrir un espace de convivialité pour tous les gemmologues partageant le français comme langue maternelle, administrative ou culturelle. Par Francophonie, nous entendons autant les pays membres de l'Organisation Internationale de la Francophonie (OIF) que les particuliers maîtrisant le français à titre personnel. Ce terme fut inventé en 1880 par le géographe Onésime Reclus qui l'utilisa pour supplanter le terme «Francité», trop orienté sur un aspect d'appartenance à la Nation française.

Le français serait la cinquième langue parlée dans le monde avec plus de 320 millions de locuteurs d'après l'OIF. Même si le français est originaire du continent européen et en particulier de la France, le premier pays francophone en termes de locuteurs est la République Démocratique du Congo avec 96 millions d'habitants, qui a pour capitale Kinshasa. L'Afrique est maintenant le premier continent en ce qui concerne l'usage du Français ; notre langue commune est partagée par de nombreux pays avec des cultures très diverses allant de la culture arabomusulmane au Royaume du Maroc jusqu'aux nombreux pays de la culture Mandingue en Afrique de l'Ouest. La diversité de la francophonie se perçoit dans les usages locaux des expressions utilisées. Comme exemple, si l'on «magasine» au Québec, on «commissionne» en Afrique de l'Ouest, lorsque l'on «fait ses courses» en France.

Afin de pouvoir nous situer au centre de la francophonie sans pâtir du poids de l'histoire qui nous précède, nous avons fait le choix de baser notre association en Suisse, à Genève, pour bénéficier d'un positionnement historiquement neutre et accueillant. Notre revue «Gemmes» se veut ouverte sur tous ces pays et populations qui composent notre famille linguistique. Elle se donne pour objectif de permettre, à qui le désire, d'accéder à un espace de publication pour les passionnés de gemmologie afin de partager leurs démarches et leurs recherches en apportant leurs pierres à notre édifice. Nous souhaitons offrir cet espace en garantissant un

sérieux dans notre ligne éditoriale et c'est pourquoi nous sommes ravis de pouvoir compter sur une équipe reconnue et performante.

Pour vous donner une idée des très nombreuses possibilités qu'offre notre aire d'activités gemmologiques francophones, nous pouvons en évoquer quelques exemples : le Québec avec ses diamants de la mine Renard ou les grenats du Mont Saint-Hilaire ; le Cameroun qui regorge de nouvelles occurrences de saphir, d'améthyste, de grenat ou de tourmaline sans compter l'île aux mille trésors qu'est Madagascar, véritable corne d'abondance pour nous autres gemmologues. Notre francophonie a même la chance de compter des productions de perles en Polynésie et au Vietnam.

En dehors des ressources de matières premières, la francophonie est un creuset de savoir-faire en termes d'expertise des marchés et de la taille des pierres, au même titre qu'Anvers ou Tel Aviv pour le diamant. La partie scientifique est aussi très active car de nombreux laboratoires de portée internationale sont implantés en Suisse, en France ou en Belgique. Ces institutions sont très actives dans les domaines de la recherche et de l'élaboration de matériels de pointe pour les contrôles de naturalité.

La revue «Gemmes» a une vocation francophone mais la connaissance et son partage sont nos maîtres-mots, c'est pourquoi nous pourrions à l'occasion accepter la traduction d'articles relevant d'autres familles linguistiques afin de diffuser des informations importantes pour nos lecteurs n'ayant pas accès à d'autres langues de travail.

C'est avec un immense plaisir que nous posons la première pierre de cette aventure gemmologique francophone, ouverte à tous, dans une démarche qui se veut bienveillante et constructive. Et pourquoi ne pas rêver un jour de nous rassembler à Kinshasa ou à Montréal. Nous vous souhaitons beaucoup de plaisir à la lecture de notre premier numéro de notre revue «Gemmes» et nous nous réjouissons d'avance de pouvoir échanger avec vous, voire de vous rencontrer !



# Diligence & Impact

LE CHEMIN DE LA DURABILITÉ

Chloé Picard <sup>1</sup>

## Abstract

*The adjective sustainable (“durable” in French) is, according to the French dictionary Petit Robert, “likely to last a long time”. Still according to this noble book, a company is defined as “an organization for the production of goods or services of a commercial nature”. To last, a company must, among other things, protect itself from the vagaries of the market and keep its essential human resources close. Here are two main pillars encompassed by the term sustainability. Today, a third aspect is indeed at the center of any strategic thinking: the environment. It is around these three axes that companies should commit to improving their practices, demanded by a growing number of their customers among the younger generations.*

## Résumé

L'adjectif durable ou *sustainable* en anglais (du verbe soutenir) est, selon le Petit Robert, « de nature à durer longtemps ». Toujours selon ce noble pavé, une entreprise se définit comme « une organisation de production de biens ou de services à caractère commercial ». Pour durer, une entreprise doit entre autres se protéger des aléas du marché et garder auprès d'elle ses ressources humaines essentielles. Voici deux piliers principaux qu'englobe le terme de durabilité. Aujourd'hui, un troisième aspect est bel et bien au centre de toute réflexion stratégique : l'environnement. C'est autour de ces trois axes que les entreprises devraient s'engager dans l'amélioration de leurs pratiques, exigées par un nombre croissant de leurs clients parmi les jeunes générations.

---

<sup>1</sup> Chloé Picard, gemmologue, Genève. [chloe@cpgema.ch](mailto:chloe@cpgema.ch), <https://cpgema.ch/>

Image d'illustration de l'article : Mine de Orapa. Photo : Debswana / Orapa Mine. Photo : Debswana

# UNE BOÎTE À OUTILS, UN TERME, UNE IDÉE, UNE ATTENTE... UN CHANGEMENT ?

Voici des mots simples qui définissent une notion complexe : la durabilité. Représentant une mégatendance inévitable et irrésistible, elle englobe plusieurs notions. Pour être durable, une entreprise devrait faire preuve d'engagements autour de trois axes principaux (Théraulaz, 2019) :

- **Économique**, il s'agit de rémunérer au juste prix chaque personne impliquée dans la chaîne d'approvisionnement, de valoriser l'économie locale et veiller à une juste redistribution des richesses.
- **Social**, en établissant des objectifs de lutte contre la discrimination et les inégalités et d'amélioration du bien-être et de la sécurité des employés.
- **Environnemental**, une meilleure gestion des ressources concerne tous les secteurs et va de pair avec la réduction des déchets et leur valorisation.

Différents procédés recouvrent ce dernier point, voici quelques exemples.

**La réutilisation** : c'est préparer et contrôler un déchet pour une application similaire (nettoyage, stérilisation puis remplissage d'une bouteille en verre consignée) : il n'y a pas de déchet immédiat mais au bout de plusieurs cycles.

**Le recyclage** : le déchet est source de matière première. L'extraction de ces substances ou matériaux permet la fabrication d'un nouveau produit. On parle de boucle fermée lorsque l'usage du produit recyclé est similaire au déchet. Cela s'applique très bien aux métaux : l'acier utilisé par la société horlogère ID Genève est entièrement recyclé dans le Jura suisse (Figure 1). La boucle est dite ouverte si le nouveau produit sert à un autre usage. Le joaillier français Boucheron en illustre très bien le principe

avec sa collection capsule en Cofalit®, matériau qui résulte d'un recyclage de sous-produits industriels (Figure 2 - page suivante).



Figure 1 : Bac de recyclage pour l'acier. Photo : ID Genève  
*Figure 1: Recycling bin for steel. Photo: ID Geneva*

**La régénération** : essayer de retrouver une partie des propriétés initiales d'un matériau (repolymériser un plastique ou raffiner une huile).

**La valorisation** : plus globalement, ce sont les opérations qui permettent de réutiliser les matériaux issus des déchets, comme mentionné plus haut ou d'en tirer de l'énergie (Naït Ali, 2022).

Les déchets technologiques (vieux téléphones portables, films photographiques) sont une source écologique d'or et d'argent. Un nombre croissant de joailliers et horlogers indépendants mais également de grandes entreprises comme Pandora (Jared, 2023) valorisent ces matières.

Ces opérations n'ont de sens que si la nouvelle vie du déchet rembourse la facture environnementale du traitement lui-même.

## LES ENTREPRISES, UNE FORCE MAJEURE

Une entreprise durable a un impact positif sur toutes ses parties prenantes à court et à long terme. Elle répond à un besoin sociétal. On entend par partie prenante un individu ou un groupe ayant des intérêts, des attentes et des exigences sur ce que l'entreprise devrait fournir à la société. Les parties prenantes peuvent être primaires : l'environnement, les communautés locales, les fournisseurs, les clients, les employés, les actionnaires ; ou secondaires : les gouvernements, les ONG, le consommateur final, la concurrence, les médias, le monde académique, les associations professionnelles et commerciales.

Dans le domaine qui nous occupe, celui des matières premières précieuses, les attentes et la surveillance de la société civile et des consommateurs vis-à-vis des entreprises est grandissante. Les problèmes sociaux et environnementaux et les sanctions qui en résultent pèsent lourd sur l'image d'un luxe qui peine à justifier son approvisionnement. Le cas est récent : la plupart des pays européens bannissent l'or et les diamants en provenance de Russie, depuis mars 2022, à la suite de l'entrée en guerre contre l'Ukraine (Figure 3 - page suivante). Selon une récente étude de l'association Swissaid, l'importation d'or estampillé Émirats Arabes Unis a bondi en mars 2022, une nation qui n'applique aucun ban d'or russe. « *Malgré les sanctions, le risque que de l'or russe soit importé en Suisse via les Émirats arabes unis (EAU) est important. Les experts s'accordent à dire que la Chine et les EAU font partie des principales destinations d'exportation de l'or russe. Les EAU sont connus pour être une plaque tournante de l'or d'origine douteuse, et des pays comme le Venezuela ou la Libye y ont eu recours alors qu'ils étaient soumis à des sanctions internationales.* » L'association a plusieurs fois dénoncé le manque de transparence de l'origine de l'or importé en Suisse.

Les impacts positifs d'une politique solide de durabilité dans une entreprise sont multiples et amènent de la valeur ajoutée. Cette dernière permet d'assurer la pérennité de l'entreprise, de renforcer son image, de séduire et fidéliser les talents de la jeune génération, d'attirer de nouveaux clients, d'anticiper les contraintes législatives, d'attirer les investisseurs. Une politique de durabilité peut aussi être mise en place au niveau d'une région : l'agence de coopération internationale allemande pour le développement (GIZ) soutient l'objectif d'améliorer sur le long terme l'extraction de matières premières dans les États de l'Union du fleuve Mano (Côte d'Ivoire, Guinée, Liberia et Sierra Léone).

Cette région d'Afrique de l'Ouest dispose d'importantes ressources naturelles (diamant, bauxite, minerais de fer, titane, or, cuivre, bois, cacao, café etc.). Ce soutien s'articule autour de quatre axes d'interventions :

- Diminution de l'évasion fiscale des entreprises minières et augmentation des recettes fiscales.
- Amélioration de la surveillance étatique sur le respect des normes sociales et environnementales.
- Soutien des sociétés civiles qui représentent les intérêts des communautés minières.
- Conseil stratégique pour le développement économique national et local.



**Figure 2 :** Broche « Jack » en or blanc, diamants et Cofalit®. Photo : Boucheron

**Figure 2:** A « Jack » brooch made with white gold, diamonds and Cofalit®. Photo: Boucheron

## S'ENGAGER DANS LA DURABILITÉ

La raison d'être de l'entreprise devrait être l'impact positif sur la société tout en pensant en termes de bénéfices. C'est dans cette optique qu'il est nécessaire aujourd'hui d'activer un mode de pensée global et

transversal. Pas à pas, il s'agit de commencer par définir le périmètre de l'entreprise, du produit et/ou du service. Ensuite vient le recensement des impacts positifs et négatifs, financiers ou non, de l'activité propre et dans la chaîne d'approvisionnement. Qui est impacté par chaque étape de l'activité ? Il est primordial à ce niveau de dialoguer avec les parties prenantes. Pour bien faire entendre le message, certaines démarches porteront leurs fruits : véhiculer des messages faciles à comprendre, apporter une vision et des idées nouvelles, lancer et apprécier les conversations difficiles, s'initier aux outils d'influence et de persuasion, s'engager. La mise en place d'une dynamique d'amélioration continue permettra de planifier des actions durables pour peu à peu éliminer les impacts négatifs. Échanger avec le monde académique alimentera les innovations et, pour ne pas perdre de vue les réalités de terrain, ouvrir le dialogue avec les ONG locales est prioritaire. Ne pas occulter les mauvais résultats, dévoiler les côtés sombres atténuent les suspicions. Pour plus de crédibilité, il est utile d'illustrer les réalisations par des faits concrets. Une fois le discours établi, l'utilisation des outils digitaux, des réseaux sociaux et des médias spécialisés permettront d'étendre le rayonnement et d'atteindre le public cible. Lorsqu'on démarre une politique de durabilité, il semble parfois difficile de communiquer efficacement sur les avancées. Transparence et honnêteté sont les maîtres-mots de tout discours. La transparence, c'est aborder les difficultés, les menaces, les limites et les défis rencontrés. L'honnêteté, c'est reconnaître que dans ce voyage qu'est la durabilité, la route est encore longue et que nous ne sommes, dans notre secteur, qu'aux prémices d'un grand changement.

Lorsqu'il s'agit de communication, le message n'est pas le même selon qu'il s'adresse à un public externe ou interne à l'entreprise. Communiquer à l'externe répondra aux attentes de la société civile, participera à bâtir la confiance et à créer du dialogue. L'image suscitée participera à promouvoir l'entreprise, à la différencier des concurrents et, de



Figure 3 : Diamants bruts russes. Photo : Alrosa

*Figure 3: Rough diamonds from Russia. Photo: Alrosa*

plus en plus, à attirer et fidéliser de nouveaux talents aux idées fraîches. À l'interne, une communication solide apportera un gain de crédibilité et un impact certain pour débloquer des ressources afin de passer des idées aux actes. Avant même d'envisager un changement organisationnel ou stratégique, l'entreprise devra porter sa réflexion sur les éléments de contexte à travers plusieurs questions : Dans quel délai le changement est-il nécessaire ? Quelle est l'ampleur du changement ? Quelles sont les ressources et compétences requises ? Les managers sont-ils aptes à conduire le changement et à mobiliser le personnel... ? Pour mettre en œuvre un changement et surmonter les réticences, une entreprise doit développer et administrer une stratégie de changement efficace qui intègre à la fois les hommes et les processus.

Plusieurs initiatives dans le secteur de la joaillerie et de l'horlogerie peuvent aider les entreprises à s'engager, à l'exemple de la récente Watch & Jewellery Initiative 2030. Elle se donne pour mission de fédérer les marques qui s'engagent sur des objectifs ambitieux et les incite à collaborer à des projets qui impactent toute la chaîne de valeurs. Les objectifs de ces initiatives suivent les préconisations des Nations Unies sur les droits humains ainsi que le devoir de diligence de l'OCDE pour les approvisionnements en provenance de zones de conflit à haut risque,

le blanchiment d'argent et le financement du terrorisme.

Pour poursuivre la réflexion, peut-on considérer l'économie circulaire comme un cercle vertueux ? Ce modèle économique vise la production, la réutilisation – englobant le démontage, l'entretien et la réparation de produits – et le recyclage des matières. L'intention est de consommer moins de ressources et de produire moins de déchets. Dans le secteur du raffinage des métaux précieux, considérer les déchets comme une nouvelle matière première n'est pas nouveau, mais la demande pour ce métal *grandfathered* (déjà acquis, déjà utilisé) est encore mesurée.

Suivre une stratégie durable, c'est prendre en compte le cycle de vie d'un produit dans son ensemble, de la matière première brute qui le compose à sa finition. Comprendre de quelles étapes ce cycle se compose (matière brute, production, emballage, logistique, vente, utilisation, fin de vie), amène à le penser en termes de système. Chaque objet est le résultat de nombreux processus : plus ces processus et leurs impacts sont connus, plus les possibilités d'agir pour améliorer la durabilité abondent.

Pour conclure, c'est une erreur de penser que l'entreprise peut seule améliorer ses impacts. L'engagement avec les parties prenantes est primordial. Les contradictions soulignées par les ONG peuvent sembler inextricables et des partenariats sont indispensables. Dans un secteur très concurrentiel, collaborer et établir des synergies avec d'autres acteurs du domaine reste loin des préoccupations de certains professionnels. Cela tend à changer avec le renouvellement de génération. La transparence sur la redistribution des capitaux économisés s'impose progressivement. Après avoir enrôlé les parties prenantes pour construire les idées et concrétiser les actions, les plans d'investissement de ces capitaux, engrangés grâce aux premières mesures de durabilité, devront être limpides. La crédibilité de l'entreprise est en jeu sur ce sujet.

La question du rôle des grosses entreprises internationales, plus particulièrement celles opérant

des « *commodities* » (matières premières naturelles peu ou pas transformées) se pose. Elles sont les pivots de leurs industries, tant le rayonnement de leurs activités est grand. De l'extérieur, leur influence sur les gouvernements et les régulateurs en place pourraient changer la donne. La société civile a de grandes attentes les concernant.

Les pistes de réflexion abondent et chaque entreprise pourra et devra à l'avenir construire une marche de plus vers une activité plus durable. Et, dans ce voyage, il convient de ne pas perdre de vue la partie prenante secondaire et silencieuse que nous avons en commun, tous secteurs confondus : la future génération.

## RÉPONDEZ-NOUS

Selon vous pourquoi une entreprise devrait intégrer la durabilité ? Quels avantages en tirerait-elle ? Quelle serait votre première initiative personnelle pour faire avancer la durabilité dans votre organisation ?

## BIBLIOGRAPHIE

**Théraulaz D. (2019, 4-5 et 11-12 décembre).** Responsabilité sociale d'entreprise (RSE) [Diapositives de cours].

**Naït Ali K. (2022, 1 juin).** Recyclage : on prend les mêmes et on recommence [Émission de radio]. France Culture. <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/la-methode-scientifique/recyclage-3893495>

**Jarett D. (2023)** Trash to treasure : the brands turning used materials into jewelry. *Rapaport Magazine*, 46(1)3.

**Swissaid (2022, 17 mai).** Hausse alarmante des importations d'or de Dubaï : risque important que de l'or russe entre en Suisse par le biais d'intermédiaires. [Communiqué de presse]. [https://www.swissaid.ch/fr/articles/importations-or-suisse/file:///Users/DS/Downloads/2022\\_05\\_17\\_communique\\_SWISSAID\\_or\\_importations\\_EAU.pdf](https://www.swissaid.ch/fr/articles/importations-or-suisse/file:///Users/DS/Downloads/2022_05_17_communique_SWISSAID_or_importations_EAU.pdf)

<https://www.giz.de/en/downloads/giz2022-en-regional-resource-governance-west-africa.pdf>



Figure 1

# Gemmologie de laboratoire

## UN EXCEPTIONNEL ZIRCON PHOTOCHROME DE 9,89 CARATS

Féodor Blumentritt<sup>1</sup> & Franck Notari<sup>1</sup>

### Abstract

*We were fortunate to observe and analyze a remarkable 9.89 ct zircon showing a strong color change from vivid orange to dark brown after longwave ultraviolet illumination (excited state). Its color comes back to vivid orange after being kept in the dark at room temperature for several months, or by heating the stone up to around 100 °C for a few seconds. The color shift is reversible. These characteristics are typical of what is called a T-type photochromism phenomenon. Our spectroscopic absorption analyses showed that large bands at 510 and 800 nm are involved in the process, but their assignation is yet to be unraveled.*

### Résumé

Nous avons eu la chance d'observer et d'analyser un remarquable zircon de 9,89 ct montrant un changement de couleur prononcé de l'orange vif au brun foncé après une illumination aux ultraviolets longs. Cette pierre reprend sa couleur orange vif après avoir été conservée dans le noir et à température ambiante durant plusieurs mois, mais également après avoir été chauffée autour de 100 °C durant quelques secondes. Ce changement de couleur est réversible. Nous résumons ici les premières analyses de l'un des plus grands zircons présentant un photochromisme de type T. Nos résultats en spectroscopie montrent que la présence de bandes larges à 510 et 800 nm est impliquée dans le processus mais leurs attributions doivent être confirmées.

<sup>1</sup> GGTL Laboratories Switzerland, 4bis route des Jeunes, 1227 Genève

**Image d'illustration de l'article - Figure 1 :** Photo composite du zircon photochrome (9,89 ct) avec, à gauche, l'état stable orange vif obtenu après chauffage ( $\approx 100$  °C, quelques secondes), au centre l'état dit intermédiaire brun-orangé observé en condition usuelle (lumière visible artificielle) et à droite l'état excité brun foncé observé après exposition prolongée (2 min) aux UVL (365 nm). Photos de F. Blumentritt

**Figure 1:** Composite picture of the 9.89 ct photochromic zircon with on the left, the stable, vivid orange state observed after heating ( $\approx 100$  °C, a few seconds), at the centre the intermediate, orangy-brown state observed in usual condition (visible artificial light) and on the right the excited, dark brown state observed after exposure to LWUV (365 nm, 2 min). Pictures by F. Blumentritt

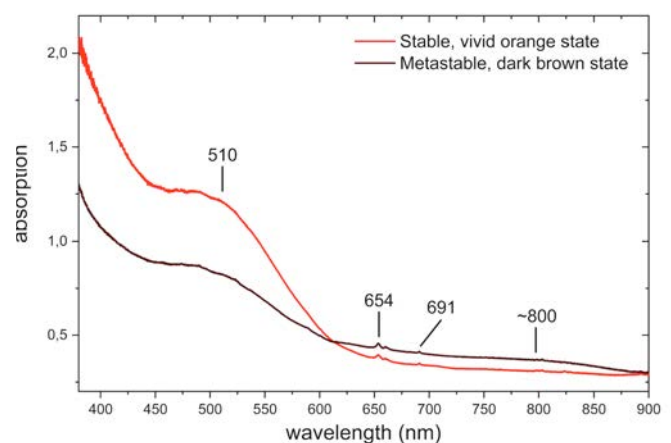
**A**u cours des années 1970, l'actuelle Swiss Gemmological Data Foundation (SGDF) a reçu en don un remarquable zircon brun d'environ 9,89 carats ( $\approx 10,08 \times 10,95 \times 7,31$  mm ; Figure 1) et d'origine inconnue. L'identification de cette gemme a été confirmée par spectroscopie Raman. L'observation microscopique révèle des zonages de couleur (brun à quasi-incolore) relativement marqués et la présence de regroupements de petites inclusions prismatiques allongées. En raison de leur taille, la nature exacte de ces inclusions reste, pour le moment, indéterminée. Cet imposant zircon a éveillé la curiosité lors de l'observation du changement de sa couleur, devenant plus clair après plusieurs mois de stockage dans l'obscurité. L'exposition à la lumière visible semblait avoir l'effet inverse et assombrir progressivement la couleur. Ce phénomène correspond à une propriété identifiée également dans d'autres gemmes telles que les sodalites-hackmanites ou les diamants dits « caméléons » : le photochromisme (e.g. Blumentritt & Fritsch, 2021, 2022).

Le photochromisme est une propriété optique rare caractérisée par un changement de couleur réversible après une exposition à une radiation électromagnétique – le plus souvent une exposition aux ultraviolets (Bouas-Laurent & Dürr, 2001). La réversibilité du changement de couleur se fait soit par exposition à une autre radiation électromagnétique (par exemple la lumière du jour), soit par l'action de la température (chauffage de l'échantillon). Ces deux conditions de retour à l'état initial sont respectivement notées photochromisme de type P et photochromisme de type T (Bouas-Laurent & Dürr, 2001).

Dans notre cas, ce remarquable zircon présente une couleur brun-orangé relativement foncée à la lumière du jour et manipulé dans des conditions normales d'observation (température ambiante  $\approx 20^\circ$  C, éclairage LED 3600K ; Figure 1 au centre).

Cet état est pourtant considéré comme intermédiaire. En effet, lorsqu'exposé aux ultraviolets longs (UVL, à 365 nm) pendant quelques secondes, la couleur vire au brun foncé (Figure 1, droite). Aucune luminescence notable n'a été observée durant l'exposition du zircon aux UVL ou aux ultraviolets courts (UVC) d'une lampe UV à main. La couleur brune photogénérée par les UVL correspond à l'état excité ou métastable. Le retour à l'état stable se fait ici par désexcitation thermique. La coloration brune disparaît après plusieurs mois dans l'obscurité, la température ambiante étant suffisante pour le retour à l'état stable et l'absence de lumière empêchant l'excitation. La coloration brune peut également disparaître en quelques secondes quand l'échantillon est chauffé aux alentours de 100-110 °C avec un pistolet thermique, forçant le retour à l'état stable.

Dans cet état stable, le zircon arbore alors une couleur orange lumineux très vibrante (Figure 1, gauche). Enfin, quand la pierre se refroidit jusqu'à température ambiante, l'éclairage artificiel d'une pièce est suffisant pour qu'elle retourne à son état intermédiaire brun-orangé.



**Figure 2** : Spectres d'absorption du zircon dans son état stable, orange et dans son état métastable, brun foncé

*Figure 2: Absorption spectra of the photochromic zircon in its stable, vivid orange state and metastable, dark brown state*

**Figure 2** : Les spectres d'absorption ont été enregistrés en plaçant l'échantillon dans une sphère intégratrice. Le zircon a d'abord été chauffé jusqu'à  $\sim 100^\circ$  C et placé encore chaud dans la sphère pour le maintenir le plus possible dans son état orange pendant l'acquisition du spectre. Sans le bouger, le zircon a ensuite été exposé aux UVL pendant environ 5 minutes après son refroidissement pour acquérir le spectre dans son état brun foncé.



Ces observations correspondent donc à un photochromisme de type T et ont été définies dans un article précédent comme un comportement de type 2 parmi les 3 comportements photochromes observés dans les zircons (Blumentritt & Fritsch, 2021). Les spectres d'absorption des deux états – stable et métastable – sont également cohérents avec ceux observés dans d'autres échantillons ayant le même comportement photochrome (Figure 2 - page précédente). On y retrouve des absorptions liées à l'uranium (654 et 691 nm) qui ne semblent pas modifiées par la réaction photochrome. En revanche, des bandes larges à 510 et ~800 nm voient leur absorption respectivement diminuer et augmenter lors du passage de la couleur orange à la couleur brune. Si la bande d'absorption à 510 nm est attribuée à un centre coloré complexe lié à l'yttrium (Zeug *et al.*, 2018), la bande large autour de 800 nm reste inexpliquée.

Bien que le photochromisme des zircons ait été déjà décrit dans la littérature (Koivula & Misiorowski, 1986 ; McClure, 2011; Renfro, 2016 ; Suthiyuth, 2014), l'explication du changement de couleur reste encore incomplète. Par comparaison avec d'autres gemmes photochromes (e.g. Byrne *et al.*, 2014 ; Claffy, 1953 ; Kondo & Beaton, 2009 ; McClure *et al.*, 2005), au vu des énergies mises en jeu dans la réaction (rayonnement UVL, énergie thermique  $\approx 100$  °C) et des répercussions sur le spectre d'absorption dans le domaine visible, il est probable qu'un transfert électronique soit la source du photochromisme dans le zircon. Cependant, il reste à définir quels sont les centres donneurs et accepteurs d'électrons. Étant donné que le zircon n'est pas intrinsèquement photochrome, il s'agit probablement de défauts intrinsèques ou extrinsèques comme des substitutions, des atomes interstitiels, des lacunes ou des combinaisons plus complexes de ces défauts.

La définition de ces centres fait actuellement l'objet d'une étude plus approfondie des deux auteurs dans une collaboration internationale (GGTL

Laboratories, Suisse ; Nantes Université, France ; Université de Vienne, Autriche). Le remarquable échantillon étudié ici fait partie d'un lot de zircons présentant d'autres comportements photochromes qui feront l'objet d'une étude ultérieure plus détaillée.

## BIBLIOGRAPHIE

- Blumentritt F. & Fritsch E. (2021)** Photochromism and Photochromic Gems: A Review and Some New Data (Part 1). *Journal of Gemmology*, vol. 37, N° 8, pp. 780–800, <https://doi.org/10.15506/JoG.2021.37.8.780>
- Blumentritt F. & Fritsch E. (2022)** Photochromism and Photochromic Gems: A Review and Some New Data (Part 2). *The Journal of Gemmology*, vol. 38, N° 1, pp. 80–92, <https://doi.org/10.15506/jog.2022.38.1.80>
- Bouas-Laurent H. & Dürr H. (2001)** Organic photochromism (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, vol. 73, N° 4, pp. 639–665. <https://doi.org/10.1351/pac200173040639>
- Byrne K.S., Chapman J.G. & Luiten A.N. (2014)** Photochromic charge transfer processes in natural pink and brown diamonds. *Journal of Physics Condensed Matter*, vol. 26, N° 23, 239502-1, <https://doi.org/10.1088/0953-8984/26/3/035501>
- Claffy E.W. (1953)** Composition, tenebrescence and luminescence of spodumene minerals. *American Mineralogist*, vol. 38, N° 11–12, pp. 919–931
- Koivula J.I. & Misiorowski E. (1986)** Undesirable color change in blue zircon. *Gems & Gemology*, vol. 22, N° 3, pp. 188–189
- Kondo D. & Beaton D. (2009)** Hackmanite/Sodalite from Myanmar and Afghanistan. *Gems & Gemology*, vol. 45, N° 1, 38–43, <https://doi.org/10.5741/GEMS.45.1.38>
- McClure S.F. (2011)** Tenebrescent Zircon. *Gems & Gemology*, vol. 47, N° 4, pp. 314–315
- McClure S.F., Rossman G.R. & Shigley J.E. (2005)** Tenebrescent scapolite from Afghanistan. *Gems & Gemology*, vol. 41, N° 3, pp. 269–271.
- Renfro N.D. (2016)** Reversible color modification of blue zircon by long-wave ultraviolet radiation. *Gems & Gemology*, vol. 52, N° 3, pp. 246–251, <https://doi.org/10.5741/gems.52.3.246>
- Suthiyuth R. (2014)** Tenebrescent Zircon. *Gems & Gemology*, vol; 50, N° 2, pp; 156–157
- Zeug M., Nasdala L., Wanthanachaisaeng B., Balmer W.A., Corfu F. & Wildner M. (2018)** Blue zircon from Ratanakiri, Cambodia. *Journal of Gemmology*, Vol. 36, N° 2, pp. 112–132, <https://doi.org/10.15506/JoG.2018.36.2.112>

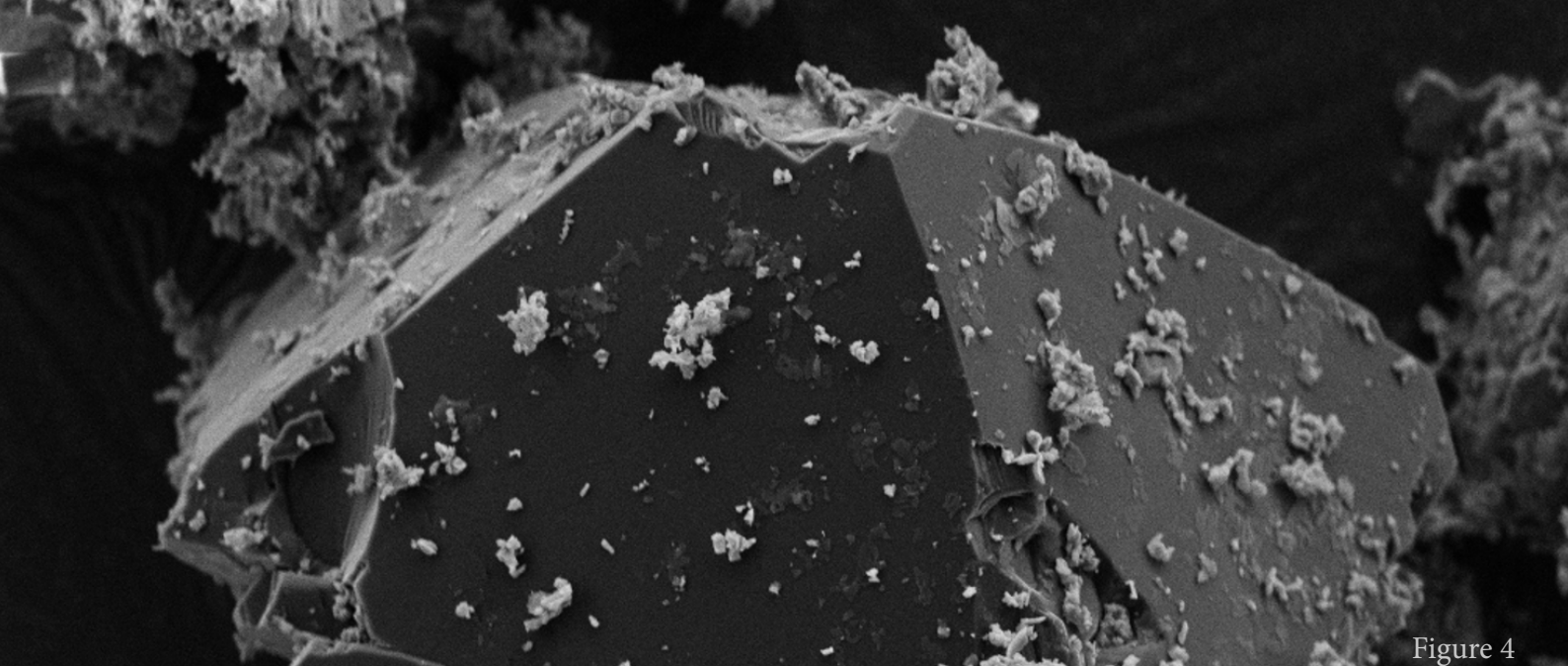


Figure 4

# Gemmologie de laboratoire

SYNTHÉTISER DES DIAMANTS AU LABORATOIRE COMME ILS SE FORMENT  
DANS LA NATURE

Hélène Bureau<sup>1</sup>

## Abstract

*High pressure and high temperature experiments performed in the laboratory are used to understand how diamonds are formed in the deep Earth. To achieve this purpose, we grow diamonds similar to natural diamonds, having trapped the same kind of impurities than observed in natural ones. We show that natural diamonds of different morphologies: monocrystalline, fibrous, coated, polycrystalline, all grow in the same kind of fluids in the Earth's lithosphere.*

## Résumé

Des expériences de laboratoire à hautes pressions et températures sont utilisées pour comprendre la genèse des diamants dans les profondeurs de la Terre. Pour atteindre cet objectif, nous faisons croître des diamants similaires aux diamants naturels, c'est-à-dire ayant piégé le même type d'impuretés que celles observées dans les diamants naturels. Nous montrons que des diamants naturels de morphologies différentes : monocristallins, fibreux, enrobés, polycristallins, poussent tous dans le même type de fluides dans la lithosphère terrestre.

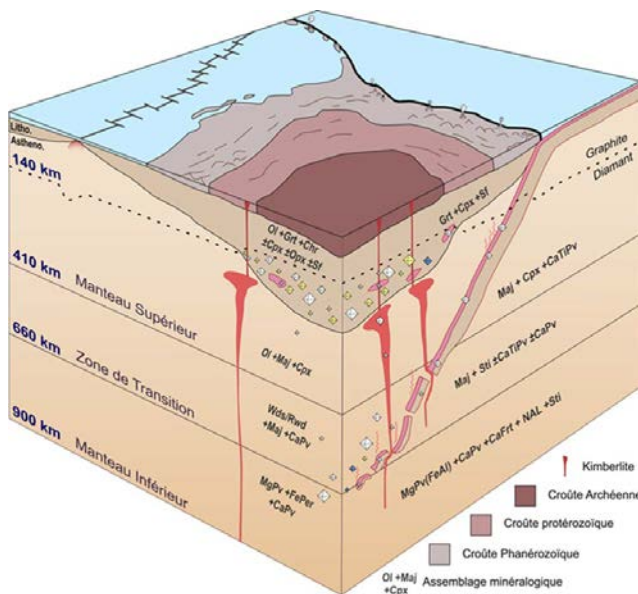
---

<sup>1</sup> Hélène Bureau, Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie, CNRS, Sorbonne Université, MNHN, 4, place Jussieu, 75005 Paris

**Image d'illustration de l'article - Figure 4 :** Image par microscopie électronique à balayage de la croissance de diamant octaédrique à partir d'un noyau initial, dans le système chimique eau-carbonates-péridotite (la péridotite est la roche principale du manteau supérieur)

**Figure 4:** *Scanning electron microscopy image of octahedral diamond grown from an initial core in the water-carbonates-peridotite chemical system (the peridotite is the main rock of the upper mantle)*

**E**n géologie, les diamants sont les uniques témoins naturels de la Terre profonde. Ils sont échantillonnés depuis les profondeurs au cours d'un volcanisme particulièrement violent et heureusement passé : le volcanisme de type kimberlitique grâce auquel les diamants peuvent provenir de 150 à plus de 800 km de profondeur. Ainsi, différentes zones mantelliques sont traversées (Figure 1) : le manteau supérieur (zones cratoniques de la lithosphère puis asthénosphère) ; la zone de transition (de 410 à 670 km) ; le manteau inférieur (à partir de 670 km). La résistance du diamant lui permet d'arriver presque intact à la surface.



**Figure 1** : Coupe terrestre centrée sur un craton et une zone de subduction, modifiée d'après Tappert et Tappert (2011). Un craton est composé d'une partie de croûte continentale et d'une partie lithosphérique, de nature mantellique. Les cratons sont anciens, au minimum 500 millions d'années. Ces cratons sont traversés par un volcanisme violent de type kimberlitique puisant ses racines profondément. Les diamants sont trouvés et exploités dans les cheminées volcaniques, on les appelle les pipes

*Figure 1: 3D section centered on a craton and a subduction zone, modified from Tappert and Tappert (2011). A craton is composed of a part of continental crust and a part of lithosphere, of mantle nature. The cratons are old, at least 500 million years. These cratons are crossed by violent kimberlite-type volcanism with deep roots. Diamonds are found and mined in volcanic vents, called pipes*

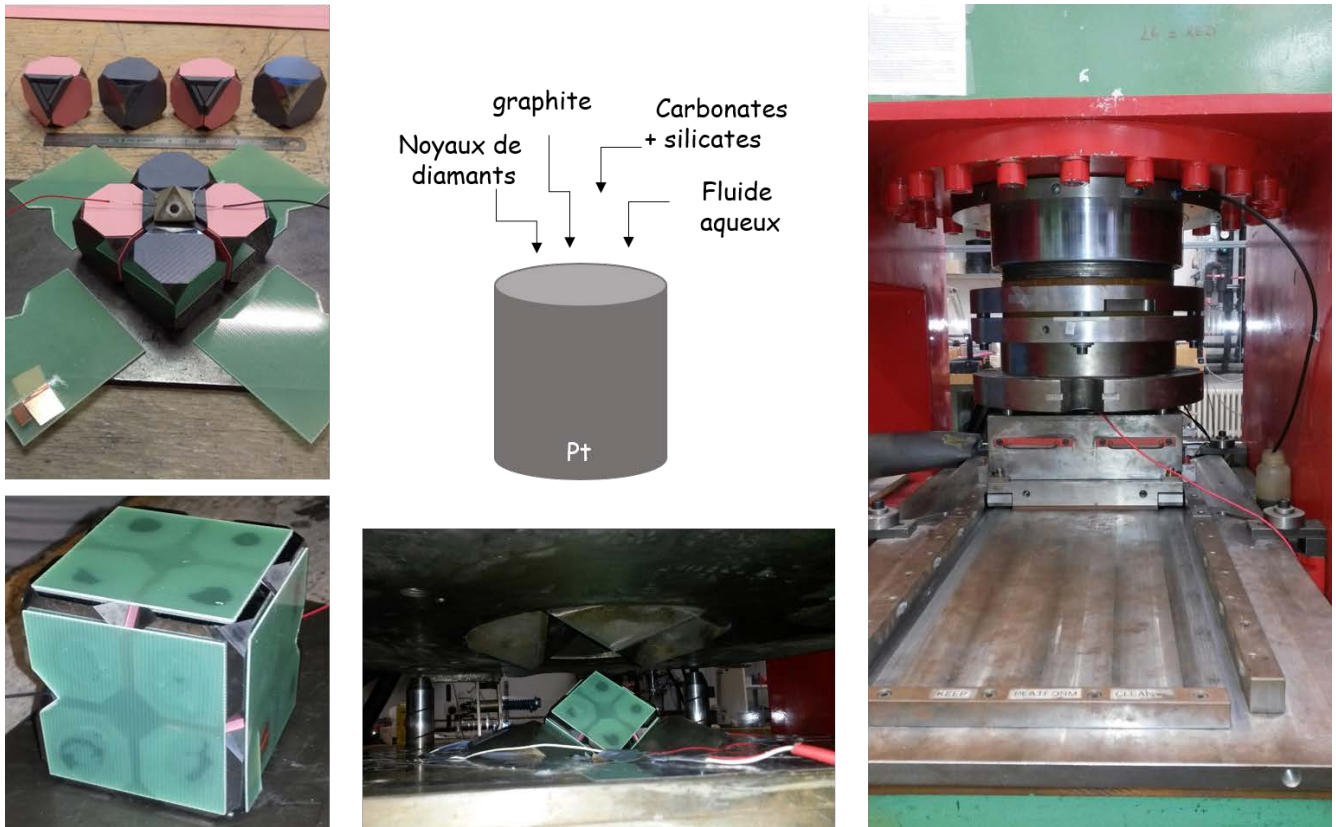


**Figure 2** : Diamant monocristallin octaédrique (dimensions 5 x 5 mm) alluvial de Santa Helena au Venezuela, renfermant une inclusion minérale d'olivine en son cœur. L'olivine est le minéral principal du manteau supérieur. Collection des Minéraux de Sorbonne Université

*Figure 2: Alluvial octahedral monocrystalline diamond (dimensions 5 x 5 mm) from Santa Helena in Venezuela, containing an olivine mineral inclusion. Olivine is the main mineral of the upper mantle. Sorbonne University Mineralogical Collection*

Les échantillons naturels ramenés à la surface de la Terre par la tectonique des plaques ne permettent d'échantillonner que sur quelques dizaines de km de profondeur, les morceaux ou enclaves de la lithosphère ramenés à la surface par le volcanisme n'excèdent pas 400 km de profondeur et tous ont subi des modifications importantes. Et comme par ailleurs il n'est pas possible de forer à plus de 12 km, on comprend pourquoi le diamant est si précieux aux yeux du géologue.

Dans la nature, il existe différentes sortes de diamants : monocristallins (Figure 2), polycristallins (agglomérats de petits cristaux) et fibreux (diamants opaques truffés d'impuretés). Lorsqu'ils se forment dans la Terre, les diamants piègent des inclusions. Ces « crapauds », ainsi nommés par les joailliers car peu intéressants pour en faire des bijoux, sont précieux pour le géologue, car ils renferment de petits morceaux de manteau préservés, permettant ainsi d'accéder à la chimie et la minéralogie de ce dernier.



**Figure 3** : Préparation d'un assemblage pour expérience en presse multi-enclumes (appareil de droite). Le mélange est scellé dans une capsule de platine (Pt, 3 x 2 mm) puis inséré au cœur d'un octaèdre, lui-même placé au centre de huit cubes dont les coins ont été tronqués, le tout formant l'assemblage. Une fois l'assemblage inséré dans les mâchoires de la presse, ces dernières sont rapprochées, ce qui comprime les cubes générant ainsi la pression au cœur de l'octaèdre. L'échantillon est comprimé à 6 GPa, un four placé dans l'octaèdre permet quant à lui de chauffer l'assemblage à plus de 1100 °C. Installation du Bayerisches Geoinstitut, Bayreuth, Allemagne

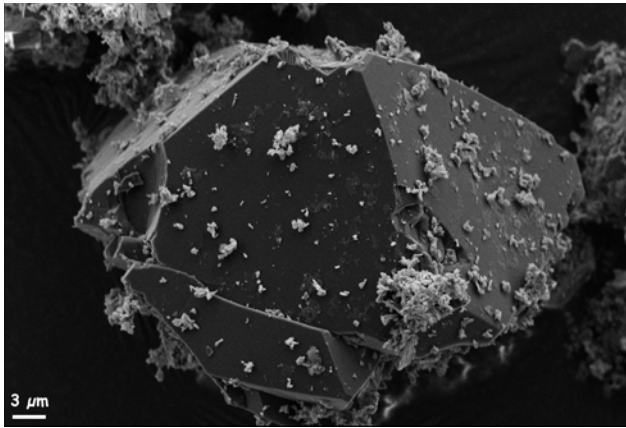
**Figure 3:** Preparation of an assembly for a multi-anvil press (MAP) experiment (device on the right). The starting material is sealed in a platinum capsule (Pt, 3\*2 mm). Then it is inserted in the heart of an octahedron, itself placed in the center of eight cubes whose corners have been truncated. The whole is forming the assembly. Once the assembly is inserted into the jaws of the MAP, the latter are brought together, which compresses the cubes thus generating the pressure in the octahedron. The sample is compressed to 6 GPa, a furnace placed in the octahedron allows the assembly to be heated to more than 1100 °C. Facility of the Bayerisches Geoinstitut, Bayreuth, Germany

Par exemple, la première ringwoodite terrestre, un minéral stable uniquement dans la zone de transition, a été trouvée dans un diamant d'Amérique du Sud (Pearson *et al.*, 2014). Chaque année nous découvrons de nouvelles espèces minérales au cœur des diamants. Mais comment se forment les diamants dans la Terre ? Cette question reste posée.

Au laboratoire, de nombreuses recettes permettent de synthétiser du diamant à hautes pressions et hautes températures (Luth *et al.*, 2022) : cela va de soit convertir le graphite en diamant synthétique,

soit faire croître du diamant synthétique à partir de différents mélanges solides (carbonates, carbures, métaux) ou à partir de fluides (aqueux, salins, de compositions complexes).

Dans l'industrie, le diamant est aussi synthétisé par dépôt chimique en phase vapeur (CVD) à pression ambiante. Dans la Terre, il est peu probable qu'il existe une recette unique. On pense que selon la profondeur et le contexte géodynamique (craton, zone de subduction), les processus de croissance du diamant peuvent être différents. C'est à ces questions que nous cherchons



**Figure 4** : Image par microscopie électronique à balayage de la croissance de diamant octaédrique à partir d'un noyau initial, dans le système chimique eau-carbonates-péridotite (la péridotite est la roche principale du manteau supérieur)

*Figure 4: Scanning electron microscopy image of octahedral diamond grown from an initial core in the water-carbonates-peridotite chemical system (the peridotite is the main rock of the upper mantle)*

à répondre. Dans un premier temps nous nous sommes intéressés aux diamants lithosphériques formés dans les cratons et constituant la majorité des diamants « visibles » en surface (voir Figure 1). Le diamant n'étant constitué que de carbone, un élément rare en profondeur et dont le stockage est encore peu compris, il est difficile de savoir à partir de quels « ingrédients » un diamant naturel a été formé. Mais nous pouvons utiliser ses inclusions comme indicateurs. Notre stratégie a consisté à synthétiser du diamant à partir de différentes recettes jusqu'à obtenir des diamants synthétiques ayant les mêmes inclusions que les diamants lithosphériques naturels.

Pour déterminer ces recettes, nous nous sommes basés sur le fait aujourd'hui admis que les diamants naturels se forment dans les fluides qui percolent le manteau en profondeur. Ces fluides sont dits métasomatiques. Nous avons utilisé la composition des inclusions fluides naturelles des diamants fibreux, ces diamants truffés d'inclusions fluides au point d'en être opaques, car elle est censée représenter celle de ces fluides mantelliques (Navon *et al.*, 1998). Pour se placer

dans les conditions de stabilité des diamants, à haute pression (plus de 6 GigaPascals -GPa- correspondant à environ 190 km de profondeur) et à haute température (plus de 1100 °C), nous utilisons des presses multi-enclumes (Figure 3 - page précédente).

Différentes recettes sont testées, les ingrédients mélangés et scellés dans de petites capsules de platine. Ces capsules sont portées aux pressions et températures désirées pour quelques heures à quelques jours (Figure 3). Comme il est difficile de générer de hautes pressions sur de grands volumes, nous travaillons avec de petits échantillons ; ces capsules de platine initialement d'une taille de 2 x 3 mm, voient leur volume réduit après expérience à 0,5 x 1 mm. Il en résulte des échantillons de quelques micromètres à une centaine de micromètres qui doivent être étudiés au microscope électronique à balayage.

Nous avons donc mélangé de la poudre de roches silicatées (dont la roche du manteau, la lherzolite, composée majoritairement d'olivine, d'orthopyroxène et de clinopyroxène) avec du graphite comme première source potentielle de carbone, des carbonates comme seconde source potentielle de carbone, des petits noyaux de diamants pour initier la croissance et d'eau, de 30 à 50 % en volume.

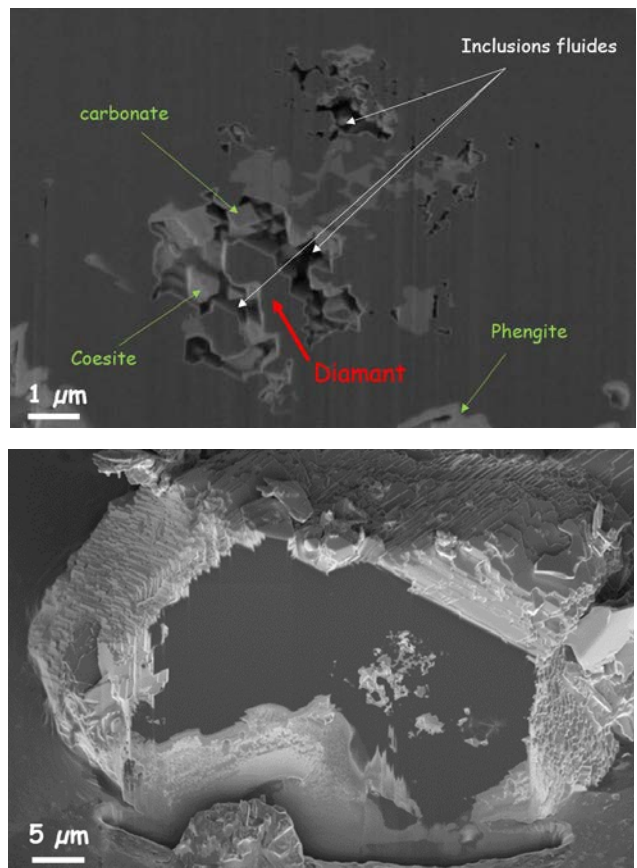
Les résultats montrent que cette recette permet la croissance très rapide de diamants de tous types : monocristallins (Figure 4), mais aussi fibreux et polycristallins. Nous avons pu vérifier la présence d'inclusions en utilisant les méthodes de préparation par faisceaux d'ions focalisés (FIB). Ces préparations, réalisées par I. Estève, IMPMC, consistent à utiliser un microfaisceau d'ions gallium (Ga) pour découper les diamants synthétiques afin d'en exposer le cœur présenté sur la Figure 5. Cette méthode nous a permis de constater la présence d'inclusions solides et fluides formées pendant l'expérience comme dans

les diamants fibreux et monocristallins. L'analyse chimique de ces inclusions réalisée au MEB a montré que la composition chimique des inclusions solides dépend de la composition de la roche silicatée de départ et correspond bien aux compositions attendues (Bureau *et al.*, 2012 ; 2016). Ce modèle de croissance est donc validé pour les cratons.

Il reste à déterminer la nature de la source de carbone des diamants dans le manteau cratonique, une question pour laquelle nous n'avons pas de réponse claire.

Le carbone a plusieurs isotopes, les plus abondants étant le carbone 12 et le carbone 13. On utilise d'ailleurs les signatures isotopiques du carbone (proportions de carbone 12 et 13) pour identifier les diamants (Cartigny *et al.*, 2014). Dans nos expériences, le graphite et les carbonates n'ont pas les mêmes signatures en carbone. Pour analyser la signature isotopique de nos microdiamants, nous avons utilisé le nanoSIMS (SIMS pour « Secondary Ion Mass Spectrometry »). Cette méthode de micro-analyse consiste à pulvériser un tout petit volume d'échantillon avec un microfaisceau de 800 nanomètres de diamètre. La matière pulvérisée (le carbone du diamant) est ensuite envoyée dans un spectromètre de masse où les isotopes sont séparés et comptés. Cela permet de connaître le rapport isotopique entre le carbone 12 et le carbone 13 dans nos zones de croissance.

Les diamants synthétiques formés au cours des expériences ont une signature proche de celle des carbonates (Figure 6 - page suivante). Cela montre que le carbone des carbonates a servi de source pour la formation de ces diamants dans les conditions de la lithosphère cratonique (Bureau *et al.*, 2018). En conclusion, l'expérimentation au laboratoire pour créer à l'échelle microscopique des diamants synthétiques similaires aux diamants naturels permet d'en comprendre la formation dans la Terre. Pour les cratons de la lithosphère, nous proposons une croissance dans des fluides hydratés silicatés et carbonatés, ces derniers carbonates servant de



**Figure 5 :** En haut, image par microscopie électronique à balayage (MEB) d'un diamant après croissance ouvert au FIB. Ce diamant a piégé des inclusions au cours de sa croissance pendant l'expérience. Ces inclusions sont visibles au cœur du cristal, un zoom est présenté sur la figure du bas illustrant que différents types d'inclusions à la fois minérales (carbonate, coesite, phengite) et fluides sont présentes. On remarque que de petits cristaux de diamants ayant spontanément nucléé dans le mélange sont également piégés en inclusions dans ce diamant

*Figure 5: Top, scanning electron microscopy (SEM) image of a synthetic diamond after being opened with FIB. This diamond trapped inclusions as it grew during the experiment. These inclusions are visible in the heart of the crystal. A focused photo is presented on the bottom figure, illustrating the presence of different types of inclusions: minerals (carbonate, coesite, phengite) and lost fluids. One can notice that small crystals of diamonds having spontaneously nucleated in the mixture are also trapped as inclusions in this diamond*

source de carbone. D'autres expériences, à venir, aideront à la compréhension de la formation des diamants dans les autres contextes, comme les zones de subduction et le manteau profond. Elles permettront également d'identifier d'autres

sources potentielles de carbone pour les différents contextes.

## BIBLIOGRAPHIE

**Bureau H., Frost D.J., Bolfan-Casanova N., Leroy C., Esteve I., Cordier P. (2016)** Diamond growth in mantle fluids. *Lithos*, 265, 4-15, [doi.org/10.1016/j.lithos.2016.10.004](https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.10.004)

**Bureau H., Langenhorst F., Auzende A.L., Frost D.J., Estève I., Siebert J. (2012)** The growth of fibrous, cloudy and polycrystalline diamonds, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 77, 202-21, [doi:10.1016/j.gca.2011.11.016](https://doi.org/10.1016/j.gca.2011.11.016)

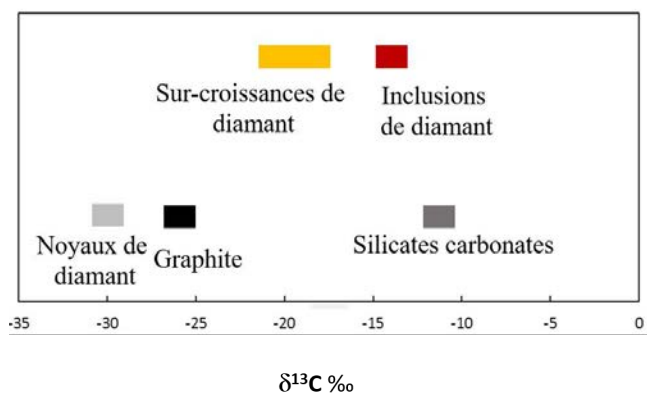
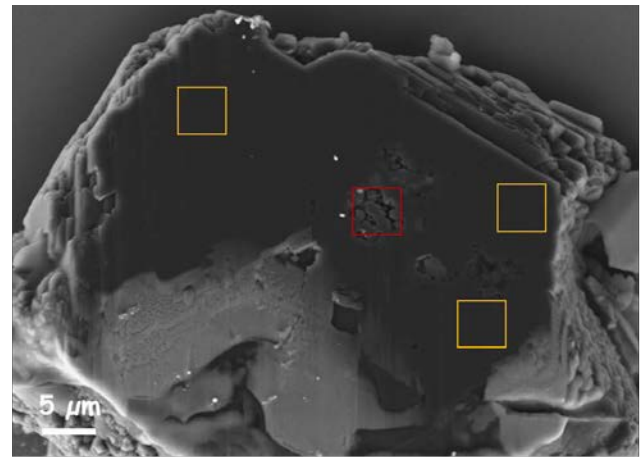
**Bureau H., Remusat L., Esteve I., Pinti D., Cartigny P. (2018)** The growth of lithospheric diamonds, *Science Advances*, 4(6), eaat1602, [doi/10.1126/sciadv.aat1602](https://doi.org/10.1126/sciadv.aat1602)

**Cartigny P., Palot M., Thomassot E., Harris J.W. (2014)** Diamond formation: A stable isotope perspective. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, 42, 699-732, [doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105259](https://doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105259)

**Luth R.W., Palyanov Y.N., Bureau H. (2022)** Experimental petrology applied to natural diamond growth. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 88(1) 755-808, [doi.org/10.2138/rmg.2022.88.14](https://doi.org/10.2138/rmg.2022.88.14)  
Navon O., Hutcheon I.D., Rossman G.R., **Wasserburg G.J. (1988)** Mantle-derived fluids in diamond micro-inclusions. *Nature*, 335(6193) 784-789.

**Pearson D.G., Brenker F.E., Nestola F., McNeill J., Nasdala L., Hutchinson M.T., Matveev S., Mather K., Silversmit G., Schmitz S., Vekemans B., Vincze L. (2014)** Hydrous mantle transition zone indicated by ringwoodite included within diamond. *Nature*, 507(7491) 221-224, [doi:10.1038/nature13080](https://doi.org/10.1038/nature13080)

**Tappert R., Tappert M.C. (2011)** Diamonds in nature: A guide to rough diamonds. Springer Heidelberg, Dordrecht, London.



**Figure 6 :** Analyses isotopiques réalisées au nanoSIMS (IMPMC, Muséum d'Histoire Naturelle) pour déterminer les rapports isotopiques du carbone (exprimés en  $\delta^{13}\text{C}$ ). Les inclusions de diamants (en rouge), non contaminées par les noyaux pré-existants (en gris clair) comme peuvent l'être les analyses autour (en orange) ont une composition proche de celle des carbonates. Ces inclusions ont une composition très éloignée de celle du graphite (en noir). La source de carbone pour la croissance de ces diamants est donc le carbonate (en gris foncé)

**Figure 6:** Isotopic analyzes carried out at the nanoSIMS (IMPMC, Muséum d'Histoire Naturelle) to determine the isotopic ratios of carbon (expressed in  $\delta^{13}\text{C}$ ). Diamond inclusions (in red) that are not contaminated by the pre-existing nuclei (in light gray) - to the opposite of surrounding analyses (in orange) - have a composition close to those of carbonates. The carbon source for the growth of these diamonds is therefore the carbonate (dark grey), as their composition is far too apart compared to those for graphite (in black)



# Association

## CE QUE LES NOMS DES PIERRES DISENT DE NOUS

Une table ronde organisée par l'association Gemmologie & Francophonie à Genève le 4 novembre 2022

### Abstract

*Since November 2021, the Gemmologie et Francophonie association has been offering round tables at the GemGenève fair on current topics related to gemology. Also, the last edition of the GemGenève show, which took place from November 3 to 6, 2022, was no exception to this rule and the association had the pleasure of hosting a round table around gems nomenclature in both science and trade. In this article, we offer a summary of the main topics covered by selected specialists: gem nomenclature and its importance in gem reports produced by laboratories. If mineral nomenclature is well established by the scientific International Mineralogical Association, gem nomenclature follows trade names that are sometimes left to interpretation. The experts clarified these different aspects and raised important issues regarding practices in gem labs and use in the gem market – and tried to propose answers.*

### Résumé

Depuis novembre 2021, l'association Gemmologie et Francophonie propose lors du salon GemGenève des tables rondes autour de sujets d'actualité liés à la gemmologie. Aussi, la dernière édition du salon GemGenève, qui a eu lieu du 3 au 6 novembre 2022, n'a pas dérogé à cette règle et l'association a eu le plaisir d'animer une table ronde autour de la notion de nomenclature des matériaux gemmes, autant d'un point de vue commercial que scientifique. Dans cet article, nous vous proposons un résumé des principaux sujets abordés par des experts qui ont répondu présents pour cet événement : la nomenclature des gemmes et son importance dans les rapports d'analyses produits par les laboratoires gemmologiques. Si la nomenclature des minéraux est bien établie par l'International Mineralogical Association, la nomenclature des gemmes est souvent une nomenclature commerciale dans laquelle il est compliqué de s'y retrouver. Les experts ont clarifié ces différents aspects et soulevé des questions importantes concernant les pratiques dans les laboratoires et l'utilisation des noms commerciaux sur le marché des pierres gemmes. Ils ont également tenté de proposer des réponses et des pistes de réflexion.

---

**Image d'illustration de l'article** : David Fraga pour GemGenève

**Leadshot**: David Fraga for GemGenève



Pour réaliser cette table ronde, nous avons fait appel à six professionnels reconnus pour leurs connaissances des gemmes mais qui sont aussi experts sur les questions de nomenclature :

- **Aurélien Delaunay**, Commission Diamant et Commission Gemmologique CIBJO, Représentant à l'ISO pour la France ; Directeur du Laboratoire Français de Gemmologie
- **Emmanuel Fritsch**, Représentant français du Comité « Gem Materials » de l'International Mineralogical Association
- **Thomas Hainschwang**, Antonio C. Bonanno Award for Excellence in Gemology, Inventeur de la technique d'imagerie et de spectroscopie DFI, Gemmologue, GGTL Liechtenstein
- **Emmanuel Piat**, Vice-Président de la Commission Pierres de couleurs CIBJO, Négociant Maison Piat
- **Drew Battaglia**, Experte en joaillerie et gemmologue
- **Enzo Liverino**, Président de la Commission Corail CIBJO, négociant spécialisé en corail Enzo Liverino 1894

La modération était assurée par M. Boris Chauviré, Directeur General de GeoGems et docteur en minéralogie, et Mme Marie Chabrol, Enseignante en gemmologie à l'Institut de Bijouterie de Saumur et consultante.

L'objectif de ce rendez-vous était de mieux comprendre la mise en pratique de la nomenclature des gemmes. Nous avons donc préparé cet événement autour de plusieurs questions qui nous semblaient importantes pour le consommateur, qu'il soit un particulier ou un professionnel averti. Pourquoi et comment nomme-t-on les gemmes ? Quel est l'intérêt de les nommer avec précision ? Quel intérêt pour le consommateur et où trouver les informations sûres sur le nom des matières gemmes ? Voilà quelques axes auxquels notre panel international a tenté de répondre lors de ce rendez-vous.

La discussion commence sur la manière de donner

un nom à un minéral. « *Il faut déjà s'assurer que c'est quelque chose de nouveau avec une nouvelle chimie combinée à une structure cristalline* » déclare en préambule Emmanuel Fritsch, ensuite « *on ne donne pas un nom au hasard, car il faut vérifier que ce nom remplit plusieurs critères et parmi ceux-ci, que le nom ne prêterait pas à confusion avec une autre espèce. On peut alors se baser sur la localité de découverte, on peut aussi choisir ce nom en l'honneur d'une personne liée à la minéralogie, on peut utiliser l'abréviation de la formule chimique, comme la nahcolite. Par convention, le nom d'un minéral doit se terminer par « ite » de la racine grecque « lithos » - la pierre. Mais de nombreux noms anciens ne sont pas forcément clairs dans la tête des gens, à l'exemple de spessartine et spessartite qui désignent exactement la même pierre. On va aussi éviter de choisir un nom qui va se rapprocher de trop près d'un nom qui existerait en dehors de la minéralogie et enfin, d'un point de vue plus humoristique, que le nom puisse dans une autre langue que l'anglais être grossier ou insultant.* » Ce processus, relativement long, est la mission de la Commission of New Minerals, Nomenclature and Classification (CNMNC) de l'International Mineralogical Association (IMA), qui a déjà référencé près de six mille espèces. Cela dit, nommer les minéraux reste relativement simple au regard de la difficulté à différencier les gemmes et plus particulièrement les variétés d'un même minéral ou d'un groupe de minéraux. Emmanuel Piat pose alors la question de savoir comment on décide de « *dire que telle pierre est bien une émeraude ou un rubis* ». Il soulève également le cas « *des grenats bleus* » qui regroupent plusieurs variétés minérales, mais qui n'ont pas de noms de variétés gemmologiques à l'heure actuelle. C'est l'occasion de faire rebondir Emmanuel Fritsch qui pose alors le débat sur la notion de perception entre les noms officiels et les noms commerciaux qui parfois pourraient prêter à confusion, ajoutant pourtant « *qu'il ne devrait pas y avoir de problème car si l'on raisonne de manière scientifique on est censé définir les termes utilisés avec précision.* » La discussion s'engage alors sur la définition du terme « émeraude » dont le nom correspond à « une



**Figure 1** : Panel composé de gauche à droite par : M. Enzo Liverino, Mme Drew Battaglia, M. Aurélien Delaunay, M. Emmanuel Fritsch, M. Emmanuel Piat et M. Thomas Hainschwang. Un grand merci à Mme Hélène Robert (à gauche) pour avoir assuré la traduction en anglais auprès de M. Enzo Liverino. Photo : David Fraga / GemGenève 2022

**Figure 1**: Panel composed from left to right by: Mr. Enzo Liverino, Ms. Drew Battaglia, Mr. Aurélien Delaunay, Mr. Emmanuel Fritsch, Mr. Emmanuel Piat and Mr. Thomas Hainschwang. A big thanks to Mrs. Hélène Robert (on the left) for providing the English translation to Mr. Enzo Liverino. Photo: David Fraga / GemGenève 2022

variété de couleur » (EF) : à ce moment-là, il s'agit d'envisager de travailler avec des étalons et de définir un espace de couleur pour donner le nom, ce qui semble une démarche naturelle pour un négociant. A l'heure actuelle, l'émeraude correspond à une pierre qui possède dans sa formule chimique du chrome et/ou du vanadium (en référence au gisement de Salinas au Brésil, épuisé, dont les pierres étaient purement vanadifères). Emmanuel Fritsch souligne que se baser sur la présence d'un élément chimique pour définir le nom d'une variété soulève de nombreux problèmes et le premier reste « *le taux minimum de ou des éléments responsables de la couleur* » ; s'ajoute

*ensuite la difficulté de faire la mesure, soulignant à juste titre « qu'un bijoutier ne va pas pouvoir mesurer la teneur en chrome de toutes les pierres vertes répondant à l'appellation émeraude sur le marché. »*

Après avoir longuement échangé sur la manière dont l'IMA règle le processus de dénomination des minéraux, Boris Chauviré intervient pour recentrer le débat sur le rôle de la CIBJO dans la dénomination des matières gemmes. Emmanuel Piat revient alors sur une anecdote personnelle au sujet d'une « *émeraude de 169 carats, sans huile, certifiée par plusieurs laboratoires internationaux* »

pour laquelle deux laboratoires suisses n'ont alors pas rendu le même avis, le premier rapportant « émeraude » alors que le deuxième rapportait « beryl vert ». De ce cas particulier est née une concertation auprès de la Commission « Pierres de couleurs » pour essayer de définir « précisément ce qu'est une émeraude ». Emmanuel Piat ajoute que la conclusion des discussions fut en fait une forme d'impasse, car « il n'est pas possible de définir avec des critères précis ce qu'est une émeraude, un saphir ou une alexandrite ; du moins il n'est pas possible d'avoir une définition claire à l'image de ce que l'on fait avec les minéraux et il semble aujourd'hui impossible d'aboutir à un consensus clair à la CIBJO sur cette question épineuse », ne s'agissant pas de minéraux définis scientifiquement mais de variétés qui sont des termes utilisés par le commerce. Marie Chabrol intervient alors en posant la question de la mise en place d'un système normatif tel que l'ISO pour régler ce type de question. Emmanuel Piat rappelle que l'arrivée de cette norme pour le diamant ne s'est pas faite sans heurts dans la profession, soulignant que celle-ci est désormais totalement acceptée soulignant « qu'il y a un intérêt à ce que celui-ci s'empare du sujet de la couleur. » Aurélien Delaunay (Figure 2) rebondit en expliquant l'importance de ce système mais insiste sur la difficulté à l'imposer aux pierres de couleurs, rappelant que les laboratoires utilisent leurs propres nomenclatures qui sont le plus souvent calquées sur celle de la CIBJO. Cela dit, au-delà de l'émeraude, « le cas de la différence entre saphir rose et rubis soulève des questions importantes de différences de valeurs commerciales » mais ce type de questions se pose sur de nombreux autres minéraux telles que les saphirs padparadscha par exemple. Si certains standards sont voués à évoluer comme le souligne Emmanuel Piat, Aurélien Delaunay insiste sur le fait qu'il faut aller plutôt vers « une homogénéisation des standards dans tous les laboratoires. » Mais qui dit standards, dit « conditions standards » d'observation, d'éclairage... etc. L'ISO et sa norme 18323 a cette particularité de définir avec précision des normes de nomenclature pour le diamant. « À charge pour les négociants,

*bijoutiers et professionnels du métier de communiquer auprès de leurs clients pour faire connaître cette norme* rappelle Aurélien Delaunay, développant alors son explication sur la réalité juridique de chaque pays. Et de compléter « *La France a la chance d'avoir un décret qui impose le terme diamant synthétique sur le commerce du diamant fabriqué par l'homme, mais il faut le rendre visible aux consommateurs.* »



Figure 2 : Prise de parole de M. Aurélien Delaunay. Photo : David Fraga / GemGenève 2022

Figure 2: Mr. Aurélien Delaunay. Photo: David Fraga / GemGenève 2022

La notion de standardisation fait réagir Thomas Hainschwang qui ajoute à bon escient que « le problème en gemmologie, c'est que de nombreux sujets ne peuvent pas être standardisés. Dans le diamant incolore, c'est relativement facile à condition d'être en taille brillant (taille ronde à 57 facettes, ndlr) car dès que l'on passe sur de la taille fantaisie ou des diamants de couleur, c'est déjà bien plus compliqué. Une taille fantaisie modifie la manière dont on perçoit la couleur et rend alors les standards impossibles à appliquer. »

Derrière ce paramètre important à prendre en compte, reste une réalité, savoir avec certitude à qui confier sa pierre pour analyse afin d'obtenir un avis documenté et éclairé. Thomas Hainschwang rappelle alors que « *les laboratoires et ceux qui se déclarent comme tels sont de plus en plus nombreux. Sans qu'une quelconque régulation existe, ouvrant la voie à des rapports contestables en terme de diagnostics et de nomenclatures. Il s'agirait donc déjà de régler cela.* » Une déclaration largement appréciée par le public présent à cette table ronde.

Boris Chauviré interroge alors le panel pour savoir si on pourrait imaginer un organisme unique qui fusionnerait les communautés des scientifiques, des

gens de l'IMA, de la CIBJO, de l'ISO pour initier une réponse internationale claire.

Drew Battaglia intervient sur ce point en insistant sur le fait que « *ce serait un vrai plus d'avoir une sorte d'entité supérieure qui viendrait mettre tout le monde d'accord* », indiquant « *qu'en tant qu'expert pour les ventes aux enchères, c'est parfois compliqué d'expliquer à un client que certains critères ne sont pas reconnus dans tel ou tel pays* ». Il semble néanmoins utopique d'arriver à un tel système tant le secteur est protéiforme. Reste que les laboratoires reconnus pour leur sérieux sont dans la majorité des cas d'accord entre eux. Il s'agit par contre de bien intégrer que la renommée d'un laboratoire relève de l'opinion et



**Figure 3** : Franche convivialité entre M. Emmanuel Fritsch, M. Emmanuel Piat et M. Thomas Hainschwang. Photo : David Fraga / GemGenève 2022

**Figure 3**: A real moment of conviviality between Mr. Emmanuel Fritsch, Mr. Emmanuel Piat and Mr. Thomas Hainschwang. Photo: David Fraga / GemGenève 2022

que celle-ci est soumise à révision ou évolution en fonction de l'évolution des découvertes scientifiques. Emmanuel Fritsch revient sur le fait que l'ISO est à l'origine initié pour la « *standardisation de produits industriels* » qui s'oppose aux gemmes issues de processus naturels les rendant par définition « *variées et le plus souvent uniques*. » Aussi, créer des catégories qui fonctionnent pour toutes les couleurs et toutes les formes relève de l'impossible car une norme « *est forcément rigide et ne peut pas s'adapter à des matériaux variés quand des matériaux industriels sont conçus pour être reproductibles et donc toujours les mêmes*. »

Cette dernière intervention ouvre la voie à une question des modérateurs qui se demandent s'il faut absolument que les laboratoires donnent des noms de variétés. À l'image de ce qui se fait pour le corail pour lequel on se base sur des taxonomies précises où le nom latin prime avant le nom d'espèce. « *Ne faudrait-il pas, dans le cas des rubis et des saphirs roses, mettre seulement « corindon » sur le rapport et laisser le marché se prononcer* » précise Marie Chabrol. « *L'idée est intéressante* » explique Emmanuel Piat et elle a été expérimentée ; « *A la CIBJO, nous avons suggéré la possibilité de mettre sur une page du rapport les données factuelles, indiscutables et en face, ce qui relevait de l'opinion à l'image des origines, de certains traitements... etc. Et l'on s'est rendu compte que cela ne fonctionnait pas tant les différences entre les organismes étaient importantes*. »

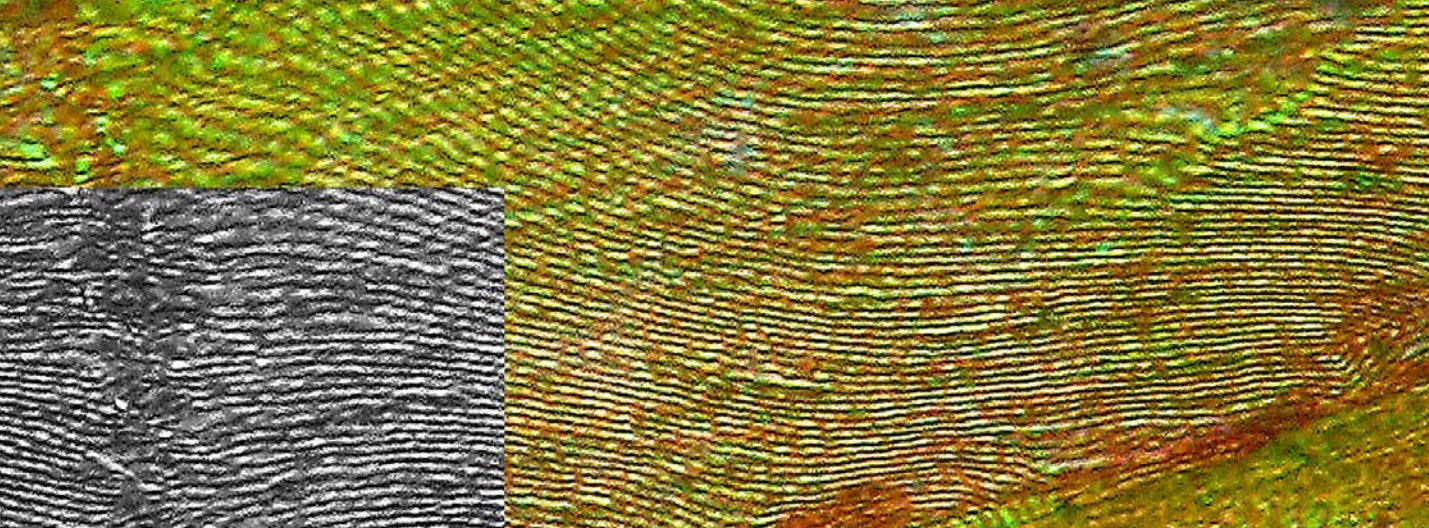
Enzo Liverino a exprimé son point de vue : « *Pour les labos, la taxonomie est plus importante mais lorsqu'on parle de commerce et de consommateur final, le nom commun est plus important. Le nom commun peut changer de pays en pays car le plus souvent, le nom commun d'une espèce de corail vient du pays où cette espèce vit. La taxonomie du corail évolue tous les deux ou trois ans, à travers une collaboration entre négociants, laboratoires et monde académique. Il existe 1700 espèces de coraux mais seules huit sont considérées comme précieuses. Plusieurs années passées à communiquer sur leurs caractéristiques permet d'éviter la confusion du consommateur lorsqu'une nouvelle*

*espèce de corail arrive sur le marché. Il mentionne également que par sa position fédératrice, La CIBJO semble toute désignée comme entité régulatrice de la nomenclature.* »

Devant la complexité des noms commerciaux et la manière dont ils sont utilisés ou perçus selon les pays, une question demeure : la manière de protéger le consommateur, car en bout de chaîne, il y a forcément un client qui achète. Emmanuel Piat admet que cette question est « *cruciale* » ; il évoque le cas des « *rubis* » dont les traitements sont nombreux et le plus souvent incompréhensibles pour la majorité des clients. Le panel reste d'accord sur le fait qu'il faut indiquer le traitement, que « *la transparence est nécessaire* » de l'avis de M. Piat et « *que l'impact de la description aura une incidence sur la valeur et sur la confiance des clients envers le marché* » complète Aurélien Delaunay.

Les sujets abordés durant cette table ronde montrent à quel point cette question des nomenclatures et des appellations reste ouverte aux évolutions. À l'heure de la rédaction de cette note, et pour faire écho au panel qui rappelle « *qu'en cas de conflit* » on se retournera vers la justice de son pays, il est important de souligner qu'un arrêt faisant jurisprudence a été rendu par la Cour d'Appel de Paris le 14 novembre 2022. Laquelle institue pour la France « *l'erreur sur substance* », ouvrant la voie à une indemnisation en cas de mauvaise description de la matière gemme.

Ces questions vont continuer d'être débattues par les instances internationales et ouvriront la voie à réflexions nourries dont nous avons hâte de nous faire l'écho par le biais de Gemmologie & Francophonie. Vous pouvez voir et revoir cette table ronde en visitant notre page [LinkedIn](#).



# Un jour, une curiosité

## PLANS D'EMPILEMENT DE SPHÈRES DE SILICE DANS UNE OPALE ÉTHIOPIENNE

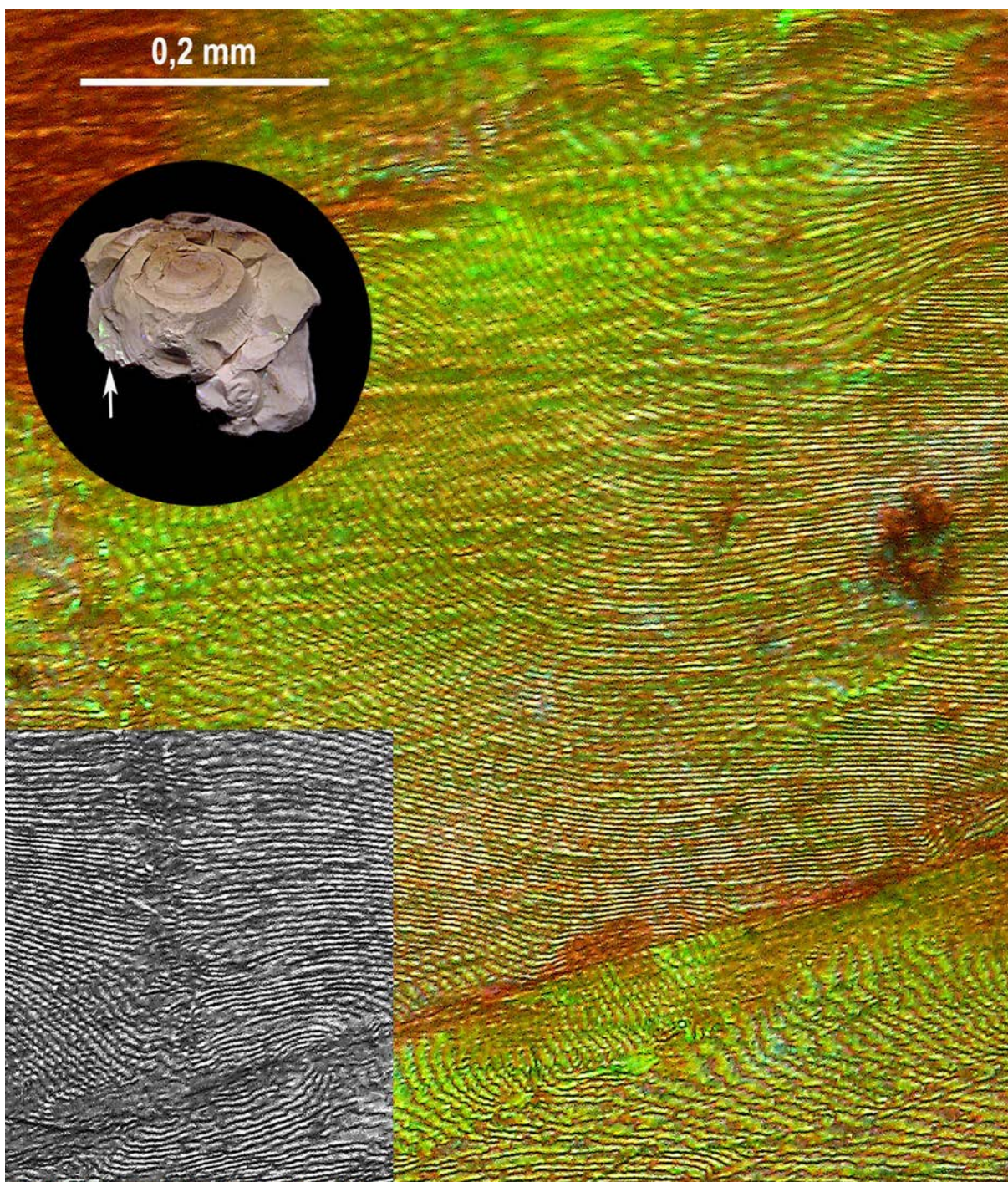
Jean-Pierre Gauthier<sup>1</sup> et Francesco Mazzero<sup>2</sup>

Cette photographie a été prise sur un nodule d'opale de Mezezo (North Shewa, Amhara, Éthiopie). Les nodules sont formés à partir d'eau siliceuse remplissant les cavités pluricentimétriques dues aux bulles de gaz dans les terrains volcaniques du site opalifère. Dans cet environnement confiné, les sphères de silice hydratée s'arrangent par sédimentation en plans compacts horizontaux. Lors d'une fracture, les bords de plans émergent en surface : facilement observables en microscopie électronique, ils sont très rarement visibles en microscopie optique (Akizuki M., 1970. Fractured surface of opal. Contribution to *Mineralogy & petrography*, 28(1) 57-61). Ici, ils apparaissent comme des courbes de niveaux, ressemblant à des marches de croissance. Il est possible dans le cas présent que l'ensemble des courbes concentriques centrées sur le coin supérieur droit soient dues à une croissance autour d'une dislocation-vis. Notons qu'en supprimant les couleurs, les bordures de plans sont encore plus visibles (coin inférieur gauche). Photo J.P. Gauthier

*This photograph was taken on an opal nodule from Mezezo (North Shewa, Amhara, Ethiopia). The nodules are formed from siliceous water filling the multi-centimetric cavities caused by gas bubbles in the volcanic terrain of the opal site. In this confined environment, the spheres of hydrated silica are arranged by sedimentation in horizontal compact planes. After a fracture, the edges of the planes emerge at the surface: easily observable by scanning electron microscopy, they are rarely visible in optical microscopy (Akizuki M., 1970. Fractured surface of opal. Contribution to *Mineralogy & petrography*, 28(1) 57-61). Here, they appear as contour lines, resembling growth steps. It is possible in this case that the set of concentric curves centered on the upper right corner are due to growth around a screw-dislocation. Note that by removing the colors, the edges of the planes are even more visible (lower left corner). Photo J.P. Gauthier*

<sup>1</sup> Centre de Recherche Gemmologique, 2 rue de la Houssinière, BP 92208, 44332 Nantes cedex, [jpk.gauthier@gmail.com](mailto:jpk.gauthier@gmail.com)

<sup>2</sup> Holaster, Kleindal, 57740 Longeville-lès-Saint-Saint-Avold, France, [www.holaster.fr](http://www.holaster.fr)



Nodule d'opale de Mezezo (North Shewa, Amhara, Ethiopie) - Photo : J.P. Gauthier  
*Opal nodule from Mezezo (North Shewa, Amhara, Ethiopie) - Photo: J.P. Gauthier*



# Gemmologie de laboratoire

## NOUVELLES CONSIDÉRATIONS SUR LA SODALITE-HACKMANITE DE LA RÉGION DE MOGOK, MYANMAR

Emmanuel Fritsch<sup>1</sup>, Nicolas Hébert<sup>2</sup>, Feodor Blumentritt<sup>1,3</sup>, Cassandre Moinard<sup>1</sup>,

### Abstract

*New considerations on sodalite hackmanite from the Mogok area, Myanmar*

*A parcel of 13 kg of hackmanite from the Mogok area, Myanmar triggered some surprising observations that contribute to the knowledge of hackmanite, the photochromic variety of sodalite. Firstly, we point out that nearly 350 samples reach exactly the same color under UV-rich natural sunlight (Figure 1). This suggests there is an upper limit to coloration. This in turn indicates a maximum concentration of chlorine vacancies responsible for the color, never pointed out before. Also, we observe that some purple sodalite does not fade to colorless (Figure 2). This means that a proportion of electrons are constantly trapped in chlorine vacancies.*

*Two observations explore the relation between hackmanite and radioactivity. First, bright orange fluorescence haloes are seen in longwave ultraviolet light around black naturally radioactive inclusions (probably urano-thorianite). These are explained by the strong uranium radioactivity which strips the  $S_2^{2-}$  ion of an electron, creating the orange-fluorescing ion  $S_2^-$ . Conversely, it depletes this zone of electrons, thus limiting the purple coloration (Figure 3). Second, hackmanite is darker when close to potassium (K) bearing minerals, such as orthoclase or phlogopite (Figure 5). This is explained by K radioactivity, which enhances the number of chlorine vacancies, hence the color.*

### Résumé

Un lot de 13 kg d'hackmanite de la région de Mogok a donné lieu à quelques observations surprenantes qui contribuent à une meilleure connaissance de l'hackmanite, la variété photochrome de la sodalite. Tout d'abord, environ 350 échantillons atteignent exactement la même saturation et luminosité de couleur pourpre foncé lorsqu'ils sont exposés à une lumière du jour riche en UV (Figure 1). Ceci suggère l'existence d'une limite supérieure à cette coloration. Il existe donc une concentration maximum de lacunes de chlore (élément indispensable à la transition électronique causant la couleur pourpre) ce qui n'avait jamais été proposé. De plus, nous avons observé que certaines sodalites pourpres ne deviennent jamais incolores (Figure 2). Donc une partie des lacunes de chlore est constamment remplie par des électrons, sans action des UV.

Deux autres observations explorent la relation entre hackmanite et radioactivité. Tout d'abord, des halos de luminescence orange aux UV longs se forment autour d'inclusions noires radioactives (probablement de l'urano-thorianite). Cela s'expliquerait par la très forte radioactivité de l'uranium qui arrache un électron à l'ion  $S_2^{2-}$ , produisant l'ion  $S_2^-$  responsable de la luminescence orange. Par voie de conséquence, la radioactivité enlève des électrons de cette zone, y limitant ainsi la concentration en donneurs d'électrons et donc la coloration pourpre (Figure 3). Autre constatation, l'hackmanite acquiert une couleur pourpre plus foncée au contact de minéraux contenant du potassium (K), comme l'orthose ou la phlogopite (Figure 5). La cause en est la radioactivité du potassium, qui accroît le nombre de lacunes de chlore, et donc le nombre de transitions électroniques responsables de la couleur.

<sup>1</sup> Nantes Université, CNRS, Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel, IMN, F-44000 Nantes, France - 2 rue de la Houssinière BP 32229, F-44000 Nantes, France, [emmanuel.fritsch@cnrs-imn.fr](mailto:emmanuel.fritsch@cnrs-imn.fr)

<sup>2</sup> Université de Lorraine, École Nationale Supérieure de Géologie, 2 Rue du doyen Marcel Roubault, 54518 Vandœuvre-lès-Nancy, France

<sup>3</sup> Laboratoires GGTL Suisse, 2bis route des Jeunes, 1227 Genève, Suisse

**Image d'illustration de l'article :** Exemples d'échantillons de sodalite-hackmanite de la vallée de Mogok, Myanmar avant (à gauche) et après (droite) illumination aux UVC pendant quelques minutes. Le cabochon le plus à gauche du groupe (2,44 ct) garde constamment sa couleur pourpre qui fonce après exposition aux UVC. Photo Féodor Blumentritt

**Leadshot:** *Some samples of sodalite-hackmanite from Mogok, Myanmar before (left) and after (right) exposure to SWUV for a few minutes. The cabochon at the left of the group (2.44 ct) remains constantly purple and only darkens after exposure to SWUV. Photo Féodor Blumentritt*



## INTRODUCTION

Le comportement photochromique de la sodalite-hackmanite (voir leadshot) provenant de diverses localités et de ses équivalents synthétiques a été largement étudié (Kondo & Beaton, 2009 ; Agamah *et al.*, 2020). La sodalite possède une structure cristallographique atypique formée par un empilement de cuboctaèdres tronqués (ou  $\beta$ -cages) laissant des espaces importants en leurs centres. Nominale, les  $\beta$ -cages sont remplies par quatre atomes de sodium et un atome de chlore (Figure 2). Il est maintenant établi que la couleur est due à une transition électronique entre une lacune de chlore et un donneur d'électrons, le soufre pouvant jouer le rôle de donneur d'électron (Blumentritt, 2021). Nous proposons ici des observations sur un grand lot de 13 kg d'hackmanite acheté à Mogok (Myanmar) en décembre 2020 par l'un d'entre nous (NH). L'étude de ce lot a permis de découvrir plusieurs aspects liés à l'hackmanite qui à notre connaissance n'ont pas été décrits auparavant. Deux observations ci-dessous font un lien clair et direct entre création de la couleur hackmanite et l'irradiation, alors que la création de la lacune est classiquement attribuée au soufre, avec un mécanisme impliquant l'ion  $S^{2-}$  qui n'est toujours pas prouvé (Blumentritt, 2021). Les deux autres questionnent les limites de l'intensité et la stabilité de la couleur de l'hackmanite.

## MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Le lot étudié contient environ 350 échantillons illustrés Figure 1. La plupart contiennent à la fois une gangue blanche et de l'hackmanite. Pour tous sauf une demi-douzaine, la couleur change après exposition aux UV d'une lampe ou de la lumière du jour, et redevient de couleur plus pâle ou incolore lorsque laissés dans des conditions d'éclairage moins intense. La dimension de la plupart des blocs contenant l'hackmanite est pluricentimétrique. Trois contiennent des inclusions noires entourées d'un halo de fluorescence orange sous ultraviolets longs (UVL).



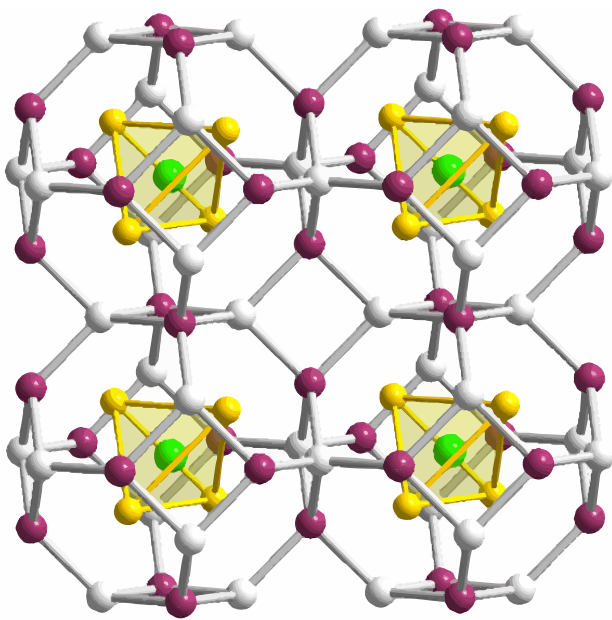
**Figure 1** : Lot de 13 kg d'échantillons d'hackmanite provenant de Mogok. Photo Nicolas Hébert

*Figure 1: 13 kg parcel of hackmanite-bearing samples from Mogok. Photo Nicolas Hébert*

Les observations microscopiques ont été faites avec un microscope binoculaire Leica MZ6 qui permet de monter jusqu'à un grossissement de  $\times 60$ . Pour les observations de photochromisme et de luminescence, une lampe ultraviolet (UV) Vilber-Lourmat VL-215-LC a été utilisée, d'une puissance totale de 30 W, distribuée entre deux tubes d'environ 30 cm de long de 15 W chacun, un pour les UV longs (365 nm) et un pour les UV courts (254 nm). Certaines ont été menées avec une lampe Way Too Cool 9SL-UP - Dual UV Lamp, avec deux longueurs d'ondes, UV longs (368 nm) et UV courts (254 nm).

Un microscope électronique à balayage (MEB) JEOL-5800LV a permis des observations à plus forts grossissements. Ce MEB est équipé d'un détecteur à dispersion d'énergie SanX SDD, d'une surface active de 10 mm<sup>2</sup>. Le MEB opère avec une tension d'accélération de 15 kV et un courant de 0,5 nA. La pièce polaire est située à 15 mm de la surface de l'échantillon analysé. Il nous a permis une analyse élémentaire qualitative, suffisante dans notre cas.

L'identification des espèces est effectuée avec un spectromètre de diffusion Raman à transformée de Fourier (modèle Multiram, Bruker). La matière est excitée par un laser Nd:YAG de longueur d'onde



**Figure 2 :** Représentation simplifiée de la structure de la sodalite montrant l'empilement de  $\beta$ -cages contenant les 4 atomes de sodium et l'atome de chlore au centre de la cage. Les oxygènes formant des tétraèdres autour des atomes de silicium et d'aluminium ont été masqués pour plus de lisibilité

*Figure 2: Simplified representation of the structure of sodalite showing the stacking of  $\beta$ -cages containing the 4 sodium atoms and the chlorine atom in the center of the cage. The oxygens forming tetrahedrons around the silicon and aluminum atoms have been masked for readability*

1064 nm, pour une puissance pouvant aller jusqu'à 2000 mW avec une résolution spectrale de 2 à 4  $\text{cm}^{-1}$ . L'identification de la phase se fait par comparaison avec les spectres de la base de données RRUFF, via le logiciel CrystalSleuth.

## RÉSULTATS

### Une limite à la coloration maximale

Lorsque ces quelque 350 échantillons contenant de l'hackmanite sont réunis sous le même éclairage (lumière du jour à Perth, Australie), ils semblent tous avoir -exactement- la même couleur pourpre foncé (Figure 1). Moins d'une dizaine sont plus clairs, et peuvent être classés en deux groupes, les « pourpre bleuté », et les « rose ». Aucun échantillon n'est plus foncé que ce maximum apparent. En particulier, on pourrait s'attendre à ce que certains échantillons apparaissent si sombres qu'ils seraient considérés comme noirs, si la concentration de l'absorbeur est élevée. Mais ce n'est pas le cas ici. L'hackmanite se comporte donc comme s'il y avait un maximum

d'absorption possible autorisé par la structure de la sodalite. Cela implique qu'il y a une limite à la concentration possible de lacunes de chlore. Ceci n'est pas déraisonnable du point de vue de la chimie de l'état solide, pour des échantillons tous formés de la même manière, à la même température et avec la même concentration de soufre dans notre cas. Presque tous les échantillons ont atteint cette limite, peut-être à cause d'une irradiation naturelle relativement intense, qui peut créer des lacunes (voir ci-dessous).

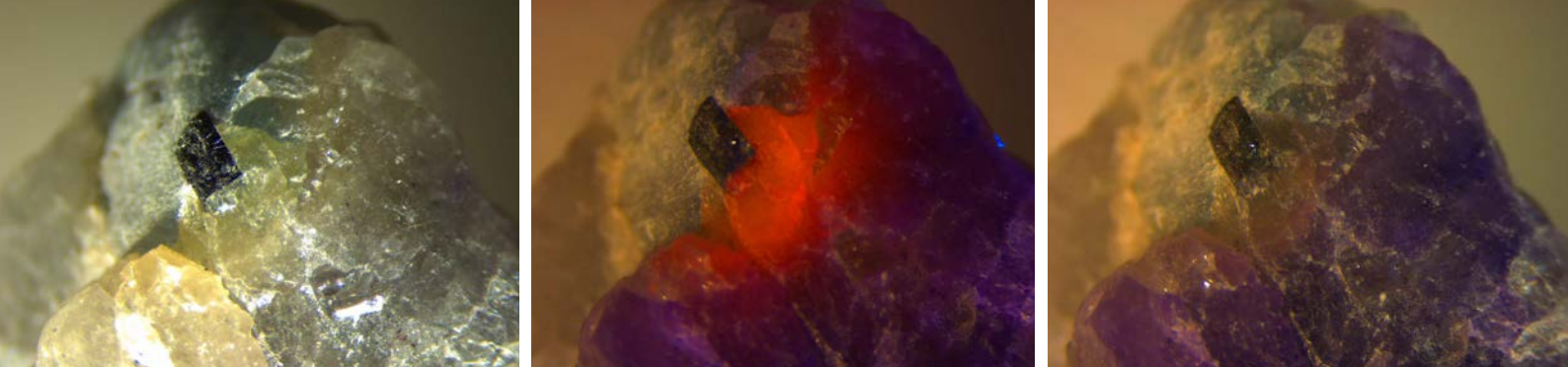
### Sodalite pourpre stable

Une autre observation rarement discutée est que certains échantillons passent du presque incolore au pourpre foncé, alors que d'autres ne passent que du pourpre moyen au pourpre foncé (Figure 3). Ainsi, une partie de la couleur pourpre de certaines



**Figure 3 :** Sodalite pourpre stable à la lumière du jour (en haut), et en bas après une exposition aux ultraviolets à ondes courtes, montrant la contribution de couleur supplémentaire de la véritable hackmanite. Champ de vision 14,8 mm. Photo Cassandre Moinard

*Figure 3: Stable purple sodalite in natural daylight (up) and after shortwave ultraviolet exposure (right), showing extra colour contribution from truly hackmanite. Field of view 14.8 mm. Photo Cassandre Moinard*



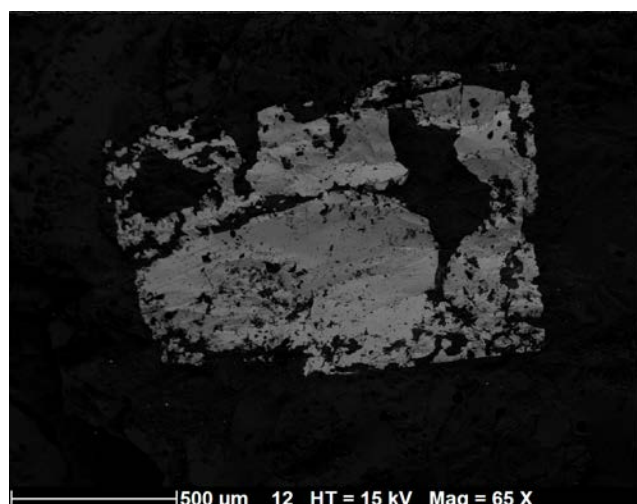
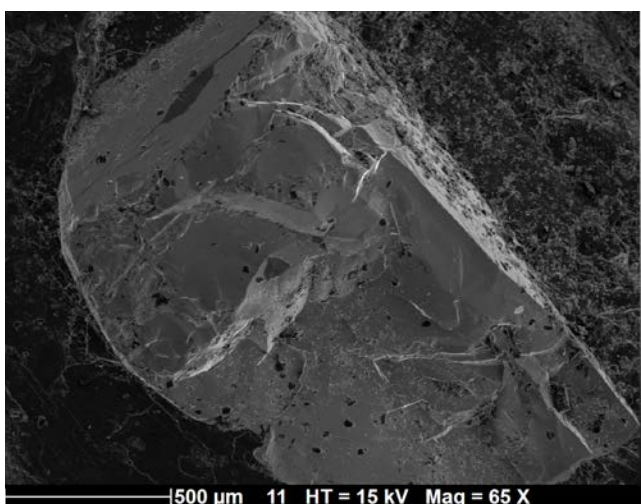
**Figure 4** : L'inclusion noire centrale, d'environ deux millimètres dans la plus grande dimension, est entourée d'un halo fluorescent orange (UVL) au sein de la sodalite-hackmanite, d'un diamètre d'environ cinq millimètres. Juste après exposition aux UV, on discerne que le halo luminescent est moins coloré que le reste de l'hackmanite. Après exposition à la lumière du jour, l'hackmanite est redevenue incolore. Champ de vision 14,8 mm. Photos Cassandre Moinard

**Figure 4**: The central black inclusion, about two millimetres in longest dimension, is surrounded by an orange LWUV fluorescent halo within the sodalite-hackmanite, of a diameter of approximately five millimetres. Just after UV irradiation, the luminescent halo is less colored than the surrounding hackmanite. After exposure to normal daylight, hackmanite is back to colorless. Field of view 14.8 mm. Photos Cassandre Moinard

hackmanites n'est pas photogénérée par la réaction photochrome. La bande d'absorption est la même entre la forme stable et la forme photogénérée, et donc la couleur est identique. Cela signifie que pour la forme stable pourpre de la sodalite, il y aurait autour de la lacune de chlore un réservoir électronique suffisant pour y maintenir constamment un électron. Dans ce cas, un rayonnement ultraviolet n'est pas nécessaire pour induire le transfert électronique responsable de la couleur et la réaction photochrome n'a plus lieu d'être. Ainsi, dans le même échantillon, il est possible qu'il y ait un mélange de sodalite pourpre (couleur stable) et d'hackmanite (couleur photogénérée) selon l'environnement proche de la lacune de chlore.

### Halos luminescents autour de cristaux noirs

Un aspect assez spectaculaire de trois pièces brutes est la présence de cristaux noirs généralement cubiques à parallélépipédiques, submillimétriques à millimétriques. L'exposition au rayonnement ultraviolet long (UVL) provoque une fluorescence plus vive de la sodalite entourant ces cristaux que dans le reste de l'échantillon (Figure 4 ; Hebert, 2022). Le « spot » de luminescence ainsi créé a un diamètre d'environ cinq à huit millimètres. Cela suggère que les inclusions influencent leur environnement.



**Figure 5** : Deux des inclusions noires d'urano-thorianite trouvées au centre de halos fluorescents dans la hackmanite. La photo de gauche est prise en électrons secondaires (topographie) alors que celle de droite est obtenue avec des électrons rétrodiffusés ; la couleur claire de l'inclusion prouve qu'elle a un numéro atomique moyen beaucoup plus élevé que sa matrice. Photos Emmanuel Fritsch

**Figure 5**: Two of the black urano-thorianite inclusions found in the centre of fluorescent haloes in hackmanite. The left picture is taken in secondary electrons (topography) while the right one is obtained with backscattered electrons; the light colour of the inclusion proves that it has a much higher average atomic number than its matrix. Photos Emmanuel Fritsch

Trois de ces inclusions noires ont été extraites de leur matrice et analysées in-situ au microscope électronique à balayage (Figure 5). Il s'est avéré que le minéral noir contient de l'uranium (U) avec un peu de thorium (Th) et de l'oxygène. Il s'agit probablement d'uraninite (oxyde d'uranium cubique) ou d'un intermédiaire entre l'uraninite et la thorianite («urano-thorianite»). Une détermination précise de la proportion d'uranium et de thorium nécessiterait un processus de calibration qui n'est pas disponible sur notre instrument.

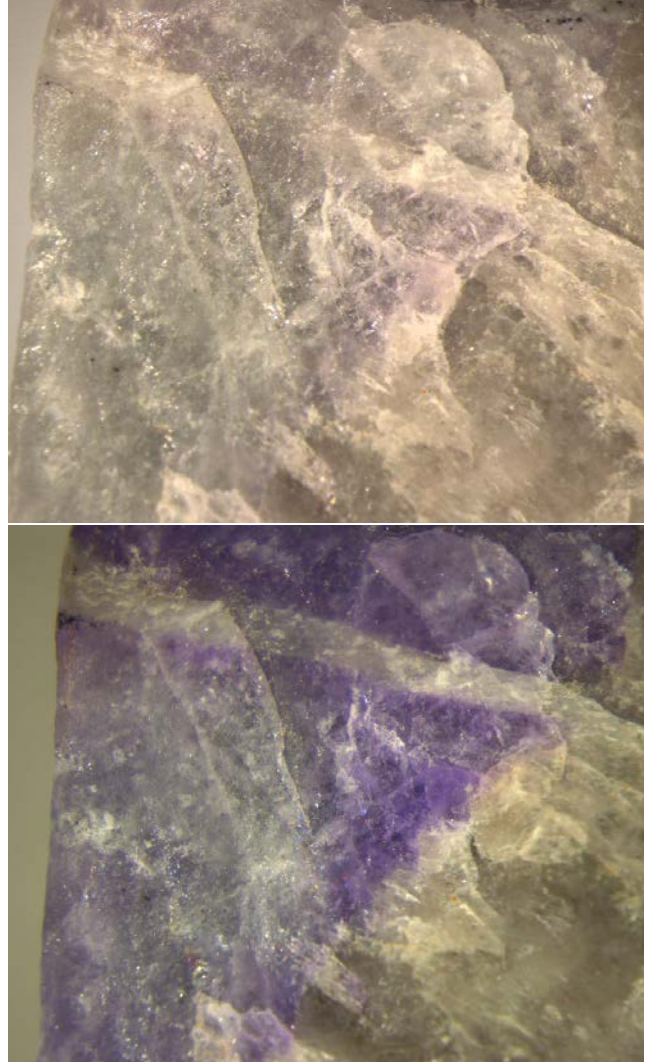
Les séries radioactives de l'uranium et du thorium sont bien connues pour leurs émissions de particules alpha très énergétiques d'environ 4 MeV. Cependant, ces particules lourdes et chargées ont une pénétration limitée dans les matériaux, généralement de l'ordre du micromètre. Les taches luminescentes d'un demi-centimètre de diamètre doivent donc avoir une autre origine. Les séries U et Th produisent en abondance des rayons gamma dont l'énergie varie de quelques keV à plus de 1000 keV. Ceux-ci peuvent pénétrer de plusieurs millimètres dans la sodalite, car ce sont des rayonnements sans masse et sans charge, contrairement aux rayonnements alpha mentionnés plus haut. Ils expliqueraient facilement le diamètre des halos d'irradiation observés.

Ces rayons gamma sont des radiations ionisantes qui semblent, en première approche, responsables de l'augmentation de l'intensité de la luminescence locale. Il est généralement admis que la luminescence de la sodalite est due au polyanion sulfuré  $S_2^-$  (Sidike *et al.*, 2007). Comme l'irradiation enlève généralement des électrons aux atomes ou aux molécules, on peut en déduire que le rayonnement gamma a probablement favorisé la réaction ci-dessous :



Cette réaction explique pourquoi la luminescence se concentre aux abords des minéraux radioactifs, là où l'ion luminescent,  $S_2^-$ , est créé.

Les halos ayant la luminescence orange la plus forte présentent la coloration pourpre photogénérée la plus



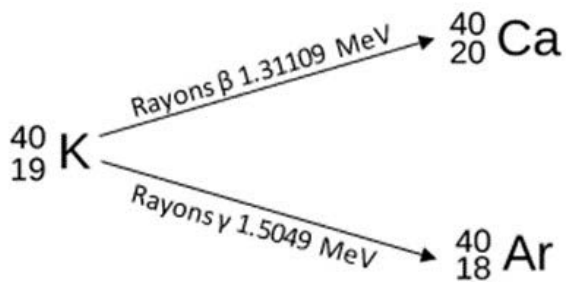
**Figure 6 :** Orthose à côté de l'hackmanite (bordure immédiate et veine blanche) avant (haut) et après (bas) l'exposition aux ondes courtes. Champ de vision 14,8 mm. Photo Cassandre Moinard

**Figure 6:** Orthoclase next to hackmanite (immediate border and white vein) before (top) and after (bottom) short wave exposure. Field of view 14.8 mm. Photos Cassandre Moinard

faible lors de l'activation sous UVL et sont parfois presque incolores (Figure 4). En supposant que la forme ( $S_2^{2-}$ ) est appauvrie autour de ces inclusions à cause de l'irradiation gamma, on peut expliquer le manque d'électrons pouvant être transférés dans les lacunes de chlore situées dans le halo, d'où l'absence de teinte pourpre foncée à proximité de la phase U-Th. Ce manque de saturation causé par la radioactivité s'oppose au renforcement de la saturation, aussi dû à la radioactivité, tout près des minéraux potassiques (voir ci-dessous). La différence peut sans doute s'expliquer par la différence d'énergie des deux types de radioactivité, relativement douce pour le potassium, beaucoup plus énergétique pour l'uranium.

## Hackmanite ou sodalite pourpre au contact d'un minéral contenant du potassium

L'hackmanite se trouve parfois en contact direct avec l'orthose (Figures 6 et 8) ou la phlogopite (Figures 3 et 8). Ces deux minéraux ont été identifiés par spectroscopie FT-Raman.



**Figure 7 :** Décomposition du potassium 40, qui constitue 0,012 % du potassium naturel. Elle produit deux rayonnements ionisants de haute énergie, une particule bêta (électron) et un rayon gamma, qui peuvent induire le centre coloré de l'hackmanite

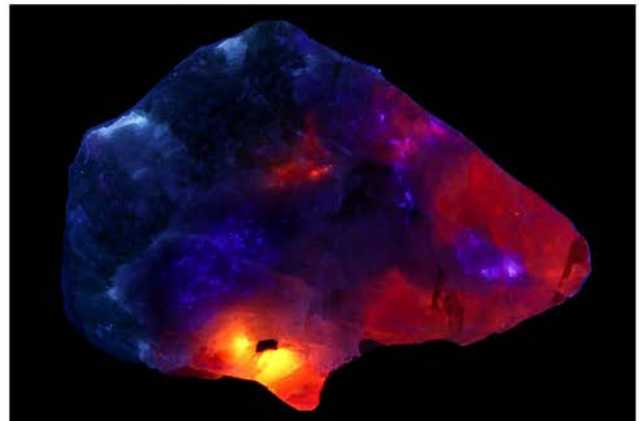
*Figure 7: Decay of potassium 40, which constitutes 0.012 % of natural potassium. It delivers two high-energy ionizing radiations, a beta particle (electron) and a gamma ray, which may induce the hackmanite colour centre*

Les deux minéraux contiennent du potassium dans leur formule structurale (orthose :  $\text{K(AlSi}_3\text{O}_8)$  ; phlogopite :  $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ ).

C'est un élément radioactif bien connu, dont la désintégration radioactive est simple (Figure 7). Il a environ 89 % de chances de se transformer en calcium avec émission d'une particule bêta (électron) contre un peu moins de 11 % de chances de se transformer en argon avec émission d'un rayon gamma et d'un neutrino lors de cette désintégration (Wikipedia, 2023).

Dans les deux cas, des rayonnements ionisants sont émis, qui peuvent créer des lacunes de chlore, ou/et déplacer des électrons. Il est donc tentant d'expliquer la frange de couleur observée à proximité de ces minéraux potassiques par l'irradiation permanente qu'ils imposent sur la sodalite/hackmanite. La profondeur de pénétration constatée (2 à 4 mm) est cohérente avec l'énergie des électrons émis, environ 2 mm dans les

silicates (Anonyme, 2022). Des rayons gamma moins abondants mais plus pénétrants (pénétration d'environ 2 cm) ne feraient qu'accroître cet effet, en faisant l'essentiel de leurs dégâts dans les premiers millimètres.



**Figure 8 :** Fragment de roche polie, comprenant de l'orthose, de la phlogopite, de l'hackmanite et de l'urano-thorianite sous différentes conditions d'éclairage (Way Too Cool 9SL-UP - Lampe UV double). Plus grande dimension : 87 mm. Photos Nicolas Hébert

*Figure 8: Petrological assemblage including orthoclase, phlogopite, hackmanite and urano-thorianite under different lighting conditions (Way Too Cool 9SL-UP - Dual UV Lamp). Largest dimension: 87 mm. Photos Nicolas Hébert*

L'exposition aux UVC du spécimen de la Figure 8 met en évidence une frange blanc bleuté située au contact du feldspath potassique (à droite), décrite comme une luminescence persistante (voir Blumentritt *et al.*, 2021). Plusieurs possibilités existent pour expliquer cette émission, l'une d'entre elles impliquant des lacunes d'oxygène (Agamah *et al.*, 2020), qui pourraient être créées par une irradiation induite par le potassium contenu dans le feldspath.

## CONCLUSION

Nous avons proposé quatre observations intrigantes et nouvelles concernant la sodalite-hackmanite. Sur un lot de 13 kg comportant plus de 350 pièces, il est surprenant que sous les UV intenses, quasi toutes les pièces d'hackmanite atteignent la même saturation et luminosité de pourpre foncé, et qu'il y ait si peu de variation de couleur d'un échantillon à l'autre. Ceci semble indiquer une limite supérieure de la coloration, et donc de concentration de lacunes de chlore. On associe l'hackmanite au photochromisme, mais on constate que certaines hackmanites ne deviennent jamais incolores et qu'une partie des centres colorés est stable (donc c'est de la sodalite pourpre). L'explication de la différence entre les deux formes stable et photogénérée reste à trouver. Un halo de luminescence orange plus fort est formé autour d'inclusions noires fortement radioactives (uranothorianite). Autre lien avec la radioactivité, la coloration de l'hackmanite est plus intense au contact immédiat de minéraux de gangue modérément radioactifs, contenant du potassium : l'orthose ou la phlogopite. Ceci démontre que la coloration de l'hackmanite est, au moins dans certains cas, liée à l'irradiation, qui contribue à créer des lacunes de chlore, à l'origine de la couleur. Ces observations soulèvent de nouvelles questions, qui mériteraient d'être étudiées dans le cadre d'une recherche plus approfondie. L'hackmanite, et le photochromisme des gemmes en général, n'ont pas encore livré tous leurs secrets.

## BIBLIOGRAPHIE

- Harvard Natural Science Lecture Demonstration (2022)**  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  Penetration and Shielding. <https://sciencedemonstrations.fas.harvard.edu/presentations/%CE%B1-%CE%B2-%CE%B3-penetration-and-shielding>. Consulté le 01 mai 2022.
- Agamah C., Vuori S., Colinet P., Norrbo I., de Carvalho J.M., Okada Nakamura L.K., Lindblom J., van Goethem L. et al. (2020)** Hackmanite: The natural glow-in-the-dark material. *Chemistry of Materials*, 32(20) 8895–8905, [doi.org/10.1021/acs.chemmater.0c02554](https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.0c02554)
- Blumentritt F. (2021)** Matériaux à propriétés ciblées par minéralomimétisme : Le photochromisme de la sodalite et de la scapolite (Properties of materials targeted by mineralomimeticism: The photochromism of sodalite and scapolite). Thèse de doctorat, Université de Nantes, France, 248 pp.
- Blumentritt F., Vigier M., Fritsch E. (2021)** Blue persistent luminescence (phosphorescence) of sodalite. *Journal of Gemmology*, 37(6) 571–574.
- Curutchet A., Le Bahers T. (2017)** Modelling the photochromism of S-doped sodalites using DFT, TD-DFT, and SAC-CI methods. *Inorganic Chemistry*, 56(1) 414–423, [doi.org/10.1021/acs.inorgchem.6b02323](https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.6b02323)
- Hébert N. (2022)** Orange fluorescent minerals from Mogok: from scapolite/feldspathoid-bearing marbles to hackmanite. *40th Tucson Mineral Symposium*.
- Kondo D., Beaton D. (2009)** Hackmanite/Sodalite from Myanmar and Afghanistan. *Gems & Gemology*, 45(1) 38–43.
- Sidike A., Sawuti A., Wang X.-M., Zhu H.J., Kobayashi S., Kusachi I., Yamashita N. (2007)** Fine structure in photoluminescence spectrum of  $S_2^-$  center in sodalite. *Physics and Chemistry of Minerals*, 34, 477–484.
- Wikipedia (2022)** Potassium. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Potassium>. Consulté le 06/03/2022.



# Au cœur des gemmes

## INCLUSIONS COMMUNES ET RARES DANS L'AIGUE-MARINE

Marine Bouvier <sup>1</sup>

### Abstract

*In this article, the author chose to reveal the secrets surrounding two surprising samples of aquamarine from her collection, through the reading and understanding of their inclusions, emphasized both for their beauty and for their remarkable gemological qualities. In the first sample, a star Brazilian aquamarine cabochon, it is possible to observe marvelous fluid inclusions which look like colored «confettis» as well as more or less filled channels, both showing amazing interference colors. The second sample, corresponds to a prismatic crystal from Pakistan, and reveals two-phase negative crystals as well as hexagonal growth structures, never before described in an aquamarine.*

### Résumé

Dans cet article, l'auteure a choisi de dévoiler les secrets entourant deux échantillons étonnants d'aigue-marine de sa collection, au travers de la lecture et de la compréhension de leurs inclusions, mises en valeur tant pour leur beauté que pour leur qualités gemmologiques remarquables. Dans le premier échantillon, une aigue-marine étoilée brésilienne taillée en cabochon, il est possible d'observer d'étonnantes inclusions fluides en forme de « confettis » colorés ainsi que des canaux plus ou moins remplis, montrant tous deux d'incroyables couleurs interférentielles. Le second échantillon, est un cristal prismatique du Pakistan, dans lequel on observe des cristaux négatifs biphasés ainsi que des structures de croissance hexagonales, non encore décrites dans une aigue-marine.

<sup>1</sup> Marine Bouvier, Gemmologue, Formatrice indépendante en gemmologie et Experte en pierres, Nice, <https://www.marinebouvier.fr>

**Image d'illustration de l'article - Figure 1 :** Mise en évidence des deux types d'inclusions (discoïdes et linéaires) perpendiculaires entre elles, dans une aigue-marine brésilienne de 17,65 carats taillée en cabochon (grand axe 18 mm, petit axe 16 mm, hauteur 8 mm). L'axe de croissance (axe d'isotropie ou axe c) se trouve dans la direction des inclusions linéaires. Photo : Marine Bouvier

**Figure 1:** *Highlighting the two types of inclusions (discoid and linear) perpendicular to each other, in a 17.65-carat cabochon-cut Brazilian aquamarine (major axis 18 mm, minor axis 16 mm, height 8 mm). The growth axis (axis of isotropy or «c-axis») is in the direction of the linear inclusions. Photo: Marine Bouvier*

## INTRODUCTION

L'aigue-marine, pierre de naissance du mois de mars, selon la liste « officielle » révisée en 2002 de l'American Gem Trade Association, est connue depuis des siècles. L'étymologie de cette gemme signifie « eau de mer » (du latin « aqua » et « mare », soit « eau » et « mer »).

Elle correspond à la variété bleue de la famille des béryls de formule chimique  $\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ . Sœur de l'émeraude (variété verte colorée par le chrome  $\text{Cr}^{3+}$  et/ou le vanadium  $\text{V}^{3+}$ ) et de l'héliodore (variété jaune colorée par un transfert de charge  $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ ), l'aigue-marine possède une couleur principale bleue due au fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) et bien souvent une couleur secondaire verte associée, due à une sous-teinte jaune provoquée par un transfert de charge  $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$  (Fritsch & Rossman, 1988 ; American Gem Society, 2020 ; Mindat, 2023). Les photos de cet échantillon témoignent de cette sous-teinte verdâtre très présente sur le premier échantillon étudié ici.

Mais si cette gemme est connue depuis l'aube de l'humanité (les égyptiens utilisaient déjà l'aigue-marine sur leurs bijoux) (Harrell, 2012), il est étonnant de voir à quel point ses inclusions continuent de nous émerveiller et même de nous surprendre.

## OBSERVATIONS

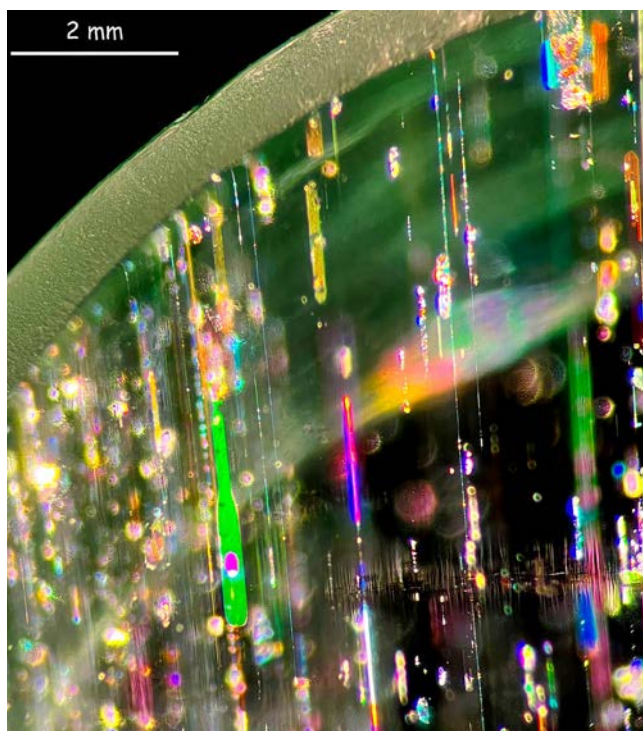
Comme exemples, j'ai choisi de décrire quelques types d'inclusions étonnantes et parfois peu connues, observées dans deux échantillons d'aigues-marines de ma collection, et de les illustrer avec des photographies prises sous microscope à fort grossissement (photomicrographies).

### • Aigue-marine brésilienne

Le premier échantillon correspond à une aigue-marine du Brésil de 17,65 carats taillée en cabochon. Une observation effectuée du côté de la partie plane légèrement inclinée du cabochon, associée à un éclairage arrière permet immédiatement de remarquer de nombreuses inclusions discoïdes

plates disposées sur des plans parallèles, ainsi qu'un deuxième ensemble de fines inclusions linéaires, perpendiculaires aux premières (Figure 1 - image d'en-tête d'article).

Après examen à l'aide d'un microscope et entre filtres polariseurs croisés, on constate que l'axe optique est orienté dans la direction des inclusions fines et longues qui sont de fins canaux parallèles creux ou partiellement remplis. Cette observation est cohérente avec les données de la littérature (Gübelin & Koivula, 1986a). De plus, on peut observer qu'une grande partie

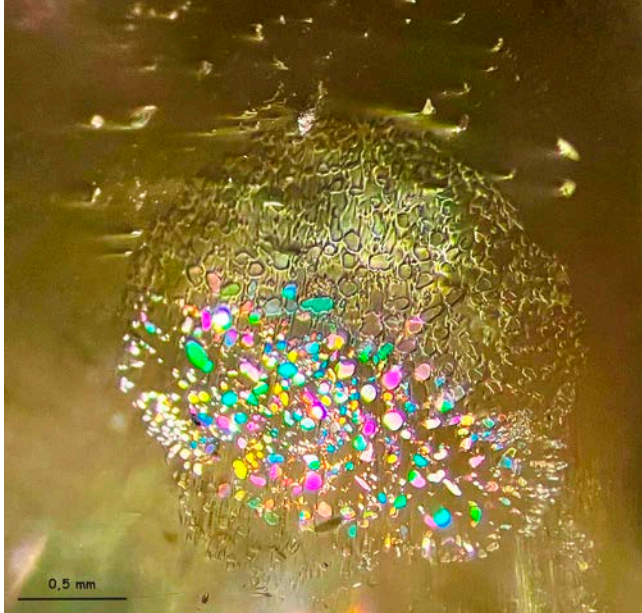


**Figure 2** : Canaux de croissance remplis de solutions aqueuses montrant de vives couleurs interférentielles lorsqu'on les éclaire à l'aide d'une fibre optique utilisée en incidence rasante. Largeur de champ : 5,8 mm. Photo : Marine Bouvier

*Figure 2: Growth channels filled with aqueous solutions showing bright interference colors when illuminated with an optical fiber used under grazing incidence. Field width: 5.8 mm. Photo: Marine Bouvier*

**Image d'illustration de l'article** : Aigue-marine brésilienne. Largeur de champ : 10 mm. Photo : Marine Bouvier (Figure 4)





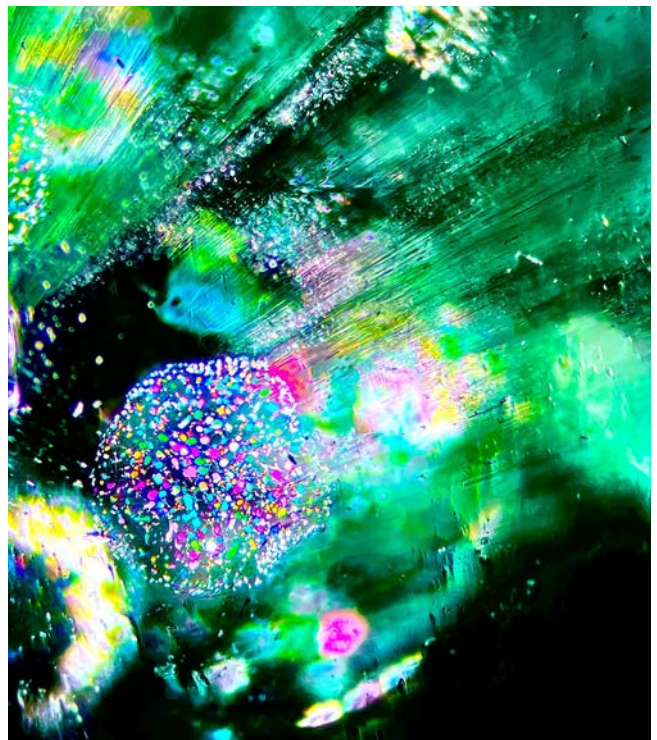
**Figure 3 :** Inclusion biphasée de « confettis » à moitié éclairée par une fibre optique utilisée en incidence rasante qui permet d'observer ces magnifiques couleurs en partie basse de l'inclusion. La partie haute n'est volontairement pas éclairée identiquement afin que l'on puisse apercevoir la structure de l'inclusion en film mince, comportant des cavités extraplates biphasées sans les jeux de couleurs. Au-dessus de cette inclusion on peut apercevoir l'extrémité des canaux en surface du cabochon. Largeur de champ : 3 mm. Photo : Marine Bouvier

*Figure 3: Two-phase inclusion of «confetti» half illuminated by an optical fiber oriented in grazing light. The grazing light source allows the lower part to provide the inclusion these magnificent colors. The upper part is voluntarily not illuminated identically so that one can see the structure of the inclusion in thin film, comprising two-phase extra-flat cavities without the play of colors. Above this inclusion one can see the end of the channels at the surface of cabochon. Field width 5 mm. Photo: Marine Bouvier*

des canaux sont remplis de plusieurs phases de solutions aqueuses qui peuvent montrer de vives couleurs interférentielles lorsque le cabochon est éclairé à l'aide d'une fibre optique utilisée en incidence rasante (Gübelin & Koivula, 2005) (Figure 2 - page précédente).

Mais les inclusions les plus intrigantes et à coup sûr, les plus surprenantes, se trouvent être les inclusions discoïdes perpendiculaires à l'axe optique et donc parallèles au plan basal du cristal. Ces inclusions ont un pourtour polygonal. Elles correspondent à de fins films plans et minces composés d'une multitude de cavités extra-plates contenant des fluides mono- ou biphases (contenant un liquide et une bulle de gaz ou un liquide et un gaz dissous). Ces cavités, qui ressemblent à des « confettis » de

couleur, sont encore peu connues, mais sont par ailleurs caractéristiques des béryls et retrouvées dans toutes les variétés de cette famille (Fritsch *et al.*, 2022 ; Gübelin & Koivula, 1986b ; Gübelin & Koivula, 2005 ; Thudsanapbunya, 2021). En orientant très précisément la fibre optique en incidence rasante, on peut les éclairer de façon à obtenir de multiples couleurs interférentielles. La Figure 3 montre une des inclusions volontairement à moitié éclairée où l'inclinaison de la lumière ne permet d'apercevoir le jeu de couleur que sur



**Figure 4 :** Photomicrographie d'une inclusion fluide en forme de « confettis » colorés, entourée de multiples canaux dans une aigue-marine (éclairage par fibre optique en incidence rasante). La lumière et le positionnement de l'échantillon sous microscope font ressortir la composante verdâtre de la couleur de l'aigue-marine. Largeur de champ : 10 mm. Photo : Marine Bouvier

*Figure 4: Photomicrograph of a colored «confetti»-shaped fluid inclusion, surrounded by multiple channels in an aquamarine (lighting by fiber optic under grazing incidence). The light and the positioning of the sample under the microscope bring out the greenish component of the aquamarine color. Field width: 10 mm. Photo: Marine Bouvier*

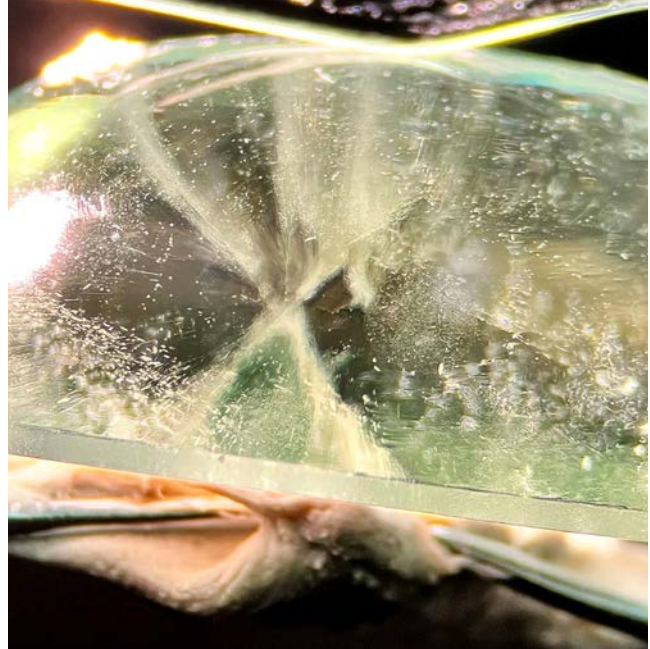
la partie inférieure. L'observation attentive des différentes taches colorées permet de mettre en évidence de nombreuses formes polygonales, et la plupart du temps hexagonales, qui peuvent alors témoigner de la symétrie hexagonale dans laquelle cristallise le cristal brut du béryl (Mindat, 2023).

La présence de ces superbes inclusions « confettis » additionnée aux canaux de croissance permet alors de produire des photomicrographies artistiques du plus bel effet (Figure 4 - page précédente).



**Figure 5 a)** : Étoile principale due aux canaux et aux formations discoïdes perpendiculaires. L'étoile secondaire (gauche) proviendrait d'un enchevêtrement local de deux faisceaux de canaux (en b), probablement à l'origine de l'étoile secondaire observée. Photos : Marine Bouvier

*Figure 5 a): The main star is due to discoid inclusions and perpendicular channels. The secondary star (left) would come from a local entanglement of two bundles of channels (in b), probably at the origin of the observed secondary star. Photos: Marine Bouvier*

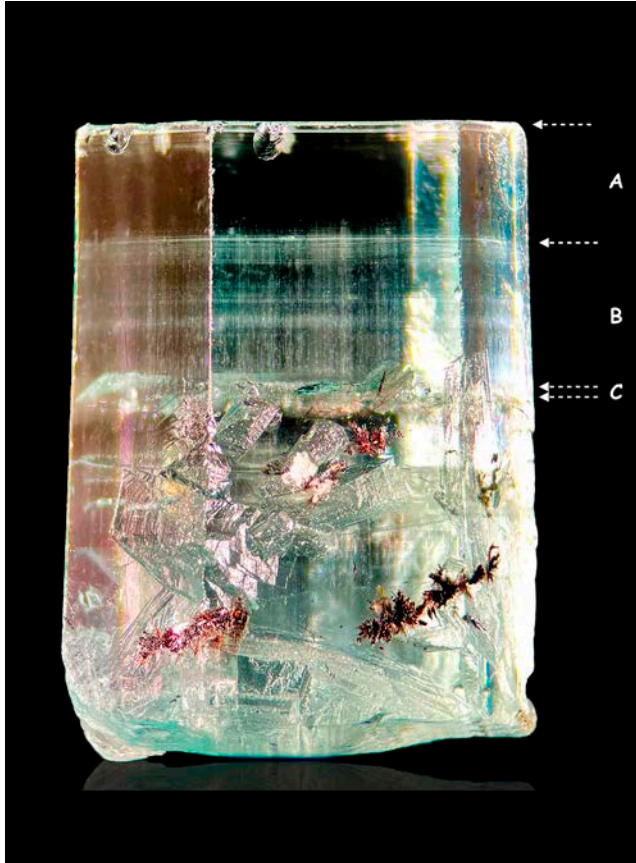


**Figure 5 b)** : Enchevêtrement local de deux faisceaux de canaux probablement à l'origine de l'étoile secondaire observée (en a). Photos : Marine Bouvier

*Figure 5 b): Local entanglement of two bundles of channels, probably at the origin of the observed secondary star (in a). Photos : Marine Bouvier*

Enfin, ce cabochon présente des effets optiques plus ou moins faciles à décrypter. Le plus évident consiste en un œil-de-chat étroit, dirigé selon le grand axe du cabochon, et dans son plan de symétrie lorsque la source et l'observateur se situent au-dessus de la pierre. Il est généré, très classiquement, par l'ensemble des fins canaux parallèles à l'axe optique. À 90° de celui-ci, on constate, plus ou moins facilement suivant la position de la source, un autre œil-de-chat, plus large, formant avec le précédent une étoile à 4 branches (Figure 5a, partie inférieure). Du fait de sa position et de son aspect diffus, voire même discontinu, perpendiculaire aux inclusions discoïdes, et en l'absence d'autres ensembles d'éléments visibles, on subodore que cet œil-de-chat s'apparente à la chatoyance de l'obsidienne décrite par Gauthier *et al.* (2020), produite par le pourtour linéaire de bulles aplaties par le flux de lave, ou ici, par celui des inclusions extra-plates.

Une autre étoile à 4 branches (Figure 5a, partie supérieure) apparaît fugitivement en fonction de la rotation de la pierre sous la source de lumière, et semble très localisée. Il est possible ou probable de l'attribuer à un amas local de deux ensembles de canaux en croix (Figure 5b).



**Figure 6** : Cristal brut d'aigue-marine de 2,97 grammes de la vallée de Shigar au Pakistan. Hauteur : 15,41 mm, grande largeur : 11,40 mm, petite largeur : 8,30 mm. Photo : Marine Bouvier

*Figure 6*: 2.97 g rough aquamarine crystal from the Shigar Valley in Pakistan. Height: 15.41 mm, major width: 11.4 mm and minor width: 8.30 mm. Photo: Marine Bouvier

### • Aigue-marine pakistanaise

La seconde pierre correspond à une aigue-marine brute provenant de la vallée de Shigar dans la région du Gilgit-Baltistan au Pakistan. Cette gemme brute de 2,97 grammes possède l'habitus hexagonal typique des béryls et semble être monocristalline.

En observant le cristal dans sa hauteur (Figure 6), j'ai tout d'abord noté que la moitié inférieure du cristal est visuellement très perturbée. Il est possible d'y distinguer de nombreuses inclusions fluides ainsi que des inclusions brun-rougeâtre à l'intérieur du cristal (pouvant être de la columbite et/ou de la goethite selon Gübelin & Koivula, 2005), mais également de nombreuses formes de croissances complexes émergeant à sa surface. J'ai pris le parti dans cet article de m'intéresser essentiellement à la moitié supérieure de l'échantillon, d'une plus grande qualité cristalline.

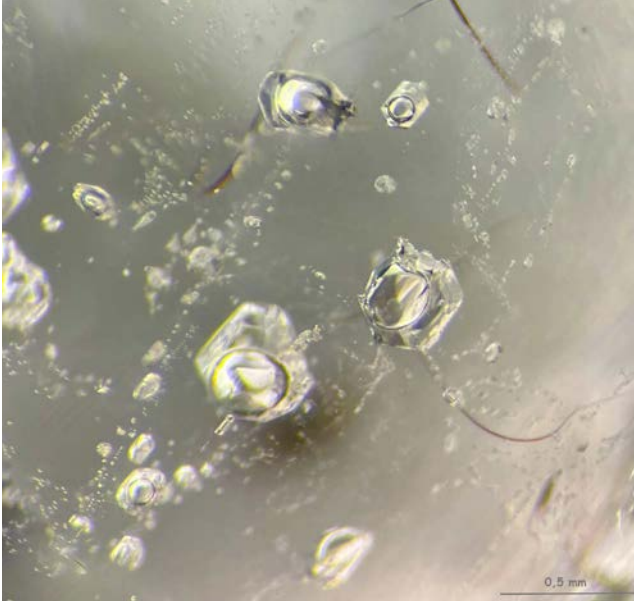
On remarque alors que cette moitié supérieure peut être décrite selon trois zones superposées. Tout d'abord une partie haute (A) totalement transparente et exempte d'inclusions. Puis la partie sous-jacente (B) marquée par une succession de lignes de croissance horizontales (observables sur tout le pourtour du cristal). Cette région comporte de nombreux canaux longilignes verticaux extrêmement fins, alignés selon l'axe optique.

Et enfin, entre la zone (B) et la moitié inférieure perturbée du prisme, une région de faible épaisseur (C), assez limpide, surtout au centre du cristal. Par une observation de la gemme au travers de la face pinacoïde terminale du prisme d'aigue-marine (figure 7), il est possible, à l'interface de ces deux zones, de distinguer de nombreuses inclusions blanchâtres ou translucides euhédriques, de nature indéterminée.



**Figure 7** : Observation du cristal brut d'aigue-marine par la face pinacoïdale terminale. Largeur de champ : 14 mm. Photo : Marine Bouvier

*Figure 7*: Observation of the rough aquamarine crystal by the upper pinacoidal face. Field width: 14 mm. Photo: Marine Bouvier



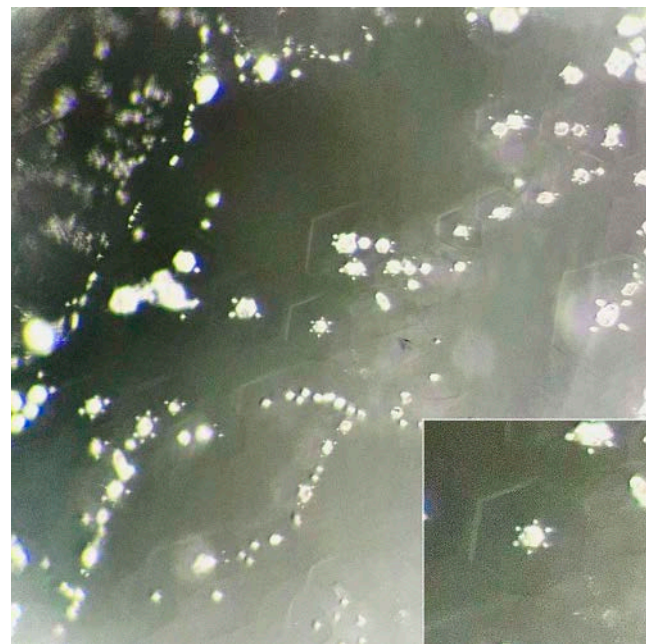
**Figure 8** : Divers cristaux négatifs biphasés de formes hexagonales dont les faces sont orientées de la même façon que celles du cristal hôte. Observation par la face pinacoïdale supérieure. Largeur de champ : 2,75 mm. Photo : Marine Bouvier

*Figure 8*: Some two-phase negative crystals of hexagonal shapes whose faces are oriented as those of the host mineral. Observation through the upper pinacoidal face. Field width: 2.75 mm. Photo: Marine Bouvier

À plus fort grossissement (Figure 8), apparaissent aussi des cristaux négatifs hexagonaux biphasés, c'est-à-dire des cavités creuses à l'intérieur du cristal remplies de fluides, nous rappelant alors l'origine géologique des stades hydrothermaux lors de la formation pegmatitique des aigues-marines (Bhandari, 2022 ; Shigley & Kampf, 1984). La littérature indique que ces cristaux négatifs sont remplis d'une phase gazeuse de  $\text{CO}_2$  et de méthane ( $\text{CH}_4$ ) et d'une phase liquide composée d'un mélange eau/ $\text{CO}_2$  dissout ou liquide (Hu & Lu, 2018). Il est intéressant de noter que comme tous les cristaux négatifs dans les gemmes, ces inclusions affichent les formes du système hexagonal et l'orientation des faces correspond à celles de plans cristallins du cristal hôte.

Enfin, en observant attentivement la gemme toujours selon l'axe optique, on peut apercevoir de multiples hexagones regroupés de taille située dans la gamme des dixièmes de millimètre (Figure 9). Extrêmement difficiles à observer et à photographier, ces hexagones, de caractère apparemment bidimensionnel, possèdent des côtés orientés entre eux, mais à  $30^\circ$  des faces du cristal hôte.

N'ayant jamais été rapportés jusqu'alors dans la littérature pour une aigue-marine, l'explication exacte de leur formation reste à préciser. On peut envisager de les apparenter aux sommets de structures colonnaires juxtaposées déjà observées à l'intérieur des plus belles variétés d'émeraudes colombiennes nommées « gota de aceite » (selon Ringsrud, 2008) qui rendent compte d'une croissance concurrentielle par îlots décrite par Koivula & Renfro (2022) laissant place, au-dessus de l'interface (B)-(C), à un bloc monocristallin. Cependant l'existence de



**Figure 9** : Structures hexagonales observées au contact des zones (B) et (C), témoins d'une phase de croissance du cristal dont l'origine exacte de la formation reste encore à déterminer. Les côtés de chaque hexagone sont orientés entre eux mais à  $30^\circ$  des faces du cristal hôte. En insert, on observe au centre de chaque hexagone de petites inclusions possédant elles-mêmes une symétrie hexagonale et décorées par 6 taches ponctuelles. Largeur de champ : 1 mm. Photo: Marine Bouvier

*Figure 9*: Hexagonal structures observed at the contact of zones (B) and (C), witnesses of a growth phase of the crystal whose exact origin of formation remains to be determined. The edges of each hexagon are oriented according to each other but at  $30^\circ$  from the faces of the host crystal faces. In insert, one observes in the center of each hexagon small inclusions possessing themselves a hexagonal symmetry and decorated with six spots. Field width: 1 mm. Photo by Marine Bouvier

petits prismes d'aigue-marine développés en dessous du plan horizontal n'a ici pas pu être formellement identifiée par l'auteure.

De plus, il est intéressant de noter au centre de ces intrigants hexagones, la présence d'inclusions également à symétrie hexagonale. Elles sont orientées à 30° des côtés des hexagones, et donc parallèlement aux faces du prisme. De plus, ces inclusions centrales sont décorées par de petits points blancs à l'avant de chacune de leurs faces (Figure 9, en cartouche). Ce pourrait être l'émergence, au niveau de l'interface (B)-(C), de tubes verticaux situés dans la zone (C), en avant de chaque face. Mais il n'a pas été possible d'en avoir confirmation. Cette observation, bien qu'elle ne puisse apporter une hypothèse quant à la formation de ces structures, témoigne néanmoins de la nature syngénétique de ces inclusions, et du fait qu'elles ne semblent pas se former au hasard mais bien au cours de la cristallisation hexagonale du cristal dont ces petites structures résiduelles sont les témoins.

L'aigue-marine, une gemme bien moins commune qu'il ne semble au premier abord, ne cesse de nous surprendre en nous dévoilant peu à peu les secrets de son apaisante beauté.

## BIBLIOGRAPHIE

- American Gem Society (2020)** The Folklore of aquamarine, <https://www.americangemsociety.org/aquamarine-folklore/>
- Bhandari S., Qin K., Zhou Q., Evans N.J. (2022)** Geological, mineralogical and geochemical study of the aquamarine-bearing Yamrang pegmatite, Eastern Nepal with implications for exploration targeting. *Minerals*, 12(5) 564, <https://doi.org/10.3390/min12050564>
- Fritsch E., Delaunay A., Hennebois U. (2022)** Les inclusions dans les émeraudes : point de vue d'un gemmologue, *Émeraudes, tout un monde !* de Gaston Giuliani, les éditions du Piat, p 283.
- Fritsch E., Rossman G.R. (1988)** An update on color in gems. Part 3: colors caused by band gaps and physical phenomena. *Gems & Gemology*, 24(2) 94.
- Gauthier J.P., Fereire J., Bui T.N. (2020)** Origine de la chatoyance dans une obsidienne noire du Mexique. *Revue de Gemmologie a.f.g.*, 208, 28–30.
- Gemdat (2023) Aquamarine.** <https://www.gemdat.org/gem-289.html>. Consulté le 11/02/2023
- GIA (2023) Aquamarine.** <https://www.gia.edu/aquamarine>. Consulté le 11/02/2023
- Gübelin E.J., Koivula J.I. (1986)** Beryl and its inclusions. PhotoAtlas of Inclusions in Gemstones, ABC Edition, Zurich, Switzerland, a) 234–235; b) 242.
- Gübelin E.J., Koivula J.I. (2005)** Inclusions in Beryl. PhotoAtlas of Inclusions in Gemstones, ABC Edition, Zurich, Switzerland, a) 309 b) 312–313; c) 315–316.
- Harrell J. (2012)** Gemstones. UCLA Encyclopedia of Egyptology, 1(1) 9, <https://escholarship.org/uc/item/57f2d2sk>
- Hu Y., Lu R. (2018)** Aquamarine from Pakistan. *Gems & Gemology*, 54(1) 98-101.
- Koivula J.I., Renfro N. (2022)** Quaterly Crystal: Hillocks on Beryl, *Gems & Gemology*, Vol 58(1) 70–71.
- Mindat (2023) Aquamarine.** <https://www.mindat.org/min-289.html>. Consulté le 11/02/2023.
- Ringsrud R. (2008)** Gota de aceite: Nomenclature for the finest Colombian emeralds. *Gems & Gemology*, 44(3) 242–245.
- Shigley J.E., Kampf A. (1984)** Gem bearing pegmatites: a review, *Gems & Gemology*, 20(2) 64–77.
- Thudsanapbunya M. (2021)** Thin-Film Fluid Inclusions in Aquamarine, *Gems & Gemology*, 57(1) 64.



Figure 1

# Marché

## BELLE REPRISE DU SALON OMBAS À MIAMI

Marie Chabrol<sup>1</sup>

### Abstract

*For those who love antique jewelry with or without gemstones, the Original Miami Beach Antique Show (Florida), also known as OMBAS, is a must-see. At the beginning of each year, it sets the tempo for the year to come. Ideally set in mid-January, it opens the ball of jewelry fairs dedicated to vintage and is a good way to feel the market, and more specifically the American market, which is particularly buoyant. The following article presents this 2023 edition, which welcomed several thousand visitors, an attendance similar to the 2020 pre-Covid edition. The main trend and success this year was for vintage jewelry from the 1950s and 1960s from renowned jewelers, appreciated for its design and affordable prices.*

### Résumé

Pour qui aime les bijoux anciens avec ou sans pierres, le salon Original Miami Beach Antique Show (Floride) est un incontournable. Aussi connu sous le diminutif de OMBAS, il donne le tempo pour l'année à venir. Idéalement situé mi-janvier, il ouvre le bal des salons dédiés au vintage et permet de prendre la température du marché en général, et plus spécifiquement du marché américain, particulièrement porteur. Retour sur une édition qui a accueilli plusieurs milliers de visiteurs, une fréquentation similaire à l'édition pré-Covid de 2020. Cette année, on a pu noter un véritable engouement de la clientèle américaine pour les pièces des années 1950 à 1960 aux designs originaux et aux prix abordables ; mais également pour les belles pièces signées de grandes maisons.

<sup>1</sup> Enseignante en gemmologie et consultante, Institut de Bijouterie de Saumur. [chabrol.marie@outlook.fr](mailto:chabrol.marie@outlook.fr)

**Image d'illustration de l'article - Figure 1 :** Collier en or, quartz roses, chrysoprases, perles de Tahiti par Tony Duquette. Exposé par Jacobs Diamond & Estate Jewelry. Photo : Lucas Botz Photography for OMBAS

**Figure 1 :** Tony Duquette chrysoprase, rose quartz, tahitian pearls and gold necklace. Displayed by Jacobs Diamond & Estate Jewelry. Photo: Lucas Botz Photography for OMBAS

**M**i-février, la chanteuse Rihanna apparaissait lors du Super Bowl dans une mise en scène grandiose en arborant trois broches vintage en platine et diamants provenant de la maison Joseph Saidan & Son Jewelry. Depuis plusieurs années, les pièces de joaillerie ancienne ont la faveur des stars et autres célébrités sur les tapis rouges du monde entier. Si on ajoute à cela que les grandes salles des ventes mondiales telles que Christie's ou Sotheby's ont encore obtenu d'excellents résultats sur la joaillerie en 2022, il n'est pas très compliqué de noter que le bijou ancien a la cote ! Et que cela ne semble pas près de s'arrêter.

En janvier, Miami accueille chaque année pour quatre jours plus de 600 exposants de plus de trente nationalités venus du monde entier. Objets anciens, décorations, sacs, orfèvrerie et bien sûr bijoux (Figure 1) se disputent la tête d'affiche. Mais rien que pour le secteur joaillier, on compte presque 200 exposants avec des maisons reconnues pour la qualité des pièces présentées et leur professionnalisme. Citons par exemple dans l'ordre d'apparition dans la liste des exposants Alex Rieunier Jewels, Faerber New York, Golay Fils & Stahl S.A., Horowitz & Totah, Keyamour ou encore Palais Royal. C'est l'occasion d'interviewer quelques marchands pour connaître leur ressenti. « *Un des premiers intérêts du salon est d'être le tout premier de l'année. Pour cette raison particulière,*

*et en raison de son antériorité, sa réputation et ses dates, il est un excellent baromètre de l'activité du métier* » déclarent en préambule Alexandre Rieunier et Matthieu Darnis, tous deux marchands en bijoux anciens couvrant une large période allant du XVIIIème siècle à la toute fin du XXème siècle. Si les marchands américains sont bien présents lors de ce show, il est intéressant de noter que les négociants européens sont également bien représentés : « *le salon de Miami regroupe des antiquaires, des marchands de bijoux et quelques marchands de pierres gemmes. Pour nous autres, européens, ce show permet de prendre la tendance de l'année à venir et de voir comment les marchands américains réagissent en terme d'achat* » complètent d'une même voix Alexandre Rieunier et Matthieu Darnis. Un avis partagé également par la négociante américaine Dana Kiyomura qui déclare dans un grand sourire : « *J'aime l'idée d'échapper au froid new-yorkais pour une semaine mais surtout*

*OMBAS est l'un des salons les plus intéressants en terme de positionnement et de fréquentation. Le mélange antiquités et bijoux lui permet de drainer une clientèle variée et internationale.* »

« *Je fais ce salon depuis tellement d'années* » explique Melissa Wolfgang Amenc, négociante en bijoux et pierres, basée à Genève, représentante de la maison suisse Golay Fils & Stahl, « *c'est le terrain de mes débuts, j'y vois mes clients américains, j'adore l'ambiance détendue et sympathique de ce salon. J'aime ce salon et j'y tiens tant que je n'imaginerais*



Figure 2: Miami Beach. Photo : Alexandre Rieunier

Figure 2: Miami Beach. Photo: Alexandre Rieunier

*pas de la manquer* » ajoute-t-elle, témoignant - à l'image d'autres marchands - d'un fort attachement à ce salon dont l'ADN tient plus de la brocante de luxe que du salon feutré. « *C'est un salon facile d'accès dans le sens que les participants - les exposants comme les acheteurs - travaillent dans une ambiance décontractée et à l'américaine. Il n'y a pas de complexe à parler prix et les transactions sont rapides. Et puis il faut mentionner le climat fabuleux et la proximité de la plage* » déclare Alexandre Rieunier. En ce mois de janvier 2023, le Convention Center qui accueillait le show, situé à quelques centaines de mètres de l'océan (Figure 2), voyait une température extérieure moyenne de presque 24 degrés pour une eau à plus de 23 degrés. Il y a des conditions de travail plus désagréables, un avis partagé par tous les marchands interviewés.



**Figure 3** : Paire de boucles d'oreilles en platine, perles du culture, perles de Tahiti et diamants. Signé de la maison américaine David Webb. Chaque boucle est habillée d'une perle bouton blanche mesurant environ 13,7 mm. Exposée par Camilla Dietz Bergeron. Photo : Lucas Botz Photography for OMBAS

*Figure 3: Pair of platinum, pearl, Tahitian pearls and diamond earclips, David Webb. Each earclip centering a button pearl measuring approximately 13.7 mm. Displayed by Camilla Dietz Bergeron. Photo: Lucas Botz Photography for OMBAS*

Mais pour les exposants hors Etats-Unis, ce salon est également un point d'ancrage pour maintenir des relations autant commerciales qu'amicales : « *les relations que l'on tisse professionnellement sont tellement importantes* » détaille Melissa Wolfgang Amenc, ajoutant avec tendresse que « *Miami est comme une couture dans le tissu que je brode depuis 25 ans. Il faut certes construire mais il faut d'abord maintenir les connexions existantes car c'est l'essence même de notre métier.* »

Mais alors, qu'est-ce qui se vend à Miami ? Du bijou ancien certes mais plus précisément, il faut reconnaître que le marché américain est particulièrement porteur sur « *les bijoux des années 50 à 70* » explique Alexandre Rieunier, ajoutant que « *le bijou rétro est très bien accueilli par la clientèle américaine qui apprécie son design, mais aussi sa gamme de prix le rendant plutôt facile d'accès. Les pièces du milieu du XXème sont le plus souvent proposées à partir de quelques milliers de dollars et dépassent rarement les \$40 000 à \$50 000.* » Les clients américains aiment également les pièces signées représentatives des belles maisons de joaillerie, qu'elles soient ou non américaines (Figure 3), où peuvent figurer de belles matières gemmes. « *Les bijoux avec de belles signatures françaises ont toujours une grande cote, notamment les maisons Cartier, Van Cleef & Arpels ou Suzanne Belperron...* » explique Matthieu Darnis. Dana Kiyomura attire notre attention sur le fait que le bijou du XIXème siècle est aussi largement aimé, déclarant « *j'ai vendu beaucoup de bracelets de l'époque victorienne et de très nombreux médaillons. Il y a un attrait des clients pour le beau bijou ancien.* » Cependant, le salon n'a pas dévoilé de bijoux exceptionnels de provenances prestigieuses. Mais les modèles aux designs originaux et de belle fabrication ont facilement trouvé des amateurs pour les acquérir. Notons également que si Miami n'est pas à proprement parlé un salon dédié aux gemmes, on y admire néanmoins de belles matières, turquoises homogènes (Figure 4), perles fines, pierres ornementales colorées et joyeuses, diamants de couleur. À l'image des autres salons mondiaux, les rapports des grands laboratoires internationaux sont





très demandés par les acheteurs : GIA pour les diamants, SSEF, Gübelin et AGL pour les pierres de couleur.

Le bilan du salon fut positif pour les marchands que nous avons rencontrés. « *Ce fut une édition forte bien que les acheteurs soient plus réfléchis dans leurs choix* » conclut Dana Kiyomura. Néanmoins, l'enthousiasme de tous fut largement apprécié. Rendez-vous est pris pour la prochaine édition, du 11 au 15 janvier 2024.

Si vous n'y êtes jamais allés, ce salon vaut définitivement d'être inscrit à votre programme.

**Figure 4** : Parure en turquoises, diamants et or jaune. Exposée chez Paul Fisher. Photo : Lucas Botz Photography for OMBAS

**Figure 4**: A yellow gold, turquoise and diamond set displayed by Paul Fisher. Photo: Lucas Botz Photography for OMBAS



# Séminaire & Colloques

## L'ORNEMENT PRÉCIEUX

Séminaire de recherche 2023-2026 sous la direction de Francesco Solinas, Marie-Laure Cassius-Duranton et Guillaume Glorieux.  
Marie-Laure Cassius-Duranton<sup>1</sup>

## Abstract

*This event is the result of a partnership between the Collège de France, L'ÉCOLE School of Jewelry Arts (with the support of Van Cleef & Arpels), the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) and the École Normale Supérieure (ENS), and plans a seminar in four sessions spread over several years. Ten speakers from the academic and museum worlds attended to present their research work during this first meeting (Figure 1).*

## Résumé

Cette manifestation est le fruit d'un partenariat entre le Collège de France, L'École des Arts Joailliers (avec le soutien de Van Cleef & Arpels), le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et l'École Normale Supérieure (ENS), et prévoit quatre journées d'études échelonnées sur plusieurs années. Dix conférenciers issus du monde universitaire et aussi des musées sont venus présenter leurs travaux de recherches lors de ce premier rendez-vous (Figure 1).

<sup>1</sup> Enseignant-chercheur, L'École des Arts Joailliers

**Image d'illustration de l'article** : Polyptyque de l'Agneau mystique peint par Hubert et Jan Van Eyck entre 1426 et 1432, conservé dans la cathédrale Saint-Bavon à Gand. Photo : Hugo Maertens, Courtesy of LUKAS - ART IN FLANDERS vzw.

**Leadshot**: Polyptych of the Mystic Lamb painted by Hubert and Jan Van Eyck between 1426 and 1432, kept in Saint Bavon's Cathedral in Ghent. Photo: Hugo Maertens, Courtesy of LUKAS - ART IN FLANDERS vzw.



**Figure 1 :** Photo des orateurs au cocktail organisé par L'École des Arts Joailliers, de gauche à droite : Philippe Cordez, Adriano Amendola, Giampaolo Distefano, Marie Vallanet-Delhom (présidente de L'École des Arts Joailliers), Isabelle Bardiès-Fronty, Enrico Parlato, Valérie Gontero-Lauze, Francesco Solinas, Marie-Laure Cassius-Duranton, Guillaume Glorieux

*Figure 1: Photo of the speakers at the cocktail party organized by L'École des Arts Joailliers, from left to right: Philippe Cordez, Adriano Amendola, Giampaolo Distefano, Marie Vallanet-Delhom (president of L'École des Arts Joailliers), Isabelle Bardiès-Fronty, Enrico Parlato, Valérie Gontero-Lauze, Francesco Solinas, Marie-Laure Cassius-Duranton, Guillaume Glorieux*

La première session intitulée « Les fonctions de l'ornement précieux dans les cours européennes à la fin du Moyen Âge et à la Renaissance » a eu lieu les 26 et 27 janvier 2023 au Collège de France. Francesco Solinas, maître de conférences au Collège de France, a inauguré le séminaire en l'inscrivant tout d'abord dans la continuité du séminaire sur l'ornement, qu'il avait initié en collaboration avec Pierre Caye. Puis, il a explicité la spécificité de l'ornement précieux par rapport à l'ornement en général dans l'histoire de l'art. Guillaume Glorieux, professeur des universités et directeur de la recherche et de l'enseignement à L'École des Arts Joailliers, a ensuite présenté une introduction générale sur la place du bijou dans

l'histoire de l'art. Après avoir exposé le statut des arts précieux à l'intérieur de la hiérarchie traditionnelle des arts, il a soulevé des questions d'ordre historique et idéologique liées à ce statut particulier et posé les jalons d'un séminaire qui va se déployer sur plusieurs années.

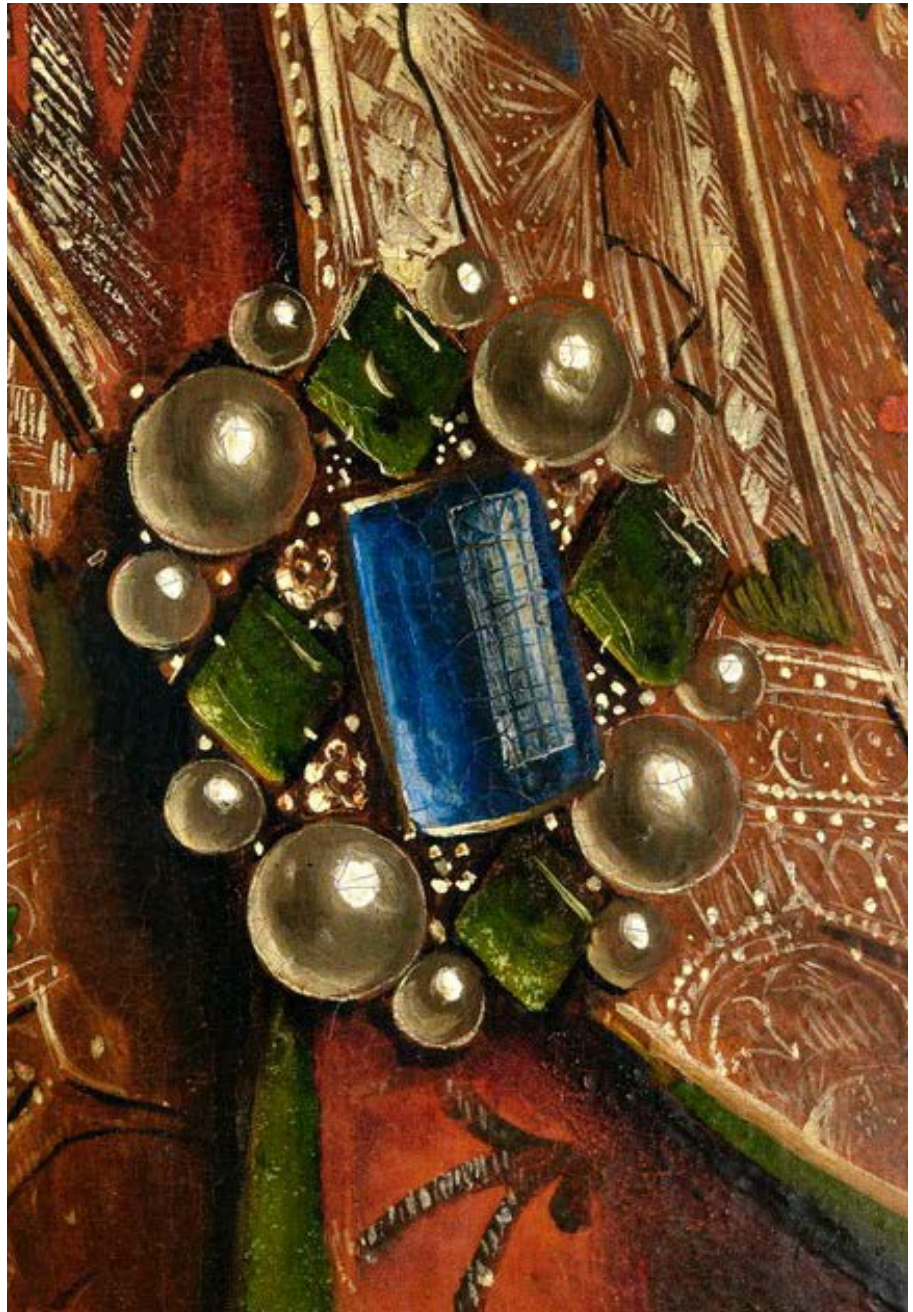
Philippe Cordez, directeur adjoint du Centre allemand d'histoire de l'art à Paris, a centré sa communication sur l'art de la glyptique européenne au XIII<sup>ème</sup> siècle, art particulièrement méconnu au Moyen Âge et pourtant extrêmement prestigieux et important. Il s'est intéressé à un groupe de camées provenant de différentes régions, essentiellement Paris et l'Italie du Sud, représentant des scènes de

l'Ancien Testament et portant des inscriptions en hébreu. Il a mis en évidence leur importance dans la construction d'un discours politico-religieux témoignant des relations complexes entre les juifs et les chrétiens pendant cette époque de l'histoire.

Valérie Gontero-Lauze, maître de conférences en langue et littérature du Moyen Âge à l'université d'Aix-Marseille, a exploré les multiples facettes de l'escarboucle, gemme idéale et inventée, particulièrement révélatrice de la manière dont fonctionnait l'imaginaire des gemmes au Moyen Âge. À travers l'analyse de textes extraits de lapidaires et de romans, cités en ancien français, elle a montré comment cette gemme se métamorphose de grenat en rubis, de rubis en escarboucle, d'escarboucle en dracontite ou encore en pierre philosophale. À l'issue de son exposé, on comprend mieux pourquoi cette gemme fascine toujours autant aujourd'hui.

Isabelle Bardiès-Fronty est conservatrice générale du patrimoine et responsable des collections antique, alto-médiévale, byzantine et islamique au Musée de Cluny. Elle a présenté une vue d'ensemble de l'ornement précieux des Mérovingiens à la fin du Moyen Âge, à travers laquelle les objets dialoguent avec les images. Elle a aussi soulevé des problématiques inhérentes à l'archéologie et à la conservation.

Giampaolo Distefano, docteur en histoire de l'art en études post-doctorales à l'université de Turin, a montré l'importance et le prestige de la technique des émaux de plique dans l'orfèvrerie parisienne du XIV<sup>ème</sup> siècle, témoignage d'un goût aristocratique



**Figure 2** : détail du Polyptyque de l'Agneau mystique peint par Hubert et Jan Van Eyck entre 1426 et 1432, conservé dans la cathédrale Saint-Bavon à Gand. Photo : Hugo Maertens, Courtesy of LUKAS - ART IN FLANDERS vzw

*Figure 2: detail of the Polyptych of the Mystic Lamb painted by Hubert and Jan Van Eyck between 1426 and 1432, kept in Saint Bavo's Cathedral in Ghent. Photo : Hugo Maertens, Courtesy of LUKAS - ART IN FLANDERS vzw*

né en France et qui se diffuse dans les cours européennes.

À l'appui des textes des théoriciens de l'art de la Renaissance, mais aussi de la signature de certains peintres qui se présentent d'abord comme orfèvres, Enrico Parlato, professeur d'histoire de l'art moderne à l'université de Viterbe, a montré comment l'orfèvrerie était considérée comme un art primordial au XV<sup>ème</sup> siècle, au fondement de tous les autres arts. En effet, les grands artistes italiens de la Renaissance comme Lorenzo Ghiberti, Filippo Brunelleschi ou Benvenuto Cellini, connus aujourd'hui avant tout comme peintres, sculpteurs ou architectes, ont d'abord été orfèvres et joailliers.

Julie Rohou, conservatrice du patrimoine au musée national de la Renaissance à Ecouen, a analysé les pratiques de recyclage des bijoux de la Renaissance sur des objets précieux postérieurs comme des coffrets ou des objets religieux de type ex-voto ou icônes. Ce réemploi a permis de les sauver d'une destruction certaine liée aux nécessités économiques ou aux évolutions du goût. Réintégrés dans d'autres objets sans lien avec leur fonction initiale, les bijoux changent de statut, d'objet de parure à objet de curiosité. Contrairement aux pastiches virtuoses réalisés au XIX<sup>ème</sup> siècle qui en rendent parfois difficile l'authentification, l'authenticité indiscutable de ces bijoux constitue une source fiable pour faire l'histoire du bijou à la Renaissance.

Paola Venturelli est professeur d'histoire de l'orfèvrerie à l'université de Vérone et assure la direction scientifique de la fondation Gianmaria Buccellati à Milan. Dans sa communication, elle a mis en évidence la dimension politique de l'ornement précieux à travers l'importance de l'héraldique dans les bijoux et les étoffes précieuses des dames de la maison Sforza à la fin du XV<sup>ème</sup> siècle.

Professeur d'histoire de l'art moderne à l'université de Salerne, Adriano Amendola a exploré la relation entre le bijou et le portrait en Italie à la Renaissance, en tant qu'expression de la magnificence dans

le contexte pontifical ou princier et en tant que manifestation d'un statut social dans les portraits de joailliers. Il a aussi souligné le rôle social important des joailliers à Rome autour de 1500.

En mettant en relation des images (tableaux, miniatures) et des textes (principalement des lapidaires), Marie-Laure Cassius-Duranton, enseignant-chercheur à L'École des Arts Joailliers, s'est intéressée aux différents niveaux d'interprétation des gemmes (diamant, rubis, saphir, émeraude) dans la peinture européenne du XV<sup>ème</sup> siècle (Figure 2 - page précédente). En effet, de la représentation du sacré à la célébration du bon gouvernement, les gemmes incarnent les vertus spirituelles, morales et politiques, et apportent un éclairage nouveau sur les œuvres.

Soersha Dyon, docteur en histoire de l'art, a analysé la diffusion du décor de mauresques à la Renaissance et mis en évidence l'importance du rôle des marchands merciers dans la construction du goût au XVI<sup>ème</sup> siècle, notamment à la cour de France. Elle a analysé le rôle déterminant d'Allard Plommier à la cour de François I<sup>er</sup>, notamment dans la réalisation du livre d'heures de Jeanne d'Albret, récemment acquis par le musée du Louvre.

Il s'agit du premier séminaire interdisciplinaire sur ce thème au Collège de France, expression d'un regard nouveau qui témoigne de l'importance du bijou et des arts précieux dans le monde de la recherche actuelle en archéologie, histoire, histoire de l'art et de la littérature. Avant tout, le niveau remarquable des interventions, ainsi que la diversité des orientations méthodologiques et des sujets traités méritent d'être soulignés. Le séminaire a été retransmis en direct sur le site de L'École des Arts Joailliers et les actes seront publiés dans l'année.

Pour en savoir plus sur Francesco Solinas et le séminaire sur L'ornement précieux : <https://www.lecolevanleefarpels.com/fr/fr/entretien-avec-francesco-solinas>



Figure 2

# Association

## UN JARDIN D'HIVER 2023 RÉUSSI

Gemmologie & Francophonie

### Abstract

*«Jardin d'Hiver» is a friendly meeting between gemology, snow and cheese organized during a weekend in Château d'Ex in Switzerland. You want to come? Just contact us by email. Next meeting in February 2024!*

### Résumé

« Jardin d'Hiver », c'est une rencontre amicale entre gemmologie, neige et fromage organisée durant un weekend à Château-d'Ex en Suisse. Vous voulez y participer ? Il suffit de nous contacter par mail. Prochain rendez-vous en février 2024 !

Image d'illustration de l'article - Figure 2 : Fontaine de Lessoc dans le vent glacial de février  
Figure 2: Fontaine de Lessoc in the freezing February wind

Après plusieurs années d'absence voici une nouvelle édition réussie de notre Jardin d'hiver ! Pour rappel et pour notre nouveau public, il s'agit de notre quatrième week-end de rencontres amicales et gemmologiques. Gemmologues, représentants de laboratoires et d'institutions académiques, membres de l'industrie horlogère Suisse, observateurs aguerris du monde de la pierre et du bijou se réunissent dans le charmant village de Château-d'Éx, Gruyères, Suisse. Une bonne recette change peu : le samedi en fin de matinée, après les retrouvailles autour du café, nous nous engageons dans une série de conférences sur divers sujets de notre domaine. Une pause le temps d'un bon déjeuner et à nouveau, conférences et discussions. S'ensuit un peu de temps libre qui nous amène jusqu'au fameux quiz (dix pierres, dix minutes), puis fondue au fromage, de la région bien sûr ! Cet évènement devenu tradition a lieu chaque année au mois de février, n'hésitez pas à nous contacter pour plus d'information et pourquoi pas, vous joindre à nous l'année prochaine !

### Les thèmes de cette édition :

Martial Bonnet (Genève, Suisse) a ouvert cette série de conférences en nous parlant de la présence et de la signification de la couleur verte dans l'ésotérisme. L'émeraude est une gemme qui apparaît dans un ensemble de textes, de légendes ou de mythes qui gravitent autour de l'ancien et du nouveau testament. Le pectoral du grand prêtre de Jérusalem était formé de douze pierres précieuses qui représentaient les douze tribus d'Israël et une de ces douze pierres était une émeraude. L'archange déchu Lucifer avait une émeraude au centre du front qui serait tombée sur terre pour être ensuite taillée en forme de coupe bien connue : le Graal. Coupe utilisée par le Christ pour la Cène et pour recueillir le sang de la crucifixion par Joseph d'Arimathie. L'émeraude est aussi le nom utilisé par Hermès Trismégiste, alchimiste qui aurait écrit le texte la Table d'émeraude « Tabula esmeralda ». Le vert a pour symbolique ce qui est caché. Ce sont quelques pistes qu'il serait bon de

creuser pour dévoiler les sens cachés et les liens entre ces points.

Emmanuel Fritsch (IMN, Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel, Nantes, France) a présenté un de ses sujets de recherche actuel : la luminescence bleue excitée par ondes courtes (Blue Shortwave Luminescence ou BSL) dans les minéraux naturels et les matériaux synthétiques. Il décrit également en détail l'émission de sept minéraux et gemmes affichant la BSL, ainsi que trois références dans lesquelles la BSL est causée par des groupes octaédriques titanates ( $TiO_6$ ) : la bénitoïte, le saphir synthétique et le spinelle dopés au Ti.



**Figure 1** : Echantillons étudiés en lumière naturelle et sous ultraviolets courts, émettant une luminescence bleue due au groupement titanate

*Figure 1: Samples studied in natural light and under short ultraviolet rays, emitting a blue luminescence due to the titanate group*

Cette recherche propose que le BSL dans le béryl (morganite), la dumortierite, l'hydrozincite, la pezzotaïte, la tourmaline (elbaïte), certains verres de silicates et certaines opales synthétiques soit dû aux groupes titanates présents à une concentration de 20 ppmw Ti ou plus (Figure 1). Ils partagent tous une large émission avec un maximum entre 420 et 480 nm (2,95 à 2,58 eV) (donc perçu comme bleu), et un spectre d'excitation culminant dans le domaine des ondes courtes, entre 230 et 290 nm (5,39 à

4,27 eV). De plus, leur temps de décroissance de la luminescence est d'environ 20 microsecondes (de 2 à 40). Ces trois paramètres sont compatibles avec une émission de titanate et, à notre connaissance, aucun autre activateur. La couleur bleue correspond à des distances Ti-O relativement courtes (moins de 2 angströms). Pour des distances plus longues, la couleur de la luminescence va se déplacer vers le vert, puis le jaune, comme dans l'andalousite et peut-être la tourmaline dravite.

Boris Chauviré (Geogems, Nantes, France) a parlé des opales et leur dérangeante capacité à se craqueler ou s'opacifier avec le temps. Pour mieux comprendre la déstabilisation de l'opale (et plus particulièrement la fissuration), il est essentiel de bien comprendre comment l'eau s'intègre dans la silice amorphe. Les analyses ont permis de mesurer la concentration en eau dans les échantillons, et ainsi de calculer quelle proportion de cette eau était libre, entre les grains de silice. Sous polariseurs croisés et via des analyses Raman, il a été démontré que la fissuration crée des tensions dans l'opale. En croisant les données, il est théoriquement possible de calculer efficacement la contrainte induite par la déshydratation et donc possible de prédire si une opale sera sujette au fissuration.

Dimanche, après le petit déjeuner (composé de bons produits régionaux évidemment), une visite des environs est organisée. Cette année, nous nous sommes déplacés de quelques kilomètres, à Lessoc (Figure 2), qui possède la plus ancienne et la plus belle fontaine de la Gruyère. Voici un très court podcast qui en parle, c'est dire qu'elle est célèbre ! (Figure 3).

<https://www.rts.ch/audio-podcast/2021/audio/en-quete-de-legendes-4-5-la-fontaine-de-lessoc-25220729.html>

Nous sommes allés juger par nous-mêmes et ce faisant, avons déjeuné dans une très belle et chaleureuse auberge où nous avons été très bien accueillis.



**Figure 3 :** La fameuse fontaine de Lessoc, construite en 1796  
*Figure 3: The famous Lessoc fountain, built in 1796*



**Figure 4 :** Nos participants autour d'une excellente fondue  
*Figure 4: Our participants sharing an excellent fondue*

Félicitations à Boris, Marianna, Martial et Chloé, l'équipe gagnante de cette quatrième édition (Figure 4).

Merci au GGTL Genève pour la préparation des échantillons du quiz.



# On partage,

La rédaction partage ses coups de cœur / intérêt du moment !

Vous avez lu / vu / visité / écouté / écrit quelque chose qui pourrait intéresser nos lecteurs ? Faites-nous en part pour une prochaine édition de la revue !

## Le surcyclage horloger

Olivier Mory, concepteur-horloger chez Skill à La Chaux-de-Fonds (canton de Neuchâtel, Suisse), illustre l'ingéniosité technique nécessaire au savoir faire horloger. Passer en une dizaine d'heures d'un os à moëlle à une montre étanche, difficile de faire mieux question valorisation des déchets !



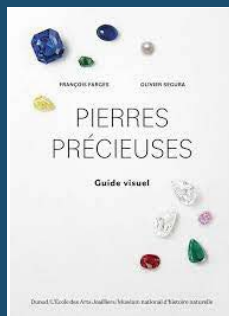
Une rondelle d'os propre



Que vous tournez pour faire une carrure, vous ajoutez des cornes



On y pose couronne, cadran et mouvement



## Un nouveau livre dédié aux gemmes

Plus de 200 pages et 1000 illustrations pour un nouveau guide d'identification visuel des matériaux gemmes. Co-écrit par Olivier Ségura (Directeur scientifique de L'École des Arts Joailliers) et François Farges (professeur de minéralogie au MNHN de Paris), ce livre à destination du grand public vous permettra de découvrir les richesses du monde minéral et leur utilisation dans le domaine du bijou. Très bien écrit, parfaitement documenté, petit format et petit prix pour ce guide pratique qui mérite bien de trouver une place dans vos bibliothèques d'amateurs de jolis cailloux !  
Aux éditions Dunod, prix conseillé de 25 €

## Chauffage basse température des saphirs et rubis

Comment distinguer le chauffage de gemmes quand celui-ci n'est pas assez fort pour laisser les traces classiques ? C'est un des défis des dernières années et entre la présentation du Dr Karampelas aux Rendez-vous Gemmologiques de Paris en septembre 2022 et le récent article de E. Billie Hugues et Wim Vertriest dans Gems & Gemology, la gemmologie semble en ébullition.

## Première édition du salon ReLuxury



Nouvel évènement à Genève, ce salon a eu lieu début novembre 2022. Misant sur l'engouement pour les produits de luxe en seconde main, de nombreux exposants soutiennent une économie circulaire et apportent leur expertise dans tous les secteurs de la vente et de l'artisanat.

## Documentaire Secrets de roche sur ARTE

Gemmologue, géologue ou amateur, vous allez aimer regarder ce documentaire disponible sur le site internet d'ARTE. Cinq épisodes d'une quarantaine de minutes où se mêlent avec brio belles images et infos pertinentes sur l'argile, le granite, le grès, le basalte et le calcaire.

<https://www.arte.tv/fr/videos/RC-023437/secrets-de-roches/>



MERCI DE VOTRE LECTURE  
PROCHAINE PARUTION À L'AUTOMNE  
2023