



Gemmologie de laboratoire

DÉCOUVERTE ET OBSERVATIONS DE GRENATS TRAPICHES

Marine Bouvier¹, Féodor Blumentritt², Anselme Arsac³

n° DOI en cours d'acquisition

Abstract

DISCOVERY AND OBSERVATIONS OF TRAPICHE GARNETS - In gemmology, it is rare for varieties or crystallization of as-yet-unknown gems to appear of sufficient size, quality and quantity to be found on the market. The recent discovery of high-quality trapeze grossular garnets from China has therefore aroused particular interest among gemmologists and collectors who have been able to acquire them, as was the case for one of the authors of this article. These trapiche garnets were the subject of a study (Wang *et al.*, 2025) published during the preparation of this article. The results on our samples corroborate the results and observations of this study. However, some of our observations and analyses shed light on the crystal growth of these garnets. For example, the trapiche pattern is not a six-branch pattern but the superposition of two three-branch patterns offset by an angle of 60°. A study of the luminescence of our samples showed a relatively intense orange luminescence under long ultraviolet light (365 nm), mainly associated with the presence of Mn²⁺. This attribution is correlated with the presence of absorption bands characteristic of this ion in the UV-visible range. Other emissions can also be attributed to the presence of Nd³⁺ or Dy³⁺, for example.

Résumé

En gemmologie, il est assez rare de voir apparaître des variétés ou des cristallisations de gemmes encore inconnues ayant une taille, une qualité et une quantité suffisante pour pouvoir être retrouvées sur le marché. La découverte récente de grenats grossulaires trapiches de belle qualité en provenance de Chine a donc suscité un engouement particulier auprès des gemmologues et collectionneurs ayant pu en acquérir, comme ce fut le cas pour l'un des auteurs de cet article. Ces grenats trapiches ont fait l'objet d'une étude (Wang *et al.*, 2025) publiée pendant la préparation du présent article. Les résultats sur nos échantillons corroborent les résultats et observations de cette étude. Cependant, certaines de nos observations et analyses mettent en lumière le mode de croissance de ces grenats. Ainsi, le motif trapiche n'est pas un motif à six branches mais la superposition de deux motifs à trois branches décalés d'un angle de 60°. L'étude de la luminescence sur nos échantillons a montré une luminescence orange relativement intense sous ultraviolet long (365 nm), majoritairement associée à la présence de Mn²⁺. Cette attribution est corrélée à la présence de bandes d'absorption caractéristiques de cet ion dans le domaine UV-visible. D'autres émissions peuvent également être assignées à la présence de Nd³⁺ ou du Dy³⁺, par exemple.

¹ Gemm'Education, centre de formations professionnelles en gemmologie, 06200 Nice.

² AIGS Gemmological Laboratory, 919/539 Silom Rd., Jewelry Trade Center, 10500 Bangkok, Thaïlande.

³ Bellerophon Gemlab Pvt. 808/8 One Galle Face. 00200 Colombo, Sri Lanka.

Image d'illustration de l'article : Luminescence des grenats trapiches sous UVL, 365 nm, montrant une couleur orange relativement intense, en particulier pour les tranches de grenats taillées.

Header image: Luminescence of trapiche garnets under UVL, 365 nm, showing a relatively intense orange colour, particularly for the garnet slices.

INTRODUCTION SUR LES GEMMES TRAPICHES

Parmi les formes de gemmes que nous observons dans la nature, la cristallisation trapiche fait partie de celles qui intriguent et fascinent le plus. Le nom de trapiche provient du terme espagnol décrivant une roue dentée à six rayons, utilisée pour le broyage du sucre (Pignatelli *et al.*, 2015). Ce terme décrit une cristallisation rare parfois observée pour certaines variétés de gemmes aux localités très précises laissant apparaître six secteurs de croissance délimités par les branches d'une étoile fixe, composées d'inclusions plus ou moins foncées et opaques.

Bien connue pour les émeraudes trapiches de Muzo en Colombie, ces gemmes se présentent généralement à la vente sous la forme d'un brut découpé en tranches montrant clairement la cristallisation singulière. Il est également possible de voir un "cœur" d'émeraude au centre du motif qui est principalement dû à la cristallisation de la gemme. En effet pour l'émeraude trapiche de Colombie, les études ont montré que les inclusions formant les branches visibles sur les tranches décrivent en réalité, dans la pierre brute, un cône partant du centre du brut et s'agrandissant vers les faces pinacoïdales tel un motif de sablier, entouré de six secteurs de croissance prismatique. En fonction de la taille de la pierre et de l'étage où se trouve la tranche, il est donc possible d'obtenir une tranche avec ou sans "cœur" mais toujours composée d'un motif d'étoile fixe à 6 branches. L'analyse des branches a révélé la présence d'inclusions solides minérales présentes dans l'environnement de la gemme (comme la calcite et l'albite) mais aussi d'inclusions fluides (Pignatelli *et al.*, 2015 ; Schmetzer, 2019 ; Koivula, 2025).

Cette description correspond généralement aux variétés appelées trapiches, telles que les émeraudes de Colombie décrites ci-dessus, certains corindons trapiches, les tourmalines trapiches, les chiastolites et les grenats trapiches. Cependant, certaines variétés montrant également une structure ressemblant à la cristallisation trapiche mais ayant

des causes différentes telles que la distribution alternée des éléments chromogènes dans des secteurs adjacents du cristal (comme pour certains rubis, saphirs, quartz ou aigues-marines) ou une pseudomorphose après intercroissance (comme pour les cordiérites/indialites, aussi appelées "sakurashi", pseudomorphosées en muscovites) sont plus généralement catégorisées comme minéraux "trapiche-like", bien que ces classements soient encore débattus aujourd'hui (Pignatelli *et al.*, 2015 ; Vertriest, 2020).

C'est ainsi que depuis plusieurs années il est possible d'observer différentes variétés de gemmes trapiches et "trapiche-like" telles que (liste non exhaustive) : les émeraudes de Colombie ou du Pakistan, les tourmalines du Pakistan ou de Zambie, les rubis Mong Hsu en Birmanie (aussi décrits comme provenant du Népal, du Pakistan et de l'Inde), les saphirs de Mogok en Birmanie (mais aussi en provenance du Vietnam ou d'Australie), les quartz, quartz fumés ou améthystes (Pignatelli *et al.*, 2015 ; Vertriest, 2020).

Jusqu'à une publication récente (Wang *et al.*, 2025), le terme "grenat trapiche" a été utilisé dans la littérature pour décrire des grenats opaques du Vietnam présentant des motifs dits "trapiches" constitués de zonations de couleurs (Nang *et al.*, 2023). Cependant, des sources bibliographiques mentionnent et décrivent des grenats d'apparence similaire à ceux présentés dans notre article dès 1984 (Anderson, 1984, Jamtveit & Andersen, 1992). Ces articles analysent des grenats – non décrits comme trapiches – de la région de Magerøya en Norvège, de qualité non gemme mais montrant une apparence clairement assimilable aux grenats trapiches que nous avons pu analyser. Six secteurs équivalents et séparés par des séries d'inclusions formant au total six branches sont visibles. Les inclusions formant les branches ont été identifiées comme du quartz, des oxydes de la série hématite-ilménite (Fe-Ti), et du graphite.

En février 2025, une étude documente un nouveau gisement de grenats trapiches de qualité gemme de Chun'an, Zhejiang Province, Chine. Cet article (Wang *et al.*, 2025) est basé sur l'étude de spécimens taillés et d'échantillons bruts euhédriques encore présents dans leur roche hôte, qui exhibaient une texture microcristalline et une structure massive de couleur gris-noir. Leur habitus est parfaitement rhombododécaédrique, tel qu'attendu pour des grenats appartenant au système cubique avec des diamètres allant de 3 à 10 mm. Des analyses poussées établies par (Wang *et al.* (2025) concernant la datation de ces grenats trapiches par la méthode U/Pb estiment l'âge de formation de ces grenats trapiches à $120,7 \pm 4,7$ millions d'années, soit la période du début de l'ère du Crétacé. Grâce à l'étude de ces grenats, il a été déterminé qu'il y a 120 Ma, l'ouest de la région de Zhejiang en Chine a subi une activité magmatique importante, ayant induit des intrusions de magma dans les roches environnantes (de types shales carbonés, calcaires et autres). L'apport en fluides hydrothermaux a alors permis un métasomatisme de contact ayant résulté en la formation de skarn et simultanément de grenats trapiches.

En novembre 2024, nous avons pu nous procurer des échantillons de grenats trapiches provenant de la même localité. Des analyses gemmologiques et spectroscopiques ont été réalisées pour décrire ces échantillons particuliers et tenter de comprendre leur mode de croissance unique menant à la formation du motif trapiche.



Figure 1 : Tranches polies et un brut de grenat trapiche (à gauche la grande tranche pèse 1,73 ct et mesure 8,09 x 7,18 x 2,29 mm ; au centre la petite tranche pèse 0,62 ct et mesure 5,50 x 4,77 x 1,84 mm et à droite le cristal brut pèse 1,12 ct et mesure 6,14 x 4,61 x 4,54 mm).

Figure 1: Polished slices of trapiche garnet and a sample of rough trapiche garnet (on the left the large slice weighs 1.73 ct and measures 8.09 x 7.18 x 2.29 mm, in the centre the small slice weighs 0.62 ct and measures 5.50 x 4.77 x 1.84 mm and on the right the rough crystal weighs 1.12 ct and measures 6.14 x 4.61 x 4.54 mm).

OBSERVATIONS ET RÉSULTATS

Les grenats trapiches de cet article proviennent également de la province de Zhejiang à Chun'an en Chine et ont été découverts il y a peu. L'un des auteurs de l'article a pu faire l'acquisition de deux tranches polies, une grande et une petite, et d'un cristal brut (Figure 1).

Les deux tranches ont chacune une forme pseudo-hexagonale et sont composées de six secteurs trapézoïdaux ayant une teinte très légèrement rosée. Ces secteurs sont délimités par un motif d'étoile fixe à six branches composées d'inclusions foncées brun-noir d'aspect trapiche évident, avec un centre noir plus foncé (car plus concentré en inclusions) et de symétrie sénnaire. La grande tranche pèse 1,73 ct et mesure 8,09 x 7,18 x 2,29 mm et la petite tranche de masse 0,62 ct mesure 5,50 x 4,77 x 1,84 mm. Le cristal brut, quant à lui, montre le faciès rhombododécaédrique classique d'une gemme du système cubique. Il est opaque, de couleur brun noir, pèse 1,12 ct et mesure 6,14 x 4,61 x 4,54 mm.

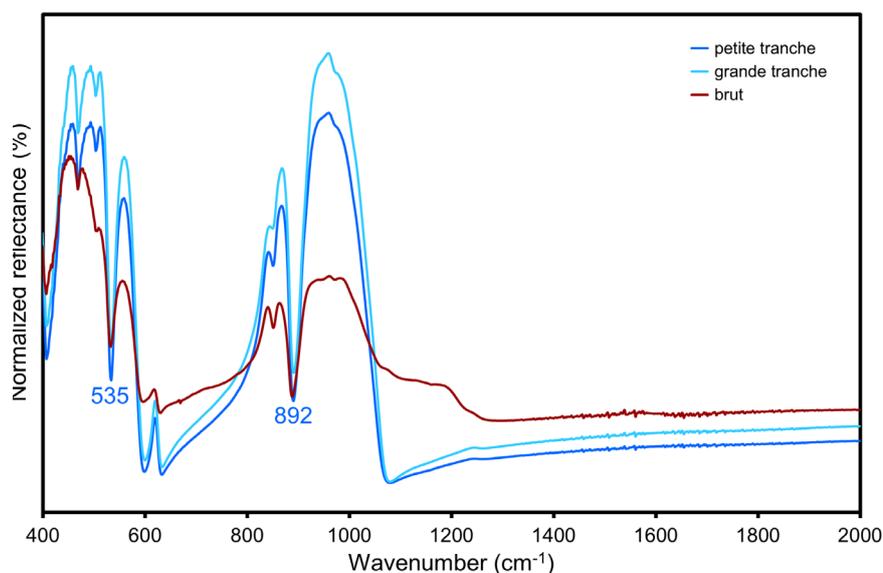


Figure 2 : Spectres infrarouge en réflectance spéculaire des trois échantillons correspondant aux spectres de référence de grenats grossulaires.

Figure 2: Infrared specular reflectance spectra of the three corresponding samples with the grossular garnet reference spectra.

L'identification réalisée à l'aide d'instruments de gemmologie donne des indices de réfraction correspondant à 1,737 et 1,735 respectivement pour la petite tranche et la grande tranche (la prise d'indice n'a pas été possible sur le brut opaque). Les densités calculées sont de 3,55, 3,70 et 3,64 pour respectivement la petite tranche, la grande tranche et le cristal brut. Les différences entre les densités pourraient éventuellement s'expliquer par la concentration d'inclusions carbonées dans chaque échantillon mais aussi par les légères différences de compositions chimiques. Ces résultats sont néanmoins cohérents avec les caractéristiques des variétés de la famille des grenats grossulaires (Lulzac, 2023).

Les trois échantillons ont ensuite été analysés au GGTL Laboratories de Genève.

Pour commencer les spectres infrarouge réalisés en réflectance spéculaire sur un instrument IS50 (Thermo scientific) ont permis de montrer une correspondance avec les échantillons de référence de grenats grossulaires de la banque de données du laboratoire, notamment grâce aux bandes à 535 et 892 cm^{-1} (Figure 2).

Une identification semi-quantitative de la composition chimique par fluorescence aux rayons-X (EDXRF) de chaque échantillon a été réalisée à l'aide d'un instrument Quant'X de

marque Thermo, avec une source de rayons-X en Rh et une méthode basée sur l'analyse de standards en matrice d'oxydes. Les résultats respectifs des analyses de la petite tranche, de la grande tranche et du cristal brut sont reportés dans le tableau 1.

Au vu des concentrations très élevées en calcium et faibles en fer, chrome, manganèse et magnésium, ces résultats montrent que les échantillons correspondent préférentiellement à la variété grossulaire (Wang *et al.*, 2025 ; Stockton & Manson, 1985). Les résultats des calculs des pôles purs des trois échantillons corroborent cette hypothèse. Ces calculs sont reportés dans le tableau 2. Pour ces calculs, il a été considéré, d'après les précédentes observations et les travaux de Wang *et al.* (2025), que le fer détecté correspondait à du fer ferrique Fe^{3+} remplaçant une faible quantité d' Al^{3+} par substitutions isomorphiques liées au fait que les grenats correspondent à des solutions solides.

Cependant, le calcul des formules structurales (non présenté ici) ne donne pas de résultat cohérent avec ce qui a été observé dans la littérature. Cela pourrait s'expliquer par un biais d'analyse par EDXRF, la forte concentration en eau des échantillons (inclusions fluides) et/ou la présence d'éléments trop légers pour être détectés en EDXRF (inclusions carbonées).

ÉLÉMENTS	PETITE TRANCHE	% INCERTITUDE	GRANDE TRANCHE	% INCERTITUDE	CRISTAL BRUT	% INCERTITUDE
Al ₂ O ₃	16,661	0,0022	16,5848	0,0022	18,6141	0,0015
SiO ₂	39,6506	0,0027	39,2424	0,0027	44,961	0,0019
CaO	41,7361	0,0022	42,1499	0,0022	31,6008	0,0011
Cr ₂ O ₃	0,015178	0,000062	0,010125	0,000053	0,01616	0,000075
MnO	0,47517	0,00023	0,69126	0,00027	0,56398	0,00015
MgO	0,0663	0,001	0,1423	0,0011	0,3943	0,00088
FeO	0,49782	0,00029	0,68741	0,00033	2,80519	0,00038
TiO ₂	0,89787	0,00058	0,49178	0,00043	1,0445	0,00038
Bouclage	100,00%		99,99%		100,00%	

Tableau 1 : Résultats des analyses chimiques semi-quantitatives réalisées sur la petite tranche, la grande tranche et le brut avec un instrument Quant'X de marque Thermo et une source de rayons-X en Rh.

Table 1: Results of semi-quantitative chemical analyses carried out on the small slice, the big slice and the rough sample using a Thermo Quant X-ray instrument and a Rh X-ray source.

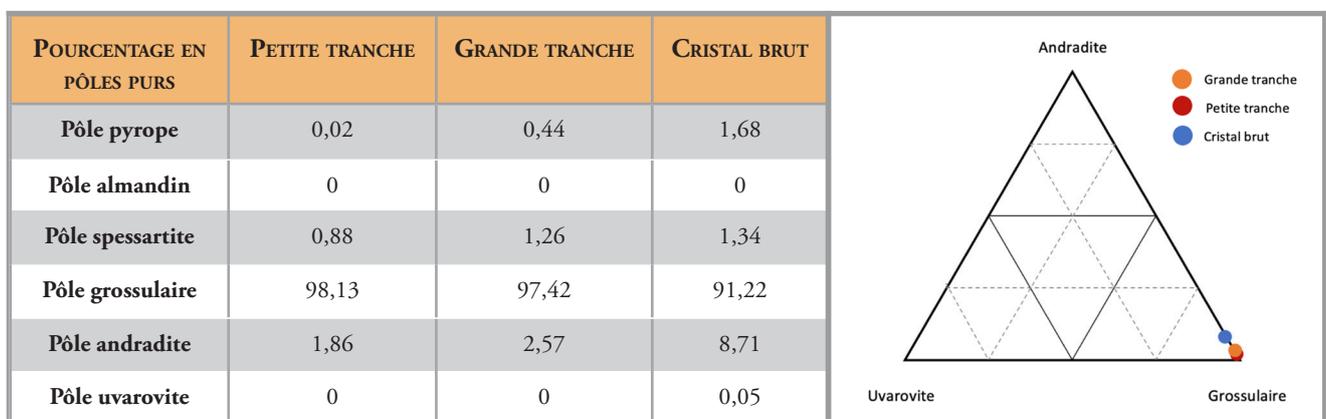


Tableau 2 : Résultats des calculs des pourcentages de pôles purs pour chaque échantillon arrondis au centième (le fer détecté est ici considéré comme du fer ferrique) sous forme de tableau et sous forme d'un diagramme ternaire. Les résultats montrent que les échantillons analysés correspondent à la variété grossulaire, car supérieurs à 70 % pour ce pôle (Stockton & Manson, 1985).

Table 2: Results of calculations of percentages of pure poles for each sample (the iron detected here is considered to be ferric iron). The results show that the samples analyzed correspond to grossular varieties, as they exceed 70% (Stockton & Manson, 1985).



Figure 3 : Luminescence des grenats trapiches sous UVL, 365 nm, montrant une couleur orange relativement intense, en particulier pour les tranches de grenats taillées.

Figure 3: Luminescence of trapiche garnets under UVL, 365 nm, showing a relatively intense orange colour, particularly for the garnet slices.

L'étude de la luminescence des deux échantillons taillés en tranche montre une luminescence orange relativement intense sous ultraviolet long (UVL : 365 nm ; Figure 3). L'échantillon brut montre quelques parties faiblement luminescentes mais la majorité de l'échantillon reste inerte. Sous illumination laser (405 nm), une luminescence similaire est observée avec une teinte légèrement plus rouge.

Les spectres d'émission correspondant à ces deux excitations (UVL et laser) sont présentés en Figure 4 en regard du spectre d'absorption UV-visible de l'échantillon. Comme suggéré par la teinte très faiblement saturée de la grande tranche, le spectre d'absorption de cet échantillon montre une absorption globalement très faible dans le visible. Cependant, on note la présence de trois bandes d'absorption à environ 409, 420 et 430 nm, associées à la présence de Mn^{2+} (Idini *et al.*, 2025). La luminescence de cet ion est d'ailleurs majoritairement responsable de la luminescence orange caractérisée par une bande d'émission large et intense centrée autour de 590-600 nm (Gaft *et al.*, 2013 ; Idini *et al.*, 2025). De nombreuses autres bandes d'émission plus fines mais moins intenses sont présentes à d'autres longueurs d'onde ou se superposent à l'émission du Mn^{2+} . Un petit groupe de bandes préférentiellement détectées sous UVL entre 460 et 510 nm peut être assigné à la présence de Nd^{3+} (Gaft *et al.*, 2015) ou de Dy^{3+} (Schertl

et al., 2018) selon les sources bibliographiques, mentionnant la nécessité d'études plus poussées pour prouver ces attributions. De la même façon, toutes les bandes fines superposées à l'émission du Mn^{2+} entre 550 et 650 nm peuvent être attribuées à divers éléments parmi les terres rares comme le Sm^{3+} , le Dy^{3+} ou l' Eu^{3+} (Schertl *et al.*, 2018 ; Gaft *et al.*, 2015). Enfin, le groupement de bandes d'émission dominé par deux bandes fines à 697 et 701 nm est dû à la présence de Cr^{3+} et de V^{2+} (Gaft *et al.*, 2013 ; Zhang *et al.*, 2023), deux éléments détectés par EDXRF.

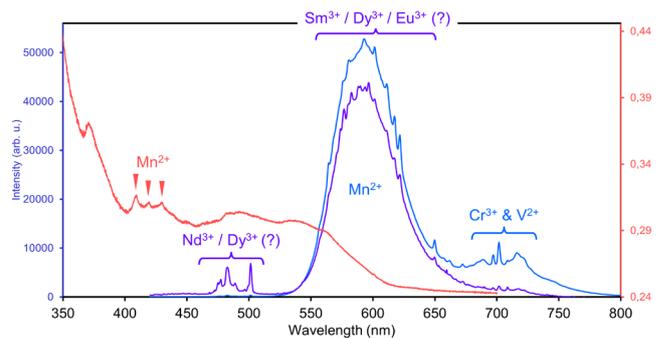


Figure 4 : Spectres d'absorption UV-visible (rouge) et de luminescence sous excitation ultraviolet 365 nm (violette) et sous excitation laser 405 nm (bleu). Les spectres sont acquis sur la grande tranche.

Figure 4: UV-visible absorption (red) and luminescence spectra under 365 nm ultraviolet excitation (violet) and 405 nm laser excitation (blue). The spectra are acquired on the large slice.

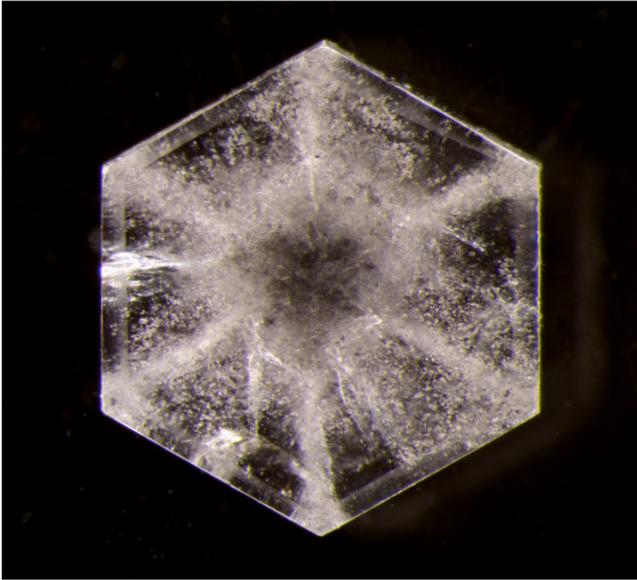


Figure 5 : Détail d'un grenat trapiche (petite tranche) montrant des inclusions noires composées principalement de carbone amorphe et concentrées au centre de la pierre et des inclusions fluides transparentes (ici monophasées) observées au niveau du cœur mais surtout en partie distale des bras du trapiche.

Figure 5: Detail of a trapiche garnet (small slice) showing black inclusions composed mainly of amorphous carbon and concentrated in the center of the stone and transparent fluid inclusions (in this case single-phase) observed in the core but especially in the distal part of the arms of the trapiche.

Enfin, l'observation au microscope sous fort grossissement permet d'observer de nombreux amas d'inclusions noires opaques parfois dendritiques et d'inclusions incolores principalement concentrées au centre de la gemme et sur les branches formant le motif trapiche (Figures 5, 6a et 6b) et ne montrant pas de rétablissement de la lumière entre filtres polarisants croisés.

Les analyses Raman réalisées il y a peu par Wang *et al.* (2025) rapportent que ces inclusions noires sont composées principalement de carbone amorphe provenant de la roche environnante. Cette même étude rapporte également que les nombreuses inclusions transparentes, observées en particulier au niveau distal des bras du trapiche, correspondent à des inclusions fluides (pouvant être mono ou biphasées, avec un liquide ou un liquide et un gaz) (Wang *et al.*, 2025).

Le quartz et les oxydes de Fe-Ti repérés dans les inclusions de grenats trapiches norvégiens (Andersen, 1984) n'ont cependant pas été identifiés dans les grenats chinois. Nos analyses et observations n'ont également pas permis de les identifier.

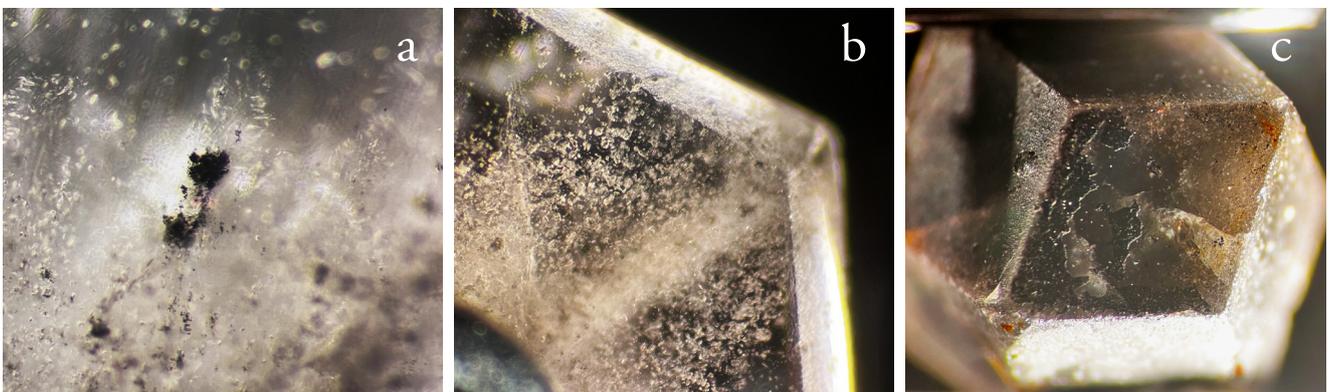


Figure 6 : Photomicrographies de la grande tranche de grenat trapiche avec le détail d'une inclusion noire de carbone au niveau du cœur du motif (a, largeur de champ : 1,87 mm) et de nombreuses inclusions fluides incolores (b, largeur de champ : 3,75 mm) concentrées sur les branches du motif trapiche. Photomicrographie de la surface d'une des faces du grenat brut montrant la couche de carbone noire et opaque sur une partie de la surface ainsi qu'une zone transparente laissant percevoir une fissure et des inclusions carbonées noires parsemées dans la pierre (c, largeur de champ : 7,5 mm).

Figure 6: Photomicrographs of the large slice of trapiche garnet with details of a black inclusion (a, FoV: 1.87 mm) and colourless inclusions (b, FoV: 3.75 mm) concentrated at the heart and on the branches of the trapiche pattern. Photomicrograph of the surface of one of the faces of the rough garnet showing the layer of opaque black material on part of the surface as well as a transparent zone revealing a crack and black inclusions scattered throughout the stone (c, FoV: 7.5 mm).

L'observation du cristal brut à l'aide d'une fibre optique de forte luminosité révèle que la plupart des faces sont recouvertes d'une couche de cette même matière noire carbonée les rendant opaques. Cette observation de couche carbonée en périphérie des échantillons a également été mentionnée pour les grenats trapiches norvégiens (Andersen 1984). Cependant, sur certaines faces, la couche de surface n'est presque pas présente et il est alors possible de percevoir, par transparence, des fissures et ces mêmes inclusions noires et incolores dispersées (Figure 6c). Cette couche noire a probablement été retirée lors du polissage des tranches.

L'observation en détail de la petite tranche (Figure 5) montre que les inclusions du trapiche semblent en réalité provenir de deux étoiles à trois branches superposées l'une sur l'autre et décalées de 60°, l'une des étoiles semblant aller vers le haut, l'autre vers le bas. De plus, chaque branche d'une même étoile forme un angle de 120° avec les deux autres, ce qui semble montrer que la tranche du grenat a été taillée selon l'un des quatre axes d'ordre trois pour faire apparaître le motif trapiche (Figure 7). Un motif et une disposition similaires sont observés dans certains diamants trapiches, également de système cristallographique cubique.

Pour finir, une observation sous immersion de la grande tranche a permis d'observer des zonations hexagonales de couleur rose orangé, très probablement due à la présence de Mn^{2+} constatée par les analyses de la spectrométrie précédente (Figure 7). La concentration d'inclusions carbonées et le faible contraste des zonations de couleurs ne permettent pas toujours d'apprécier la disposition exacte du Mn^{2+} . Les prolongements des zonations visibles sont suggérés par des pointillés sur la Figure 7. Ces zonations ne sont visiblement pas équivalentes d'un secteur à l'autre du motif trapiche. Sans parler de couleur, une telle inhomogénéité du manganèse a déjà été mentionnée dans les grenats trapiches norvégiens avec des variations de concentrations mesurées du cœur vers l'extérieur du cristal (Andersen, 1984). L'observation des zonations de couleur est essentielle pour interpréter le mode de formation de ces grenats trapiches. Elles sont un témoin précieux de

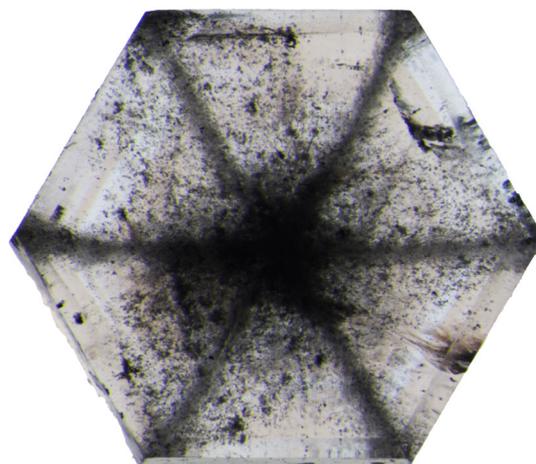
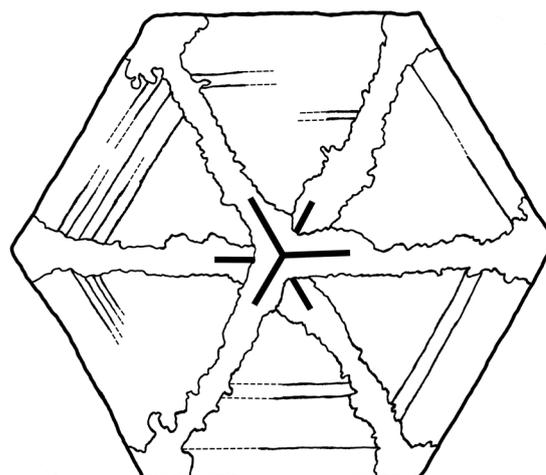


Figure 7 : Grenat trapiche (grande tranche) en immersion et en lumière directe (champ clair) montrant des zonations de couleur rose orangé suivant les faces de l'hexagone. Le dessin est une représentation simplifiée de la disposition des inclusions formant les branches du motif trapiche et des zonations de couleur.

Figure 7: Trapiche garnet (large slice) under immersion and direct light (bright field) showing orangish pink zonations along the hexagonal faces. The drawing is a simplified representation of the layout of the inclusions forming the branches of the trapiche pattern and the colour zoning.

la croissance du cristal. Si l'article récemment publié (Wang *et al.*, 2025) décrit avec précision le contexte géologique et l'âge de formation de ces grenats, il ne discute pas d'un possible mode de croissance pour ces échantillons remarquables. De fait, il a été proposé que les gemmes trapiches seraient issues d'une succession ou d'une concurrence entre deux modes de croissance (Sunagawa *et al.*, 1999). Le premier mode de croissance, plus rapide, induirait une croissance dendritique favorisée dans certaines directions cristallographiques et facilitant l'intégration d'inclusions. La description précise de l'environnement géologique de ces grenats (Wang *et al.*, 2025) confirme la présence de matières carbonées se retrouvant piégées dans la croissance fibreuse du grenat.

Le second mode, plus lent, induirait une croissance massive du minéral (ici du grenat) qui contiendrait alors moins d'inclusions. La Figure 7 suggère, avec la disposition des zonations de couleur, que les deux modes de croissance ont été en compétition lors de la formation de ces grenats. Cette compétition, probablement due à des variations des conditions de pression et de température, aurait entraîné plusieurs alternances successives entre les modes de croissance fibreuse et massive. Ainsi, du cœur du cristal vers l'extérieur, on observe des zonations parallèles aux faces du rhombododécaèdre et une variabilité des inclusions sur les branches formant le motif trapiche (plus visible sur la petite tranche, Figure 5).

CONCLUSION

Cet article rapporte l'observation de tranches de grenat polies transparentes montrant un motif trapiche traditionnel clairement identifiable. Les analyses réalisées en février 2025 par Wang Y. *et al.* ont permis de conforter les observations et analyses réalisées dans cette étude et à mieux comprendre la chimie de ces gemmes, la nature des inclusions carbonées et des inclusions fluides, l'âge et les conditions d'une telle croissance dans cette variété. Nos analyses ont cependant révélé la présence du manganèse comme élément chromogène et luminophore. Elles révèlent aussi une répartition inhomogène du Mn²⁺ en zonations suivant les faces hexagonales des tranches. En combinant l'observation des zonations et la répartition des inclusions carbonées et des inclusions fluides, nous suggérons que la croissance de ces grenats trapiches est le résultat d'une concurrence entre deux

modes de croissance. Ce mécanisme de croissance a déjà été documenté pour des corindons (Sunagawa *et al.*, 1999). Il demeure certain que ce type de découverte assez rare dans l'univers de la gemmologie continuera de susciter l'intérêt des collectionneurs et des amoureux de gemmes du monde entier.

BIBLIOGRAPHIE

- Andersen T.B. (1984)** Inclusion patterns in zoned garnets from Magerøy, north Norway. *Mineralogical Magazine*, 48(346) 21-26, doi:10.1180/minmag.1984.048.346.03.
- Gaft M., Reisfeld R., Panczer G. (2015)** *Modern luminescence spectroscopy of minerals and materials*. Springer.
- Gaft M., Yeates H., Nagli L., Panczer G. (2013)** Laser-induced time resolved luminescence of natural grossular Ca₃Al₂(SiO₄)₃. *Journal of luminescence*, 137, 43-53, doi:10.1016/j.jlum.2012.11.015.
- Idini A., Argazzi R., Frau F., Fantauzzi M., Angeli C. (2025)** Unravelling the luminescence spectrum of garnet grossular var. tsavorite: The role of chromium (III), manganese (II) and misattribution of vanadium (II). *Journal of Luminescence*, 277, 120936, doi:10.1016/j.jlum.2024.120936.
- Jamtveit B., Andersen T.B. (1992)** Morphological instabilities during rapid growth of metamorphic garnets. *Physics and Chemistry of Minerals*, 19(3) 176-184, doi:10.1007/BF00202106.
- Koivula J.I. (2025)** Trapiche muscovite. *Gems & Gemology*, 51(4) 442-443.
- Lulzac Y. (2023)** Determination of common and rare gemstones with a dichotomy approach. *Self-publication*, p. 139.
- Nang L.N., Nguyen Tri Man H., Minh Tien P. (2023)** Trapiche garnet from Vietnam. *Gems & Gemology*, 59(4) 532-533.
- Pignatelli I., Giuliani G., Ohnenstetter D., Agrosi G., Mathieu S., Morlot C., Branquet Y. (2015)** Colombian trapiche emeralds: Recent advances in understanding their formation. *Gems & Gemology*, 51(3) 222-259.
- Schertl H.P., Polednia J., Neuser R.D., Willner A.P. (2018)** Natural end member samples of pyrope and grossular: A cathodoluminescence-microscopy and -spectra case study. *Journal of Earth Science*, 29(5) 989-1004, doi:10.1007/s12583-018-0842-0.
- Schmetzer K. (2019)** Trapiche emerald from Colombia. *Gems & Gemology*, 55(1) 156-158.
- Stockton C.M., Manson V. (1985)** A proposed new classification for gem-quality garnets. *Gems & Gemology*, 21(4) 205-218.
- Sunagawa I., Bernhardt, H.-J., Schmetzer K. (1999)** Texture formation and element partitioning in trapiche ruby. *Journal of Crystal Growth*, 206(4), 322-330, doi:10.1016/S0022-0248(99)00331-0.
- Vertriest W. (2020)** Trapiche gems. *Gems & Gemology*, 56(1) 170-172.
- Wang Y., Zhao S., Zhao Y., Wang Z. (2025)** Trapiche garnets in Chun'an, Zhejiang Province, China: New constraints from their gemology, geochemistry, and geochronology. *Crystals*, 15(3) 201, doi:10.3390/cryst15030201.
- Zhang Q., Shi Y., Shao T., Li X., Xu F., Shen A.H. (2023)** Luminescence characteristics of green grossular garnets. *Minerals*, 13(5) 639, 11p., doi:10.3390/min13050639.