

Etude d'une collection de grenat de Madagascar



Image 1 illustration tiré de « minéraux, collection de documents d'histoire naturelle » de C Caspari

Grenats

Sommaire

Abstract	3
Introduction	4
Gemmes et méthodes de travail	6
Etudes	7
Grenat almandin-spessartite	7
Grenat pyrope-spessartite	9
Comparaison grenat almandin-spessartite et pyrope-spessartite	11
Grenat pyrope-spessartite	12
Grenat almandin	14
Grenat grossulaire	16
Grenat grossulaire hessonite	18
Grenat grossulaire hessonite	20
Grenat demantoïde	22
Résultats et discussion	24
Conclusion	25
Bibliographie	26

Abstract

Analyse des caractéristiques physique et optique d'un lot de grenats de Madagascar

Les spécificités des grenats sont connues depuis longtemps et nous savons que suivant le gisement de menues différences peuvent être observées. Serons-nous en mesure de pouvoir extraire des caractéristiques propres aux grenats Malgaches ?

Pour se faire, à l'aide des outils de base du gemmologue, de l'étude des inclusions ainsi que d'un spectromètre UV-Vis-PIR nous allons recueillir les données des échantillons qui nous ont été confiés.

Les résultats obtenus ont beau être pertinent certains éléments comme la composition chimique ou le Raman Shift n'ont pût être acquis faute de matériel, et certains éléments de procédures manquent de rigueur et mérite quelques ajustements.

Il ressort ce travail des informations qui n'auront de valeurs qu'une fois comparé à d'autres grenats issus de gisements identifiés. Et de répondre à la questions « ces observations sont-elles justes et complète ? »

Grenats

Introduction : histoire et généralités des grenats

Les grenats dont le nom vient du latin *Granatium* (grenade) sont connus et utilisés en joaillerie depuis l'antiquité et ce de façon universelle.

Si la teinte la plus communément associée à cette gemme est un rouge profond, la géologie et la gemmologie ont permis de comprendre que la palette est bien plus importante et couvre presque toutes les couleurs du spectre. Elle peut aussi montrer des effets tels que l'astérisme à quatre ou six branches ainsi que le changement de couleurs.

Ces différences sont principalement le fait de la chimie et de la cristallographie qui a aussi pour effet de faire varier les propriétés physiques principalement la densité et l'indice de réfraction ainsi que la couleur.

Les grenats appartiennent au système cubique dont la formule commune est $X_3Y_2(SiO_4)_3$

Le tableau ci-dessous montre les pôles des deux groupes qui composent les variétés gemmes

	Couleurs	Formule chimique	Indice de réfraction	Densité
Pyralspite	$X_3Al_2(SiO_4)_3$			
Pyrope		$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	1.738 - 1.764	3.60 - 3.90
Almandine		$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	1.780 - 1.830	3.90 - 4.25
Spessartite		$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	1.780 - 1.830	4.12 - 4.18
Ugrandite	$Ca_3Y_2(SiO_4)_3$			
Grossulaire		$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	1.732 - 1.760	3.57 - 3.72
Andradite		$Ca_3Fe^{3+}_2(SiO_4)_3$	1.880 - 1.890	3.81 - 3.87
Ouvarovite		$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$	1.87	3.71 - 3.81

Image 2 tableau des pyralspites et ugrandites / B Tridon

Il convient de préciser que bon nombre de gemmes sont issu de la miscibilité au sein d'un même groupe mais qu'il n'y a pas de mélange possible entre Pyralspite et Ugrandite.

Le fait que le grenat soit utilisé de façon universelle et due à sa présence sur l'ensemble des continents. Prenons pour exemple le grenat démantôïde. On le trouve en Russie, Iran, USA, Canada, Pakistan, Italie, Turquie, Madagascar ou encore la Namibie.

Le gisement de Russie au-delà de l'utilisation qu'en faisait Fabergé le joaillier des Tsars sont connus pour avoir comme inclusion des fibres de chrysotile. Cependant ce type d'inclusions se trouve aussi en Italie et en Iran.

Le But de ce travail est de relever les caractéristiques physique, chimique ainsi que les inclusions d'un lot de grenat de Madagascar.

Grenats

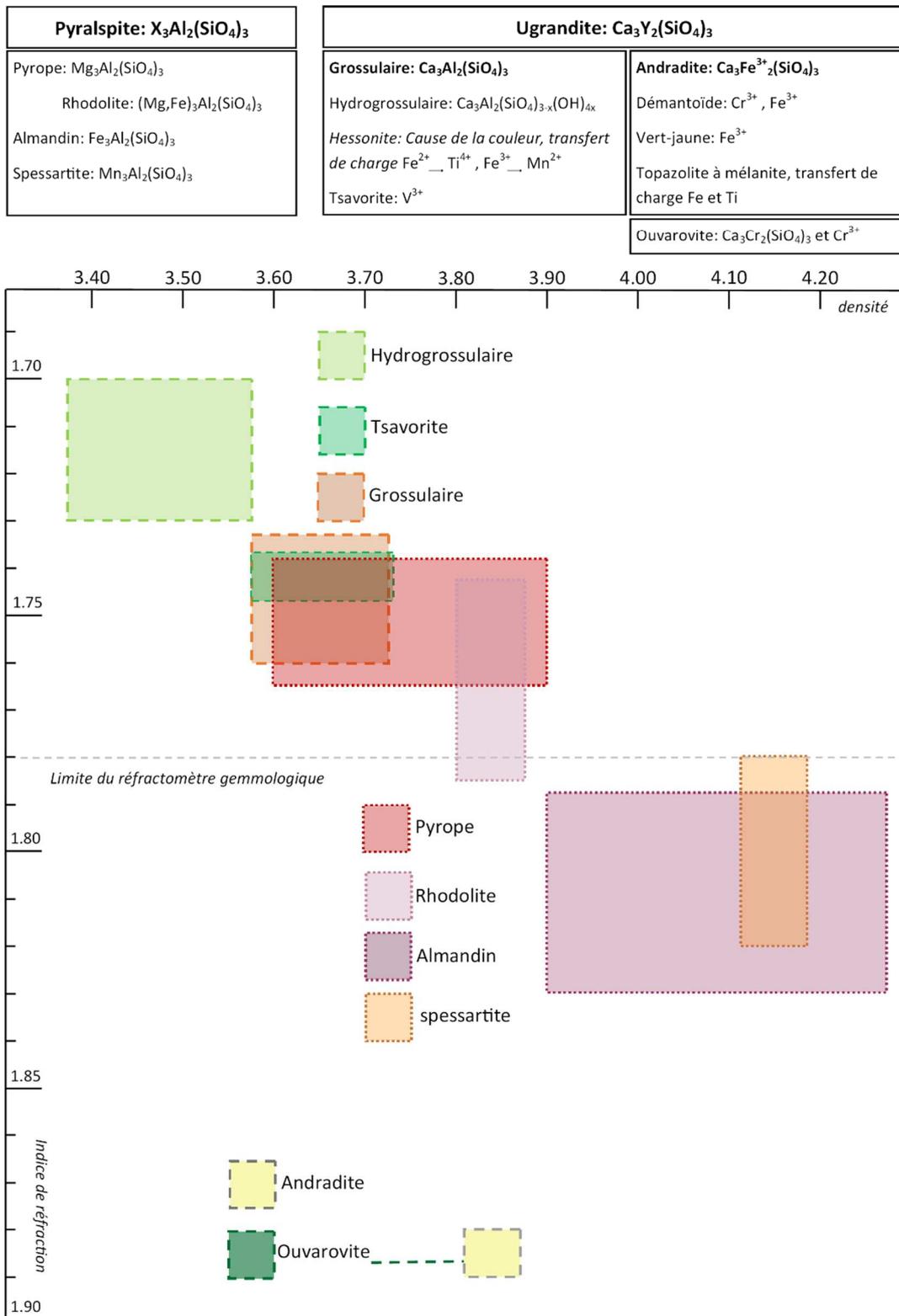


Image 3 Tableau densité / indice de réfraction / B Tridon

Gemmes et méthodes de travail

Les échantillons ont été mis à disposition par le Laboratoire de gemmologie de Marseille. Ce lot est composé de six grenats de Madagascar et de deux échantillons d'origine inconnue.

Gemmologie classique

- Photos prise à l'aide d'une boîte à lumière et d'un appareil photo numérique CANON.
- Les inclusions ont été faites à l'aide d'un trinoculaire Motic GM-168 équipé d'une caméra Moticonnect.
- Pied à coulisse en laiton.
- Polariscope avec loupe plate Gem-A.
- Balance de précision METTLER TOLEDO avec kit de densité.
- Réfractomètre gemmologique standart.

Gemmologie de laboratoire

- Spectromètre GL Gem Spectrometer™ UV-Vis-PIR

Grenats

Grenat almandin – spessartite, Madagascar

12A MA/1

Poids : 0,88 ct

Dimensions : 5,5 x 3,85 mm

Couleur : Rouge orangé

Pureté : Fortement inclus

Style de taille : Rond brillant

Qualité de la taille : Bonne

Fini : Bon

Polariscope : ne rétablis pas

IR : lecture négative

Densité : 4.04

Provenance : Madagascar, Nord, la localité précise est inconnue

Observations internes : Fortement inclus, cavité à deux phases, inclusions opaques

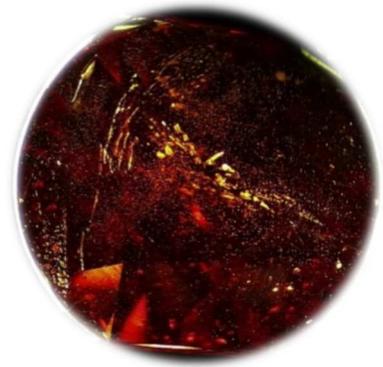


Image 4 échantillon 12A MA/1. Photo B Tridon

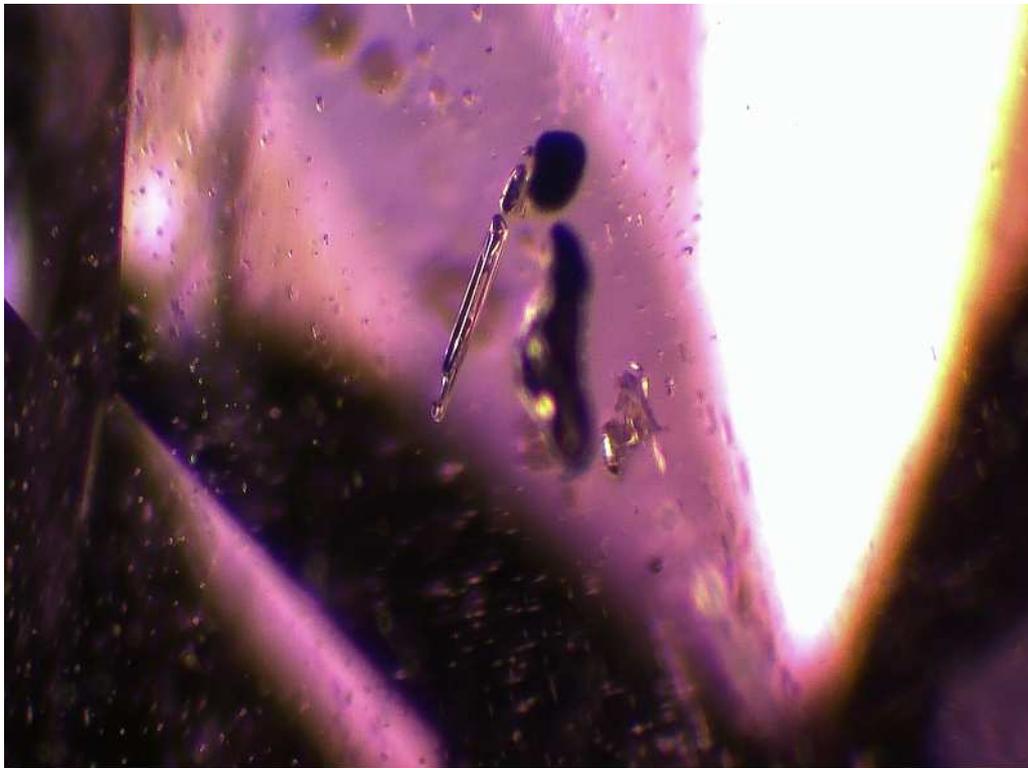


Image 5 Inclusions à deux phases, inclusions métalliques, liquides en cavités (givres) photo B Tridon

Grenats

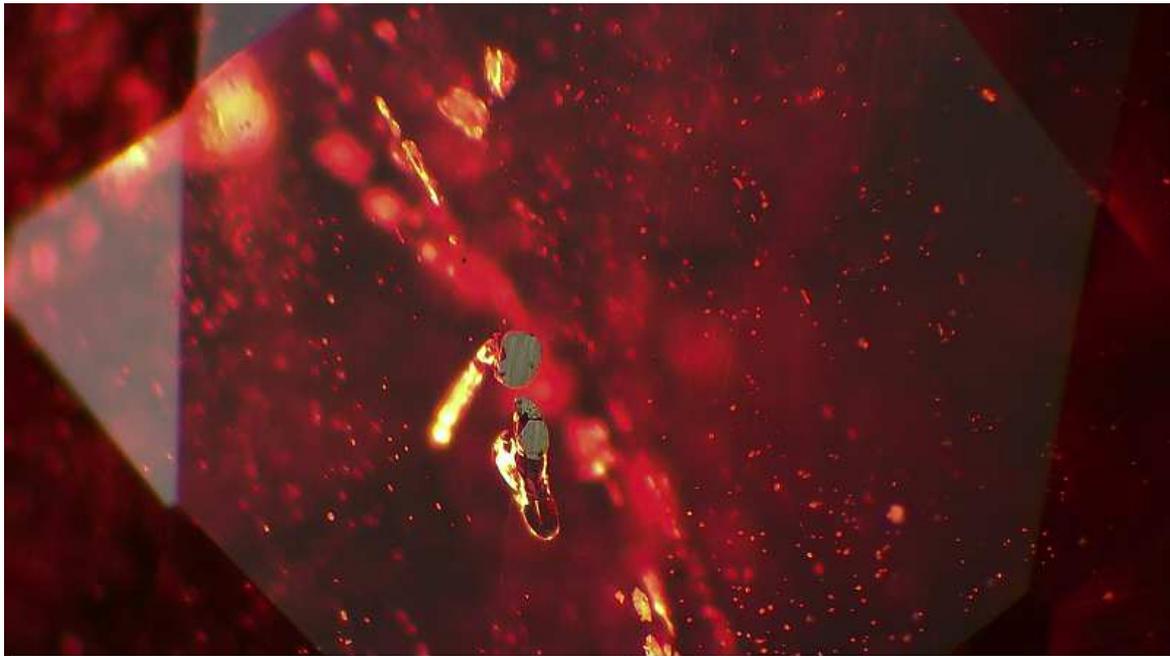


Image 6 Inclusions métalliques. Photo B Tridon

Spectre UV-VIS-PIR

Forte absorption dans l'orange et le vert avec trois pics à 505, 527 et 576 caractéristiques du fer ainsi qu'une absorption dans le violet avec un pic à 436 propres au manganèse. De plus faibles absorptions sont présentes vers 462, 477 et 546 et de deux bandes diffusent à 702 et 825. Almandin- spessartite.

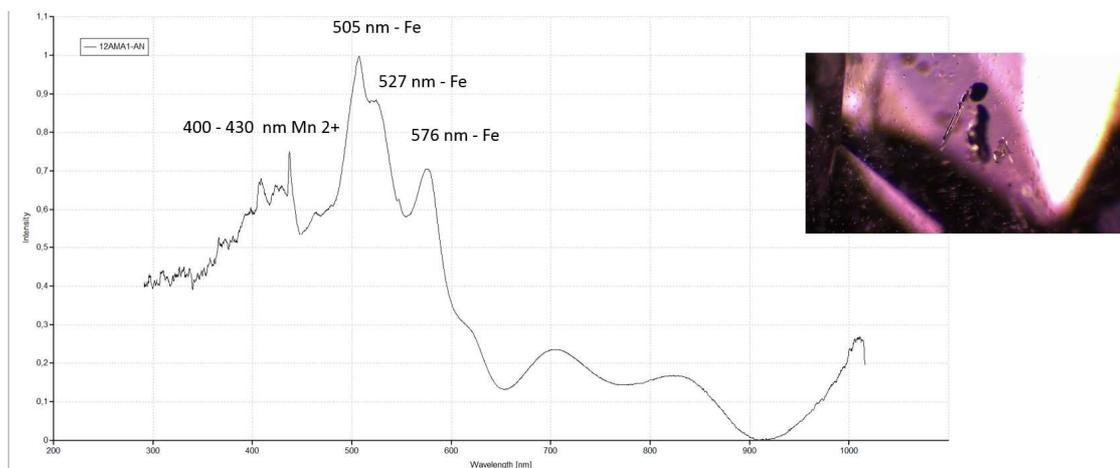


Image 7 spectre 12A MA/1

Grenats

Grenat Pyrope – Spessartite, Malaya, Madagascar

12A MA/2

Poids : 0,40 ct

Dimensions : 4,29 x 3,1 mm

Couleur : Rose Orangé

Pureté : Fortement inclus

Style de taille : Rond brillant

Qualité de la taille : Bonne

Fini : Bon

Polariscope : Extinction anormale

IR : 1,764

Densité : 3.92

Provenance : Madagascar, Nord, la localité précise est inconnue

Observations internes : inclusions de rutile, minéraux opaques



Image 8 échantillon 12A MA/2. Photo B Tridon

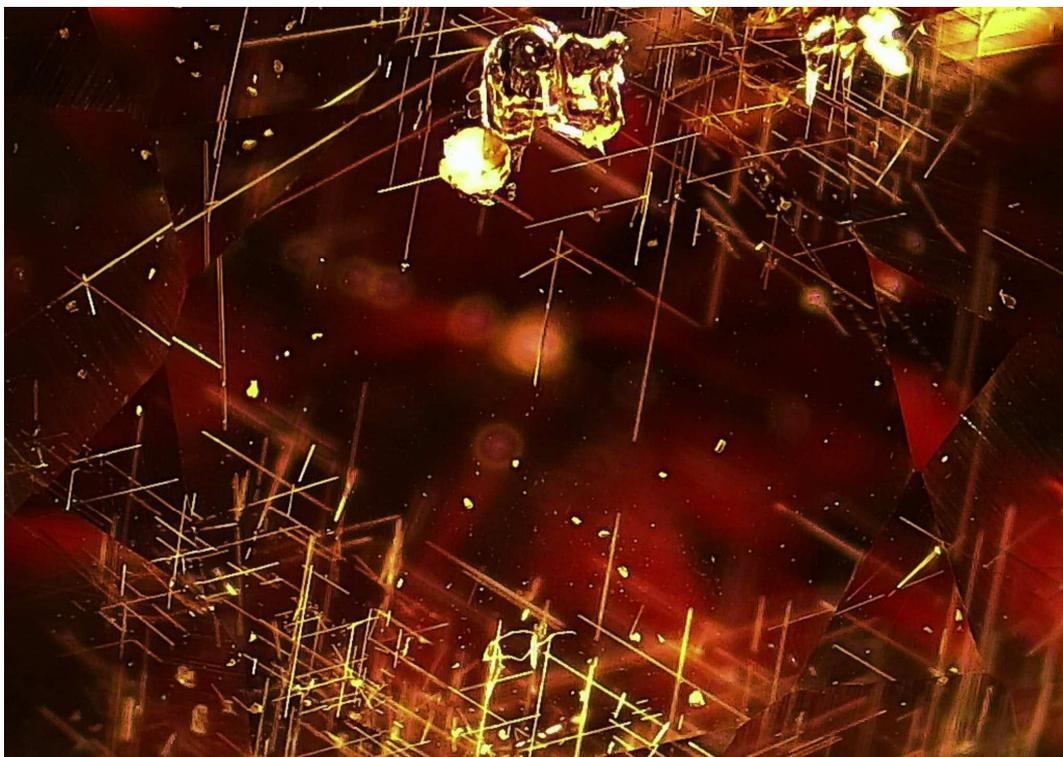


Image 9 aiguilles de rutile, inclusions opaques. Photo B Tridon

Grenats

Spectre UV-VIS-PIR

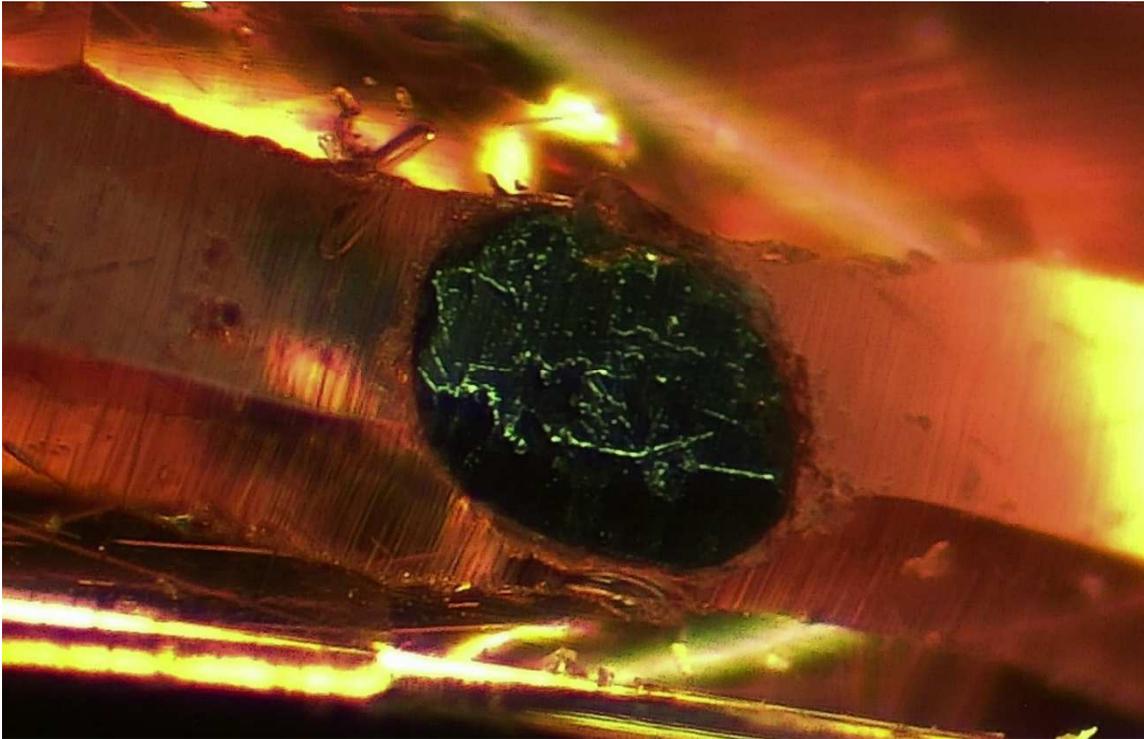


Image 10 inclusion métallique. Photo B Tridon

Forte absorption dans l'orange et le vert avec trois pics à 505, 527 et 576 caractéristiques du fer ainsi qu'une forte absorption dans le violet avec un pic à 436 propres au manganèse. De deux bandes une faible à 702 et une plus importante à 825. Une plus faible absorption est présente à 477. Almandin-spessartite.

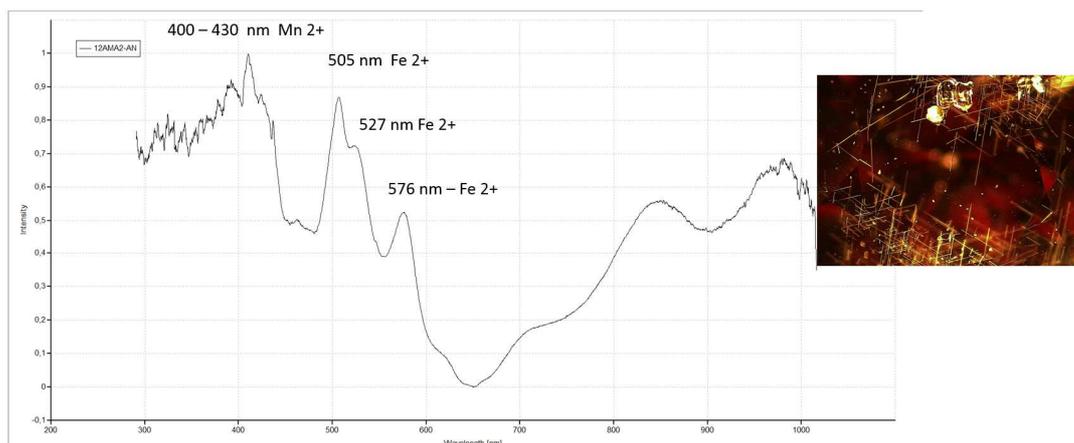


Image 11 spectre 12A MA/2

Grenats

Grenat Pyrope Spessartite - Malaya, Madagascar

12A MA/6

Poids : 2,12 ct

Dimensions : 8,25 x 7,30 x 3,6 mm

Couleur : Orange brun

Pureté : Moyennement inclus

Style de taille : Émeraude

Qualité de la taille : Bonne

Fini : Bon

Polariscope : extinction anormale

IR : 1,749

Densité : 3.79

Provenance : Madagascar, la localité précise est inconnue

Observations internes : éclatement lenticulaire autour des inclu



Image 12 échantillon 12A MA/6. Photo LGM

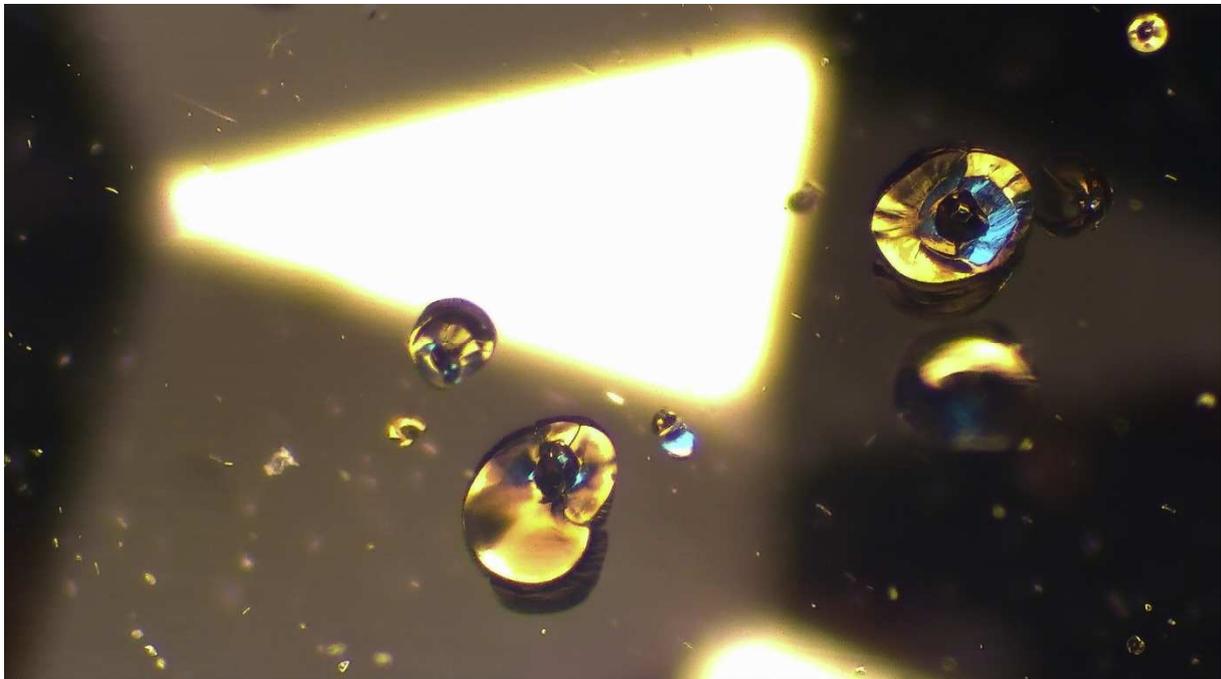


Image 13 Fissures de tensions autour des cristaux opaques. Photo LGM

Grenats

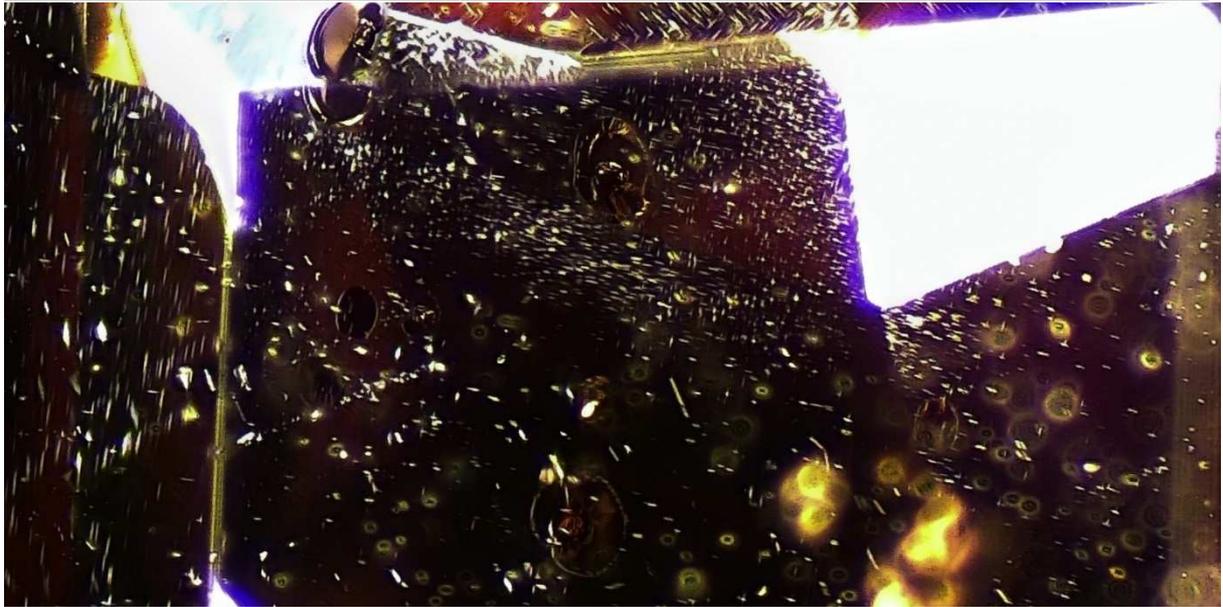


Image 14 inclusions solide nuage de petits cristaux. Photo B. Tridon

Spectre UV- VIS - PIR

Forte absorption dans l'orange et le vert avec trois pics à 505, 527 et 576 caractéristiques du fer ainsi qu'une absorption dans le bleu entre 420 et 460 propres au manganèse. Deux bandes plus faibles à 720 et 826. Pyrope – spessartite.

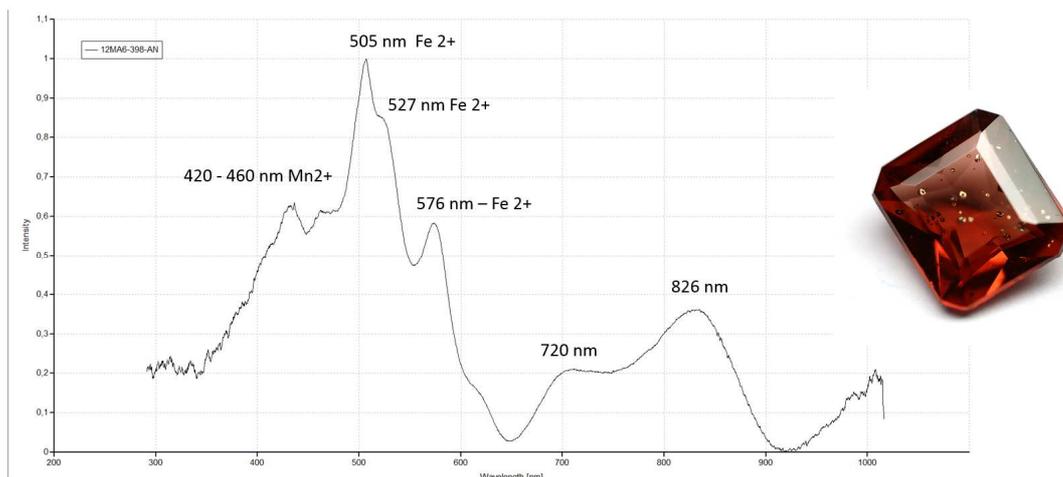


Image 15 spectre 12A MA/6

Grenats

Grenat Almandin, Madagascar

12A MA/9 (1267 BNE)

Poids : 2,09 ct

Dimensions : 7,32 x 5,20 mm

Couleur : Rouge foncé

Pureté : Fortement inclus

Style de taille : Rond mixte

Qualité de la taille : Bonne

Fini : Bon

Polariscope : ne rétablis

IR : Lecture négative

Densité : 3.95

Provenance : Madagascar, la localité précise est inconnue

Observations internes : Inclusion de rutile.



*Image 16 échantillon 12A MA/9.
Photo B. Tridon*



Image 17 Aiguilles de rutile fines orientées en trois dimensions. Photo B Tridon

Grenats

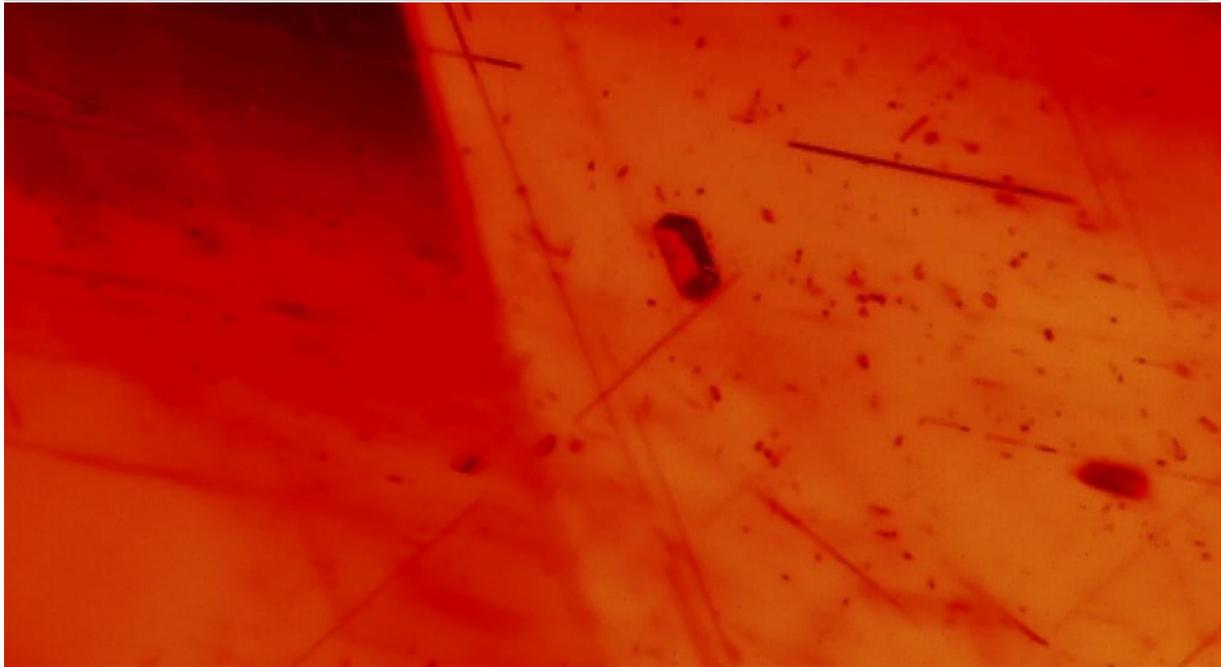


Image 18 inclusion solide, cristal positif. Photo B Tridon

Spectre UV – Vis – PIR

Forte absorption de l'orange au violet avec trois pics à 516, 546 et 570 caractéristiques du fer dans l'almandin mais légèrement décalé dû à l'épaisseur de l'échantillon. Un autre pic à 436 propre au manganèse. Deux bandes plus faibles à 702 et 850. Grenat almandin.

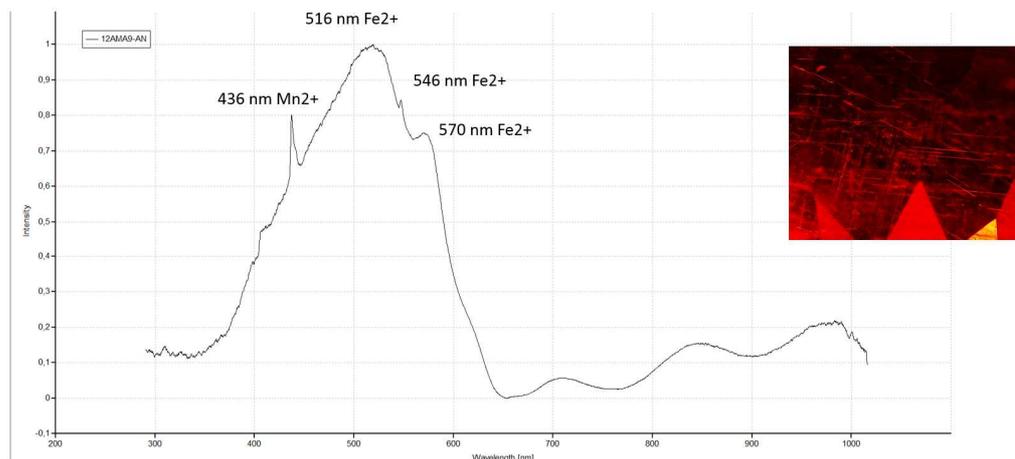


Image 19 spectre 12A MA/9

Grenats

Grenat Grossulaire, Sri Lanka

12G4

Poids : 1,41 ct

Dimensions : 8,9 x 6,12 x 3,88 mm

Couleur : Orange brun

Pureté : Moyennement inclus

Style de taille : Ovale mixte

Qualité de la taille : Bonne

Fini : Bon

Polariscope : extinction anormale

IR : 1,743

Densité : 3.62

Provenance : Sri Lanka ou Inde

Observations internes : inclusions fibreuses



Image 20 échantillon 12G4. Photo LGM



Image 21 Inclusions fibreuses abondante et orienté dans le grenat grossulaire. Photo B Tridon

Grenats

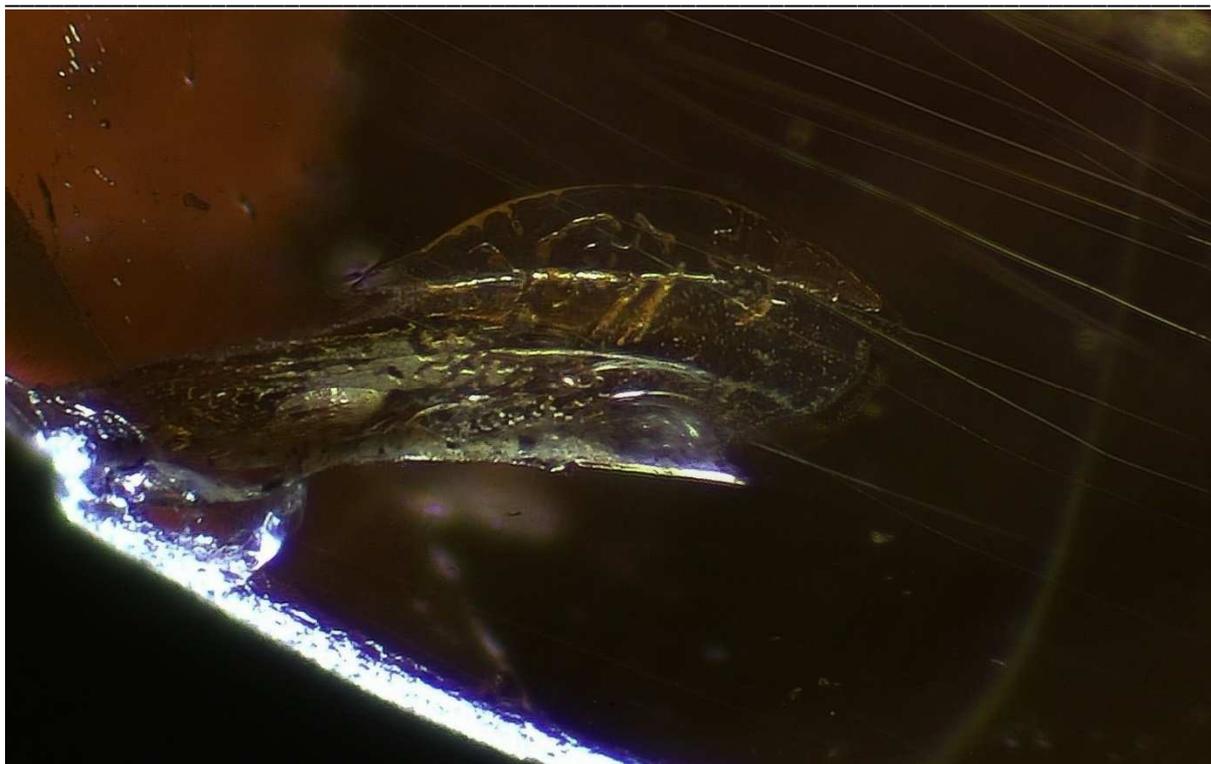


Image 22 givre de guérison à l'aspect d'aile de libellule. Photo B. Tridon

Spectre UV-Vis-PIR

Forte absorption du rouge au violet centrée à 465 avec un pic à 435 caractéristiques du fer ainsi qu'une bande à 820.

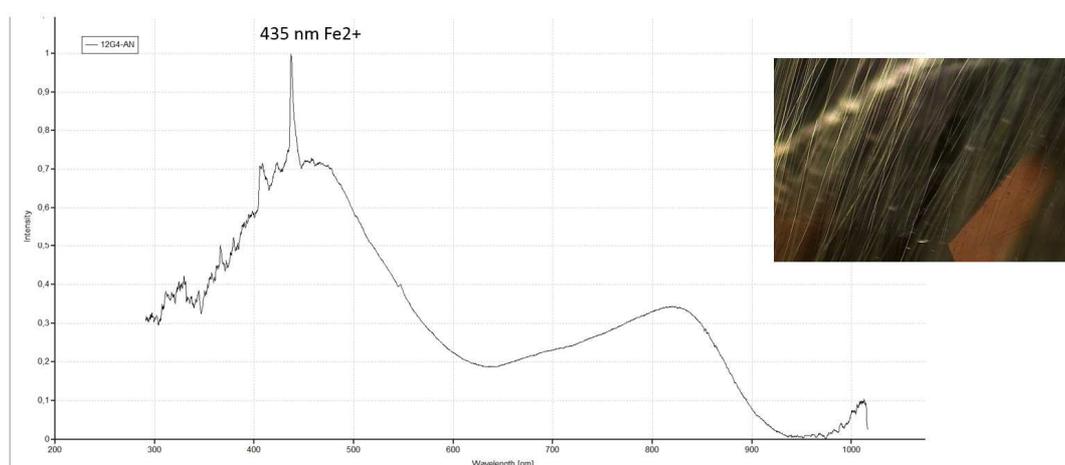


Image 23 spectre 12G4

Grenats

Grenat Grossulaire, variété Hessonite, Madagascar

1050 BNE

Poids : 3,93 ct

Dimensions : 12,98 x 8,89 x 5,51 mm

Couleur : Orange – brunâtre

Pureté : Fortement inclus, translucide, non homogène

Style de taille : Poire mixte

Qualité de la taille : Bonne

Fini : Bon

Polariscope : ne rétablis pas

IR : 1,759

Densité : 3.63

Identité : Grossulaire variété Hessonite

Observations internes

Fortement inclus



Image 24 échantillon 1050 BNE. Photo : LGM



Image 25 inclusions solide à l'aspect déchiqueté / structure d'apparence sirupeuse causée par le caractère polycristallin du grossulaire hessonite. Photo B. Tridon

Grenats

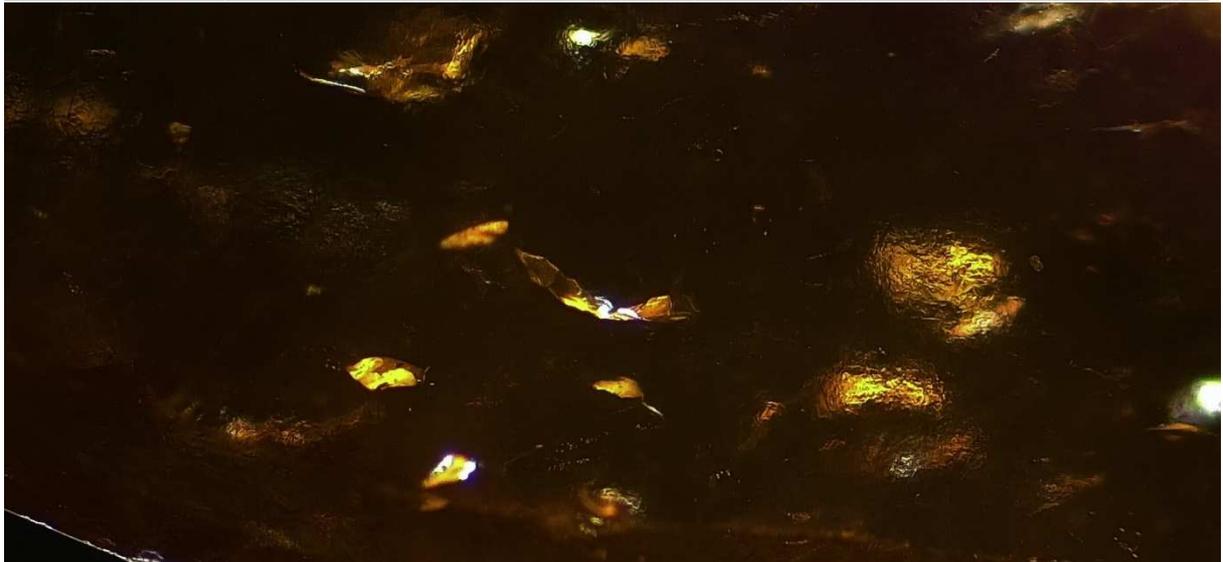


Image 26 inclusions solide à l'aspect déchiqueté / structure d'apparence sirupeuse causée par le caractère polycristallin du grossulaire hessonite. Photo B. Tridon

Spectre UV-VIS-PIR

Forte absorption du rouge au violet centrée à 465 avec un pic à 437 caractéristiques du fer ainsi qu'une bande à 820.

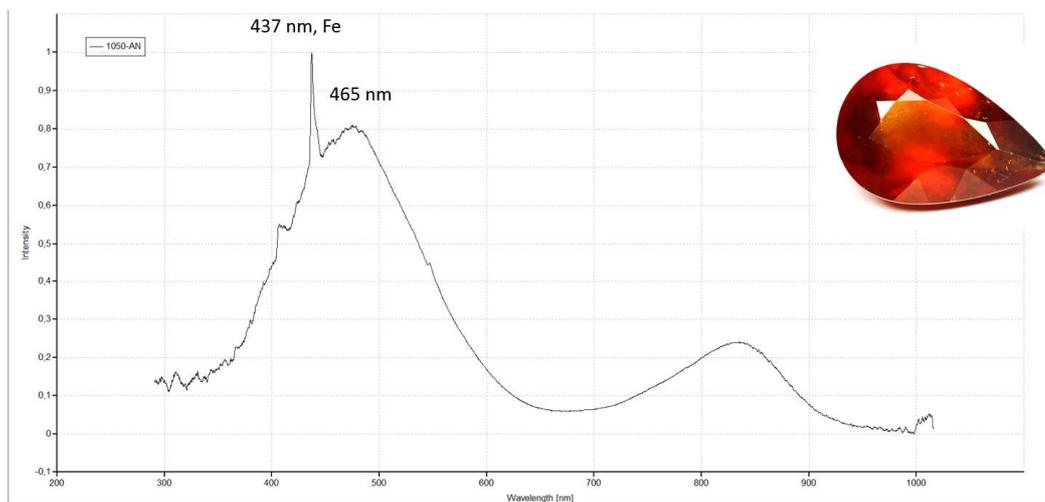


Image 27 spectre 1050 BNE

Grenats

Grenat grossulaire, variété Hessonite

GH – TB

Poids : 1,55 ct

Dimensions : 7,62 x 5,98 x 3,92 mm

Couleur : Brun orangé

Pureté : Moyennement inclus

Style de taille : Taille émeraude

Qualité de la taille : Bonne

Fini : Bon

Polariscope : ne rétablis pas

IR : 1,760

Densité : 3.48

Identité : Grossulaire variété Hessonite

Observations internes

Moyennement inclus

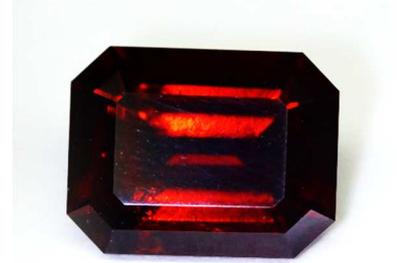


Image 28 échantillon GH – TB. Photo LGM



Image 29 cristal déformé à l'aspect déchiqueté / structure d'apparence sirupeuse causée par le caractère polycristallin du grossulaire hessonite. Photo B. Tridon

Grenats

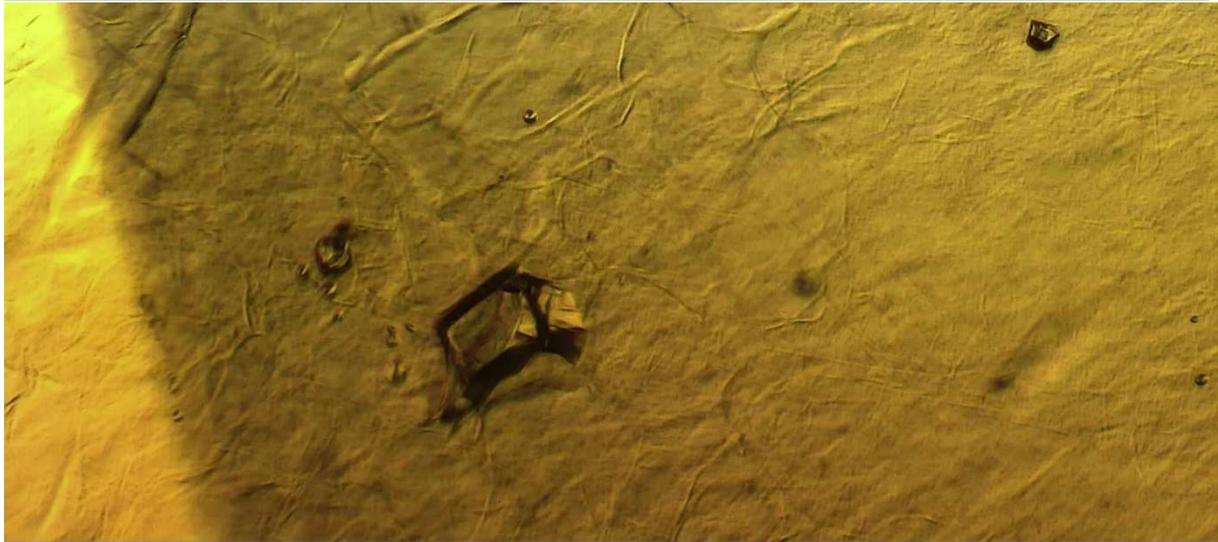


Image 30 inclusion solide déformé / structure sirupeuse causé par le caractère polycristallin du grossulaire hessonite. Photo B. Tridon

Spectre UV-VIS-PIR

Forte absorption de l'orange au violet centrée à 450 avec deux pics à 405 et 435 caractéristiques du fer.

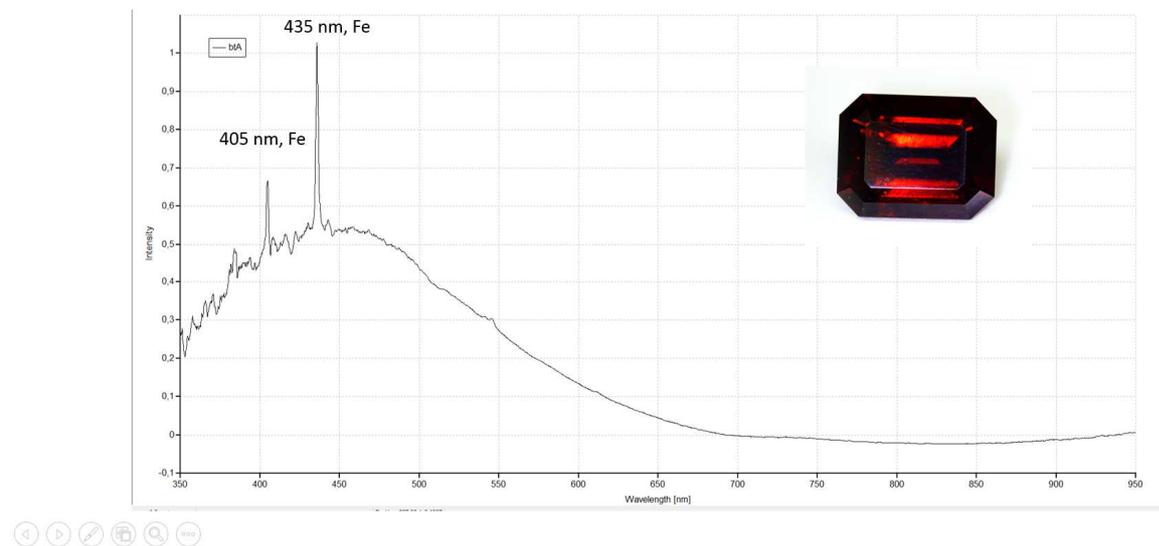


Image 31 spectre GH - TB

Grenats

Grenat démantôïde, Madagascar

363 LGM

Poids : 0,86 ct

Dimensions : 5,9 x 4,92 x 3,65 mm

Couleur : Vert jaunâtre

Pureté : Moyennement inclus

Style de taille : Coussin

Qualité de la taille : Moyenne

Finit : Bon

Polariscope : extinction anormale

IR : lecture négative

Densité : 3.85

Observations internes

Moyennement inclus



Image 32 échantillon 363 LGM. Photo LGM

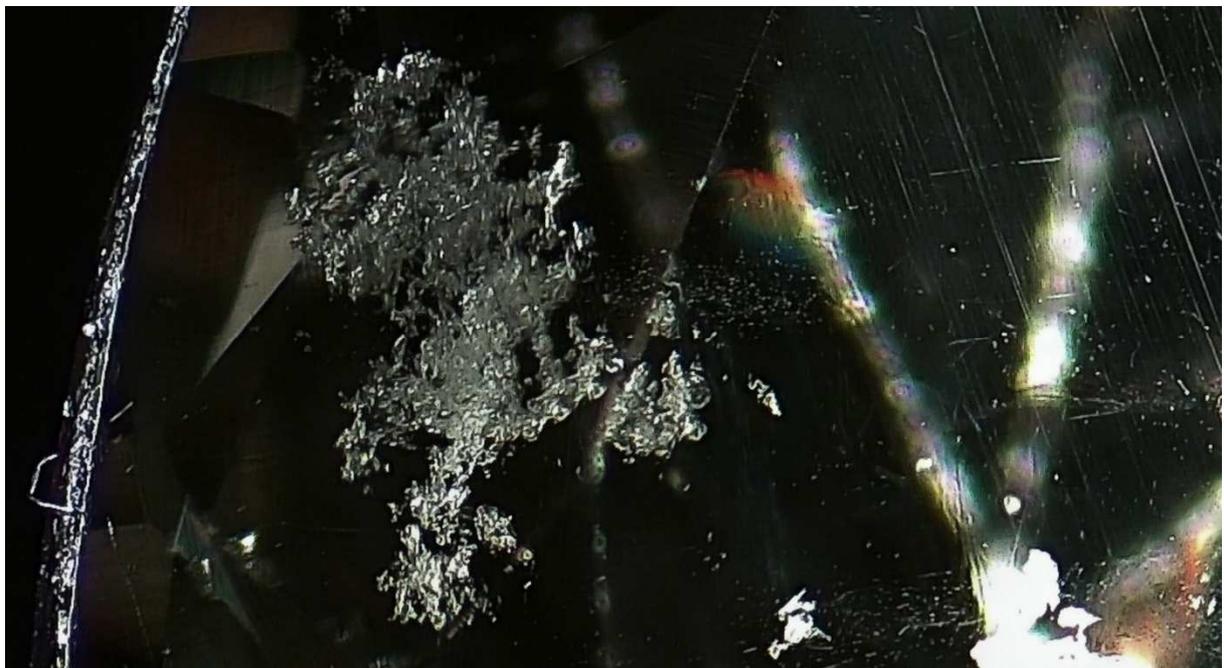


Image 33 inclusion solide blanche et opaque à l'aspect de givre. Photo B Tridon

Grenats



Image 34 Photo B Tridon

Spectre UV-VIS-PIR

Forte absorption du violet avec deux pics à 415 et 441 caractéristiques du fer ainsi qu'une bande à 820.

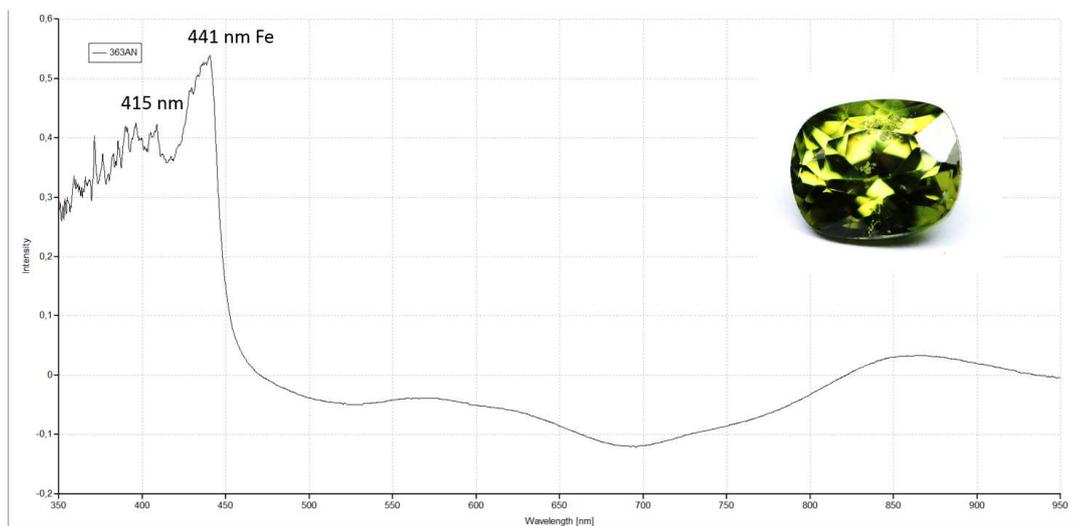


Image 35 spectre 363 LGM

Grenats

Résultats et Discussion

Les résultats de cette étude sont factuels et repose uniquement sur l'étude de ce lot.

On peut trouver à Madagascar les variétés de grenat suivante : almandin, almandin-spessartite, pyrope-spessartite, grossulaire-hessonite, demantoïde.

Comparaison des échantillons 12A MA/ 1 et 12A MA/2

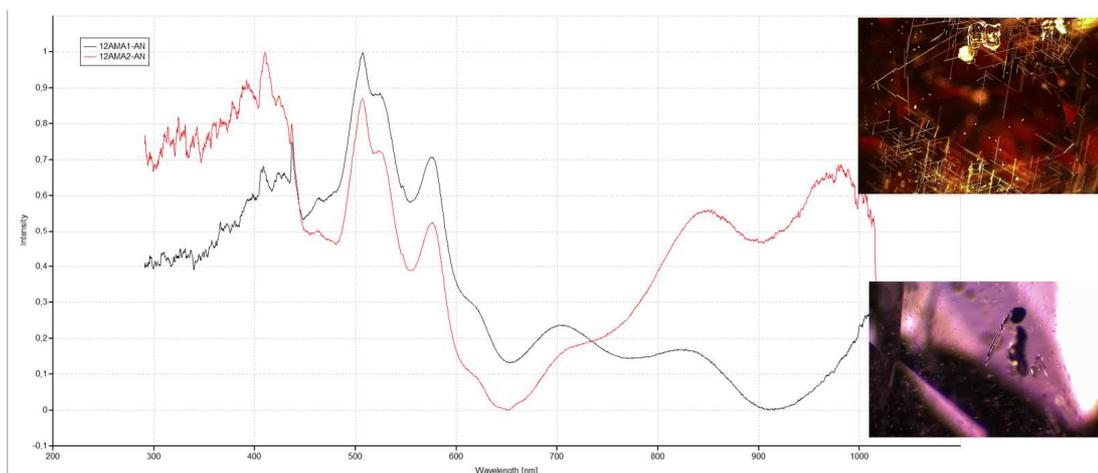


Image 36 comparaison UV/Vis/PIR des échantillons 12A MA/ 1 et 12A MA/2

Si les deux échantillons présentent un spectre similaire celui du Fe^{2+} propre à L'almandin et du Mn^{2+} propres au spessartite, les examens gemmologiques classique permettent de les différencier.

Echantillons	Densité	Indice de refraction
12A MA/1	4.04	Lecture negative
12A MA/2	3.92	1.764

Image 37 tableau de comparaison des échantillons 12A MA/ 1 et 12A MA/2

L'échantillon 12A MA/2 pyrope contient une partie d'almandin et de spessartite, le fer et le manganèse de par leur masse molaire plus importante que celle du magnésium fait augmenter la densité, l'indice de réfraction et change la couleur du pyrope.

Grenats

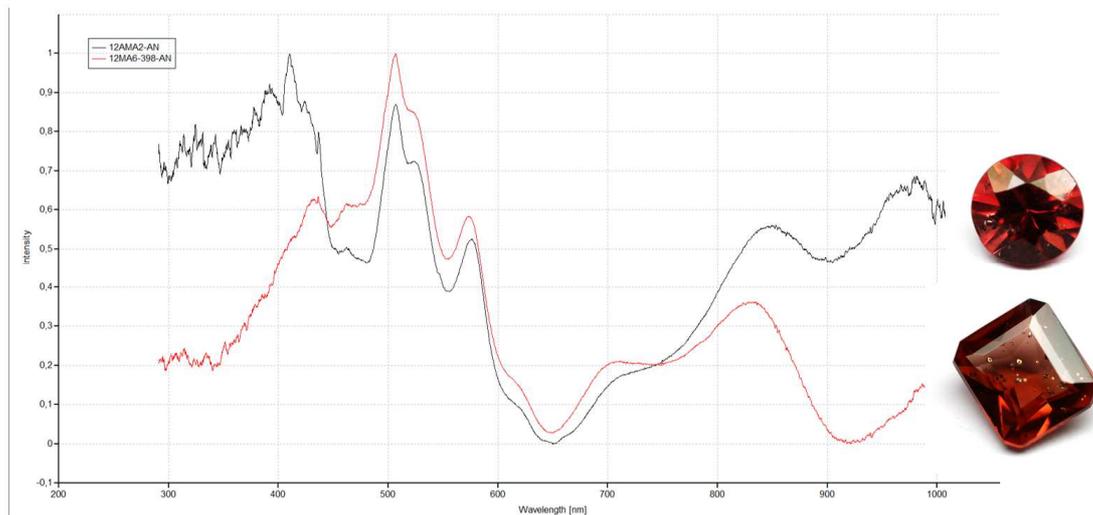
12A MA/2 et 12A MA/6 sont deux pyrope-spessartite.

Le spectre, 12A MA/2 montre une absorption à 826nm plus importante celle dans le violet correspondant au manganèse est plus importante et décalé, par rapport à 12A MA/6. Ce qui explique en partie la différence de couleur.

Les autres données gemmologique IR et densité sont semblables.

Les inclusions quand elles sont très différentes.

12A MA/2 présente des aiguilles de rutile courtes orientés en trois dimensions des cristaux arrondis ainsi que des inclusions métalliques alors que 12A MA/6 montre des cristaux foncés avec halo de tension.



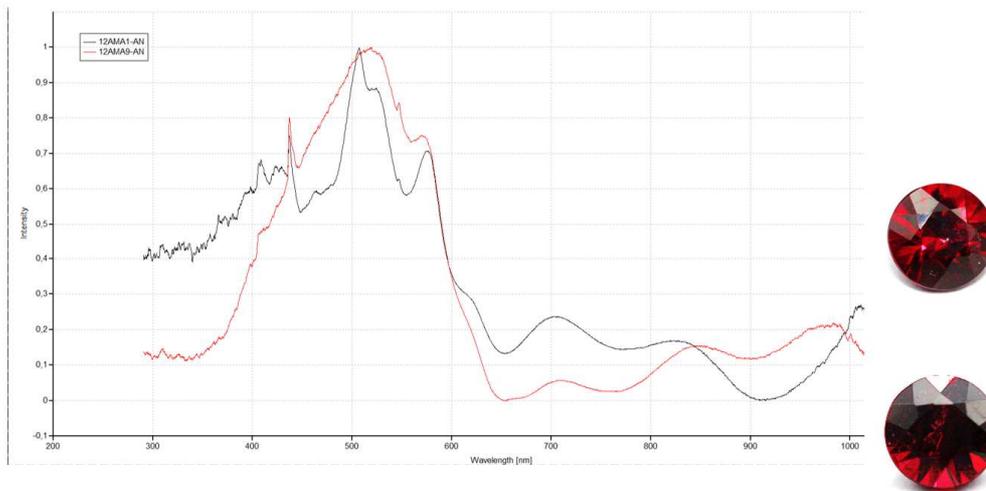
12A MA/1 et 12A MA/9 sont des almandins, avec un peu de spessartite pour 12A MA/1.

Les spectres montrent une absorption similaire entre 700nm et 900nm toutefois 12A MA/9 montre une absorption quasi complète entre 550nm et 400nm.

L'indice de réfraction est hors champs mais la densité est proche.

Les inclusions sont très différentes 12A MA/1 présente des inclusions deux phases et des inclusions métalliques alors que 12A MA/9 montre de fines aiguilles de rutile orientés en trois dimensions et de petits cristaux clairs bien formé.

Grenats

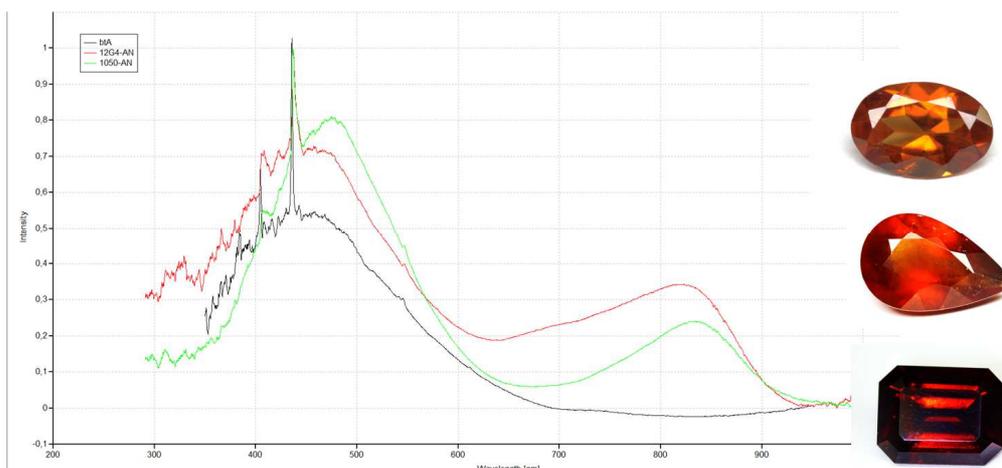


12G4, 1050BNE et GH -TB sont des grossulaires

Les spectres sont 12G4 et 1050BNE quasi identiques même si leur provenance est différente. GH -TB est d'origine inconnue toutefois on peut remarquer l'absence d'absorption entre 600nm et 900nm et des pics très importants à 435nm et 405nm.

12G4 et 1050BNE ont la même densité alors que 1050BNE et GH – BT ont le même indice de réfraction.

12G4 est peu inclus et montre de longues inclusions fibreuses fine et légèrement ondulante. 1050BNE et GH – BT montre une structure sirupeuse propre aux hessonites et des inclusions à l'aspect déchiqueté.



Grenats

Discussion

En comparant les grenats 12A MA/1, 12A MA/2, 12A MA/6 et 12A MA/9 qui sont des pyralspites, deux absorptions plutôt larges avec plus ou moins d'amplitude sont présentes vers 700nm et 825nm.

Dans les grenats 12G4, 1050BNE, GH – TB et 363LGM qui sont des ugrandites, une absorption large vers 825nm est toujours présente.

Spectroscopie UV-VIS-PIR en combinant avec les propriétés physiques a donnée plus de précision en identification des séries isomorphes des grenats. C'est une méthode simple et efficace à utiliser. Observation des inclusions en détail avec un microscope et caméra intégrée donne une bonne connaissance des variétés différentes de grenat et meilleure compréhension du sujet.

Le but de ce projet a été de montrer que les instruments de base de gemmologie ne sont pas toujours suffisants dans le travail quotidien de gemmologue. Les méthodes avancées, dans notre cas un simple spectromètre UV-VIS-PIR nous donnent meilleure compréhension du sujet étudié.

Lors de la rédaction de ce travail, plusieurs choses ont posé problèmes.

Les photos prises ne restituent pas de manière fidèle les couleurs. Ceci est certainement dû à la lumière ainsi qu'aux capteur CMOS de la caméra et de l'appareil photo. La solution serait peut-être de grader la couleur à l'aide d'un référentiel comme « World of Colour », « Color Codex™ » basé sur le système Munsell ou encore mesurer les coordonnées chromatiques.

La description d'un spectre est une chose mais pouvoir dire de façon précise et sûre ce à quoi correspondent les pics et différentes absorptions nécessite de la documentation ainsi que d'autres données liées à la chimie surtout que certains éléments ont des absorptions qui peuvent se superposer. L'utilisation de l'analyse chimique permettrait de mesurer le pourcentage de chaque pôle et autres éléments pour pouvoir calculer l'indice de réfraction et ainsi, d'affiner les résultats.

Les inclusions pour celles qui ne sont pas bien formées, nécessite aussi l'emploi de la spectroscopie Raman pour pouvoir être identifier.

Conclusions

L'analyse de ce lot de gemmes est aux mieux incomplets, beaucoup de pics et bandes n'ont pût être identifier ainsi que de nombreuses inclusions, lorsque on se retrouve face à des éléments dont on ignore la nature, il faut être le plus descriptif possible. Que ce soit des spectres ou des inclusions.

Grenats

Cela peut paraître étrange d'avouer une forme d'incompétence, mais il en va de la crédibilité du gemmologue de dire qu'il ne sait pas plutôt que d'inventer.

Le travail effectué n'est qu'une petite partie de ce qu'il reste à accomplir, il faut encore pouvoir comparer à d'autres grenats dont la provenance est connue et dans le futur finir de compléter ces fiches et en corriger les erreurs.

Bibliographie

- « minéraux, collection de documents d'histoire naturelle » de C Caspari
- pierres précieuses « guide pratique d'identification » édition publibook université de Jean-Claude Bouillard
- « new tables of gemstone identification » de Roger Dedeyne, Gérald Gay et Agnès Mainguy
- « le grenat genèse d'un minéral » de Alain Abreal
- <http://minerals.gps.caltech.edu/FILES/Visible/Garnet/Index.html>