



Article www.geminterest.com :
Site Internet dédié à la gemmologie et à
l'étude des pierres.

Identification des grenats gemmes par une méthode dite « méthode limite » issue de la classification de Stockton et Manson :

J.-M. ARLABOSSE www.geminterest.com , geminterest@hotmail.com .

I Introduction:

Selon Carol M. Stockton et D. Vincent Manson, et leur système de classification des grenats gemmes proposé en 1985 dans la revue *Gems and Gemology*, les grenats gemmes peuvent être identifiés par le croisement des mesures et observations gemmologiques classiques de couleur, indice de réfraction et spectre d'absorption réalisé avec un spectroscope à prisme et échelle graduée. Ce système de classification et d'identification s'appuie sur les observations gemmologiques effectuées sur un grand nombre de grenats dont la composition précise a été déterminée par analyse chimique.

Cette méthode, malgré son vieil âge, a été appliquée avec succès sur un bon nombre de nos différents grenats.

Toutefois certaines pierres (disons les « atypiques ») ont tout de même généré quelques doutes sur leur identité car ne correspondant pas exactement aux valeurs et/ou observations décrites dans cet article.

Naturellement, c'est imposé l'idée d'effectuer les analyses chimiques de ces pierres « atypiques » afin d'essayer d'intégrer leurs caractéristiques gemmologique à ce système de classification.

Limitations pratiques associées à la méthode de classification de Stockton et Manson.

L'utilisation d'un spectroscope à prisme avec échelle graduée, n'est pas des plus répandue tant cet équipement peut être onéreux et difficile à calibrer.

L'utilisation de liquide de contact pour réfractomètre d'indice 1.810 est de plus en plus limitée car remplacée par un liquide d'indice 1.790 moins toxique (NB : L'indice de 1.790 pouvant chuter à 1.788 au cours du temps).

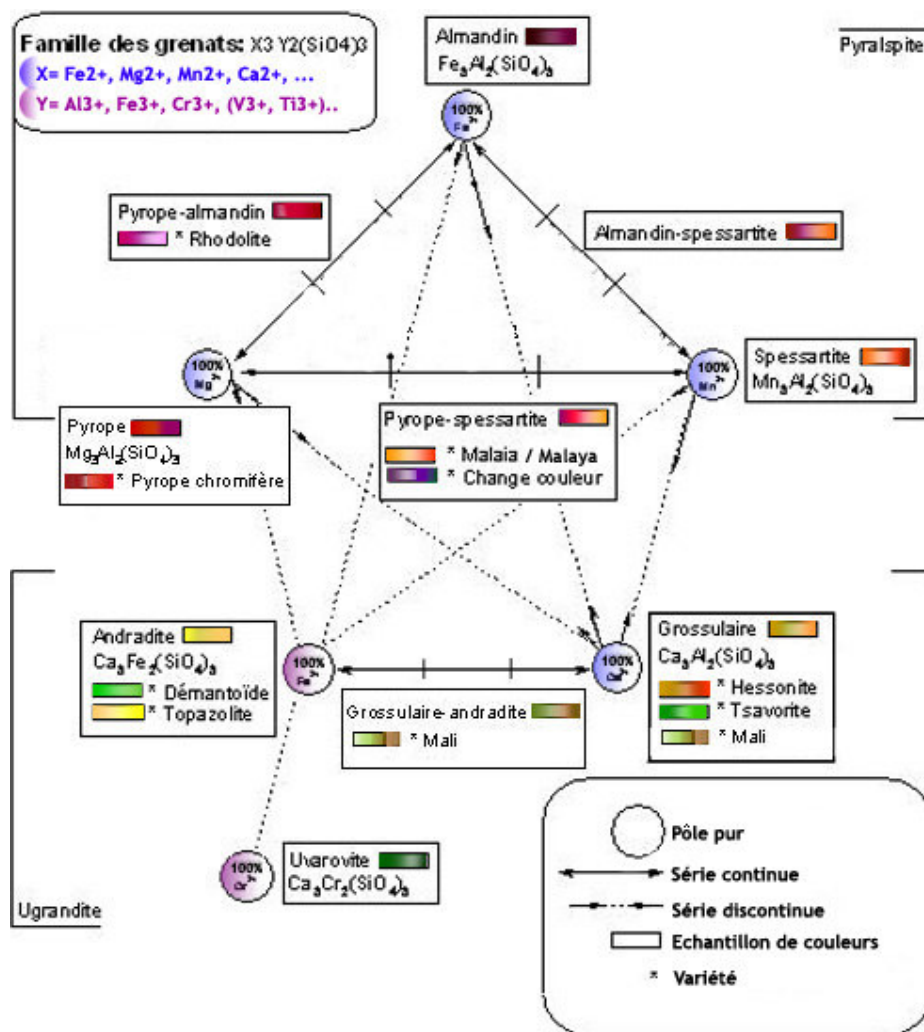
Les reflectomètres ou réfractomètres spéciaux capable de donner les indices de réfractions supérieurs à 1.810 sont également très peu répandus.

Il semble donc approprié de modeler cette méthode vers une méthode dite « méthode limite » en tenant compte d'observations qui seraient faite avec un spectroscope simple à prisme ou à réseau diffractant sans échelle graduée, et des mesures d'indices de réfractions volontairement limitées à 1.788

Du fait des ces limitations volontaires au matériel le plus accessible, les mesures de densités données dans l'article de base et dans la littérature seront reconsidérées car probablement utiles pour confirmer une identification avec cette « méthode limite ».

II Généralités sur les grenats et la classification de Stockton et Manson:

Très succinctement résumé par le schéma 1, les grenats les plus courants en gemmologie sont au nombre de cinq : Almandin, Pyrope, Spessartite, Grossulaire, Andradite. (L'uvarovite de par la rareté des cristaux gemmes de taille exploitable est représenté sur le schéma 1 à titre d'information).



(c) www.geminterest.com

Schéma 1 : Adaptation du schéma de Mackowsky (Gems, R. Webster 5th edition)

II.a Solution solide entre pôles purs:

Les différents types de grenats (pôles purs sur le schéma 1) peuvent former entre eux des mélanges souvent assimilables à des mélanges binaires (constitués de deux pôles purs).

Ainsi les mélanges du grenat Pyrope ($Mg_3Al_2(SiO_4)_3$) avec Spessartite ($Mn_3Al_2(SiO_4)_3$) ou avec Almandin ($Fe_3Al_2(SiO_4)_3$) existent dans quasiment toutes les proportions.

Il en va de même pour les séries entre Almandin et Spessartite ou entre Grossulaire ($Ca_3Al_2(SiO_4)_3$) et Andradite ($Ca_3Fe(II)_2(SiO_4)_3$).

II.b Division en membres intermédiaires :

Du fait de ces mélanges, les séries entre deux pôles purs ont été divisées en membres intermédiaires.

La classification de Stockton et Manson divise les séries comme suit :

De pyrope à almandin : pyrope-almandin

De pyrope à spessartite : pyrope-spessartite

De almandin à spessartite : almandin-spessartite

La division grossulaire-andradite n'a pas été réalisée en 1985 probablement à cause du manque d'échantillons analysés pour ce mélange à ce moment là.

Depuis, des grenats grossulaires contenant suffisamment d'andradite (notamment les grenats découverts au Mali) ont été chimiquement analysés et peuvent justifier cette division entre ces deux pôles purs.

II.c Ratio Membre intermédiaire :

Le ratio de deux pôles purs proposé par Stockton et Manson pour définir un membre intermédiaire est de 30%.

C'est-à-dire qu'un grenat constitué, par exemple, de 29% de pyrope et 71% de spessartite sera classé spessartite alors qu'un grenat représentant un mélange de 31% de pyrope et de 69% de spessartite sera classé comme pyrope-spessartite.

II.d Variétés :

Au sein de la classification proposée en 1985 sont représentées les variétés de grenats.

Ce sont des grenats appartenant, comme tous les autres, aux membres intermédiaires ou aux pôles purs précédemment définis mais dont certaines particularités leur ont valu un nom propre.

Les particularités des variétés peuvent être de couleur comme pour les grenats Grossulaires verts souvent appelés tsavorites, les Grossulaires orange dit hessonite, Les pyrope-spessartites orange à rouge rosé appelés malaya (Egalement écrit malaïa), Les pyrope-almandins rose à mauve pâle nommés rotholite, les andradites vert dit démantoides, les andradites jaune connus sous le sobriquet de topazolite, etc.

Des particularités optiques comme le changement de couleur suivant la nature de l'éclairage utilisé pour l'observation donneront des variétés dites « change couleur » comme la variété « pyrope-spessartite change couleur ».

Les variétés peuvent être données suivant des particularités de composition et/ou d'indice de réfraction comme la variété dite grandite, qui se réfère à des grossulaires contenant de l'andradite et d'indices de réfractons supérieurs à 1.760 (1.760 : Indice de réfraction maximum généralement reçu pour les grossulaires).

La variété grandite (grossulaire de Mali) s'étend donc sur grossulaire et grossulaire-andradite avec des indices de réfraction de 1.760 à « Hors des Limites du Réfractomètre (HLR) ».

Une autre particularité de compositions réside dans le taux important de chrome que l'on peut rencontrer dans certain Grenats. Un taux élevé de chrome dans un pyrope donne un spectre observable de cet élément et le nom de variété qui en dérive : Pyrope chromifère (ang : Chrome pyrope).

La variété umbalite correspond à une composition ternaire entre pyrope-spessartite-grossulaire. Ce mélange ternaire peut être ramené au binaire pyrope-spessartite par analogies des indices de réfraction des densités et des spectres.

La variété spessardine pour le membre intermédiaire Almandin-spessartite, bien que trop générale peut être associée aux spectres observables dans ces pierres (spectres faisant intervenir les bandes des composantes almandin et spessartite nettement visibles).

Il existe bien d'autres noms plus ou moins recevables pour décrire certains grenats : comme par exemple mandarin pour les grenats spessartites, malaya royal, pyraldin, grape, Lychee, etc.

II.e Terminologie:

Compte tenu des nombreuses confusions pouvant émaner des noms de variétés et/ou noms commerciaux, ces derniers seront placés entre parenthèses quand ils seront cités.

Les noms des grenats seront ramenés autant que possible à leurs noms de pôles purs ou de membres intermédiaires suivis, si nécessaire, de la couleur.

III Analyse de grenats :

Après l'analyse gemmologique classique de vingt grenats de tous types suivant la méthode originale, un lot de quatorze échantillons a été sélectionné pour recevoir une analyse chimique quantitative par la méthode dite « MEB » c'est-à-dire un dosage des éléments constitutifs par un microscope électronique à balayage équipé d'un détecteur à dispersion d'énergie (MEB : JEOL-5800LV, Détecteur :PGT (Princeton Gamma Tech) IMIX-PTS, IMN, Univ. Nantes).

De ce lot de quatorze individus seront plus particulièrement dégagés:

-Un groupe de quatre grenats (ech1 à ech4) ayant des caractéristiques gemmologiques sortant du cadre de l'article de Stockton et Manson que l'on nommera « pierres atypiques » et dont les données serviront à mettre à jour la classification de 1985.

-Un groupe de dix pierres (ech5 à ech14) que l'on nommera « pierres de données » représentant la plupart des pôles purs et intermédiaires (et variétés) qui serviront à vérifier l'efficacité de la « méthode limite » proposée ici tout en lui apportant des données supplémentaires.

Le lot de six pierres restantes (ech15 à ech20) que l'on nommera « pierres d'usage » servira d'exemple à l'utilisation de la « méthode limite ».

III.a Lot de « Pierres atypiques » : (suivant la classification de Stockton et Manson(1985)) :





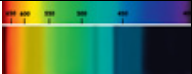
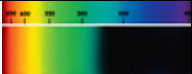
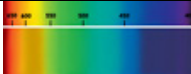
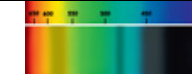
Echantillon n° :	ech1	ech2	ech3	ech4
Photo :				
Couleur :	Très léger effet de changement de nuances entre lumière à incandescence et lumière du jour	Marron à brun foncé	Vert émeraude	Vert bleuté (nuances de pourpre). Léger effet change couleur entre lumière à incandescence et lumière du jour
Poids :	1.48 ct	4.49 ct	1.58 ct	0.57 ct
Indice de réfraction :	HLR (>1.778)	1.775	1.746	1.777
Densité :	4.15	3.68	3.63	3.80
Spectre :				
Vraisemblablement :	spessartite	grossulaire	grossulaire	pyrope-spessartite
Ecart avec la classification originale:	Spessartite avec lignes visibles dans la fin du rouge non référencé. Couleur Brun rouge à Brun rosé non référencée	Indice de réfraction non référencé pour un éventuel grossulaire	Spectre avec absorption du violet / bleu foncé et bande dans le jaune non décrit pour grossulaire vert (Tsavorite)	Couleur verte non référencée pour pyrope-spessartite

Tableau I : Caractéristiques gemmologiques des quatre « pierres atypiques »

III.b Résultat « MEB » (ech1 à 4) : Validation des données pour les « pierres atypiques».

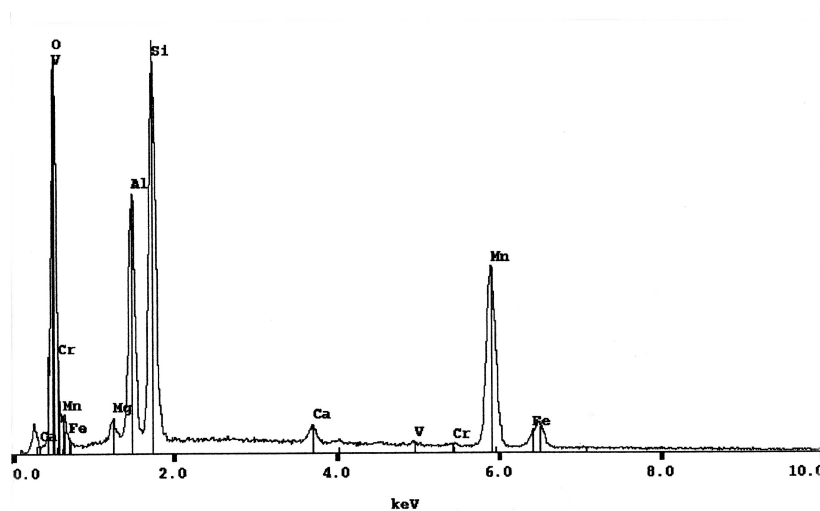


Fig 1 : Représentation d'un spectre obtenu avec un Microscope Électronique à Balayage (« MEB ») ici sur ech1.

L'interprétation des valeurs associées aux spectres est réalisée en deux temps :

- 1) Détermination approximative de la formule brute.
Cette formule brute permet la détermination de l'espèce du grenat.
Par exemple déterminer si un grenat contenant du fer est plutôt un almandin ou un andradite.
- 2) Détermination du pourcentage des différents pôles purs présent dans la pierre.
Ce calcul, la aussi approximatif, permet de donner l'état global du mélange afin de déterminer à quel pôle pur ou membre intermédiaire l'associer.

1) Résultats et calculs pour la formule brute.

Data	Elément	% atomique	Stœchiométrie calculée: (Arrondi de ((S/8)*% atomique))	% en oxyde
ech1	Si	14.68	3	35.47
	Al	9.79	2	20.07
	Mg	1.06	0.2	1.72
	Ca	0.58		1.32
	Fe	0.70		2.03
	Cr	0.11	Chrome notable	0.34
	V	0.14	Vanadium notable	0.41
	Mn	13.09	-2.8	37.36
	O	59.84	/	0.00
Calc	8 Cations et Oxygène	S = 38.62 S/8 = 4.83 (S = somme des % atomique des cations majoritaires)	(Mn _{2.8} , Mg _{0.2}) Al ₂ Si ₃ O ₁₂ => spessartite + très peu pyrope + traces notables de chrome et de vanadium	Voir tableau III

Data	Elément	% atomique	Stœchiométrie calculée: (Arrondi de % atomique / (S/8))	% en oxyde
ech2	Si	15.04	3	38.03
	Al	7.36	1.5	15.80
	Mg	0.23		0.40
	Ca	14.74	3	34.78
	Fe	3.20	0.5	9.67
	Cr	0.01		0.04
	V	0.01		0.03
	Mn	0.03		0.08
	O	59.36	/	0.00
Calc	8 Cations et Oxygène	S = 40.34 S/8 = 5.04 (S = somme des % atomique des cations majoritaires)	Ca ₃ (Al _{1.5} , Fe _{0.5}) Si ₃ O ₁₂ => grossulaire + andradite	Voir tableau III

Data	Elément	% atomique	Stœchiométrie calculée: (Arrondi de % atomique / (S/8))	% en oxyde
ech3	Si	14.83	3	37.33
	Al	9.10	1.8	19.44
	Mg	0.27		0.45
	Ca	14.78	3	34.73
	Fe	0.00		0.00
	Cr	0.05		0.16
	V	0.77	0.2	2.41
	Mn	0.30		0.90
	O	59.90	/	0.00
Calc	8 Cations et Oxygène	S = 39.48 S/8 = 4.94 (S = somme des % atomique des cations majoritaires)	Ca ₃ (Al _{1.8} , V _{0.2}) Si ₃ O ₁₂ => Grossulaire très riche en Vanadium	Voir tableau III

Data	Elément	% atomique	Stœchiométrie calculée: (Arrondi de % atomique / (S/8))	% en oxyde
ech4	Si	14.80	3	39.36
	Al	9.44	2	21.31
	Mg	4.17	0.9	7.45
	Ca	2.51	0.5	6.23
	Fe	0.93		2.95
	Cr	0.09		0.31
	V	0.66	Vanadium notable	2.18
	Mn	7.44	1.6	23.37
	O	59.95	/	0.00
Calc	8 Cations et Oxygène	S = 38.36 S/8 = 4.80 (S = somme des % atomique des cations majoritaires)	(Mn _{1.6} , Mg _{0.9} , Ca _{0.5}) Al ₂ Si ₃ O ₁₂ => spessartite e tpyrope + trace grossulaire + trace notable de vanadium	Voir tableau III

Tableau II : Résultats bruts de l'analyse chimique quantitative « MEB » et déterminations des formules brutes.

2) Résultats et calculs pour le type de grenat.

ech	Pôles purs pouvant contenir l'oxyde	Type d'oxyde	%Oxyde	M oxyde (g/mol)	n oxyde (mol) (= % oxyde / M oxyde)	% pôle pur (= (100/Sn)* n oxyde)	Identification pour la classification :
ech1	Pyrope	MgO	1.72	40.3	0.04	6.45%	Spessartite largement majoritaire
	Grossulaire	CaO	1.32	56.1	0.02	3.23%	
	Almandin	FeO	2.03	71.9	0.03	4.85%	
	Spessartite	MnO	37.36	70.9	0.53	85.0%	
	$(Mn_{2.8}, Mg_{0.2}) Al_2 Si_3 O_{12} + Cr + V.$					Sn=0.62	spessartite (avec chrome et vanadium)
ech2	Pyrope	MgO	0.40	40.3	0.01	1.32%	Grossulaire majoritaire (NB : quantité appréciable d'Andradite pouvant justifier l'appellation « Mali »)
	Grossulaire	CaO	34.78	56.1	0.62	81.6%	
	Andradite	FeO	9.67	71.9	0.13	17.1%	
	Spessartite	MnO	0.08	70.9	0	0%	
	$Ca_3 (Al_{1.5}, Fe_{0.5}) Si_3 O_{12}$					Sn=0.76	grossulaire (variété dite « Mali »)
ech3	Pyrope	MgO	0.45	40.3	0.01	1.5%	Grossulaire largement majoritaire
	Grossulaire	CaO	34.75	56.1	0.62	97%	
	Andradite	FeO	0.00	71.9	0	0%	
	Spessartite	MnO	0.90	70.9	0.01	1.5%	
	$Ca_3 (Al_{1.8}, V_{0.2}) Si_3 O_{12}$					Sn=0.64	grossulaire (très riche en Vanadium)
ech4	Pyrope	MgO	7.45	40.3	0.18	27.3%	Répartition de %Grossulaire et %Almandin sur les % des deux membres majoritaires que sont Spessartite et Pyrope
	Grossulaire	CaO	6.23	56.1	0.11	16.7%	
	Almandin	FeO	2.95	71.9	0.04	6.0%	
	Spessartite	MnO	23.37	70.9	0.33	50.0%	
	$(Mn_{1.6}, Mg_{0.9}, Ca_{0.5}) Al_2 Si_3 O_{12} + V$					Sn=0.66	pyrope-spessartite (riche en Vanadium)

Tableau III : Conversion en pourcentage de pôles purs des échantillons Ech1 à Ech4 analysés au « MEB ».

Conclusions quant aux « pierres atypiques »:

- ech1 : Le spectre de cette pierre sera pris en compte pour l'identification des spessartites dans la « méthode limite ».
La couleur rouge-brun à brun-rosé et le léger effet de changement de nuance, seront également à considérer pour la création du nuancier utilisable pour l'identification des spessartites.
- ech2 : Cette pierre nous indique que la plage d'indice de réfraction des Grossulaires doit être étendue jusqu'à celle des grossulaire-andradites dont la plage des indices de réfractons s'étendrai suivant la littérature (Naming gem garnets, W. Wm. Hanneman, 2000) de 1.785 aux indices proches de ceux d'andradite)
- ech3 : Le spectre de cet échantillon de grossulaire vert (tsavorite) très foncé, devra être pris en compte.
- ech4 : Les nuances vertes devront être ajoutées au nuancier pour le membre intermédiaire pyrope-spessartite.

IV Méthode limite :

Couleur :

L'appréciation de la couleur peut se faire sous n'importe quelle lumière, les éventuels effets « change couleur » ont été pris en compte dans les nuanciers. Toutefois l'observation de la couleur à la lumière du jour reste l'observation par défaut.

Indice de réfraction :

Pris avec un réfractomètre à prisme classique éclairé par une lumière jaune (monochromatique ou petite plage de longueurs d'ondes autour de la Raie D du sodium) et avec un liquide de contact à « 1.790 » facilement trouvable sur le marché.

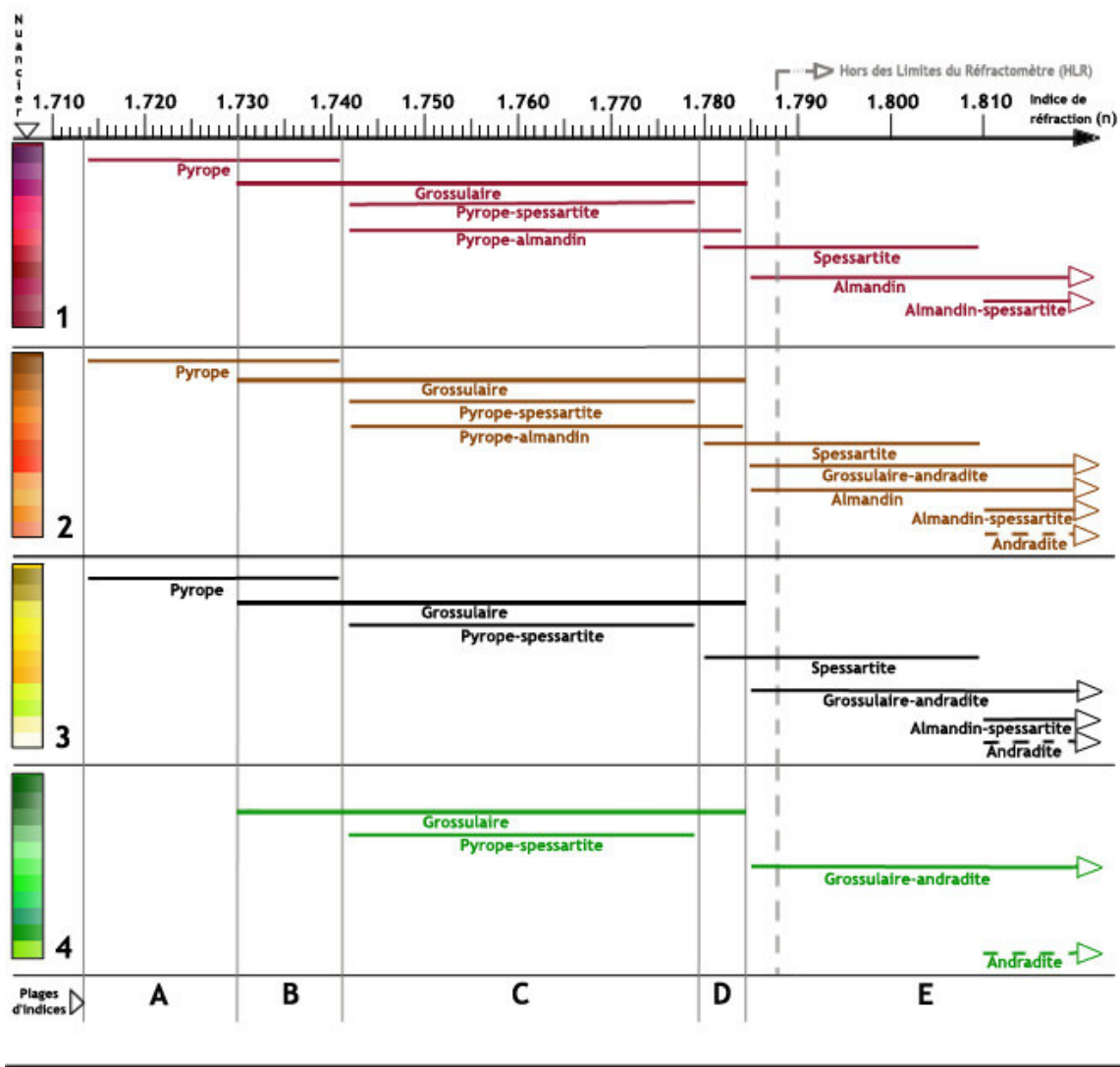
Densité :

Le poids spécifique (densité) est pris avec une balance à carat adaptée pour la pesée hydrostatique et déterminé suivant le calcul (Masse dans l'air / (Masse dans l'air - Masse dans l'eau)).

NB : Cette méthode peut parfois générer des erreurs de mesures sur les petites pierres (< 1ct).

La mesure de densité ne s'appliquera donc que dans les cas où elle peut être diagnostique même après avoir admis d'éventuelles erreurs de mesures.

ABAQUE I : Nuances de couleurs des grenats gemmes et leurs plages d'indices de réfractons.



ABAQUE II : Densités des grenats gemmes.

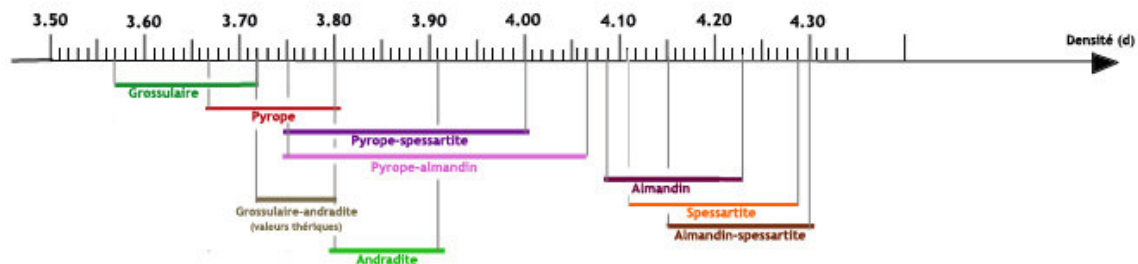


Schéma 2 : Abaque I des indices de réfractons en fonction de nuanciers et abaque II des densités

Spectres :

Le positionnement des lignes/bandes est décrit suivant les zones de couleurs (voir schéma 3) en allant du violet vers le rouge.

De cette façon une correspondance simple pourra être faite quelque soit le type de spectroscopie utilisé (réseau, prisme, avec ou sans échelle graduée).

Les images de spectres présentées seront celles d'un spectroscopie à prisme avec un repérage approximatif des longueurs d'ondes de 50 en 50 nm.

ABAQUE III: Positionnement des couleurs spectrales et des longueurs d'ondes approximatives

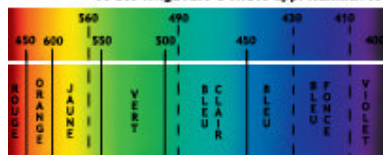
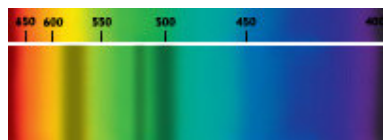


Schéma 3 : Abaque III du positionnement des zones de couleurs spectrales et de leurs longueurs d'ondes approximatives.

Observations relatives aux spectres:

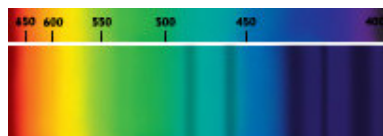
Les bandes observées dans les grenats viennent de composantes que l'on retrouvera dans beaucoup de spectres de façon plus ou moins mélangées.



La Composante almandin (Fer II constitutif):
Principalement composée de trois bandes:

- 1) Bande nette entre le bleu clair et le vert (~500 nm)
- 2) Bande plus fine dans le vert (~520 nm)
- 3) Bande nette dans le jaune (~575 nm).

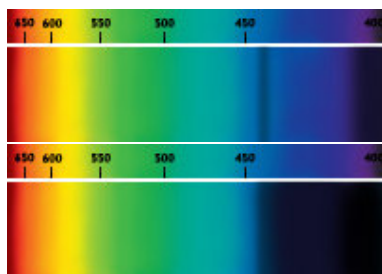
NB : Parfois les bandes 1) et 2) peuvent se rejoindre et ne former qu'une large bande.



La Composante spessartite (Manganèse II constitutif):
Principalement composée de 5 bandes:

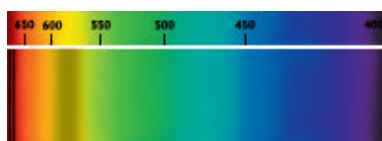
- 1) Bande recouvrant le violet (410 nm)
- 2) Bande au début du bleu foncé (~420 nm)
- 3) Bande entre le bleu foncé et le bleu (~430 nm)
- 4) Bande au début du bleu clair (~460 nm)
- 5) Bande à la fin du bleu clair juste avant le vert (~480 nm)

NB : Les bandes 1), 2) et 3) sont souvent réunies pour ne former qu'un « cutoff » juste avant le bleu (~430 nm). Les bandes en début et en fin de bleu clair ne sont pas toujours visibles.



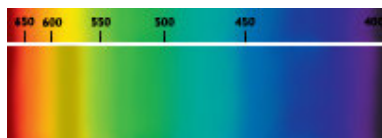
La Composante andradite (Fer III constitutif (avec ou sans trace de Chrome III)):
Principalement composée d'une ligne et/ou d'une large absorption.

-1) Bande dans le bleu (~440 nm) ou un « cutoff » jusque dans le bleu (~440 nm).
NB : Ces absorptions sont très fréquentes dans les andradites mais les andradites jaune clair (variété Topazolite) ne montrent pas de spectre.
Cette composante andradite dans sa partie violet / bleu foncé peut être partiellement due à la composante chrome (voir ci-dessous).



La Composantes chrome (Trace Chrome III) :
Elle se distingue de façon simplifiée par un doublet et une bande.

- 1) Large bande floue dans le jaune orange (~570-600 nm)
- 2) Jeu de deux lignes fines et intenses en fin du rouge (~670 et ~680 nm)
NB : La composante chrome peut être responsable d'absorption plus ou moins forte du violet / bleu foncé.



La Composante vanadium (Trace Vanadium III) :
Elle se distingue, entre autre, par une zone d'absorption partielle.

-1) Large bande souvent floue et faible dans le jaune (~570 nm)
NB : Cette composante visible dans les grossulaires vert intense très riche en Vanadium est souvent masquée dans les pierres pouvant déjà présenter une composante almandin et/ou chrome

La Composante pyrope n'est pas observable mais la quasi-totalité des grenats pyropes montreront parties ou intégralité des composantes chrome et/ou almandin et/ou spessartite.



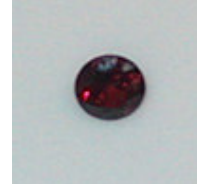
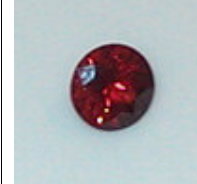

La Composante grossulaire n'est pas observable, mais dans certains cas la composante andradite ou spessartite pourront y être observées.

ABaque IV : Spectres de grenats gemmes

Nom (Plage d'indice de réfraction)	Pyrope (Plage d'indice A)	Grossulaire (Plage d'indice B,C,D)	Pyrope-spessartite (Plage d'indice C)	Pyrope-almandin (Plage d'indice C, D)
S p e c t r e s p o t e n t i e l s	 Pyrope chromifère	 Grossulaire vert très foncé (Tsavorite) riche en V	 Pyr.-spess. rosé (Malaya)	 Pyr.-alm. rose mauve (rhodolite)
	 Pyrope (limite pyrope-almandin)	 Grossulaire brun foncé (Mali riche en andradite)	 Pyr.-spess. orangé (Malaya)	 Pyr.-alm. rouge sombre (limite pyrope)
	 Pyrope incolore (rare)	 Grossulaire vert-jaune (Mali)	 Pyr.-spess. brun-bordeaux	 Pyr.-spess. change couleur pourpre / Rouge (incandesc) +Cr +V
Spe c t r e s g é n é r a u x				
Spessartite (Plage d'indice D, E)	Grossulaire-andradite (Plage d'indice E)	Almandin (Plage d'indice E)	Almandin-spessartite (Plage d'indice E)	Andradite (Plage d'indice E)
 Spess. + trace almandin	 Gross.-andra brun (Mali)	 Almandin	 Almandin-spessartite rouge orangé	 Andradite vert foncé (Démantoïde) riche en Cr
 Spess. rouge brun + Cr + V		 Rouge violacé foncé		 Andradite vert vif (Démantoïde)
 Spessartite orange vif		 Almandin rouge lie de vin		 Andradite jaune (Topazolite)
 Spess. orange rouge				

Schéma 4 : Abaque de visualisation de quelques spectres potentiels.

IV.a Lot de « pierres de données » : Résultats suivant la « méthode limite » et résultats des analyses chimiques « MEB ».

Echantillon	ech5	ech6	ech7	ech8	ech9
Photo					
Couleur	Orange pâle rosé (Nuancier 2)	Change couleur : Vert foncé lumière du jour, pourpre violet lumière électrique (Nuancier 1 ou 4)	Rouge sombre (Nuancier 1)	Orange rouge (Nuancier 1 ou 2)	Vert foncé intense (Nuancier 4)
Indice de réfraction	1.776 (zone C)	1.767 (Zone C)	1.753 (Zone C)	1.741 (Zone B limite C)	HLR (>1.788) (Zone E)
Possibilités suivant Nuancier et zone d'indice de réfraction	Nuancier 2, Zone C : Grossulaire, Pyrope-spessartite Pyrope-almandin	Nuancier 1 ou 4, Zone C : Grossulaire, Pyrope-almandin, Pyrope-spessartite	Nuancier 1, Zone C: Grossulaire, Pyrope-almandin, Pyrope-spessartite	Nuancier 1 ou 2, Zone B: Pyrope, Grossulaire	Nuancier 4, Zone E: Grossulaire- andradite, Andradite
Spectre	Trois bandes dans le violet/bleu foncé. Bande au début du bleu clair. Pas de jeu des trois bandes de l'almandin	Absorption du violet et du bleu foncé suivit d'absorption partielle du bleu jusqu'au bleu ciel. Bande faible dans le bleu clair juste avant le vert. Pas de lignes dans le vert et/ou entre vert et bleu clair	Bande dans le jaune et sur la limite de vert à bleu clair. Pas de lignes dans le bleu foncé	Large bande floue dans le jaune. Absorption partielle de bleu foncé/violet	Forte absorption du violet jusqu'au début du bleu clair. Large et faible absorption du jaune et partie du orange + deux bandes étroites dans le orange. Fines lignes en fin du rouge
Remarque	Spectre de la composante spessartite	Spectre de la composante spessartite. Pas de composante almandin	Partie de la composante almandin Pas de composante spessartite	Spectre orienté vers pyrope car absorption du jaune rencontrée que dans les grossulaires vert intense à forte teneur en vanadium.	Spectre des andradites très riche en chrome
Poids	0.62 ct	0.78 ct	0.50 ct	0.93 ct	0.24 ct
Densité	3.92	3.85	3.85	3.72	3.80 (discriminante pour andradite)
Résultat suivant la « méthode limite »	pyrope-spessartite (variété Malaya)	pyrope-spessartite (variété change couleur)	pyrope-almandin	pyrope (limite pyrope-almandin)	andradite (variété démantoidé)
Résultat MEB	42% pyrope 50% spessartite 4% grossulaire 4% almandin Pas de trace de Cr ni de V	40% pyrope 46% spessartite 8% grossulaire 6% almandin Cr, V	56% pyrope 29% almandin 15% grossulaire 0% spessartite Cr, Pas de V	65% pyrope 19% almandin 15% grossulaire 1% spessartite quasiment pas de Cr ni de V	100% andradite Cr
résultat final MEB	pyrope-Spessartite	pyrope-spessartite (V donne l'effet change couleur)	pyrope-almandin Après répartition des % grossulaire.	pyrope limite Pyrope-almandin Après répartition des % Grossulaire et % Spessartite.	andradite (La haute teneur en Cr explique la couleur verte intense et les lignes observables dans le spectre)
Note sur la couleur			Pourrait être confondu avec pyrope ou pyrope chromifère	Pourrait être confondu avec grossulaire orange (hessonite)	Pourrait être confondu avec grossulaire vert intense.






Echantillon	ech10	ech11	ech12	ech13	ech14
Photo					
Couleur	Rose orangé (Nuancier 1)	Bordeaux pourpre sombre (Nuancier 1)	Orange vif (Nuancier 2)	Brun rosé à Rosé brun : Léger effet de changement de nuances entre lumière à incandescence et lumière du jour (Nuancier 1 ou 2)	Orange (Nuancier 2)
Indice de réfraction	1.750 (Zone C)	HLR (>1.788) (Zone E)	HLR (>1.788) (Zone E)	1.769 (Zone C)	1.745 (Zone C)
Possibilités suivant nuancier et zone d'indice de réfraction	Nuancier 1, Zone C : grossulaire, pyrope-spessartite pyrope-almandin	Nuancier 1, Zone E : spessartite, almandin, almandin spessartite	Nuancier 2, Zone E: spessartite, grossulaire-ndradite, almandin, almandin-spessartite, andradite	Nuancier 1 ou 2, Zone C: grossulaire, pyrope-spessartite, pyrope-almandin	Nuancier 2, Zone C: grossulaire, pyrope-spessartite, pyrope-almandin
Spectre	Trois bandes dans le violet/bleu foncé. Bande au début du bleu clair. Pas de jeu des trois bandes de l'almandin	Trois bandes nettes et intenses dans les jaune, vert et vert limite bleu clair. Pas de bandes dans le bleu foncé / violet	Absorption du violet, absorption partielle du bleu foncé suivie d'une bande nette entre le bleu et le bleu foncé. Bande dans le bleu clair juste avant le vert. Faible ligne dans le jaune et le vert	Absorption du violet, bande nette et intense dans le bleu foncé à la limite du bleu. Bande dans le bleu clair à la limite du bleu. Faible bande dans le bleu clair limite vert. Bande dans le jaune. Pas de bande dans le vert et/ou entre vert et bleu clair	Aucune bande
Remarque	Spectre de la composante spessartite	Spectre de la composante almandin. Pas de composante spessartite	Spectre du spessartite. Les bandes de l'almandin sont très faibles ce qui écarte almandin et almandin-spessartite	Spectre de la composante spessartite. Pas de composante almandin	Spectre général pour grossulaire
Poids	1.36 ct	6.10 ct	0.52 ct	2.98 ct	1.13 ct
Densité	3.80	4.22	4.19	4.00	3.65
Résultat suivant la « méthode limite »	pyrope-spessartite (variété Malaya)	almandin	spessartite	pyrope-spessartite	grossulaire (variété Hessonite)
Résultat MEB	56% pyrope 29% spessartite 10% almandin 5% grossulaire Quasiment pas de Cr ni de V	85% almandin 11% pyrope 3% spessartite 1% grossulaire Pas de Cr ni de V	86% spessartite 12% almandin 2% grossulaire 0% pyrope Pas de Cr ni de V	56% spessartite 34% pyrope 5% almandin 5% grossulaire Cr et V non comptabilisés	92% grossulaire 8% almandin et faible quantité andradite
Pondération et résultat final	Pyrope-spessartite Après répartition des %Almandin et %Grossulaire.	almandin	spessartite	pyrope-spessartite (riche en spessartite)	grossulaire
Note sur la couleur	Pourrait être confondu avec pyrope-almandin (variété rhodolite)		Pourrait être confondu avec grossulaire orange (variété hessonite)	Pourrait être confondu avec spessartite du même type que ech1	Pourrait être confondu avec spessartite

Tableau IV : Résultats comparés de l'identification par la « méthode limite » avec celle par analyse chimique « MEB ».

IV.b Lot de « pierres d'usage » : Exemples d'utilisation de la « méthode limite » (Ech 15 à 20).

ech15:-----



Photo :
Couleur: Marron orangé =>Nuancier 2
Indice: 1.769 =>Zone C.
Possibilités : grossulaire, pyrope-almandin ou pyrope-spessartite
Spectre : Absorption du violet et faible bande dans le bleu.
Remarque : Pas de bandes de l'almandin, spectre ressemble à celui de grossulaire type ugrandite (avec andradite) mais bandes observées peuvent éventuellement être confondu avec les bandes de la composante spessartite. => prise de la densité pour confirmation.
Densité : 3.62
Conclusion : **grossulaire**
(variété ugrandite confirmée par spectre et indice supérieur à 1.760)

ech16:-----



Photo :
Couleur: Vert pomme jaune =>Nuancier 3
Indice: 1.780 =>Zone D.
Possibilités : grossulaire ou spessartite
Spectre : Absorption du violet et bande nette dans le bleu.
Remarque : Profil de spectre d'un grossulaire variété ugrandite.
(Couleur inattendue pour spessartite)
Densité : 3.63 (Pour confirmation)
Conclusion : **grossulaire**
(Variété ugrandite confirmée par spectre et indice bien supérieur à 1.760)

ech17:-----

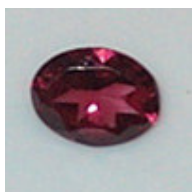


Photo :
Couleur: Pourpre rosé =>Nuancier 1
Indice: 1.749 =>Zone C.
Possibilités : grossulaire, pyrope-almandin ou pyrope-spessartite
Spectre : Trois bandes dans les zones : jaune, vert et vert limite bleu clair, pas de lignes dans le bleu, bleu foncé, violet.
Remarque : Bandes de la composante almandin.
Conclusion : **pyrope-almandin**
(variété rhodolite)

ech18:-----



Photo :
Couleur: Brun jaune doré =>Nuancier 3
Indice: 1.745 =>Zone C.
Possibilités : grossulaire, pyrope-spessartite
Spectre : Aucune ligne visible.
Remarque : Spectre généralement rencontré pour les grossulaires, l'absence de lignes de la composante spessartite élimine la possibilité pyrope-spessartite
Conclusion : **grossulaire**

ech19:-----



Photo :
Couleur: Vert vif =>Nuancier 4
Indice: HLR (>1.788) => Zone E.
Possibilités : grossulaire-andradite ou andradite
Spectre : Absorption du violet et du bleu jusque dans le bleu clair.
Remarque : Spectre donné par la composante andradite donc spectre non discriminant entre andradite ou grossulaire-andradite
Densité : 3.90 (densité discriminante dans ce cas la).
Conclusion : **andradite**
(variété démantioïde)

ech20:-----



Photo :
Couleur: Rouge violet =>Nuancier 1
Indice: HLR(>1.788) => Zone E.
Possibilités : almandin, spessartite, almandin-spessartite
Spectre : Trois bandes très nettes dans les zones : jaune, vert et vert limite bleu clair, pas de lignes dans le bleu foncé / violet
Remarque : Spectre de l'almandin, pas de lignes de la composante spessartite.
Conclusion : **Almandin**

V Commentaires.

L'appréciation de la couleur, du spectre, la mesure de l'indice de réfraction et de la densité ne sont bien sûr pas les seuls paramètres pouvant être pris en compte pour l'identification d'un grenat gemme.

L'observation des tensions internes (polariscope), d'inclusions caractéristiques, l'appréciation de la brillance, du magnétisme, du comportement au filtre Chelsea, etc. peut apporter son lot de renseignements pour l'identification d'une pierre donnée.

Il est à considérer ici que cette « méthode limite » issue de la classification de Stockton et Manson, bien que fonctionnelle et riche de nouvelles données, souffre du manque d'échantillons représentant le membre intermédiaire grossulaire-andradite.

Pour ce membre intermédiaire la gamme des couleurs, des indices de réfractions et le spectre ont été donnés par la seule littérature et/ou par extrapolation des observations faites sur l'échantillon ech2 (grossulaire avec 17% d'andradite).

La plage de densité pour ce membre intermédiaire est donnée comme étant celle entre grossulaire et andradite.

Cette gamme des densités, bien que théorique, reste toutefois plausible car le mélange grossulaire-andradite ne fait vraisemblablement intervenir que de très faibles quantités des autres grenats. (Faible variabilité décrite dans la littérature et également constatée sur le grossulaire riche en andradite ech2 avec seulement 1.32% de pyrope).

La mesure de densité parfois nécessaire pour confirmer une identification est à utiliser avec précaution surtout sur les petites pierres.

La série entre pyrope et grossulaire décrite dans la littérature comme existante, n'a pas été ajoutée à cette « méthode limite » par manque de documentation et d'échantillons représentatifs de ce seul mélange binaire.

Le mélange ternaire pyrope-almandin-grossulaire (voir ech7 et ech8) bien plus présent dans les échantillons et la littérature est ramené au mélange binaire pyrope-almandin de part les plus faibles quantités de grossulaire généralement rencontrées.

L'éventualité existe donc de rencontrer un grenat riche en grossulaire et pyrope et relativement pauvre en almandin qui au lieu d'être identifié comme pyrope-grossulaire passera pour un Pyrope ou un pyrope-almandin.

Il en va de même pour la série entre spessartite et grossulaire qui n'a pas été ajoutée à cette « méthode limite ».

Un grenat de Madagascar représentant le membre intermédiaire spessartite-grossulaire a été reporté avec une composition de 50% spessartite et 40% grossulaire (The Journal of Gemmology, octobre 2002).

Pour ce genre d'échantillon, le spectre (devant montrer la composante spessartite), l'indice de 1.770 et la densité de 3.95 reportés feront donc probablement penser à un pyrope-spessartite suivant la « méthode limite ».

VI Conclusion.

La « méthode limite », issue de la reprise, de la mise à jour et de l'adaptation des données publiées par Stockton et Manson en 1985, semble aussi efficace que la méthode d'origine mais demandera un certain recul pour l'identification des membres intermédiaires rares comme les pyrope-grossulaires et les spessartite-grossulaires.

La limitation volontaire, lors de l'adaptation, au matériel le plus accessible devrait permettre au plus grand nombre de pouvoir globalement identifier les grenats gemmes les plus répandus.

Les inévitables approximations, le manque de données sur certains membres intermédiaires et surtout la complexité des mélanges de grenats imposent une retenue quant aux conclusions issues des identifications les plus difficiles.

Continuer la mise à jour de cette « méthode limite » avec des analyses gemmologiques associées aux analyses chimiques de nouvelles pierres (notamment celles des membres intermédiaires non décrits ici) reste souhaitable.

Remerciements pour leur documents, échantillons et informations à :

Dedeyne R.

Fritsch E.

Gravier D.

Sikirdji L.

Sternis E.

Bibliographie :

Stockton C. M., Manson D. V. (1985). A proposed new classification for gem-quality garnets. Gems and Gemology, Winter 1985, p. 205 - 217;.

Hanneman W. Wm. (2000). Naming gem garnets.

Winter C. H., Taylor H. (2003). OPL A students' guide to spectroscopy.

Webster R. (1994). Gems, fifth edition.

Association Française de Gemmologie (1992). Gemmes.