



Article www.geminterest.com :

Site Internet dédié à la gemmologie et à l'étude des pierres.

Grossulaire chromifère avec andradite.

Jean-Marie Arlabosse¹

Abstract / Résumé:

EN: Intense green garnets with shines and refractive indexes generally higher than those of normal grossular garnets are reported. Gemological data indicate material close to the one of andradite-rich grossular discovered in Mali. Visible near-infrared spectroscopy (Vis-NIR) confirms that this kind of grossular have a compositional andradite part and shows that chromium is at least, if not predominantly, at the origin of color.

FR : Des grenats d'un vert intense avec des brillances et des indices de réfractions globalement plus élevés que ceux des grossulaires sont reportés. Les données gemmologiques indiquent une matière proche de celle des grossulaires riche en andradite découverts au Mali. La spectroscopie visible-proche infrarouge (Vis-PIR) confirme que ces grossulaires possèdent une composante andradite et nous montre que le chrome est au moins, voire majoritairement, à l'origine de la couleur.

Introduction:

Les grenats verts sont une partie importante du marché des gemmes. Les plus connus sont les grossulaires colorés par le vanadium et nommés « Tsavorites » et les andradites colorés par le chrome et nommés « Démantoïdes ». Il existe cependant des variations / nuances d'agents de colorations (chromophores) et de compositions qui amènent à d'autres types de grenats verts.

Matériels et méthodes:

Echantillons: Trois échantillons de 0.18 à 2.22ct (cf Tableau 1) ont été utilisés. Les provenances nous sont restées inconnues. Le cristal montre un facies bien défini de rhombododécaèdre avec des faces piquées.

Tableau1 : Description des échantillons

Identifiant	Image	Taille	Dimension (mm)	Masse (ct)	Diaphanéité / Couleur
CF091004RT3		Ovale	8.40x7.17x5.03	2.22	Transparent / Vert émeraude
JMA00304		Rond	3.20x2.41	0.18	Transparent / Vert intense
JMA00305		Cristal	6.30x5.55x4.73	1.54	Translucide / Vert émeraude

Une face du cristal brut JMA00305 a été polie afin d'obtenir une surface permettant la mesure de l'indice de réfraction.

Gemmologie standard: Les tests de gemmologie classique ont été menés sur ces échantillons afin d'en déterminer les caractéristiques d'indice de réfraction, de densité (pesée hydrostatique), de comportement au polariscope, de pléochroïsme, de fluorescence aux ultraviolets ondes courtes (UVC 254 nm) ou ondes longues (UVL 366nm), de réaction au filtre Chelsea, de spectres (observables au travers de spectroscopes de poches à prisme ou à réseau diffractant), d'inclusions (observables au travers d'une binoculaire, grossissement 7X à 40X et avec différents éclairages) .

Spectroscopie Vis-PIR: A été utilisé, un spectromètre « Ocean Optic USB4000 » d'une résolution d'environ 1.33 nm équipé, pour la capture du signal, d'une sphère d'intégration avec sa source halogène et une cupule en téflon type « Spectralon® ». La mesure des spectres est donnée de 400 à 1000 nm.

A noter que cet équipement, associé au mode de capture sur cupule, peut montrer l'artefact d'un signal amoindri dans la zone de 400 - 430 nm.

En cela les intensités des absorptions dans la zone 400 - 430 nm ne pourront être considérées, relativement au reste du spectre, comme représentatives.

Résultats:

Résultat Gemmologie standard : Au filtre Chelsea, les échantillons se sont montrés inertes à légèrement rosé pour le plus gros d'entre eux (i.e. CF091004RT3). Aucun pléochroïsme n'a été perçu au dichroscope à calcite. Le comportement au polariscope des pierres transparentes (i.e. CF091004RT3 et JMA00304) indique une matière isotrope avec des défauts de polarisation (de type « Anormale Double Réfraction (ADR) » ou encore « Fausse biréfringence », « Tabby extinction »).

Les indices de réfractifs constants témoignent, eux aussi, d'une matière isotrope. Ils prennent les valeurs 1.754 (CF091004RTR3), 1.765 (JMA00304) et 1.768 (JMA00305).

Les densités vont de 3.58 à 3.64 (respectivement sur JMA00305 et CF091004RT3, JMA00304 étant trop petit).

Grossulaire chromifère avec andradite.

Tous les échantillons sont inertes aux ultraviolets (UVC ou UVL).
Les spectroscopes à mains indiquent une forte absorption du violet et du bleu jusqu'à environ 470 nm et une absorption du jaune à orange centrée vers 610 nm (Fig. 1).

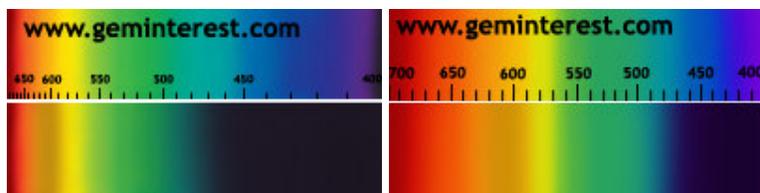


Figure 1 : Spectres observables au travers d'un spectroscope à main à prisme (gauche) ou à réseau (droite). Les violet, bleu et orange sont absorbés par la gemme.

Les inclusions observées sur l'échantillon CF091004RT3 montrent un jeu de fractures, de givres de guérisons en formes de voiles « tournants » ou comme répartis « en bandeaux » (Fig. 2).
Les autres échantillons ne montrent pas d'inclusion notable (car translucide ou pur).

Ces résultats indiquent le minéral grossulaire du groupe des grenats (i.e. $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$).

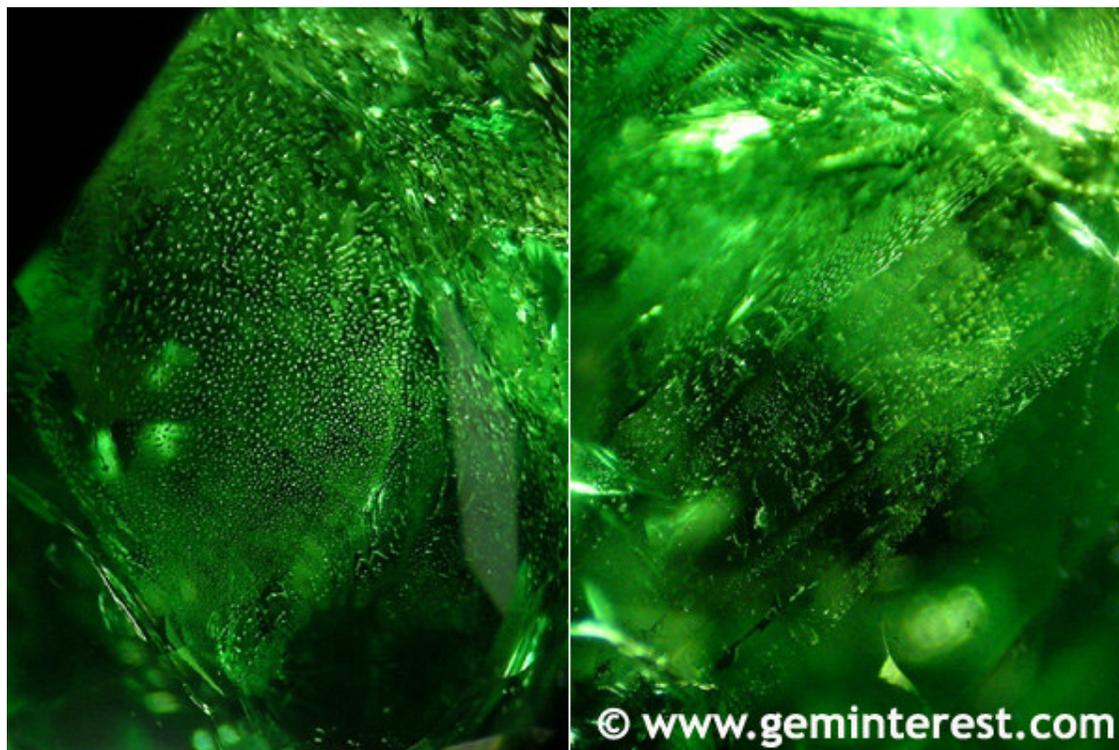


Figure 2 : Inclusion de « givres de guérisons » sous forme de voiles tournants (gauche) ou de bandeaux (droite).

Résultat Spectroscopie Vis-PIR : Les spectres des échantillons (portés en en absorbance) sont montrés dans la figure 3. De puissantes absorptions centrées sur 440 - 470 nm et environ 610 nm ainsi que les pics des « transitions interdites » vers 695 nm et 701 nm indiquent que le chrome (Cr^{3+}) est, au moins, un élément chromogène de ces pierres (Burns, 1993 ; Mineral Spectroscopy, 2009). La large bande centrée sur environ 860 - 880 nm, donnée par le fer III, témoigne de la présence d'une composante andradite i.e. $\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_3$, (Burns, 1993 ; Mineral Spectroscopy, 2009).

Les spectres de grenats andradites (var. Démantoïde colorés par le fer III ou le chrome) montrent toujours la forte absorption liée au fer III (Fe^{3+}) vers 860 - 880 nm (Fig. 4). Par ailleurs, la comparaison d'un spectre d'andradite vert (var. Démantoïde) et celui d'un grossulaire vert (var. Tsavorite) révèle qu'un grossulaire « pur » ne montre pas d'absorption liée au fer III vers 860 - 880 nm (Fig. 5).

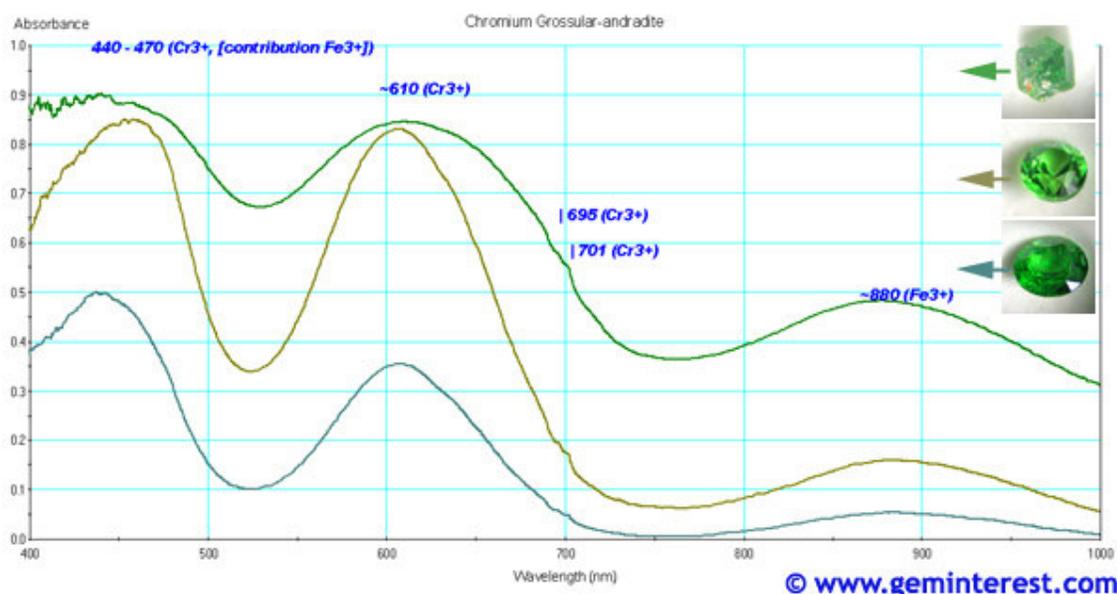


Figure 3 : Spectres des trois échantillons portés en absorbance. Ce matériau montre les larges absorptions dues au chrome et centrées sur 440 - 470 nm et environ 610 nm, ainsi que les pics des transitions interdites détectable vers 695 et 701 nm. La large absorption centrée sur 860 - 880 nm est donnée par le fer III (i.e. Fe^{3+}).

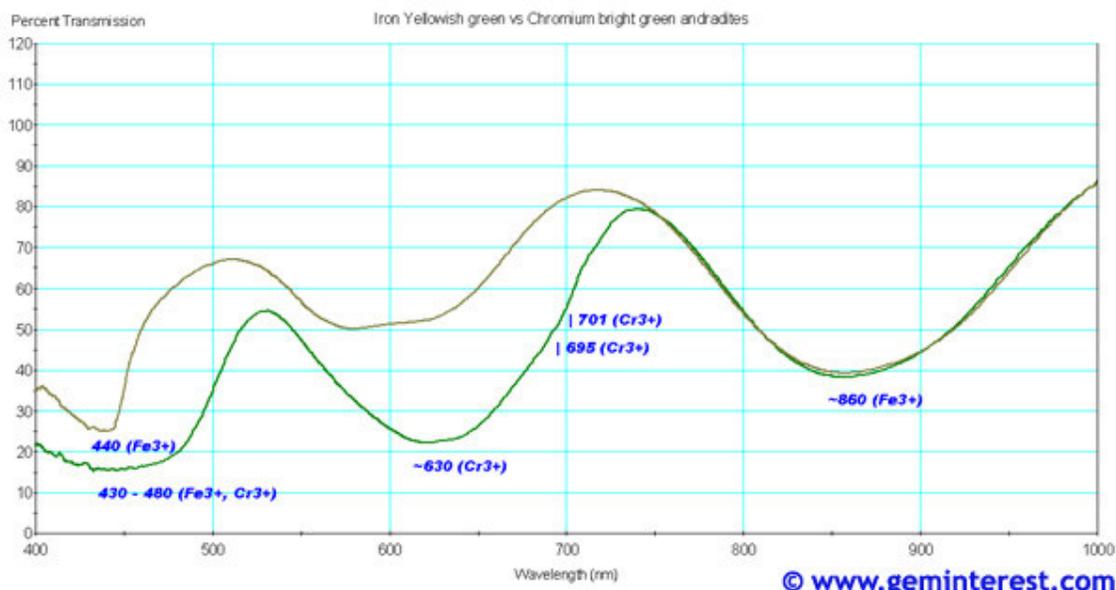


Figure 4 : Spectres (portés en pourcentage de transmission) de deux grenat andradite variété Démantoïde. L'un colorés uniquement par le fer III (tracé supérieur gris-vert) et l'autre possédant du chrome (tracé inférieur vert). La présence du Fer III (i.e. Fe³⁺) est toujours visible via la forte et large absorption centrée sur environ 860 - 880 nm.

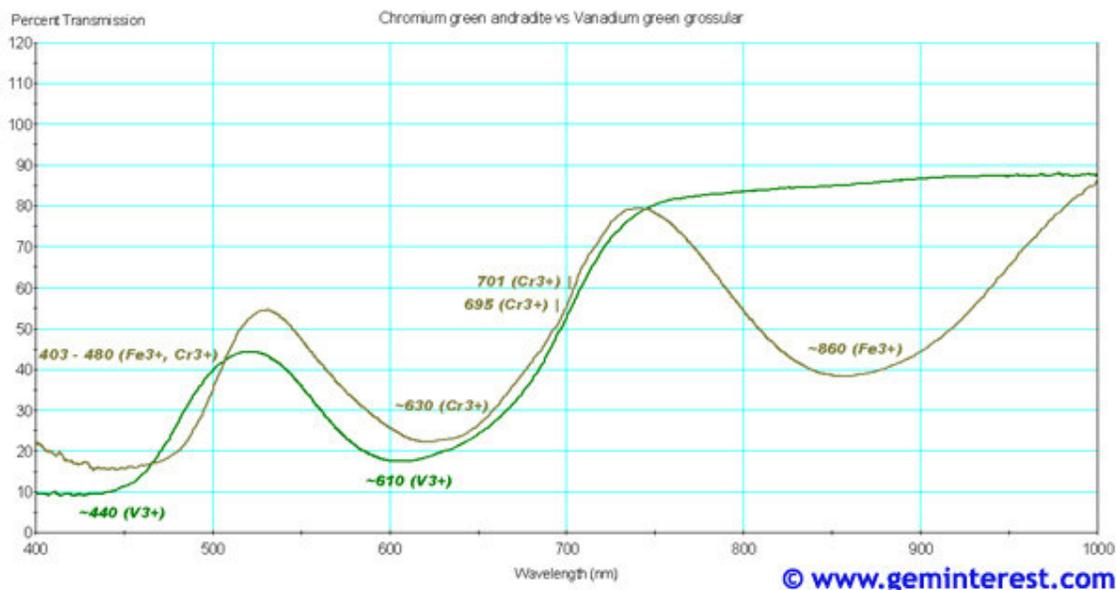


Figure 5 : Spectres (portés en pourcentage de transmission) d'un grenat andradite variété Démantoïde (tracé gris-vert avec bande à 860 nm) et d'un grenat grossulaire variété Tsaveorite (tracé vert sans bande entre 700 et 1000 nm). Le Fer III (i.e. Fe³⁺) est visible dans l'andradite (Ca₃Fe³⁺₂(SiO₄)₃) via la bande centrée vers 860 nm alors qu'il est, comme attendu, complètement absent dans le grossulaire (Ca₃Al₂(SiO₄)₃).

Discussion :

Les grenats grossulaires ont une formule générale $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ et sont dépourvus de fer dans l'état d'oxydation III (i.e. Fe^{3+}). Les andradites, eux, sont intrinsèquement composés de l'élément fer à l'état d'oxydation III.

Les andradites donnent des gemmes brillantes car ils ont des indices de réfractions élevés vers 1.880 (Stockton & Manson, 1985).

Les grossulaires, eux, moins brillants, possèdent une gamme d'indice de réfraction pouvant s'étendre de 1.730 à 1.760 (Stockton & Manson, 1985) et voient leurs indices de réfractions croître au fur et à mesure que la quantité d'ions Fe^{3+} augmente dans la structure et donne le mélange grossulaire-andradite (Arlabosse, 2004).

La gemmologie standard nous révèle ici des grenats grossulaires (indice de réfraction, polariscope, densité etc.). La spectrométrie Vis-PIR (partie visible de 400 à 700 nm du spectre) indique que la couleur verte est au moins, voire majoritairement, due au chrome et qu'il existe une composante andradite (via la partie proche infrarouge de 700 à 1000 nm du spectre).

La formule générale de ce type de grossulaire pourrait s'écrire : $\text{Ca}_3\text{Al}_{2-x}\text{Fe}^{3+}_x(\text{SiO}_4)_3$.

Une analyse chimique précise pourrait déterminer « x » et donc le ratio d'andradite dans ces grossulaires.

Ce type de grenat correspond donc à un grossulaire chromifère ou, si l'on ne veut pas négliger la composante andradite, un « grossulaire-andradite » chromifère.

Sur le marché, les grenats jaune-verdâtre à bruns ayant la composition grossulaire-andradite sont parfois désignés sous le nom générique de « Grenat du Mali / Mali garnet ». Cela en vertu de la découverte de ce type de grenat au Mali.

Par ailleurs un grenat grossulaire coloré en un vert intense par le vanadium reçoit le nom de variété de « Tsavorite » (ou « Tzavorite », « Tsavolite » etc.).

Le type de grenat reporté ici est également un grossulaire (i.e. majoritairement grossulaire) et est également coloré en un vert intense par un élément de transition (i.e. le chrome) très proche du vanadium.

En cela il est probable que ce type de grenat puisse recevoir, sur le marché, des noms commerciaux faisant appels à l'un et/ou à l'autre des ces aspect(s) de composition et d'agent chromogène.

Conclusion :

Il a été reporté l'observation d'un type de grenat particulier.

Des grenats grossulaires verts intense montrant une belle brillance. Cette brillance est liée à un indice de réfraction plutôt élevé qui est donné par une composante andradite en mélange.

La couleur verte intense est au moins, voire majoritairement, donnée par le chrome.

Nous pouvons, à notre sens, parler ici de grossulaire chromifère avec andradite.

Remerciement :

Merci pour leurs donations, prêts ou tailles d'échantillons à : Thomasset Roberte, Granges Gilles.

Bibliographie :

ADAMO I., Pavese A., Prospero L., Diella V., Ajo D., 2007, The Journal of Gemmology: Gem-quality garnets: correlation between gemmological properties, chemical composition and infrared spectroscopy, Vol. 30, No. 5/6 January/April, pp 307-319

ARLABOSSE J.-M., 2005-a, www.geminterest.com: Grenat andradite à effet... labradorescent?, <http://www.geminterest.com/articlist.php> article n° 19. (Dernière visualisation 16/11/2009)

ARLABOSSE J.-M., 2005-b, Revue de Gemmologie A.F.G.: Grenat spessartite brun-rouge de Madagascar avec chrome et vanadium, n° 154, pp 20

ARLABOSSE J.-M., 2004, www.geminterest.com: Identification des grenats gemmes par une méthode dite "méthode limite" issue de la classification de Stockton et Manson, <http://www.geminterest.com/articlist.php> article n° 16. (Dernière visualisation 16/11/2009)

BURNS Roger G., 1993, Mineralogical Application of Crystal Field Theory, Second Edition, Cambridge University Press.

SHIMOBAYASHI N., Miyake A., Seto Y., 2006, www.gaaj-zenhokyo.co.jp: Rainbow Garnet from Tenkawa Village in Nara (dernière visualisation le 03/07/2006)

FLIES D., 2008, Diplôme d'Université de Gemmologie, Université de Nantes, Mémoire: La couleur des grenats.

FREDIANI J.-C., 2005, Revue de Gemmologie A.F.G.: Les grenats - 1ere partie, n° 154, pp 18-19

FREDIANI J.-C., 2006, Revue de Gemmologie A.F.G.: Les grenats - 2nd partie, n° 155, pp 20-22

FREDIANI J.-C., 2006, Revue de Gemmologie A.F.G.: Les Grenats - 3e partie, n° 156, pp 19

HAINSWANG T., Notari F., 2006, Gems & Gemology: The Cause of Iridescence in Rainbow Andradite from Nara, Japan, Vol.42, winter 2006, pp 248-258

KARAMPELAS S., Gaillou E., Fritsch E., Douman M., 2007, Revue de Gemmologie A.F.G.: Les grenats andradites - démantoides d'Iran : Zonage de couleur et inclusions, n° 160, pp 14-19

PARDIEU V., 2005, Revue de Gemmologie A.F.G.: Tsavorite: une pierre africaine, n° 154, pp 8-11

MINERAL SPECTROSCOPY, 2009, minerals.caltech.edu: Mineral Spectroscopy Server, California Institute of Technology, <http://minerals.caltech.edu/> (Dernière visualisation 28/11/2009)

STOCKTON C.M., Manson D.V., 1985, Gems & Gemology: A proposed new classification for gem-quality garnets, winter 1985, pp 205-217

1 : A propos de l'auteur :

ARLABOSSE Jean-Marie est un gemmologue indépendant impliqué dans l'étude et la recherche gemmologique. Il est le créateur et administrateur du site web dédié à la gemmologie : www.geminterest.com