

DIPLOME UNIVERSITAIRE DE GEMMOLOGIE

FEVRIER – JUIN 2017

par Delphine Chabert

La gemmologie scientifique au service de la muséologie

Etude des bijoux de George Sand présentés au musée de la Vie Romantique à Paris



Sous la direction de Mr Gérard Panczer

Université Claude Bernard Lyon 1

Département de physique

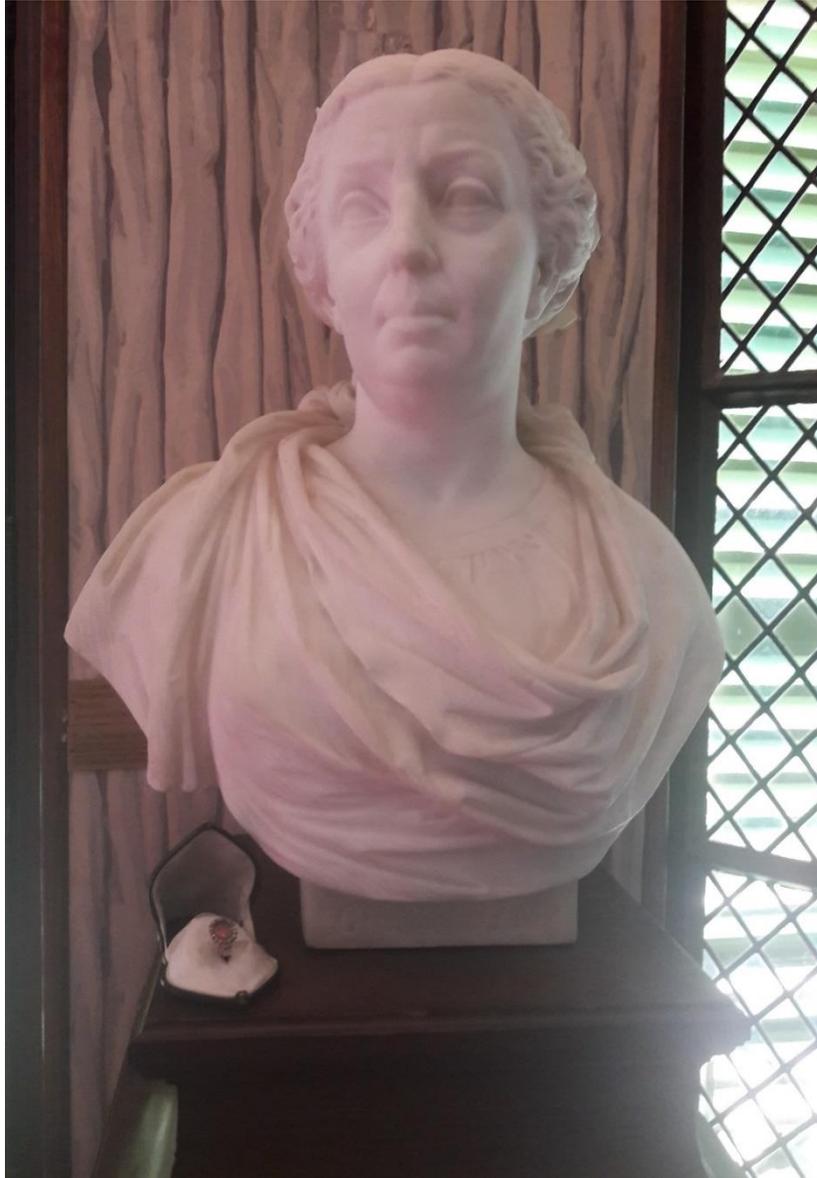


Figure 1 : Buste de George Sand en marbre par Auguste Clésinger (1847), et sa bague (Sand 1 dans notre étude) exposés au musée de la Vie Romantique à Paris

TABLE DES MATIERES

Table des Matières	2
Remerciements	5
Avant-Propos	6
Introduction.....	7
1. L'univers romantique de George Sand	7
2. Le Musée de la vie romantique, une annexe du musée Carnavalet	9
I Choix des pièces, présentation et questionnement.....	11
1. Sand 1 : Histoire et questionnements	11
2. Sand 2	13
3. Sand 3	14
4. Sand 4	14
II Techniques de caractérisation.....	15
1. Outils de gemmologie conventionnelle utilisés pour notre étude.....	15
• La loupe 10x.....	15
• La loupe binoculaire Olympus Zeiss Stemi avec statif HRD.....	15
• Le réfractomètre.....	16
• Le leveridge	16
• Le testeur diamant/moissanite Presidium Multitester III	16
• La lampe à UV Vilber (2x6 Watts) UVs longs et UVs courts	17
2. Appareils de gemmologie scientifique portatifs utilisés lors de notre étude	18
• Spectromètre Raman portable.....	18
• Spectromètre d'absorption visible-infrarouge en réflexion diffuse Ocean Optics (ISP REF)	19
• Spectrométrie de fluorescence X (XRF).....	20
III Résultats et interprétations.....	22
1. Sand 1 : « saphir incolore sur fond rosé, avant 1867 » selon le cartel du musée.....	22
1-1 Analyses de gemmologie conventionnelle	22
• Observations à la loupe 10x, à la loupe binoculaire et mesures au leveridge :.....	22
• Mesure des indices de la pierre centrale au réfractomètre.....	24
• Analyse des pierres en entourage au testeur diamant	24
• Observation du comportement des pierres sous lumière UV - UVs longs (365 nm) puis	
UVs courts (254 nm)	24
• Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie conventionnelle...	25

1-2	Analyses de gemmologie scientifique	26
•	Eléments d'analyses structurales pour le corindon et le diamant	26
•	Analyses de spectrométrie Raman 532 nm	27
•	Analyses de spectrométrie Raman 785	28
•	Analyses de spectrométrie d'absorption visible-infrarouge en réflexion diffuse	29
•	Analyses de fluorescence X (XRF)	31
•	Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique	31
2.	Sand 2 « argent, grenat » selon le cartel du musée	32
2-1	Analyses de gemmologie conventionnelle	32
•	Observations à la loupe x10 et à la loupe binoculaire	32
•	Analyse des pierres au testeur diamant	33
•	Observation du comportement des pierres sous lumière Ultraviolette (UVs longs 365 nm et UVs courts 254 nm)	33
•	Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie conventionnelle... ..	34
2-2	Analyses de gemmologie scientifique	34
•	Analyse par spectrométrie Raman	34
•	Analyse par spectrométrie de fluorescence X	36
•	Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique :	38
3.	Sand 3 « or, écailles d'émeraudes, perles » selon le cartel du musée	39
3-1	Analyses de gemmologie conventionnelle	39
•	Observations à la loupe x10 et à la loupe binoculaire	39
•	Observation du comportement des pierres sous lumière UV - UVs longs (365 nm) puis UVs courts (254 nm)	39
•	Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie conventionnelle... ..	39
3-2	Analyses de gemmologie scientifique	40
•	Eléments d'analyses structurales du béryl	40
•	Analyse par spectrométrie Raman	41
•	Analyses de spectrométrie de fluorescence X	44
•	Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique	45
4.	Sand 4 « argent, fausse aigue-marine » selon le cartel du musée	45
4-1	Analyses de gemmologie conventionnelle	45
•	Observations à la loupe 10X et à la loupe binoculaire	45
•	Mesure des indices au refractomètre	46
•	Observation du comportement des pierres sous lumière UV - UVs longs (365 nm) puis UVs courts (254 nm)	46
•	Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique :	46

4-2	Analyses de gemmologie scientifique	47
	• Analyses de spectrométrie Raman	47
	• Analyses de spectrométrie de fluorescence X (XRF) :	48
IV	Pour aller plus loin.....	50
1.	Nouvelle proposition de Cartels:.....	50
	• Sand 1 :	50
	• Sand 2	51
	• Sand 3	51
	• Sand 4	51
2.	Eléments de compréhension et analyses stylistiques des bijoux de George Sand	51
	• La technique du paillon	51
	• Sand 1 et son entourage de diamants.....	52
	• Les saphirs au XVIIIème siècle : quelle provenance ?	55
	• L'utilisation du verre aux XVIIIème et XIXème siècles.....	56
	• Comparaisons de formes :	56
	Conclusion :	58
	Bibliographie.....	59

REMERCIEMENTS

Je tiens en premier lieu à remercier vivement M. Gérard Panczer pour son enseignement, sa disponibilité, ses conseils et son accompagnement tout au long de la conduite de ces études. Les journées de formation du jeudi vont marquer durablement mon parcours dans le monde de la gemmologie.

Un grand merci également à M. Geoffray Riondet de m'avoir conseillée sur le choix de ce sujet d'étude, ainsi que pour son accompagnement lors des analyses in situ et dans la conduite de mes recherches historiques. Ses cours d'histoire du bijou dispensés à l'ING en 2013 ont beaucoup à voir avec mon envie de pousser plus loin les connaissances historiques de ces objets.

Mes remerciements vont également à M. Jérôme Farigoule, conservateur du musée de la Vie Romantique, pour avoir accepté de nous ouvrir les portes du musée en accueillant d'emblée le projet avec enthousiasme. Sa bonne volonté nous a permis de vivre une expérience forte et mémorable, de tenir en main des objets d'histoire, de pouvoir les étudier, « les toucher et les retourner » comme aimait à le faire George Sand.

Enfin, je tiens à remercier messieurs François Farges et Jean-Claude Frediani pour leurs indications historiques et leur disponibilité, ainsi que mesdames Claire Scamaroni et Françoise Adnes pour leur aide et soutien lors de ma recherche d'archives.

Les techniques d'étude scientifique n'ont de cesse d'évoluer et de se perfectionner, permettant une compréhension toujours plus poussée des objets. Appliquée aux pièces anciennes, la science permet d'apposer un nouveau regard, une nouvelle compréhension nous éclairant sur les pratiques anciennes et nous permettant de compléter nos connaissances historiques. Ainsi, pour ne citer que quelques exemples, nous avons désormais une connaissance de plus en plus précise de la polychromie des temples et de la statuaire grecques, grâce aux méthodes de caractérisations physico-chimiques telle que la spectrométrie de fluorescence X (XRF)¹, ou encore, des palettes de couleurs utilisées par les peintres au XVIème siècle, par les analyses de spectrométrie Raman et de spectrométrie infrarouge ATR².

La gemmologie est une discipline s'intéressant à l'identification et à la caractérisation des pierres précieuses et de qualité gemme depuis la fin du XVIIIème siècle³. On peut aujourd'hui diviser sa pratique en deux formes bien distinctes. D'une part, la gemmologie conventionnelle utilise des outils non informatisés, aisément transportables et basés principalement sur l'observation des gemmes et de leur comportement une fois soumis aux rayons lumineux dans divers environnements. D'autre part, la gemmologie scientifique, se développant à grande vitesse depuis une vingtaine d'années, permet des analyses élémentaires et structurales plus poussées à l'aide de techniques de spectrométrie. Ces appareils de spectrométrie développés en laboratoire tendent à se miniaturiser, autorisant ainsi une conduite des analyses sur les sites d'exposition des objets.

L'Histoire nous laisse nombre de légendes que nous pouvons aujourd'hui éprouver au regard des avancées scientifiques, pour peu que nous soyons encore en possession des objets en question. Les musées constituent en cela d'excellents terrains d'étude, regorgeant d'objets trop souvent présentés au public sur la base d'anciennes études non mises à jour. Cette science de la conservation des collections muséales, de leur organisation et de leur présentation au public se développe telle que nous la connaissons depuis la fin du XIXème siècle sous le terme de « muséologie ».

L'objet de ce mémoire sera donc de montrer comment la gemmologie scientifique, bien plus que la gemmologie conventionnelle, peut nous éclairer dans notre connaissance des bijoux anciens souvent emprunts de légendes forgées par l'histoire. En cela, ces analyses deviennent des éléments de connaissance primordiaux à mettre au service de la muséologie, afin que soit délivrée au grand public une connaissance de l'histoire toujours plus exacte. A travers l'étude des bijoux de George Sand présentés au musée de la Vie Romantique à Paris, nous verrons dans quelle mesure des analyses élémentaires et structurales des objets nous amènent à une compréhension tout autre des objets et de l'Histoire.

¹ Revue Archeologia, N°555, juin 2017, *Quelle était la couleur des monuments grecs ?*, p 30-36

² Elisabetta Stanzani, Danilo Bersani, Pier Paolo Lottici & Philippe Colomban, *Analysis of artist's palette on a 16th century wood panel painting by portable and laboratory Raman instruments*, mars 2016

³ En 1793 était fondé à Paris le laboratoire de minéralogie-gemmologie du Museum d'Histoire Naturelle sur la base des collections royales.

INTRODUCTION

1. L'univers romantique de George Sand

Figure emblématique de la littérature romantique au XIX^{ème} siècle, George Sand, de son vrai nom Amantine Aurore Lucile Dupin (figure 1 et 2), a su laisser son empreinte à la fois comme auteur prolifique de plus de cent soixante-dix écrits, mais également comme femme précurseur aux prises de positions sociales fortes et novatrices. Lorsqu'on aborde une figure telle que George Sand, ce ne sont pas seulement des textes littéraires que l'on trouve, mais tout un univers romantique profondément ancré dans son siècle, fait de luttes sociales en faveur des plus humbles dont elle se sentait si proche et de revendications du droit des femmes à la dignité. Ces romans les plus connus, *Indiana* (1832), *La Mare au Diable* (1846), *La petite Fadette* (1849) ou encore *François le Champi* (1850), qualifiés de « romans champêtres » célèbrent la simplicité de la vie aux champs, dans ses rythmes naturels et ancestraux. Son écriture est largement inspirée des paysages du Berry, où se situe le château de Nohant-sur-Vic acheté en 1793 par sa grand-mère Marie-Aurore Dupin de Francueil née de Saxe, et où George Sand passa la plus grande partie de sa vie.



Figure 2 : Portrait de George Sand par Auguste Charpentier (1838), coll. Du Musée de la Vie Romantique, Paris

Dans l'étude que nous allons mener, ce ne sont pas les écrits de George Sand qui vont retenir notre intérêt, mais bien les bijoux qu'elle posséda, porteurs de l'histoire du bijou aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles. Cette histoire est indissociable de celle de sa famille, elle-même largement marquée par les complications découlant d'unions illégitimes et de mariages entre origines sociales différentes (figure 5).

Tout débute avec la naissance de Marie-Aurore de Saxe, grand-mère de George Sand et figure qui marqua profondément la jeune Aurore (figure 3). Marie-Aurore est issue de l'union illégitime de Maurice de Saxe, Maréchal de France, avec Marie Rinteau, actrice et courtisane connue sous le nom de Marie de la Verrière. Le Maréchal de Saxe, lui-même fils illégitime du roi de Pologne Auguste II, et de Marie-Aurore de Königsmark, ne se soucie guère de l'avenir de sa fille. La jeune Marie-Aurore passe ses premières années auprès de sa mère, et sous la protection financière du comte de Frise, neveu du Maréchal. En 1755, suite au décès du comte de Frise, Marie-Aurore restée sans ressources est placée sous la protection de sa cousine Marie-Josèphe de Saxe, Dauphine de France et mère de Louis XVI (figure 3 bis). Dès lors, son éducation et son avenir financier sont assurés, une pension lui étant accordée par le roi Louis XV. En 1766, une demande est présentée au Parlement de Paris sous l'impulsion de Marie-Josèphe

de Saxe, afin que soit reconnue la filiation naturelle de Marie-Aurore avec le Maréchal de Saxe. Le 15 mai 1766, un arrêt du Parlement déclare que « Marie-Aurore est la fille naturelle de Maurice, comte de Saxe, maréchal des camps et armées de France, et de Marie Raintau ». Sa filiation reconnue, Marie-Aurore peut désormais porter le nom de Saxe et jouir de son rang en épousant le comte de Horne lors d'un premier mariage. Sa cousine et protectrice Marie-Josèphe de Saxe, décède l'année suivante.



Figure 3 et 3 bis : Portraits de Marie-Aurore de Saxe « en Diane » attribué à Adélaïde Labille-Guiard, vers 1777, coll. Du Musée de la Vie Romantique, et de Marie-Josèphe de Saxe, Dauphine de France, par Jean-Martial Frédou, vers 1760, coll. Musée Boijmans, Rotterdam

En janvier 1777, Marie-Aurore épouse en secondes noces Louis Dupin de Francueil, receveur général des finances. De leur union naît Maurice Dupin de Francueil, père de George Sand, auquel sa mère Marie-Aurore sera très attachée.

En 1804, Maurice de Saxe épouse en secret Sophie Victoire Delaborde, fille de tenancier, et s'attire ainsi les foudres de sa mère qui refuse de reconnaître sa belle-fille du fait de ses origines roturières. De cette union naît le 1er juillet 1804, Amantine Aurore Lucile Dupin, dite George Sand, reconnue par sa grand-mère quelques mois après sa naissance. En 1808, Maurice Dupin de Francueil meurt accidentellement d'une chute à cheval. Inconsolable, Marie-Aurore obtient de sa belle-fille la garde de George Sand qui reste à Nohant une bonne partie de l'année et retrouve sa mère à Paris en hiver. George Sand restera profondément marquée par son enfance passée à Nohant, libre d'aller et venir, de découvrir la nature et de vivre au rythme des travaux des champs (figure 4).



Figure 4: La maison de George Sand à Nohant-sur-Vic dans l'Indre

à l'histoire du romantisme en France. L'hôtel reçoit alors nombre d'objets des collections du musée Carnavalet autour de l'époque romantique, dont l'importante collection de la *Salle George Sand*.



Figure 6: Musée de la vie romantique, 16 rue Chaptal à Paris (source: <http://museevieromantique.paris.fr>)

A cette occasion, un « cabinet des bijoux » est aménagé au premier étage, où nous retrouvons la collection des bijoux de George Sand, mêlée à divers objets ayant appartenu à l'auteur, plumes, coupe-papiers, boîtes et cachets portant ses initiales⁴. Sont également exposées des pièces incontournables de l'histoire de la famille de George Sand, telles que la tabatière au portrait du Maréchal de Saxe offerte à ce dernier vers 1775, à son retour des Flandres, par Louis XV, ainsi que le coffret à bijoux du XVIIIème siècle en marqueterie de bois, offert à George Sand par sa grand-mère Marie-Aurore de Saxe. Les bijoux exposés forment un ensemble représentatif des bijoux de la première moitié du XIXème siècle, marqué par le sentimentalisme que George Sand affectionnait particulièrement. Elle écrira d'ailleurs :

« J'aime les bijoux, surtout de passion. Je ne trouve pas de création plus jolie que ces combinaisons de métaux et de pierres précieuses qui peuvent réaliser les formes les plus riantes et les plus heureuses dans de si délicates proportions. J'aime à examiner les parures, les étoffes, les couleurs ; le goût me charme. Je voudrais être bijoutier ou costumier pour inventer toujours, et pour donner, par le miracle du goût, une sorte de vie à ces riches matières. Mais tout cela n'est d'aucun usage agréable pour moi. Une belle robe est gênante, les bijoux égratignent, et en toutes choses, la mollesse des habitudes nous vieillit et nous tue. »⁵

Le musée de la Vie Romantique n'a de cesse de faire évoluer la réflexion autour de l'époque romantique, à la fois en complétant les collections du musée avec de nouvelles acquisitions, mais également en travaillant toujours plus à la bonne transmission de l'histoire de cette époque au public. Il est dirigé depuis 2013 par M. Jérôme Farigoule.

⁴ Fascicule d'aide à la visite du Musée de la Vie Romantique, cf bibliographie

⁵ George Sand, 1855, *Histoire de ma vie*, volume 2, chapitre 3

I CHOIX DES PIÈCES, PRÉSENTATION ET QUESTIONNEMENT

Le musée de la vie romantique présentant au public une large collection de bijoux ayant appartenu à George Sand, nous avons décidé, en concertation avec M. Farigoule, conservateur du musée, de porter notre attention sur quatre bagues. La première des bagues a été choisie pour son intérêt tant sur les plans historique et littéraire que gemmologique. Les bagues suivantes ont été sélectionnées à la fois dans le but de former un ensemble représentatif des bijoux de George Sand, mais aussi pour les questions gemmologiques qu'elles posaient aux vues des cartels de présentation aux appellations peu académiques. Lors de cette étude, nous nous attacherons à confronter les données de présentations des cartels avec les résultats que nous aurons obtenus suite à nos analyses.

1. Sand 1 : Histoire et questionnements

La première bague de notre étude, que nous nommons Sand 1, constitue la pièce maîtresse de l'exposition des bijoux de George Sand. Sertie d'une pierre centrale rouge, elle est entourée de pierres jaunes et présente une monture en métal doré. Le musée la présente dans un écrin de fabrication postérieure à la bague (figure 7).



Figure 7: Bague de George Sand - Sand 1

Le cartel de présentation du musée la décrit comme suit :

Bague

Saphir incolore sur fond rosé, avant 1867

Donnée à Marie-Aurore de Saxe (grand-mère de G.S.) par la Grande Dauphine Marie-Josèphe, sa cousine, mère de Louis XVI.

« Je porte toujours cette bague » G.S.

Figure 8: Sand 1 : Cartel de présentation du musée

Un des intérêts particuliers de cette bague réside dans le fait que George Sand elle-même la mentionne dans son autobiographie *Histoire de ma vie*. Elle y décrit en effet le rôle majeur qu'a joué cette bague dans le rétablissement des bonnes relations entre les femmes de sa famille :

« Mais mon père découvrit que sa mère était à Paris : il comprit qu'elle savait tout et me chargea de plaider sa cause. Il me prit dans ses bras, monta dans un fiacre, s'arrêta à la porte de

la maison où ma grand'mère était descendue, gagna en peu de mots les bonnes grâces de la portière, et me confia à cette femme, qui s'acquitta de la commission ainsi qu'il suit.

Elle monta à l'appartement de ma bonne maman, et, sous le premier prétexte venu, demanda à lui parler. Introduite en sa présence, elle lui parla de je ne sais quoi, et tout en causant elle s'interrompit pour lui dire : Voyez donc, madame, la jolie petite fille dont je suis grand'mère ! sa nourrice me l'a apportée aujourd'hui, et j'en suis si heureuse, que je ne puis pas m'en séparer un instant.

— Oui, elle est très fraîche et très forte, dit ma grand'mère en cherchant sa bonbonnière, et tout aussitôt la bonne femme, qui jouait fort bien son rôle, me déposa sur les genoux de la bonne maman, qui m'offrit des friandises et commença à me regarder avec une sorte d'étonnement et d'émotion. Tout à coup elle me repoussa en s'écriant : Vous me trompez, cet enfant n'est pas à vous. Ce n'est pas à vous qu'il ressemble... je sais, je sais ce que c'est !... Effrayée du mouvement qui me chassait du sein maternel, il paraît que je me mis, non à crier, mais à pleurer de vraies larmes qui firent beaucoup d'effet. Viens, mon pauvre cher amour, dit la portière en me reprenant ; on ne veut pas de toi, allons-nous-en.

Ma pauvre bonne maman fut vaincue. Rendez-la-moi, dit-elle : pauvre enfant ! Tout cela n'est pas sa faute. Et qui a apporté cette petite ? — Monsieur votre fils lui-même, madame : il attend en bas : je vais lui reporter sa fille. Pardonnez-moi si je vous ai offensée, je ne savais rien, je ne sais rien, moi ! J'ai cru vous faire plaisir, vous faire une belle surprise... — Allez, allez, ma chère, je ne vous en veux pas, dit ma grand'mère : allez chercher mon fils, et laissez-moi l'enfant.

Mon père monta les escaliers quatre à quatre. Il me trouva sur les genoux, contre le sein de ma bonne maman, qui pleurait en s'efforçant de me faire rire. On ne m'a pas raconté ce qui se passa entre eux, et comme je n'avais que huit ou neuf mois, il est probable que je n'en tins pas note. Il est probable aussi qu'ils pleurèrent ensemble et s'aimèrent d'autant plus. Ma mère, qui m'a raconté cette première aventure de ma vie, m'a dit que, lorsque mon père me ramena auprès d'elle, j'avais dans les mains une belle bague avec un gros rubis, que ma bonne maman avait détachée de son doigt, en me chargeant de la mettre à celui de ma mère, ce que mon père me fit observer religieusement. »

George Sand, 1855, Histoire de ma vie, volume 1, Chapitre 21

Dans cet écrit, George Sand raconte comment cette bague lui aurait été mise au doigt par sa grand-mère, Marie-Aurore de Saxe, en guise de cadeau de réconciliation destiné à Victoire Delaborde, mère de George Sand. En effet, Maurice Dupin de Francueil, père de George Sand, s'étant marié contre l'avis de sa mère avec Victoire Delaborde d'origine roturière, Marie-Aurore refusait de reconnaître et rencontrer sa belle-fille. Dans ce texte, George Sand nous parle d'un « **gros rubis** ». Or, nous avons vu que le musée présentait plutôt la bague comme « **un saphir incolore sur fond rosé** ».

Les bijoux exposés au musée de la Vie Romantique ont été étudiés et analysés en premier lieu suite aux legs d'Aurore Lauth Sand, petite fille de George Sand en 1923. Cette donation a fait l'objet d'un dossier complet dans le Bulletin du musée Carnavalet de décembre 1954, sous la direction de Marguerite Charageat. On retrouve la mention de cette bague, présentée comme « **un rubis clair entouré de diamants** » et qui aurait fait l'objet d'un examen par « l'office national des pierres précieuses » entre 1928 et 1954. Malgré nos recherches, il nous a été impossible de retrouver la trace de cet « office national des pierres précieuses ». Nous pensons qu'il s'agit probablement d'une erreur d'appellation pour la *chambre syndicale des diamants, pierres précieuses et perles* comportant un laboratoire d'analyses aujourd'hui Laboratoire Français de Gemmologie. Marguerite Charageat nous indique également que cette bague aurait été donnée par Marie-Josèphe de Saxe, Dauphine de France en 1766, un an avant sa mort, à l'occasion de la sortie de St Cyr de la jeune Marie-Aurore ou de son premier mariage avec le comte de Horne. On peut également supposer que ce bijou ait été donné à Marie-Aurore par sa cousine suite à sa reconnaissance officielle en mai 1766 comme fille légitime du Maréchal de Saxe, ce qui l'autorisait enfin à porter le nom de Saxe.

En poussant plus loin les recherches, nous avons retrouvé mention de la bague dans les archives du minutier central de Paris, où nous avons pu consulter le contrat de mariage de Marie-Aurore de Saxe

avec Louis Dupin de Francueil, son deuxième mari (figure 9). On y parle d'un « **rubis entouré de diamants jaunes** ».

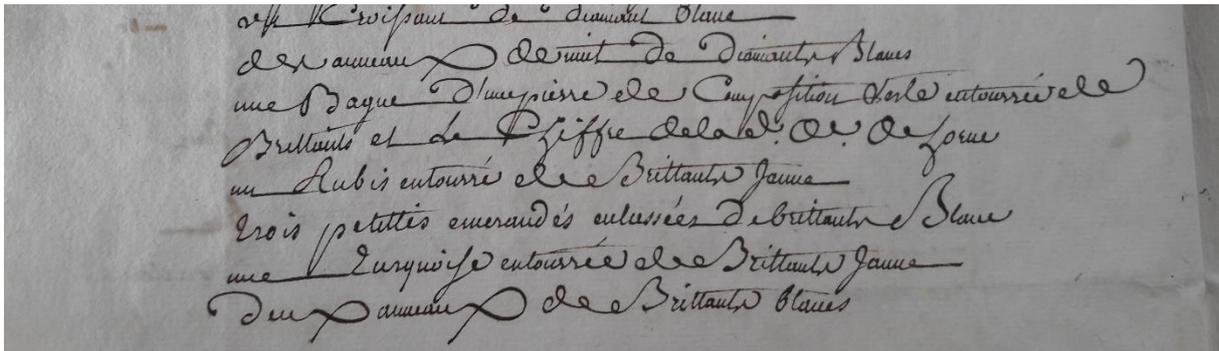


Figure 9: Contrat de mariage entre Louis Dupin de Francueil et Marie-Aurore de Saxe rédigé le 1^{er} janvier 1777, archives du minutier central de Paris

Tous les documents historiques présentent donc la pierre centrale de Sand 1 comme étant un rubis, tandis que les analyses plus récentes la présentent comme « un saphir incolore sur fond rosé ». Face à ce questionnement de l'histoire, les analyses gemmologiques que nous allons mener vont avoir pour but de déterminer la nature réelle de la pierre, entre saphir et rubis.

2. Sand 2

La deuxième bague de notre étude, Sand 2, est formée de deux pierres rouge vif taille poire, surmontées par une couronne de cinq pierres blanches taillées en rose (figure 10).



Figure 10 : Bague de George Sand: Sand 2

Bague

Argent, grenats. Portée par G.S. qui l'offrit à sa fille Solange le jour de la première du Marquis de Villemer

Figure 11: Sand 2 : Cartel de présentation du musée

Selon le cartel de présentation (figure 11), les pierres rouges sont identifiées comme des grenats montés sur argent. En revanche, aucune indication n'est donnée pour les pierres blanches de la couronne taillées en rose. L'objet de notre étude va être de confirmer ou non l'identification des pierres rouges comme étant des grenats, ainsi que de préciser leur nature exacte dans la famille des grenats. A l'aide des différentes techniques de gemmologie, nous allons tenter également d'identifier les pierres blanches de la couronne puis de préciser la nature du métal de la monture.

3. Sand 3

La troisième bague de notre étude, Sand 3, est formée d'un pavage de pierres vertes taille 8/8 présentées par le musée comme des « écailles d'émeraudes » dans un entourage de demi-perles blanches (figure 12). La monture est présentée comme de l'or. Elle laisse toutefois apparaître des taches sombres qui indiqueraient la présence d'autres métaux dans son alliage.



Figure 12: Bague de George Sand: Sand 3

Bague

Or, écailles d'émeraudes, perles.

Donnée par Maurice Sand à sa mère

Figure 13: Sand 3 : Cartel de présentation du musée

L'objet de cette analyse va être de déterminer la nature des pierres vertes décrites, probablement selon un terme ancien, comme des « écailles d'émeraudes » (figure 13), ainsi que de préciser le type de métal dans lequel est fondue la monture.

4. Sand 4

Notre quatrième bague, Sand 4, est sertie d'une pierre bleue montée en solitaire sur une monture ajourée présentée comme de l'argent (figure 14).



Figure 14: Bague de George Sand - Sand 4

Bague d'enfant

Argent, fausse aigue-marine.

Donnée par G.S. à sa petite fille Aurore

Figure 15: Sand 4 : Cartel de présentation du musée

Le cartel de présentation du musée parle de « fausse aigue-marine » pour la pierre centrale (figure 15). Nous allons tenter d'identifier la nature de cette « fausse aigue-marine » ainsi que de confirmer le type de métal de la monture.

II TECHNIQUES DE CARACTERISATION

Les outils et appareils décrits ci-dessous sont ceux utilisés lors de nos études des quatre bagues de George Sand présentées en première partie. Nous distinguons les outils de gemmologie conventionnelle des appareils de gemmologie scientifique afin de bien souligner l'apport spécifique de ces derniers en termes de précision et de compréhension des objets étudiés.

1. Outils de gemmologie conventionnelle utilisés pour notre étude

- La loupe 10x

Outil premier du gemmologue, les loupes utilisées en gemmologie possèdent de manière conventionnelle un grossissement 10x. Elles sont aplanétiques, dans la mesure où elles doivent rendre une image nette et non déformée géométriquement de l'objet observé. Elles ont également la propriété d'être achromatiques, c'est-à-dire de laisser passer la lumière blanche sans la décomposer et donc éviter les effets de coloration de l'objet observé.

- La loupe binoculaire Olympus Zeiss Stemi avec statif HRD



Figure 16: Dispositif de la loupe binoculaire utilisé lors de nos études au Musée de la Vie Romantique

Ce type de loupe permet une précision d'observation allant plus loin que la simple loupe de gemmologie grâce à la possibilité de grossissement allant de 5x à 20x. De tels grossissements favorisent une observation plus fine de l'organisation interne de la gemme, offrant des indications sur les inclusions présentes ou bien sur la qualité de la taille de la gemme. Un dispositif (figure 16) permet de relier la loupe binoculaire à l'ordinateur et d'enregistrer des prises de vue des objets étudiés. Plusieurs possibilités d'éclairages permettent d'observer l'échantillon aussi bien en lumière transmise qu'en lumière incidente, ou rasante, favorisant la lisibilité des inclusions caractéristiques présentes dans la gemme étudiée.

- Le réfractomètre

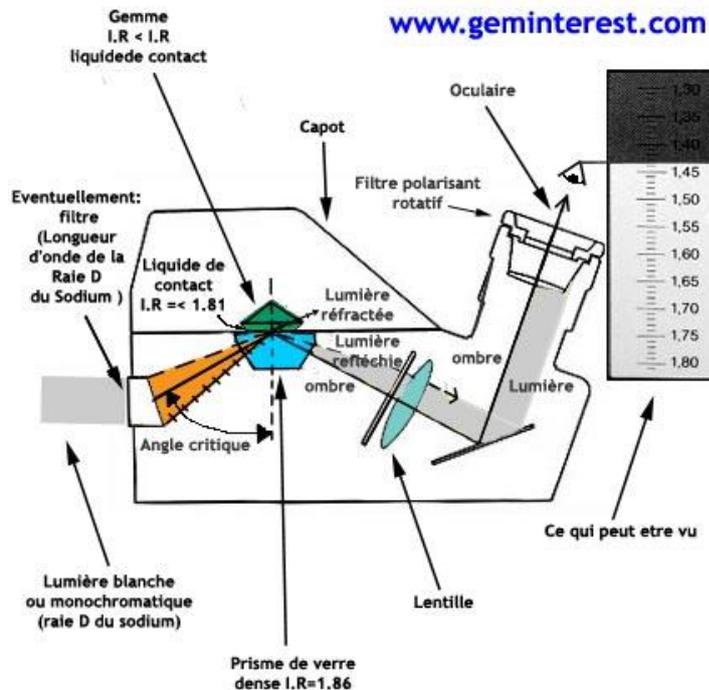


Figure 17: Dispositif du réfractomètre utilisé lors de nos études (source : www.geminterest.com)

Cet outil se base sur le principe de réflexion totale. Chaque pierre ayant sa propre façon de dévier la lumière qui la traverse, une échelle inversée permet de lire l'indice de réfraction situé à la limite entre le rayon réfléchi et le rayon réfracté (figure 17). Il est nécessaire que la pierre étudiée présente une surface lisse (polie) et suffisamment grande pour une prise d'indices. La monture du bijou ne doit pas non plus entraver le positionnement du bijou sur la fenêtre en verre. Enfin, l'utilisation du diiodométhane comme joint optique d'indice 1,79 permet uniquement l'identification de gemmes ayant un indice inférieur à cette valeur. Dans cette mesure, cet appareil nous a été utile principalement pour l'étude des pierres centrales de Sand 1 (figure 7) et de Sand 4 (figure 14). D'autres outils ont été privilégiés pour l'étude des pierres de Sand 2 (figure 10) puisque l'on cherche à identifier des grenats (d'après le cartel de présentation en figure 11) dont les indices de réfractons sont pour la plupart supérieurs à 1,79. Le réfractomètre n'était pas non plus indiqué pour l'étude de Sand 3 (figure 12) du fait de la petite taille des pierres à étudier.

- Le leveridge

Le leveridge est un appareil de mesure reposant sur le principe du pied à coulisses permettant une mesure précise de petits échantillons en millimètres. Mesurer les dimensions des pierres permet à l'aide de formules types de déduire leur caratage en fonction de leur taille. Dans le cas de nos objets analysés, la mesure de la profondeur était souvent malheureusement impossible du fait du serti englobant les culasses des pierres. Les mesures des longueurs et largeurs donnent malgré tout une idée des dimensions des pierres analysées. Nous avons également utilisé une formule de calcul de poids théorique pour la pierre centrale de Sand 1 à partir des mesures de longueur et de largeur faites avec le leveridge.

- Le testeur diamant/moissanite Presidium Multitester III



Figure 18 : Utilisation du testeur diamant/moissanite Presidium lors de nos études

Cet appareil permet de discriminer les diamants des diamants d'imitation à partir de la mesure de la conductivité de la pierre testée. Le testeur détecte l'indice d'absorption de la pierre à partir de la chaleur émise par la pointe du testeur. Nous l'avons utilisé pour l'identification des pierres en entourage de Sand 1 (figure 18) et des pierres de la couronne de Sand 2.

- La lampe à UV Vilber (2x6 Watts) UVs longs et UVs courts

L'utilisation de la lampe à UVs consiste à observer le comportement de gemmes étudiées soumises à deux excitations différentes de longueur d'onde 365 nm (UVs longs) et 254 nm (UVs courts). Pour ce faire, les gemmes sont plongées dans l'obscurité et éclairées uniquement par la lumière ultraviolette de la lampe. Les réactions attendues se traduisent par une luminescence caractéristique du type de gemme étudié. D'une variété de gemmes à une autre, on observera des réactions plus ou moins constantes aidant à la discrimination des gemmes et offrant des indices pour leur identification. Cependant, il est important de souligner que ces études peuvent se révéler insuffisantes pour arriver à une conclusion fiable, dans la mesure où les comportements des pierres peuvent être « flous » ou entravés par des éléments de leur composition ou extérieurs.



Figure 19 : Comportement d'un rubis chromifère sous UVs longs 365 nm (source: www.etsy.com)

En figure 19 est présenté le comportement d'un rubis chromifère sous excitation aux UVs longs à 365 nm. La couleur rouge vif observée est caractéristique des rubis chromifères, que l'on trouve particulièrement dans les gisements métamorphiques de type Birman.

Enfin, dans le cadre de notre étude, nous n'avons pas utilisé le polariscope et le spectroscope, outils de gemmologie conventionnelle, du fait du sertissage enfermant les culasses des pierres dans le métal et ne permettant pas la transparence nécessaire à l'utilisation de ces appareils.

2. Appareils de gemmologie scientifique portatifs utilisés lors de notre étude

- Spectromètre Raman portable

La spectrométrie Raman est une méthode non-destructive d'observation et de caractérisation de la composition moléculaire et de la structure interne d'un matériau. Elle s'appuie sur le phénomène physique selon lequel un milieu modifie légèrement la fréquence de la lumière y circulant. Ce décalage de fréquence est appelé « effet Raman » du nom de son découvreur, le physicien indien C. V. Raman, lauréat du prix Nobel en 1930. La spectrométrie Raman repose sur le principe suivant : on envoie une lumière monochromatique sur l'échantillon étudié. Cet échantillon va transmettre une partie du rayon lumineux et en diffuser une autre partie. Le faisceau lumineux va exciter les liaisons des groupements atomiques et c'est en mesurant cette excitation que l'on va pouvoir dégager des informations sur la composition structurale de l'échantillon. L'analyse de la partie diffusée du rayon lumineux se fait sous forme d'un spectre caractéristique pour chaque groupement atomique. En d'autres termes, les résultats obtenus forment une « signature spectrale » ou « vibrationnelle » permettant une identification des groupements atomiques de l'échantillon.

Dans notre étude, nous avons utilisé deux spectromètres Raman portables (figure 20 et 20 bis) : en premier lieu le spectromètre Raman portable Ocean Optics R3000 avec un laser d'excitation infrarouge à 785 nm possédant une puissance de 250 mW. En complément, nous avons également utilisé le spectromètre Raman portable Ocean Optics comportant un laser de lumière verte d'excitation à 532 nm à 50 mW de puissance.



Figure 20 et 20 bis: Analyses de spectrométrie Raman conduites lors de notre étude et dispositif du spectromètre Raman R3000 (source : <http://www.bihec.cn>)

En pratique, l'échantillon est soumis à la lumière monochromatique (785 ou 532 nm) par le biais d'une

sonde reliée au spectromètre portable. Celui-ci est lui-même relié à l'ordinateur sur lequel est retransmise l'analyse de la lumière diffusée par l'échantillon sous forme d'un graphe étudié par le logiciel « Spectrasuite ». 5 secondes d'acquisition sont nécessaires pour l'obtention de données fiables. Le graph obtenu va retranscrire le comportement de la lumière diffuse en termes d'intensité pour chaque longueur d'onde comprise lors de nos études entre 200 et 2000 cm^{-1} . En fonction de chaque groupement atomique en présence on obtient des « pics Raman » caractéristiques, que l'on va ensuite pouvoir comparer avec les courbes de la base de données RRUFF et du logiciel CrystalSleuth. Lors de ces comparaisons, il est nécessaire d'opérer une correction de la ligne de base du spectre obtenu, afin de placer les courbes dans le même référentiel.

Les informations obtenues par spectrométrie Raman sont donc de première importance lorsque l'on cherche à caractériser une pierre, puisqu'elles permettent d'identifier les groupements atomiques en présence. Il arrive toutefois que les résultats ne soient pas satisfaisants car flous par la luminescence générée par la pierre soumise au rayon lumineux. Il est important dans ce cas de changer l'excitation du laser afin de tenter d'obtenir un spectre exploitable.

- Spectromètre d'absorption visible-infrarouge en réflexion diffuse Ocean Optics (ISP REF)



Figure 21: Dispositif du spectromètre d'absorption visible infrarouge en réflexion diffuse avec sphère intégrante

Cet appareil de spectrométrie permet de mettre en évidence les éléments absorbants responsables de la couleur de la gemme. Ils donnent en cela des informations élémentaires sur la composition de la pierre. Ce spectromètre repose sur le principe selon lequel des éléments précis vont être responsables de la couleur pour chaque gemme colorée. Ces éléments chromogènes sont dits « idiochromatiques » lorsqu'ils font partie de la formule structurale de la pierre (comme le cuivre pour la malachite et l'azurite ou encore le manganèse pour la rhodocrosite), et « allochromatiques » lorsqu'il s'agit d'éléments traces en très faible concentration ne faisant pas partie de la formule structurale de la gemme (citons le chrome pour le rouge du rubis ou encore le fer et le titane en substitution couplée pour le bleu du saphir).

En pratique, on place l'échantillon coloré à analyser dans une « sphère intégrante » où il est inondé de lumière blanche (figure 21). Les électrons des éléments chromogènes ainsi inondés vont absorber des longueurs d'ondes précises et monter en énergie en passant de leur état fondamental à un état excité. La couleur visible de la gemme sera le résultat de la somme des longueurs d'ondes non absorbées et transmises par la gemme. En spectrométrie d'absorption, c'est en fait la différence entre le spectre de lumière blanche et le spectre de lumière modifiée par les éléments chromogènes de la pierre qui est analysée.

Le spectre obtenu peut s'analyser sous la forme d'une courbe retranscrivant l'absorbance mesurée en densité optique en fonction de chaque longueur d'onde allant de l'ultraviolet (environ 380 nm) à l'infrarouge (environ 900 nm).

- Spectrométrie de fluorescence X (XRF)

La spectrométrie de fluorescence X est une technique d'analyse chimique utilisant la fluorescence des rayons X pour en déduire la composition élémentaire de l'échantillon étudié. Son principe est le suivant : lorsqu'on bombarde l'échantillon de rayons X, celui-ci va réémettre de l'énergie sous la forme de rayons X. C'est ce qu'on appelle la fluorescence X ou émission secondaire de rayons X. Le spectre des rayons X émis par l'échantillon va être caractéristique de la composition de celui-ci. En analysant le spectre, on peut en déduire la composition élémentaire, c'est-à-dire les concentrations massiques en éléments.



Figure 22 et 22 bis: Dispositif de spectrométrie de fluorescence X utilisé lors de notre étude et détail de la lunette lors de l'analyse de Sand 4

En pratique, l'échantillon étudié va être placé sur la lunette de l'appareil mesurant 8 mm (figures 22 et 22 bis). Une fois le capot fermé, la pierre est soumise aux rayons X pour une durée de 120 secondes d'acquisition. La composition élémentaire est ensuite directement retransmise sur l'appareil, ou bien sur l'ordinateur relié à l'appareil dont les données sont analysées par le logiciel NDT.

Cet appareil permet donc d'obtenir le détail atomique ainsi que la concentration massique de chaque élément composant l'échantillon. Cependant, les données obtenues ne peuvent souvent pas être utilisées telles quelles et doivent faire l'objet de traitements. En premier lieu, il faut prendre en compte que les éléments trop légers tels que l'oxygène, le fer ou le sodium ne peuvent pas être détectés par l'appareil. Ils sont donc classés dans la catégorie « Bal » (Balance) indiquant le pourcentage d'oxygène et d'éléments trop légers non identifiés par l'appareil (figure 23). D'autre part, lors de nos analyses, un défaut de calibration incluait le potassium et le phosphore dans la plupart de nos résultats, provoquant des erreurs de composition. Ces rajouts ont été retranchés de nos résultats. D'autre part, le faisceau X de l'appareil mesurant 8 mm de diamètre, il arrive souvent que lors de l'analyse de petites pierres, soit incluse la composition de la monture métallique dans les résultats. Un certain nombre d'éléments provenant de la monture de la bague doivent donc être retirés de la présentation de nos résultats. Enfin, afin de pouvoir utiliser nos données de façon pertinente, il a fallu retranscrire les résultats en valeur

d'oxyde, afin de pouvoir procéder aux comparaisons nécessaires avec les publications déjà faites dans le domaine.

Afin de bien comprendre le processus de traitement des données obtenues par fluorescence de spectrométrie XRF, nous retranscrivons ci-dessous les étapes de correction des données afin que celles-ci deviennent exploitables pour notre étude. Nous prenons l'exemple des analyses faites sur la pierre centrale de Sand 1 :

Tout d'abord nous retranscrivons les résultats bruts obtenus :

Résultats bruts obtenus lors de l'étude XRF de la pierre centrale de Sand 1 :

Elément	Présence en %	Elément	Présence en %
Sn	0,008	Rb	0,003
Sn Error	0,001	Rb Error	0,001
Ag	0,195	Bi	0,013
Ag Error	0,008	Bi Error	0,004
Bal	72,601	Pb	0,016
Bal Error	0,987	Pb Error	0,006
Mo	0,108	Cr	0,004
Mo Error	0,006	Cr Error	0,001
Nb	0,024	Ti	0,010
Nb Error	0,002	Ti Error	0,001
Zr	0,027	Al	26,956
Zr Error	0,003	Al Error	0,992
Sr	0,007		
Sr Error	0,001		

Figure 23: Tableau des résultats bruts obtenus lors de l'étude XRF de la pierre centrale de Sand 1

De nombreux éléments parasites de la monture ont été détectés par l'appareil (figure 23). Nous devons donc supprimer tous les éléments n'appartenant pas à la composition probable de la gemme :

Éléments conservés pour l'étude XRF de la pierre centrale de Sand 1 :

Elément	Présence en %	Présence en % corrigés
Bal	72,601	72,914
Al	26,956	27,072
Ti	0,010	0,01
Cr	0,004	0,004
Total	99,571	100

Figure 24: Tableau des éléments sélectionnés pour notre étude et correction des valeurs ramenées sur 100

Les résultats obtenus sont donnés en pourcentage d'éléments (figure 24). Afin de procéder à la

comparaison des données de référence pour chaque gemme, nous devons traduire nos résultats en valeurs d'oxyde. Ce résultat est ensuite ramené à 100 (figure 25) :

Résultats corrigés en valeurs d'oxyde pour l'étude XRF de la pierre centrale de Sand 1

	Valeurs d'oxydes	Valeurs d'oxydes en %
Al₂O₃	51,15	99,94
TiO₂	0,02	0,04
Cr₂O₃	0,01	0,02
Total	51,18	100

Figure 25: Tableau des éléments convertis en oxydes et correction des valeurs ramenées sur 100

Les valeurs données sont en pourcentage d'éléments afin de pouvoir comparer les données obtenues avec les données de référence.

III RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1. Sand 1 : « saphir incolore sur fond rosé, avant 1867 » selon le cartel du musée

1-1 Analyses de gemmologie conventionnelle

- Observations à la loupe 10x, à la loupe binoculaire et mesures au leveridge :



Figure 26: Sand 1 : Détail de la pierre centrale à la loupe binoculaire (grossissement 6,5x) formé par quatre prises de vues assemblées

L'observation de la monture à la loupe 10x (figure 26) révèle l'utilisation de deux métaux aux teintes différentes, argenté pour le sertissage et doré pour le corps de bague. Aucun poinçon de maître ou de titre n'est présent pour nous renseigner sur la nature des métaux utilisés pour la monture. D'après les données historiques présentées en première partie, il serait probable que cette bague ancienne soit en or et argent comme elles étaient couramment réalisées jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle. Nos études tenteront de le confirmer. Le corps de bague montre des traces de mise à taille ainsi que des soudures à l'étain à la base du chaton nous laissant penser qu'il a pu être changé ou avoir subi des modifications postérieurement (figure 27).



Figure 27 et 27 bis: Sand 1 : détail de la monture de Sand 1, traces de mise à taille et soudures à l'étain et détail des diamants en entourage observés à la loupe binoculaire (grossissement 6,5x)

La pierre centrale observée aux loupes 10x et binoculaire présente une taille non conventionnelle avec une large table et des petites facettes sur les côtés de la pierre, ne respectant pas, à l'œil, les proportions de la taille ovale actuelle. La couronne est également très plate. Une ébréchure est visible sur un côté de la pierre ainsi que quelques rayures (figure 18). Le sertissage ne permet malheureusement pas une bonne observation de la pierre du fait que celle-ci soit enfermée dès le feuilletis dans sa monture de métal. La mesure des dimensions de la pierre au leveridge sont de ce fait approximativement de 12x9,5 mm. En utilisant les formules de calcul de poids théorique, on obtiendrait un poids de 5,8 carats environ. Ces mesures sont toutefois à considérer avec prudence du fait de l'absence de précision dans les mesures et de la taille non-conventionnelle de la gemme. L'observation de la pierre révèle **un aspect « flou »** rendant difficile la recherche d'inclusions caractéristiques. Autre élément important, la pierre de couleur rouge présente un **défaut de couleur** au niveau d'une arête de la culasse, aisément visible par la table à l'œil nu (figure 28). L'observation à la loupe 10x et à la binoculaire permet toutefois une bonne lisibilité des pierres jaunes en entourage qui présentent une taille ancienne avec colette coupée (visible par la table) ainsi qu'une culasse très haute.



Figure 28: Sand 1 défaut de couleur visible au niveau d'une arête de la culasse

- Mesure des indices de la pierre centrale au réfractomètre



Figure 29: Sand 1: Lecture des indices de la pierre centrale au réfractomètre

Indices lisibles au réfractomètre				
Np : (petit indice)	1.765	1.765	1.765	1.765
Ng : (grand indice)	1.772	1.770	1.770	1.772
Δn : (biréfringence)	0,007			

Figure 30: Sand 1: Tableau des indices obtenus au réfractomètre

Avec des indices compris entre 1,765 et 1,772 et une biréfringence de 0,007, on est bien en présence des données caractéristiques du **corindon**, sans doute possible avec un autre type de gemme (figures 29 et 30).

Le réfractomètre ne peut pas être utilisé pour les pierres en entourages, trop petites, qui ne présentent pas une surface suffisante pour une prise d'indice. D'autre part, on cherche à déterminer si les pierres en entourage sont bien des diamants ou non. Cet appareil n'est pas qualifié pour permettre l'identification des diamants puisque l'indice des diamants (2,418) est supérieur à l'indice maximal lisible au réfractomètre (1,79).

- Analyse des pierres en entourage au testeur diamant

Une fois soumis au testeur diamant, toutes les pierres en entourage répondent **positif**. La pierre centrale fait également réagir le testeur sans toutefois le faire bipper comme un diamant.

- Observation du comportement des pierres sous lumière UV- UVs longs (365 nm) puis UVs courts (254 nm)



Figure 31: Sand 1 : Comportement des pierres de Sand 1 soumis aux UVs longs (365 nm) puis aux UVs courts (254 nm)

Sous les UVs longs (365 nm), toutes les pierres en entourage fluorescent, la pierre centrale apparaît très légèrement rosée (figure 22). En revanche, on n'observe pas ou peu de fluorescence pour la pierre centrale soumise aux UVs courts (254 nm). Quelques pierres en entourage fluorescent, la pierre centrale apparaît très légèrement rosée.

- Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie conventionnelle

A l'issue de cette première série d'analyses à l'aide des outils de gemmologie conventionnelle, nous pouvons déjà dégager quelques éléments d'identification que nous récapitulons en figure 32:

Tableau des résultats obtenus lors de nos analyses de gemmologie conventionnelle pour Sand 1 :

Appareils	Résultats observés	
	Pierre centrale	Pierres en entourage
Loupe, loupe binoculaire et leveridge	Taille non conventionnelle aspect « flou » défaut de couleur au niveau d'une arête	Taille ancienne avec colette coupée
Réfractomètre	Indices du corindon	Pas de prise d'indices possible
Testeur diamant	Le testeur réagit légèrement	Toutes les pierres réagissent positivement
UVs longs (365 nm)	Légère teinte rosée	Toutes les pierres fluorescent
UVs courts (254 nm)	Teinte rosée à peine visible	Quelques pierres de l'entourage fluorescent

Figure 32: Sand 1 : Tableau récapitulatif des informations obtenues à l'aide des appareils de gemmologie conventionnelle

Concernant la pierre du centre, la gamme d'indices et la biréfringence obtenue nous orientent sans doute possible vers **un corindon**. Cette identification est soutenue par le fait que le testeur diamant réagisse légèrement à la conductivité de la pierre. Cependant, à ce stade, **les analyses ne nous permettent pas de trancher entre saphir et rubis**. Le comportement de la pierre aux UVs longs et courts ne nous donne pas plus d'éléments pour trancher entre l'une ou l'autre des conclusions. S'il s'agit d'un rubis, on attend la couleur rouge vif illustrée en figure 11. Toutefois, les rubis ferreux produisent une luminescence faible à inerte. S'il s'agit d'un saphir chromifère, on attendrait une couleur rose orange aux UVs longs et un comportement inerte aux UVs courts. Les saphirs ferrifères ont également un comportement inerte aux UVs, le fer étant « poison de fluorescence ».

L'observation des pierres en entourage à la loupe et à la binoculaire, leur réaction **positive** au testeur diamant et leur fluorescence sous lumière UV nous permet de les identifier comme **des diamants anciens**. La corrélation entre tous ces éléments avec les données historiques dont nous disposons pour

cette bague est suffisante pour valider cette identification. Leur taille particulière observée à la loupe 10x et à la loupe binoculaire permet de les rapprocher de la taille Peruzzi, inventée à la fin du XVII^{ème} siècle par le vénitien Vincenzo Peruzzi. Nous reviendrons en partie IV sur les détails de cette taille.

1-2 Analyses de gemmologie scientifique

La gemmologie conventionnelle nous a permis de déterminer que la bague présentait un corindon dans un entourage de diamants. Cependant, elle ne nous permet pas de trancher entre l'hypothèse historique d'un rubis et celle découlant des analyses plus récentes identifiant la pierre comme étant un « saphir sur fond rose ». Pour pouvoir trancher entre saphir et rubis, nous devons pousser plus loin les analyses structurales et élémentaires de la pierre.

- Éléments d'analyses structurales pour le corindon et le diamant

Dans la structure du corindon de formule Al_2O_3 , chaque atome d'aluminium est relié à six atomes d'oxygène (on parle de coordinance 6, octaédrique) formant ainsi la maille élémentaire du corindon (figure 33).

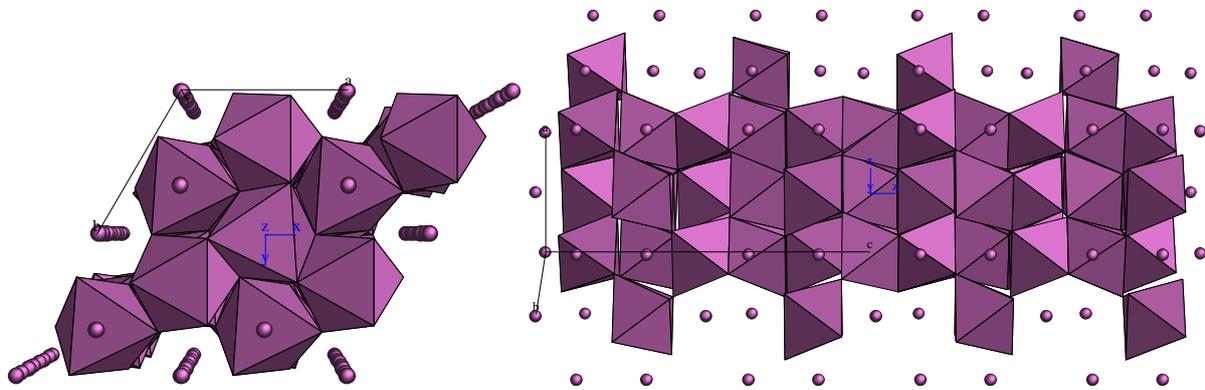


Figure 33: Structure du Corindon Al_2O_3 selon différentes orientations: 1) parallèle au plan (001); 2) sub-parallèle au plan (010)

Les corindons présentant une telle structure apparaissent incolores à l'œil. En d'autres termes, la structure Al_2O_3 ne présente aucune absorption du spectre de la lumière blanche, celle-ci est retransmise dans sa totalité, la gemme apparaît donc incolore ou « blanche » à l'œil.

Pour qu'une couleur apparaisse, il faut donc que la structure soit ponctuée d'éléments chromogènes, constitués par des ions de substitution dans le cas du corindon tels que le fer, le chrome ou le titane. Ces ions de substitution sont dits « allochromogènes » dans la mesure où ils ne rentrent pas dans la formule structurale du corindon mais sont présents dans la structure atomique en tant qu'éléments traces, présentant ainsi une très faible concentration. La différence entre saphir et rubis se fait donc dans la présence en très faible quantité de ces éléments chromogènes dans la pierre, fer et titane pour le saphir, chrome pour le rubis.

Lors de nos analyses de spectrométrie Raman pour le corindon de formule Al_2O_3 , on cherche à repérer les raies typiques de vibration Al-O pour un groupement octaédrique $[AlO_6]$, caractérisé notamment par une raie Raman principale à 418 cm^{-1} . Ces analyses vont tout viser à confirmer notre identification de la pierre centrale de Sand 1 comme étant un corindon.

La structure du diamant est formée uniquement d'atomes de carbone reliés entre eux en coordinance 4 dite tétraédrique (figure 25).

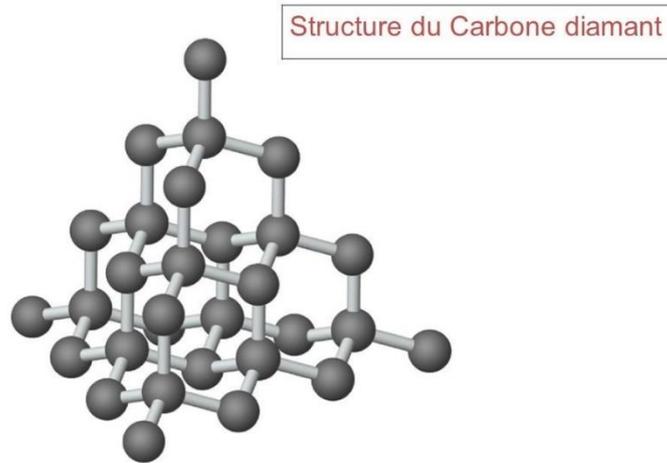


Figure 34: Représentation de la structure du diamant (source : cours de Chimie Minérale sur <http://slideplayer.fr>). Chaque carbone à une coordinance 4 tétraédrique.

De ce fait, une seule énergie de vibration est possible permettant lors des analyses de spectrométrie Raman de dégager une seule raie à 1332 cm^{-1} comme signature spectrale.

- Analyses de spectrométrie Raman 532 nm

Nous décidons de débuter les analyses avec un laser d'excitation à 532 nm.

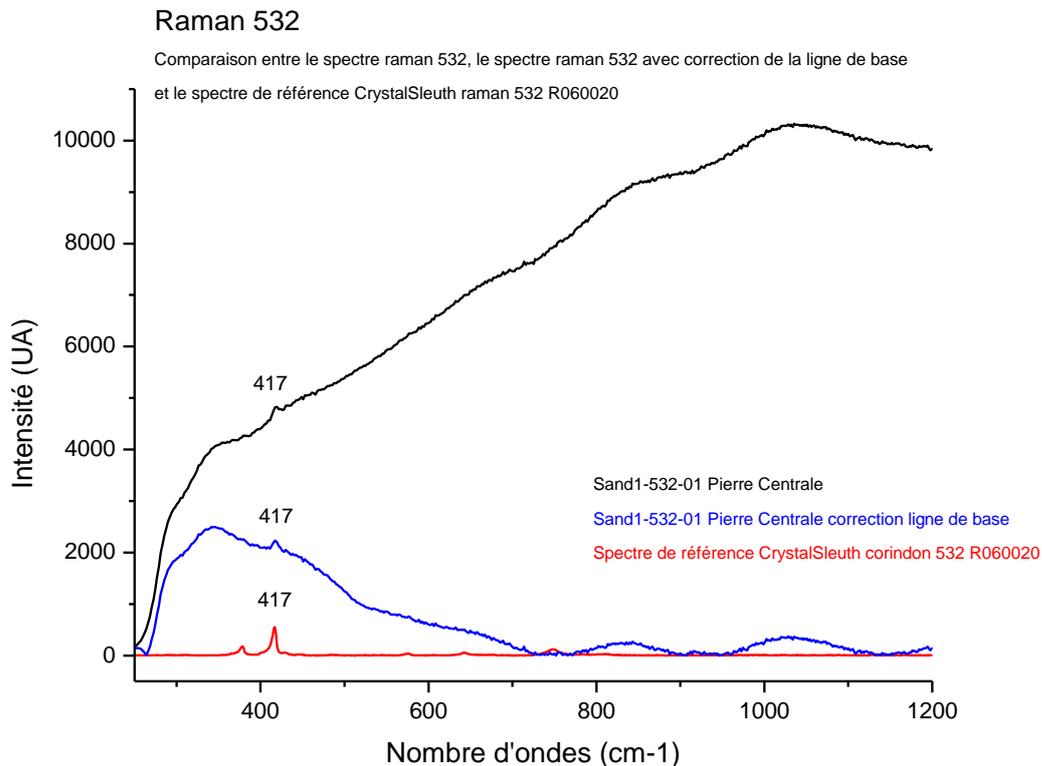


Figure 35: Sand 1 : Comparaison entre le spectre raman 532 de la pierre centrale, le spectre raman 532 avec correction de la ligne de base et le spectre de référence CrystalSleuth pour le corindon 532 R060020

Le spectre obtenu (figure 26) révèle une luminescence émise par la pierre entraînant une intensité trop importante (culminant à 10 000 coups) et rendant les données difficilement exploitables. Cependant, malgré cette forte luminescence, il est possible de repérer un léger pic Raman à 417 cm^{-1} commun aux trois spectres comparés, qui confirmerait l'identification de la pierre comme étant un corindon.

Nous décidons de changer l'excitation du laser pour tenter d'obtenir de meilleurs résultats.

- Analyses de spectrométrie Raman 785

Concernant la pierre centrale :

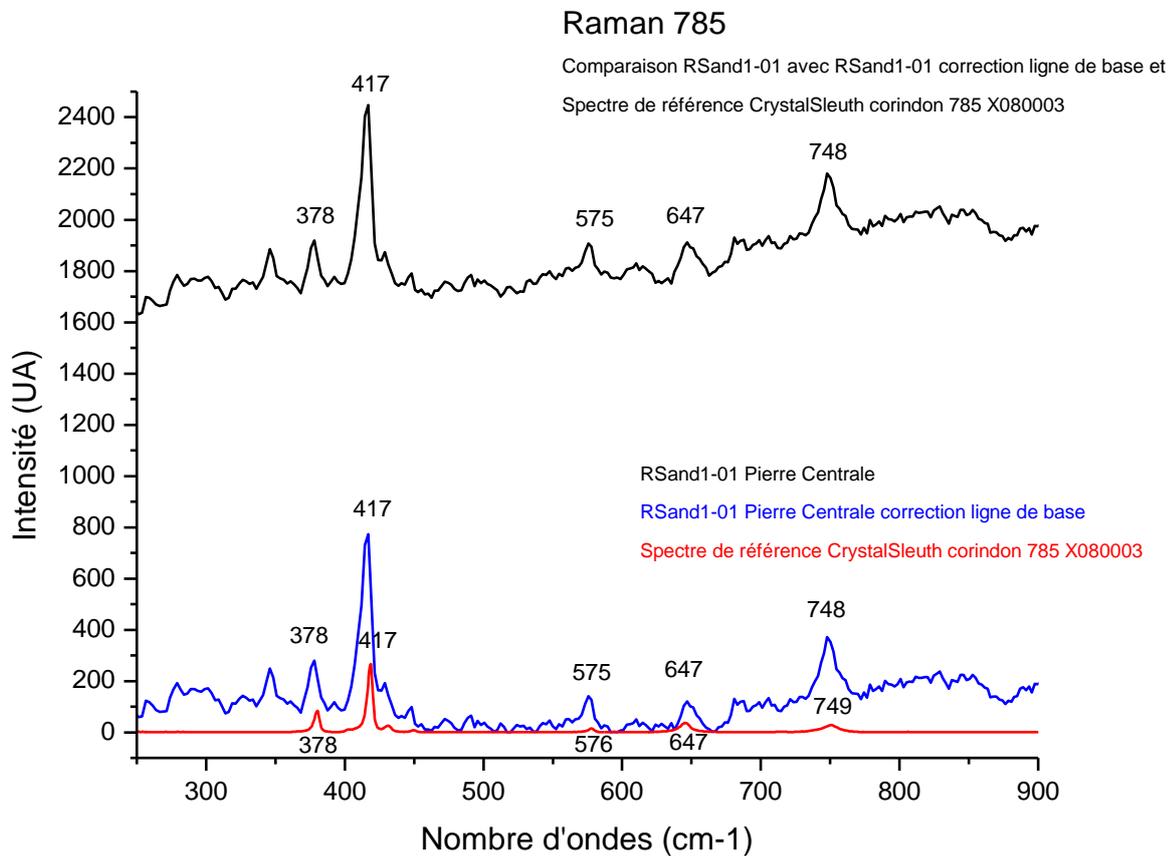


Figure 36: Sand 1 : Comparaison entre le spectre Raman 785 de la pierre centrale, le spectre Raman 785 avec correction de la ligne de base et le spectre de référence CrystalSleuth pour le corindon 785 X080003

L'utilisation du laser excité à 785 nm offre des résultats plus probants puisque non soumis à luminescence (figure 36). Elle permet de mettre en évidence six raies Raman communes entre le spectre obtenu par spectrométrie Raman 785 et le spectre de référence CrystalSleuth pour le **corindon**, dont la raie principale caractéristique à 417 cm^{-1} . Cette corrélation permet d'appuyer notre identification de la pierre centrale comme étant un corindon, déjà identifiée à l'aide du réfractomètre. Afin de trancher entre saphir et rubis, nous devons nous intéresser à la composition élémentaire de la pierre et donc pousser plus loin les analyses.

Concernant les pierres en entourage :

Les analyses de gemmologie conventionnelles nous ont déjà permis de valider l'identification des pierres en entourage comme étant des diamants. Nous cherchons à confirmer cette identification par les informations structurales que nous donne la spectrométrie Raman. Lors de nos études, aucune fluorescence n'est émise par les diamants en entourage et les mêmes résultats sont obtenus entre les excitations 532 et 785 nm. Nous présentons ici le spectre obtenu au Raman 785.

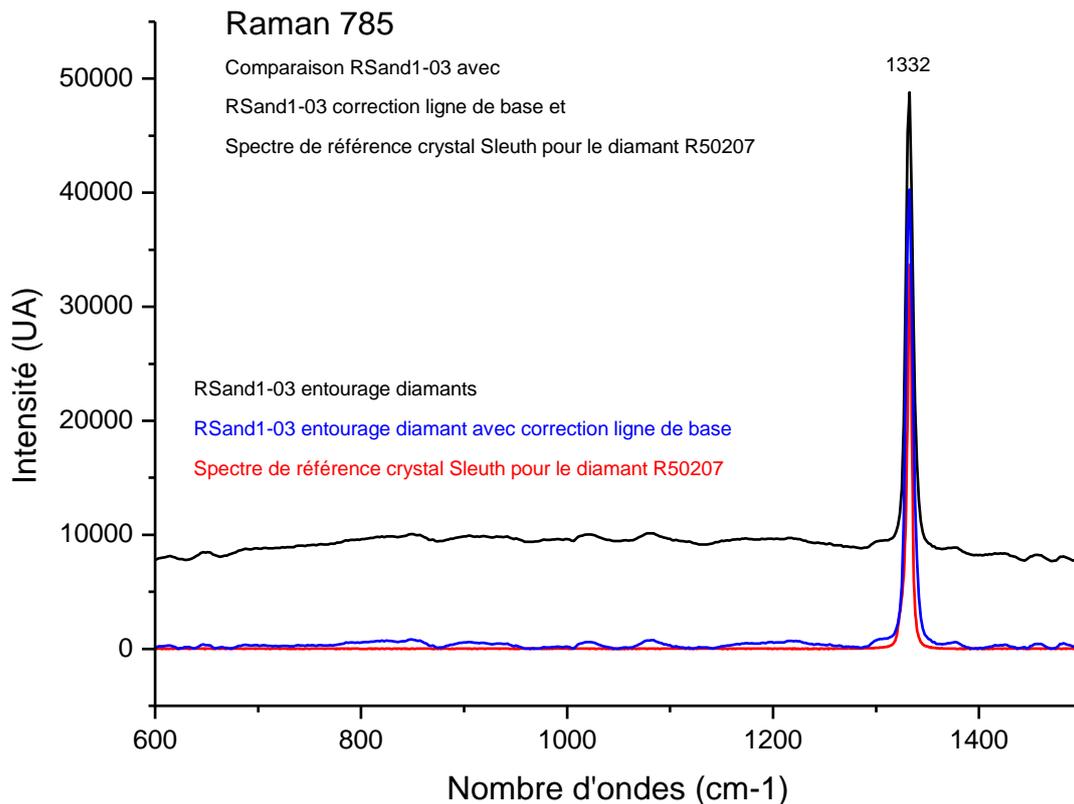


Figure 37: Sand 1 : Comparaison entre le spectre Raman 785 d'une des pierres en entourage, le spectre Raman 785 avec correction de la ligne de base et le spectre de référence CrystalSleuth pour le diamant R50207

Les résultats obtenus (figure 37) permettent de mettre en évidence une seule raie commune à 1332 cm^{-1} entre le spectre de référence CrystalSleuth pour le diamant et le spectre étudié. Nous retrouvons donc bien là la signature vibrationnelle du groupement carbone du diamant. Les analyses de spectrométrie Raman confirment les conclusions obtenues à l'aide des outils de gemmologie conventionnelle et permettent d'identifier **les pierres en entourage comme étant des diamants**.

- Analyses de spectrométrie d'absorption visible-infrarouge en réflexion diffuse

Si nous avons pu identifier avec certitude les pierres en entourage comme des diamants anciens, il nous reste à déterminer si le corindon central est un rubis ou un saphir. Pour ce faire, nous nous intéressons maintenant à la question de savoir quelles longueurs d'ondes sont absorbées par la gemme et quelles longueurs d'ondes sont transmises, ce qui permettrait de déterminer la couleur visible de la gemme.

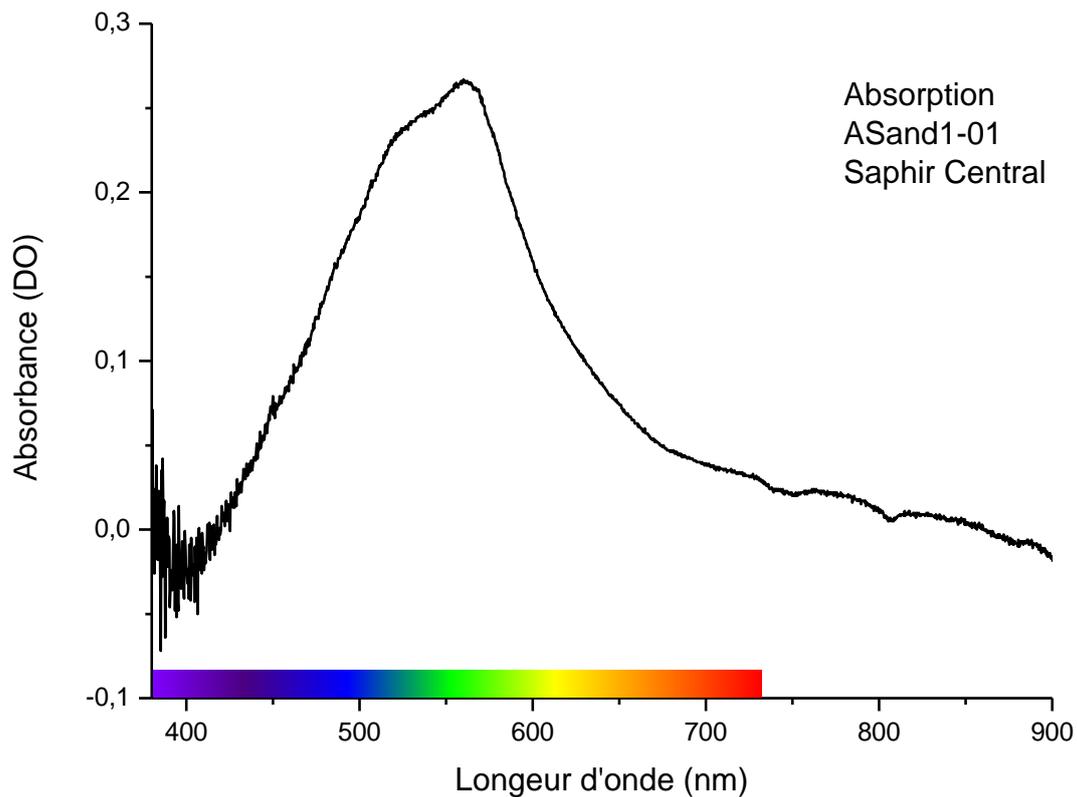


Figure 38: Sand 1 : Spectre d'absorption obtenu par spectrométrie d'absorption visible-infrarouge en réflexion diffuse pour la pierre centrale

Le spectre obtenu met en évidence une fenêtre de transmission entre 450 nm et 650 nm, culminant à 550 nm environ ainsi qu'une zone d'absorption entre 650 et 800 nm (figure 38). En d'autres termes, la pierre centrale transmet les longueurs d'ondes correspondant au bleu-vert et absorbe au contraire les longueurs d'ondes correspondant au jaune-rouge. Ces résultats permettent de rapprocher l'absorption de notre pierre centrale, avec l'absorption typique des saphirs d'origine métamorphique, due à la présence des éléments fer et titane (figure 39).

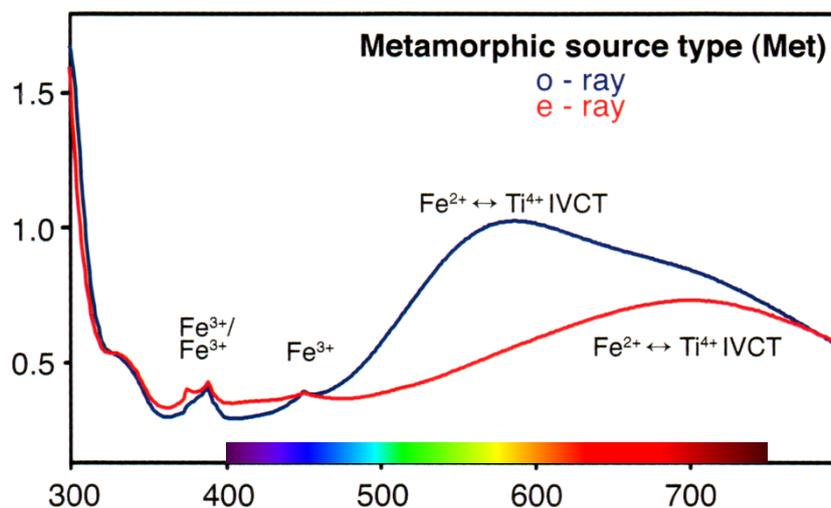


Figure 39: Spectre d'absorption typique d'un saphir d'origine métamorphique (C. P. Smith (AGL), Inside Sapphires. Rapoport Diamond Report, 2010, 33, 7) montrant la bande d'absorption Fe-Ti à 575 nm.

La présence de cette fenêtre de transmission dans le bleu-vert, bien qu'étant de faible intensité (max. 0,28 de densité optique OD environ) nous livre donc des informations précieuses pour notre étude.

Selon ces résultats, la pierre devrait apparaître légèrement bleutée à l'œil et non rouge comme elle nous apparaît réellement. Il s'agirait donc d'un saphir légèrement bleuté et non d'un rubis. Nous poussons plus loin les analyses élémentaires afin de confirmer ces résultats.

- Analyses de fluorescence X (XRF)

Concernant la pierre centrale :

Résultats XRF de la pierre centrale de Sand 1 :

	Valeurs d'oxydes	Valeurs d'oxydes corrigées (%)
Al2O3	51,15	99,94
TiO2	0,02	0,04
Cr2O3	0,01	0,02
Total	51,18	100

Figure 40: Sand 1 : Résultats d'analyse élémentaire par fluorescence XRF portable pour la pierre centrale

Les données obtenues mettent en évidence la prédominance d'oxyde d'aluminium, cohérente pour le corindon de formule Al_2O_3 , ainsi que la présence de titane et du chrome comme élément trace (figure 40). Selon le principe de substitution couplée, la présence de titane induit la présence de fer puisque les deux éléments se lient entre eux pour se substituer à l'atome d'aluminium tout en gardant la neutralité du groupe (figure 41). Les analyses révèlent également la présence de chrome en très faible quantité. Il s'agit donc selon ces analyses d'un corindon contenant légèrement du titane et du fer, et très légèrement du chrome.

Principe de la substitution couplée :

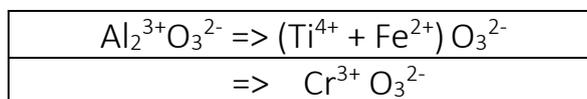


Figure 41: Principe de la substitution couplée de l' Al^{3+} par le $Fe^{2+} + Ti^{4+}$ dans le saphir et substitution de l' Al^{3+} par le Cr^{3+} dans le rubis

Concernant la monture :

Résultats XRF de la monture de Sand 1 :

Métal	Présence en %	Résultats corrigés (sur 100)
Au	71,316	71,34
Cu	19,128	19,14
Ag	8,76	8,76
Zn	0,76	0,76
Total	99,964	100

Figure 42: Sand 1: résultats des analyses de fluorescence X pour la monture

Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence la composition de l'alliage de la monture constituée à 71.3 % d'or, 19.1 % de cuivre, 8.8 % d'argent ainsi que des traces de zinc (figure 42). Ces données permettent d'identifier la monture comme de l'or à 713 ‰ correspondant à de l'or jaune 17 K.

- Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique

Suite à nos différentes études, nous parvenons aux résultats suivants (figure 43) :

Tableau des résultats obtenus lors de nos analyses de gemmologie scientifique pour Sand 1 :

Appareils	Résultats observés	
	Pierre centrale	Pierres en entourage
Spectrométrie Raman 785 nm	Courbe obtenue correspond à celle du corindon (6 pics caractéristiques dont celui à 417 cm ⁻¹)	Courbe obtenue correspond à celle du diamant (pic à 1332 cm ⁻¹)
Spectrométrie d'absorption	Bande d'absorption correspondant à la présence de Fe+Ti	Pas de de mesure possible
Spectrométrie de Fluorescence X	Légère présence de titane et fer, très légère présence de chrome	Pas de de mesure possible

Figure 43: Sand 1 : Tableau récapitulatif des informations obtenues à l'aide des appareils de gemmologie scientifique

Pour l'identification de la pierre centrale, nous partions de deux hypothèses distinctes : l'une, historique, présentant la pierre comme « un rubis entouré de brillants jaunes », l'autre, plus récente, l'identifiant comme « saphir incolore sur fond rosé ». La gemmologie conventionnelle nous a permis d'identifier l'entourage comme étant des diamants taille ancienne et la pierre centrale comme un corindon. Aucun outil conventionnel ne permet en revanche de trancher entre l'une ou l'autre des hypothèses.

En poussant plus loin les analyses structurales et élémentaires de la pierre centrale à l'aide d'outils de gemmologie scientifique portatifs tels que le spectromètre Raman, l'absorption par sphère intégrante ou la spectrométrie de fluorescence X, nous avons pu d'une part confirmer l'identification de l'entourage comme étant des diamants, et d'autre part, obtenir plus d'informations sur la pierre centrale. Le Raman 785 confirme la nature de corindon déjà identifiée au refractomètre. La spectrométrie de fluorescence X nous révèle la présence de titane et fer en faible concentration, mais aussi de chrome, en infime concentration. Enfin, la spectrométrie d'absorption permet de mettre à jour la couleur que devrait montrer la pierre seule, non montée. La fenêtre de transmission dans la zone bleu-vert (entre 450 et 650 nm) ne laisse plus de doute possible : **la pierre centrale est un saphir très légèrement bleuté apparaissant rouge à l'œil du fait d'un artifice.**

Nous pouvons donc rejeter l'identification historique de la pierre comme étant un rubis. L'hypothèse plus récente du « saphir incolore sur fond rose » peut également être corrigée comme suit : « **saphir légèrement bleuté, monté sur paillon rouge afin de donner l'illusion d'un rubis rouge vif** ». La couleur étant de faible intensité, ces analyses peuvent nous aider à comprendre pourquoi avoir fait le choix de mettre un paillon sous ce saphir dont la taille est intéressante mais dont la couleur bleu très clair ne devait présenter qu'un faible intérêt esthétique. Nous donnerons plus d'informations sur le système du paillon en partie IV.

2. Sand 2 « argent, grenat » selon le cartel du musée

2-1 Analyses de gemmologie conventionnelle

- Observations à la loupe x10 et à la loupe binoculaire



Figure 44 et 44 bis : Sand 2: Grenat gauche et grenat droit observés à la loupe binoculaire (grossissement 6,5x)

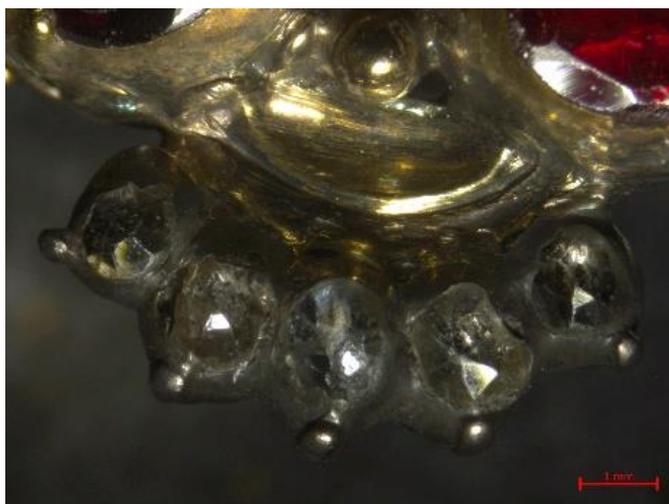


Figure 45: Sand 2: Pierres incolores taillées en rose, formant la couronne de la bague observées au microscope (grossissement 6,5x)

Comme nous l'avons vu en partie I, les pierres rouges sont identifiées par le cartel du musée comme des grenats. Il n'est pas fait mention des pierres de la couronne. L'observation des « grenats » à la loupe 10x et à la loupe binoculaire révèle un degré d'égrisure des arêtes relativement peu marqué pour une bague ancienne indiquant une dureté plutôt élevée (au-dessus de 5-6) (figure 44 et 44 bis). Comme pour la première bague de notre étude, nous retrouvons l'**aspect « flou »** rendant difficile l'observation d'éventuelles inclusions. Les pierres de la couronne présentent une faible brillance (figure 45).

- Analyse des pierres au testeur diamant

L'utilisation de cet appareil nous intéresse particulièrement pour l'analyse des pierres blanches formant la couronne de la bague pouvant être des diamants taillés en rose. Après avoir testé les cinq pierres, on n'observe **aucune réaction du testeur diamant**. Selon cet appareil, nous ne serions donc pas en présence de diamants mais de pierres d'imitation. Aucune réaction du testeur diamant n'est observée au contact des pierres rouges. Ceci nous donne l'indication que nous ne serions pas en présence de corindon bien que ces conclusions doivent être appuyées par d'autres études.

- Observation du comportement des pierres sous lumière Ultraviolette (UVs longs 365 nm et UVs courts 254 nm)

Une fois soumise à la lumière ultraviolette, **aucune fluorescence n'est observée pour Sand 2**. Les analyses de fluorescence tendraient donc à confirmer qu'il ne s'agit pas de rubis pour les pierres rouges, et qu'il ne s'agit pas de diamants pour les pierres blanches de la couronne. En effet, dans les deux cas on attendrait une réaction à l'exposition UV, une couleur rouge vif pour les rubis dans le cas où ils seraient

chromifères et une couleur bleu électrique pour les diamants. Cependant, des éléments extérieurs aux pierres peuvent fausser les observations des comportements des gemmes sous lumière ultraviolette. Dans cette mesure, ces analyses ne sont pas suffisantes pour arriver à une identification des différentes pierres.

- Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie conventionnelle

Tableau des résultats obtenus lors de nos analyses de gemmologie conventionnelle pour Sand 2 :

Appareils	Résultats observés	
	« grenats »	Pierres de la couronne
Loupe et binoculaire	Aspect « flou » Faibles égrisures	Taille rose Faible brillance
Testeur diamant	Test négatif	Test négatif
Lumière UV	Pas de fluorescence	Pas de fluorescence

Figure 46: Sand 2 : Tableau récapitulatif des informations obtenues à l'aide des appareils de gemmologie conventionnelle

Suite à cette première série d'analyses, nous constatons que la gemmologie conventionnelle ne nous permet pas de déterminer avec exactitude la nature des pierres de Sand 2 (figure 46). Du fait de l'aspect « flou » des pierres rouges, aucune observation d'inclusion caractéristique n'est possible. Le testeur diamant réagissant de façon négative au contact de toutes les pierres, nous en déduisons que nous ne sommes en présence ni de diamants, ni de corindons. L'exposition des pierres à la lumière ultraviolette ne nous donne pas plus d'indication. **La gemmologie conventionnelle n'est donc pas suffisante pour parvenir à une identification formelle des pierres de Sand 2.**

Nous devons pousser plus loin les analyses structurales et élémentaires des pierres.

2-2 Analyses de gemmologie scientifique

Nous cherchons à déterminer si les deux pierres rouges sont véritablement des grenats, et si c'est le cas, à quel type de grenats ils appartiennent dans la grande famille des grenats. Pour cela, nous avons besoin d'avoir plus d'informations sur leur structure, et sur les éléments les composant.

- Analyse par spectrométrie Raman

Les analyses par spectrométrie Raman vont pouvoir nous donner des indications sur le type de structure organisant la pierre, cette structure vibrant de façon caractéristique une fois soumise au laser 785 ou 532 nm.

Tout d'abord, la question est de savoir si les deux « grenats » présentent des caractéristiques similaires. Nous superposons donc les données obtenues pour les deux « grenats » aux deux excitations différentes afin de pouvoir les comparer.

Comparaison des spectres obtenus pour les "grenats" droit et gauche au raman 785 et 532 nm

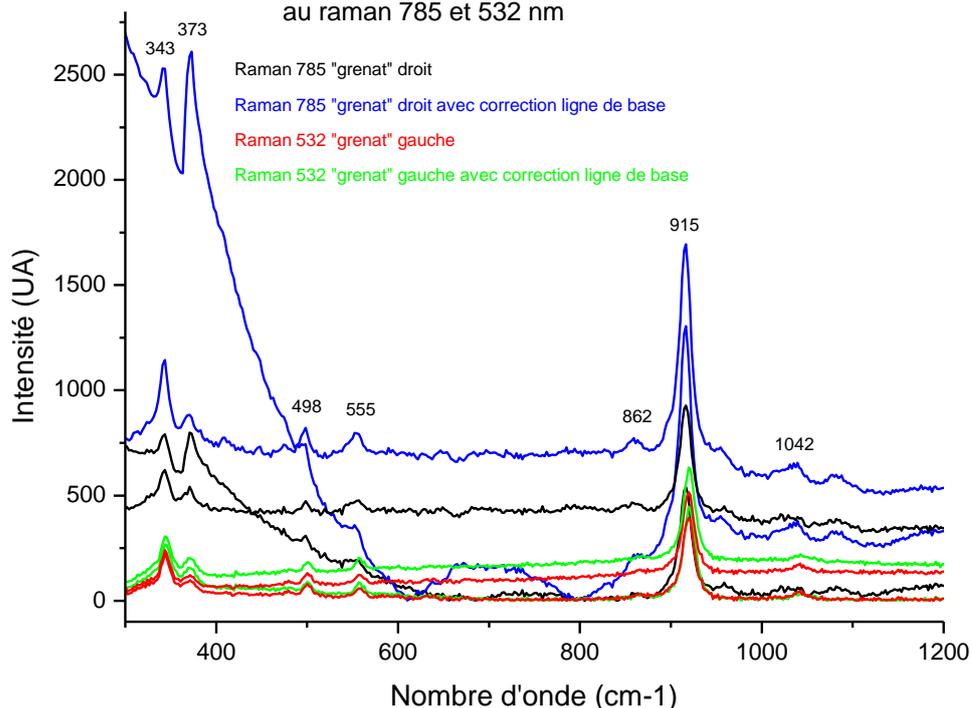


Figure 47: Sand 2 : Comparaison des spectres obtenus pour les « grenats » droit et gauche ainsi que leurs spectres corrigés de la ligne de base au Raman 785 et 532 nm

Avec sept pics caractéristiques communs entre les différentes courbes obtenues, nous observons une similarité pour les deux « grenats » ainsi qu’une absence de luminescence permettant d’obtenir des données facilement exploitables (figure 47). Nous choisissons d’utiliser les données obtenues par laser 785 nm pour la suite des analyses. Nous soumettons le spectre du « grenat » droit au logiciel CrystalSleuth afin de déterminer de quel spectre celui-ci se rapproche le plus.

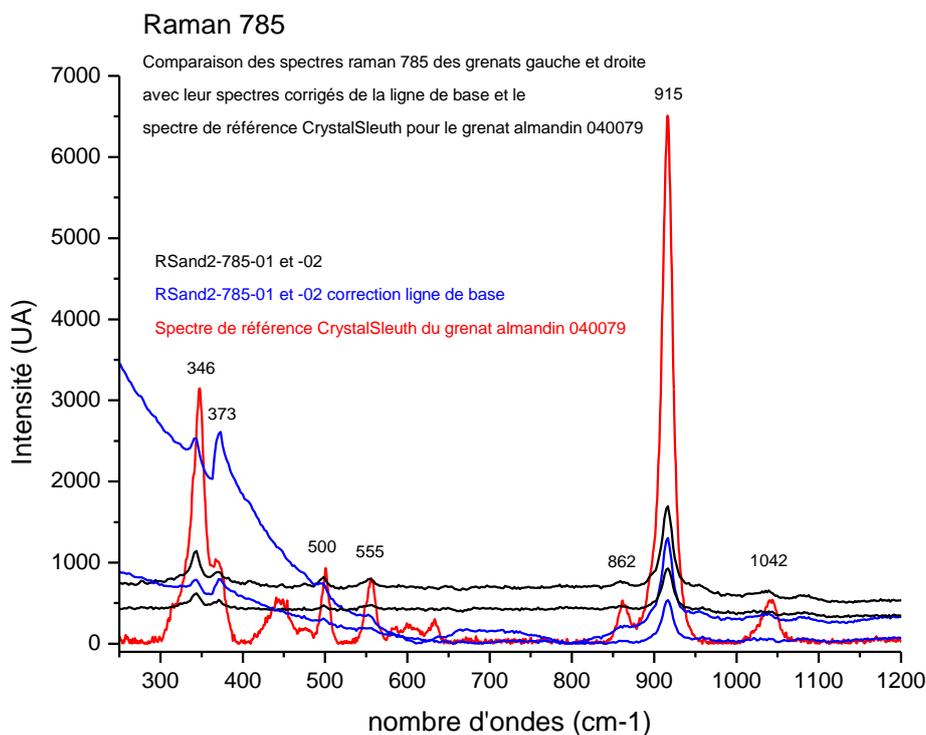


Figure 48: Sand 2 : Comparaison des spectres obtenus pour les « grenats » droit et gauche avec leurs spectres corrigés de la ligne de base et le spectre de référence CrystalSleuth pour le grenat Almandin 040079 au Raman 785

En comparant les spectres Raman 785 des deux « grenats » avec le spectre de référence CrystalSleuth n°040079 pour le grenat almandin (figure 48), on peut mettre en lumière au moins sept raies caractéristiques en commun. Cette analyse nous permet donc d'identifier les pierres rouges comme des grenats, et plus encore comme **des grenats almandins** constituant le pôle pur ferreux dans le diagramme de la famille des grenats (figure 49).

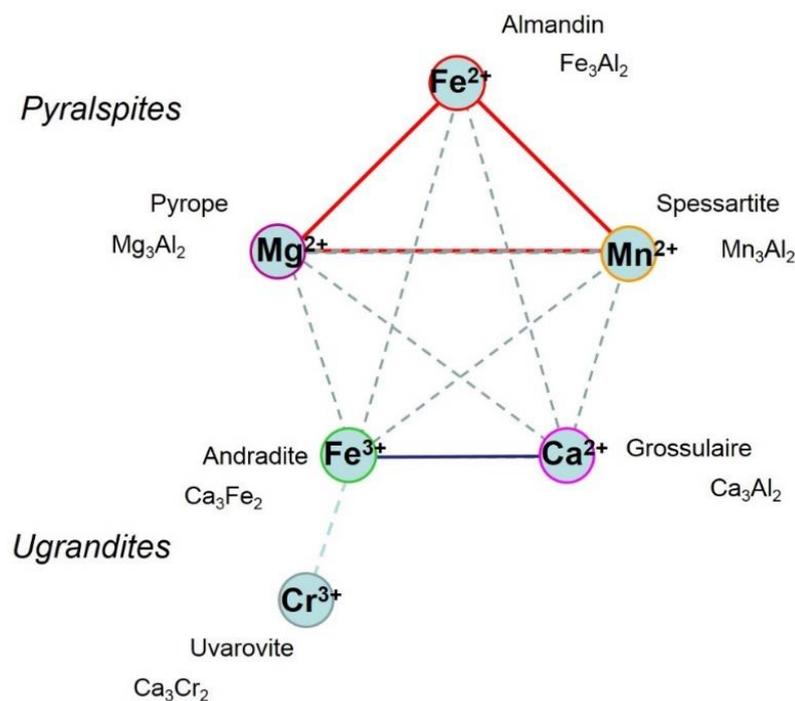
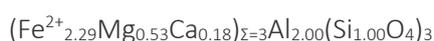


Figure 49: Schéma de la série continue des grenats

Le site RRuff permet d'avoir accès à la composition des spectres de référence donnés par CrystalSleuth. Nous trouvons la formule de composition suivante pour le grenat almandin 040079 utilisé en comparaison des spectres obtenus lors de notre étude:



Le spectre de référence présente donc un grenat à majorité almandin (présence de Fe), mais également légèrement pyrope (présence de Mg) et très légèrement grossulaire (présence de Ca). Nous devons pousser plus loin les analyses élémentaires de nos deux grenats afin de voir dans quelle mesure son rapprochement du spectre de référence 040079 est pertinent

- Analyse par spectrométrie de fluorescence X

Analyse des grenats :

Tableau des résultats obtenus lors de l'analyse de fluorescence X des grenats de Sand 2:

Eléments	Résultats XRF	Résultats en %	Oxydes	Valeurs d'oxydes	Valeurs d'oxydes (%)
Bal	29,741	38,103		0	0

Fe	24,657	31,590	FeO	40,64	40,12
Si	12,531	16,054	SiO2	34,343	33,9
Al	10,271	13,159	Al2O3	24,864	24,54
Mn	0,453	0,580	MnO	0,749	0,74
Ca	0,339	0,434	CaO	0,608	0,6
K	0,048	0,061	K2O	0,074	0,07
Cr	0,014	0,018	Cr2O3	0,026	0,03
Total	78,054	100		101,30	100

Figure 50: Sand 2: Analyse de spectrométrie de fluorescence X pour le grenat gauche

Les résultats de nos analyses étant similaires entre les deux grenats, nous choisissons de reproduire les données obtenues pour le grenat gauche (figure 50). Les résultats révèlent une prédominance d'oxyde de fer (40,1%) ainsi qu'une présence d'oxyde de manganèse (0,7%) et d'oxyde de calcium (0,6%).

Analyse de pierres de la couronne :

Tableau des résultats obtenus lors de l'analyse de fluorescence X des pierres de la couronne de Sand 2:

Elément	Présence en %	Présence en % corrigés
Bal	0	0
Zr	18,23	80,1
Si	4,53	19,9
Total	22,76	100

Figure 51: Sand 2: Résultats corrigés des analyses de spectrométrie de fluorescence X des pierres de la couronne

Lors de cette analyse aucune mesure de « balance » n'a été enregistrée. Les données obtenues ne peuvent donc être utilisées qu'en termes d'identification qualitative et non de composition quantitative. Nous donnons tout de même les valeurs obtenues à titre indicatif de proportions (figure 51). Nous notons une prédominance de zirconium et de silicium.

Analyse de la monture :

Les analyses de spectrométrie de fluorescence X ont été faites en deux endroits distincts de la monture.

Tableau des résultats obtenus lors de l'analyse de fluorescence X de la monture de Sand 2:

Métal	1^{ère} analyse en %	2^{ème} analyse en %
Ag	50,12	17,423
Au	38,51	50,49
Cu	10,237	12,765
Fe	0,717	0,497
Pb	0,273	13,45
Zn	0,143	0,391
Sn	0	3,752
Ir	0	1,231
TOTAL	100	100

Figure 52: Sand 2 : Résultats des analyses de spectrométrie de fluorescence X de la monture

Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence la composition de l'alliage de la monture constituée en certains endroits de 38.5 à 50.4% d'or, de 17.4 à 50.1% d'argent, 10.2 à 12.7% de cuivre ainsi que des traces de plomb, étain, iridium, fer et zinc (figure 52). Cette variation dans la teneur des éléments de la monture s'explique par les transformations subies par la bague au fil du temps. On note particulièrement la présence d'étain (Sn) utilisé pour les soudures.

- Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique :

Tableau des résultats obtenus lors de nos analyses de gemmologie scientifique pour Sand 2 :

Appareils	Résultats observés	
	Pierres rouges	Pierres blanches de la couronne
Spectrométrie Raman	Spectre du grenat almandin	Pas de mesure possible
Spectrométrie de Fluorescence X	Prédominance de Fe, présence de Mn et de Ca	Prédominance de Zr et de Si

Figure 53: Sand 2 : Tableau récapitulatif des informations obtenues à l'aide des appareils de gemmologie scientifique

Les résultats de spectrométrie Raman nous permettent d'identifier nos deux grenats comme des **almandins**. Nous retrouvons la prédominance de fer aux analyses de fluorescence X, confirmant cette identification (figure 43). La fluorescence X nous indique également leur caractère légèrement spessartite (présence de Mn) et grossulaire (présence de Ca). On note une variation dans la composition de nos grenats par rapport au spectre de référence donné par CrystalSleuth, celui-ci étant plutôt pyrope (présence de Mg) que spessartite (figure 54).

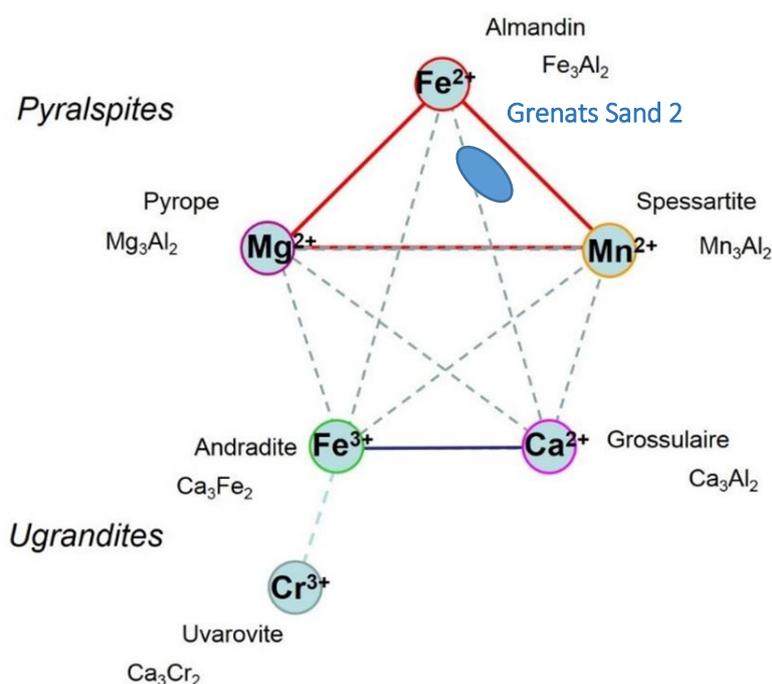


Figure 54: Sand 2: Placement des grenats dans le schéma de la série continue des grenats

Concernant les pierres de la couronne, la présence d'oxyde de silicium attestée par les analyses de fluorescence X permet de trancher entre le zircon de formule $ZrSiO_4$ et la zircone de formule ZrO_2 . Ces analyses permettent de déterminer la nature des pierres de la couronne comme étant des **zircons** de formule $ZrSiO_4$.

Enfin, les mesures faites pour la monture permettent de l'identifier comme de l'**or jaune allant de 9 à 12K**.

3. Sand 3 « or, écailles d'émeraudes, perles » selon le cartel du musée

3-1 Analyses de gemmologie conventionnelle

- Observations à la loupe x10 et à la loupe binoculaire



Figure 55 et 55 bis: Sand 3 « écailles d'émeraudes » et demi-perles en entourage observée à la loupe binoculaire (grossissement 6,5x)

L'observation des pierres à la loupe x10 et à la binoculaire (figures 55 et 55 bis) révèle d'importantes égrisures ainsi que des cassures de forme dite « conchoïdales » au niveau des « écailles d'émeraudes », telles qu'elles sont présentées dans le cartel du musée. Ces éléments nous orientent plutôt vers des pierres de faible dureté (en dessous de 5-6 sur l'échelle de Mohs). Les cassures attendues pour l'émeraude sont dites « inégales et légèrement conchoïdales », avec une dureté de 7,5 à 8 sur l'échelle de Mohs.

- Observation du comportement des pierres sous lumière UV- UVs longs (365 nm) puis UVs courts (254 nm)

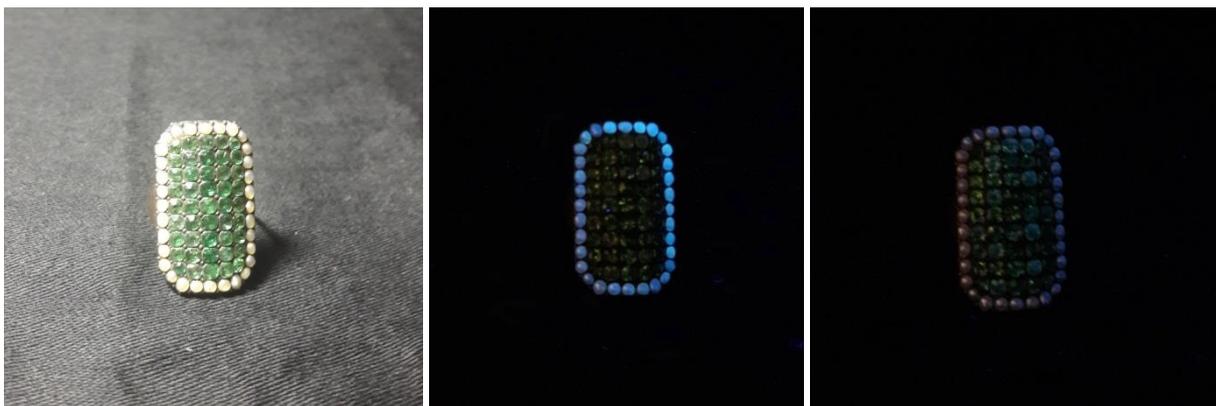


Figure 56: Sand 3 : Observation du comportement des pierres soumises aux UV longs (365 nm) puis aux UVs courts (254 nm)

Aux UVs longs, toutes les perles en entourage fluorescent bleu (figure 56). En revanche, aucune fluorescence n'est observée pour « écailles d'émeraudes ». Soumises aux UVs courts, les perles en entourage apparaissent très légèrement rosées. Aucune fluorescence n'est observée pour les « écailles d'émeraudes »

- Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie conventionnelle

Tableau des résultats obtenus lors de nos analyses de gemmologie conventionnelle pour Sand 3 :

Appareils	Résultats observés pour les « écailles d'émeraude »
Loupe et binoculaire	Fortes égrisures et cassures conchoïdales
Lumière UV	Aucune fluorescence observée

Figure 57: Sand 3 : Tableau récapitulatif des informations obtenues pour les « écailles d'émeraude » à l'aide des appareils de gemmologie conventionnelle

Pour l'étude de cette bague, seule la loupe et la loupe binoculaires nous sont vraiment utiles (figure 57). Les autres outils habituellement utilisés en gemmologie courante ne peuvent être utilisés. En effet, les pierres ne présentent pas de surface suffisamment grande et accessible pour une prise d'indice au réfractomètre et le polariscope n'est d'aucun secours du fait de la monture fermée sur laquelle sont montées nos « écailles d'émeraude ». Nous notons toutefois que les éléments observés à la loupe et à la loupe binoculaire nous orienteraient vers une identification des pierres vertes comme étant du verre plutôt que de l'émeraude. Nous poursuivons nos analyses afin de confirmer ces premières observations.

3-2 Analyses de gemmologie scientifique

- Eléments d'analyses structurales du béryl

La bague que nous étudions est présentée comme étant sertie « d'écailles d'émeraude » dans un entourage de perles. Or les analyses conduites grâce aux outils de gemmologie conventionnelle nous mènent à penser qu'il ne s'agirait pas d'émeraude mais plutôt de pierres en verre imitant l'émeraude. Nous cherchons donc à déterminer selon quelle structure les pierres sont organisées ainsi que leur composition élémentaire afin de pouvoir les identifier définitivement comme des émeraude ou comme des pierres d'imitation en verre.

L'émeraude appartient à la famille des béryls de formule $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ classés dans la famille des cyclo-silicates. Cette famille est caractérisée par une unité structurale en « anneaux » formés par des tétraèdres BeO_4 et des octaèdres AlO_6 reliés entre eux par des tétraèdres SiO_4 (figures 58 et 59).

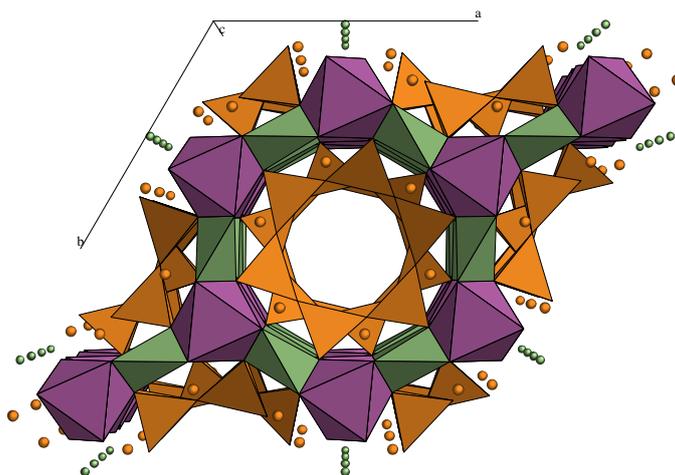


Figure 58: Structure du béryl (beige tétraèdre: $[\text{SiO}_4]$, violet octaèdre: $[\text{AlO}_6]$, vert tétraèdre $[\text{BeO}_4]$)

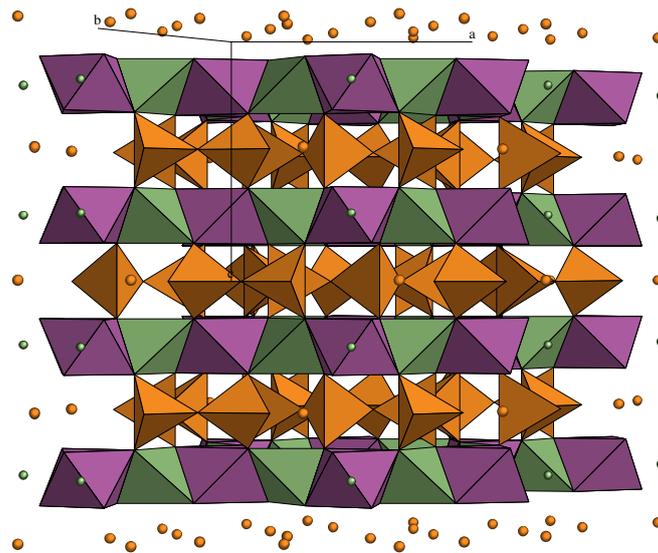


Figure 59: Structure du béryl (beige tétraèdre: [SiO₄], violet octaèdre: [AlO₆], vert tétraèdre [BeO₄])

Une telle structure analysée par spectrométrie Raman 785 se caractérise par les raies Raman suivantes (figure 60) :

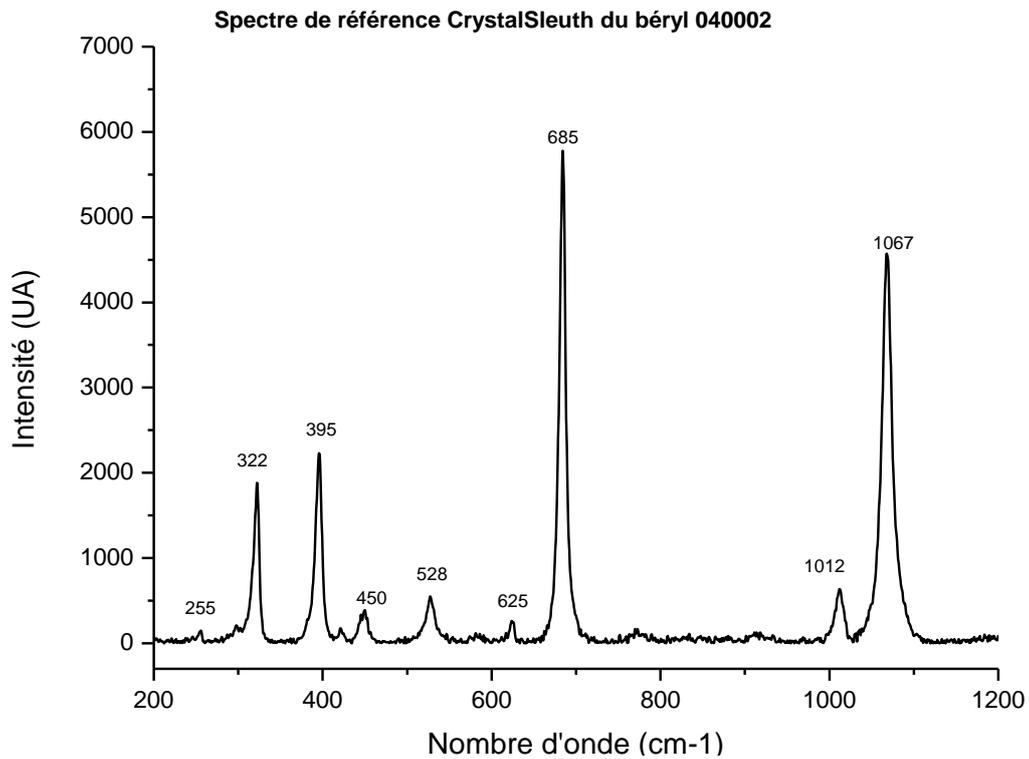


Figure 60: Spectre de référence CrystalSleuth pour le béryl 040002

C'est donc le type de spectre que nous devrions retrouver lors de nos études de spectrométrie Raman.

- Analyse par spectrométrie Raman

Analyse des « écailles d'émeraude » :

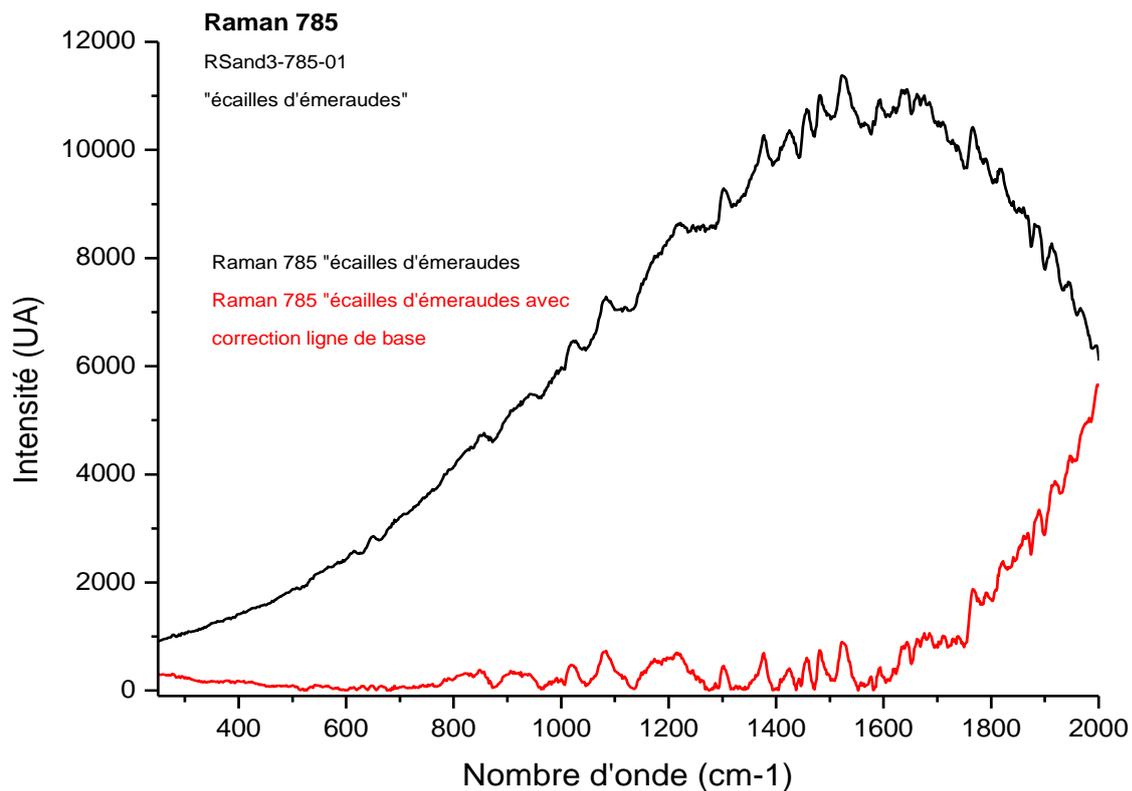


Figure 61: Sand 3: Analyse de spectrométrie Raman 785 pour les "écailles d'émeraude", spectre brut et spectre corrigé de la ligne de base

Le spectre obtenu par spectrométrie Raman 785 présente une luminescence trop importante (culminant à 11 000 coups) ne permettant pas une bonne exploitation des données (figure 61). Nous devons donc adapter le laser afin de tenter de générer une luminescence moins importante et obtenir un spectre aux données exploitables.

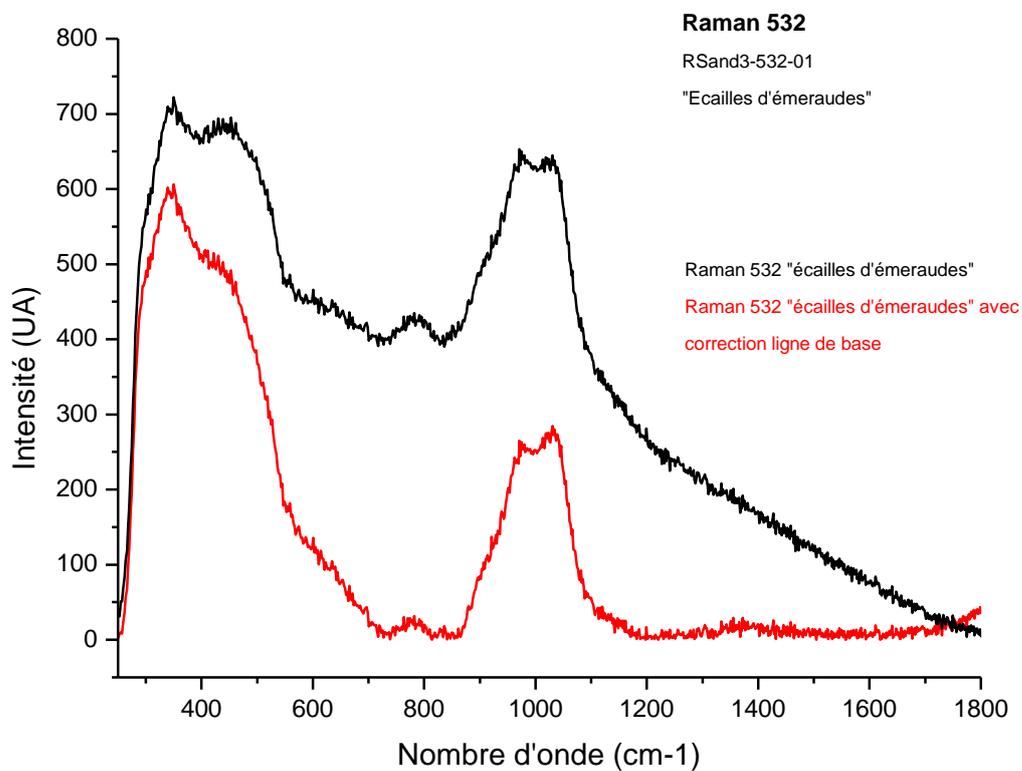


Figure 62: Sand 3 : Analyses de spectrométrie Raman 532 pour les "écailles d'émeraude", spectre brut et spectre corrigé de la ligne de base

Sous excitation 532, le spectre Raman obtenu n'est pas soumis à luminescence et nous offre des données exploitables (figure 62). On remarque tout de suite que le spectre obtenu ne correspond pas à celui de l'émeraude. En revanche, d'après les travaux de recherche menés par Philippe Colomban, (*Raman identification of glassy silicates used in ceramics, glass and jewellery: a tentative differentiation guide*, décembre 2006) ce spectre est typique du verre, avec ses raies larges à environ 450 cm^{-1} comme signature vibrationnelle du groupement Si-O-Si.

Dans la silice, chaque atome de Si est coordonné à 4 oxygènes, eux-mêmes liés à d'autres tétraèdres $[\text{SiO}_4]$. Dans un verre les tétraèdres $[\text{SiO}_4]$ peuvent présenter des oxygènes non liés (non pontants). On définit ainsi les espèces Qn tel que les tétraèdres SiO_4 constitués de n oxygènes pontants :

- Q0 vers 850 cm^{-1} (4 O non pontants)
- Q1 vers 900 cm^{-1} (3 O non pontants)
- Q2 vers à $950\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ (2 O non pontants)
- Q3 vers $1050\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ (1 O non pontants)
- Q4 vers $1100\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ (0 O non pontants)

Le spectre Raman révèle deux bandes à 1024 et 970 cm^{-1} et est donc constitué principalement d'espèces Q2 (tétraèdres $[\text{SiO}_4]$ avec deux oxygènes non-liés).

Ces analyses par spectrométrie Raman confirment donc les observations faites à la loupe et à la loupe binoculaire, les « écailles d'émeraudes » sont en réalité **du verre imitant l'émeraude**.

Analyse Raman des demi-perles en entourage :

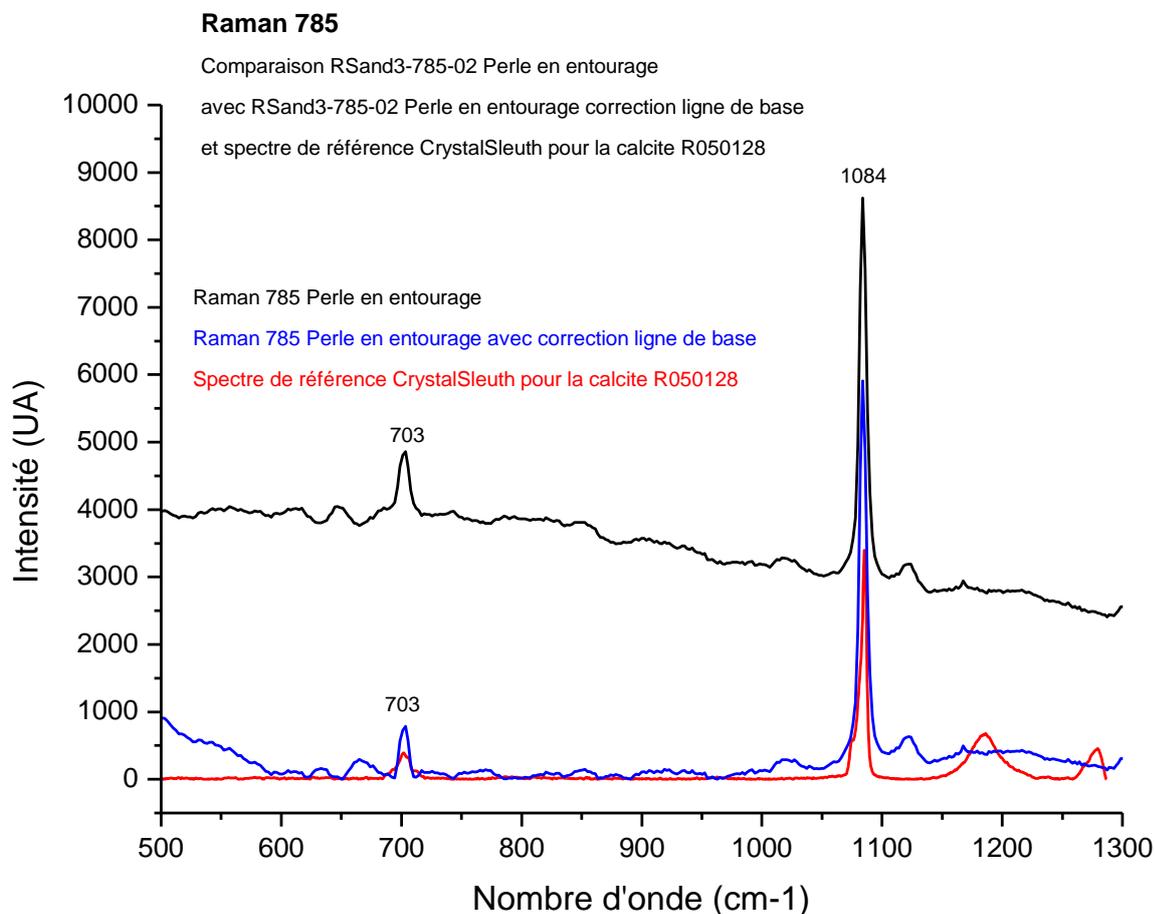


Figure 63: Sand 3 : Analyse de spectrométrie Raman 785 des perles en entourage, comparée avec leur spectre corrigé de la ligne de base et le spectre de référence CrystalSleuth pour la calcite R050128

Les demi-perles en entourage présentent un spectre similaire à celui de la calcite (CaCO_3) avec une raie principale caractéristique du groupe C-O à 1084 cm^{-1} (figure 54).

- Analyses de spectrométrie de fluorescence X

Analyse des « écailles d'émeraude »

Tableau des résultats de l'analyse de fluorescence X des « écailles d'émeraude » de Sand 3:

Eléments	Résultats XRF	Résultats corrigés	Oxydes	Valeurs d'oxydes	Valeurs d'oxydes en %
Pb	30,508	45,233	PbO	50,925	39,23
Si	16,842	24,971	SiO2	52,096	40,13
Bal	7,502	11,123		0,000	0
Mg	4,347	6,445	MgO	10,423	8,03
K	3,011	4,464	K2O	5,245	4,04
As	2,116	3,137	As2O3	4,040	3,11
Ca	1,448	2,147	CaO	2,930	2,26
Al	1,193	1,769	Al2O3	3,259	2,51
Fe	0,352	0,522	FeO	0,650	0,50
Mn	0,127	0,188	MnO	0,237	0,18
TOTAL	67,446	100		129,8	100

Figure 64: Sand 3 : Analyse de spectrométrie de fluorescence X des « écailles d'émeraude »

On note la prédominance de plomb et de silicium, ainsi que la présence d'éléments tels que le magnésium, le potassium ou le calcium (figure 64).

Analyse des perles en entourage :

Tableau des résultats de l'analyse de fluorescence X des perles en entourage de Sand 3:

Eléments	Résultats XRF	Résultats corrigés
Bal	62,51	69,164
Ca	27,869	30,836
Total	90,379	100

Figure 65: Sand 3 : Analyse de spectrométrie de fluorescence X des perles en entourage

On retrouve sans surprises la présence de calcium dans l'analyse de fluorescence X des perles (aragonite CaCO_3) en entourage (figure 65), C et O n'étant pas détectés par XRF.

Analyses de la monture :

Résultats XRF de la monture de Sand 3 :

Métal	Présence en %	Résultats corrigés (sur 100)
Cu	52,795	52,80
Au	34,45	34,45
Ag	11,608	11,61
Zn	0,884	0,88
Ni	0,11	0,11
Sn	0,064	0,06

Fe	0,075	0,08
Total	99,986	100

Figure 66: Sand 3 : Analyse de spectrométrie de fluorescence X de la monture

Les résultats obtenus (figure 66) permettent d'identifier la monture comme de l'**or jaune 8K**

- Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique

Tableau des résultats obtenus lors de nos analyses de gemmologie scientifique pour Sand 3 :

Appareils	Résultats observés	
	« Ecailles d'émeraude »	Perles en entourage
Spectrométrie Raman 785 nm	Corrélation avec les spectres caractéristiques du verre	Corrélation avec spectre de la calcite
Spectrométrie de Fluorescence X	Pb et Si comme éléments principaux Présence de Mg, K, Ca...	Présence de Ca, absence de Mn

Figure 67: Sand 3 : Tableau récapitulatif des informations obtenues à l'aide des appareils de gemmologie scientifique

La forte teneur en plomb permet d'identifier nos « écailles d'émeraude » comme du **verre au plomb** (figure 67). Le plomb est en effet ajouté à la pâte de verre afin d'augmenter la brillance de la pierre d'imitation. D'autres éléments sont également présents en tant que fondants permettant d'augmenter l'indice de réfraction et donc la brillance de la pierre, tels que le calcium, le magnésium, le potassium.

Pour les perles en entourage, il est intéressant de noter qu'aucune trace de manganèse n'est attestée. Les demi-perles en entourage seraient donc des perles d'eau de mer et non des perles d'eau douce. Notons toutefois qu'il est possible que la concentration en Mn soit en dessous du seuil de détection de l'appareil et que l'élément soit tout de même présent en faible quantité.

4. Sand 4 « argent, fausse aigue-marine » selon le cartel du musée

4-1 Analyses de gemmologie conventionnelle

- Observations à la loupe 10X et à la loupe binoculaire

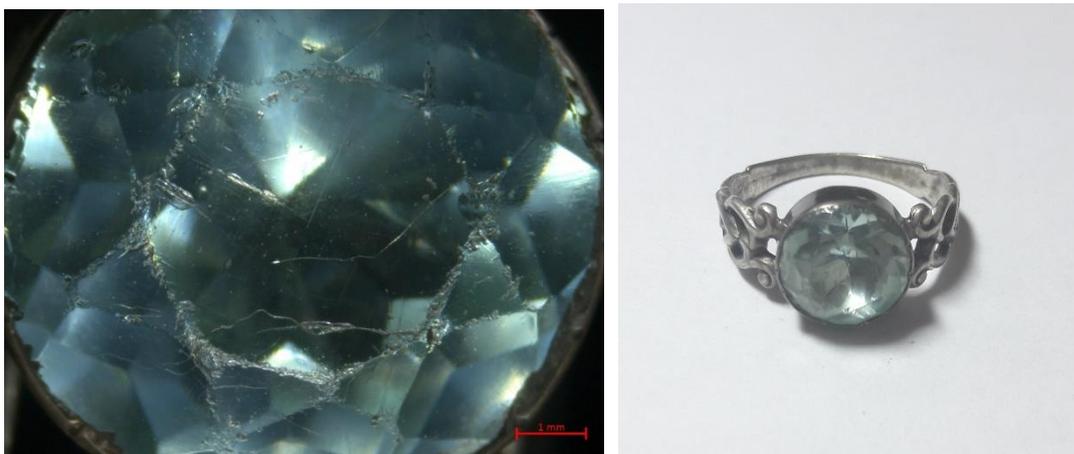


Figure 68: Sand 4 : « Fausse aigue-marine » observée à la loupe et à la loupe binoculaire (grossissement 6,5x)

L'observation de la pierre à la loupe révèle des arêtes très fortement égrissées accompagnées de cassures de forme « conchoïdale » (figure 68). Ce type de marques d'usure nous donne l'indication d'une pierre de faible dureté (5-6 maximum sur l'échelle de Mohs) et d'un bijou beaucoup porté. Les cassures de

type « conchoïdales » sont typiques du verre mais peuvent se retrouver également sur d'autres pierres telles que la topaze ou l'aigue-marine. Aucune inclusion caractéristique ne nous donne d'information sur l'identification de cette pierre.

- Mesure des indices au réfractomètre

La taille de la pierre, sa table polie ainsi que la forme de la monture autorisent l'utilisation du réfractomètre pour une prise d'indice de réfraction de la pierre.

Indices lisibles au réfractomètre				
Np : (petit indice)	1,695	1,695	1,695	1,695
Ng : (grand indice)	1,695	1,695	1,695	1,695

Figure 69: Sand 4: Tableau des résultats de la prise d'indice de la pierre centrale au réfractomètre

Nous observons un indice fixe à 1,695 (figure 69). La pierre observée est donc isotrope, c'est-à-dire qu'elle ne possède qu'un seul axe optique et présente donc les mêmes caractéristiques optiques dans toutes les directions. L'isotropie est caractéristique des pierres appartenant au système cubique ou des matières amorphes telles que le verre ou l'opale par exemple. La pierre étudiée ne peut donc pas être une aigue-marine, celle-ci appartenant à la famille des béryls caractérisée par un système hexagonal.

- Observation du comportement des pierres sous lumière UV- UVs longs (365 nm) puis UVs courts (254 nm)

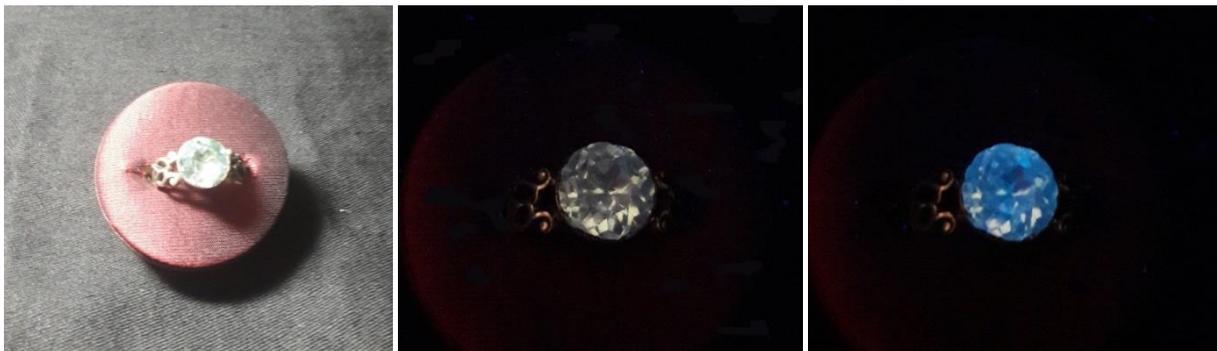


Figure 70: Sand 4: Comportement de la pierre centrale soumise aux UVs longs puis aux UVs courts

Soumise aux UVs longs, la pierre fluoresce jaune pâle. Aux UVs courts, elle apparaît bleu électrique (figure 70).

- Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique :

Tableau des résultats obtenus lors de nos analyses de gemmologie conventionnelle pour Sand 4 :

Appareils	Résultats observés pour les « écailles d'émeraude »
Loupe et binoculaire	Très importantes égrisures Cassures conchoïdales et rayures
Réfractomètre	Indice fixe de 1,695
Lumière UV	Fluoresce jaune pâle aux UVs longs Fluoresce bleu électrique aux UVs courts

Figure 71: Sand 4 : Tableau récapitulatif des informations obtenues pour la pierre centrale à l'aide des appareils de gemmologie conventionnelle

Cette première série d'analyse nous donne d'ors et déjà des éléments d'identification pour la pierre centrale de Sand 4 (figure 71). Avec un indice fixe de 1,695, de très fortes égrisures ainsi que des cassures

conchoïdales nettement visibles, la gemmologie conventionnelle nous permet sans doute possible d'identifier la pierre comme étant **un verre d'imitation** pour l'aigue-marine. Les analyses de gemmologie scientifique vont nous permettre de confirmer cette identification en nous livrant plus d'informations sur la composition élémentaire et structurale de la pierre.

4-2 Analyses de gemmologie scientifique

- Analyses de spectrométrie Raman

Nous débutons les analyses avec un laser d'excitation à 785 :

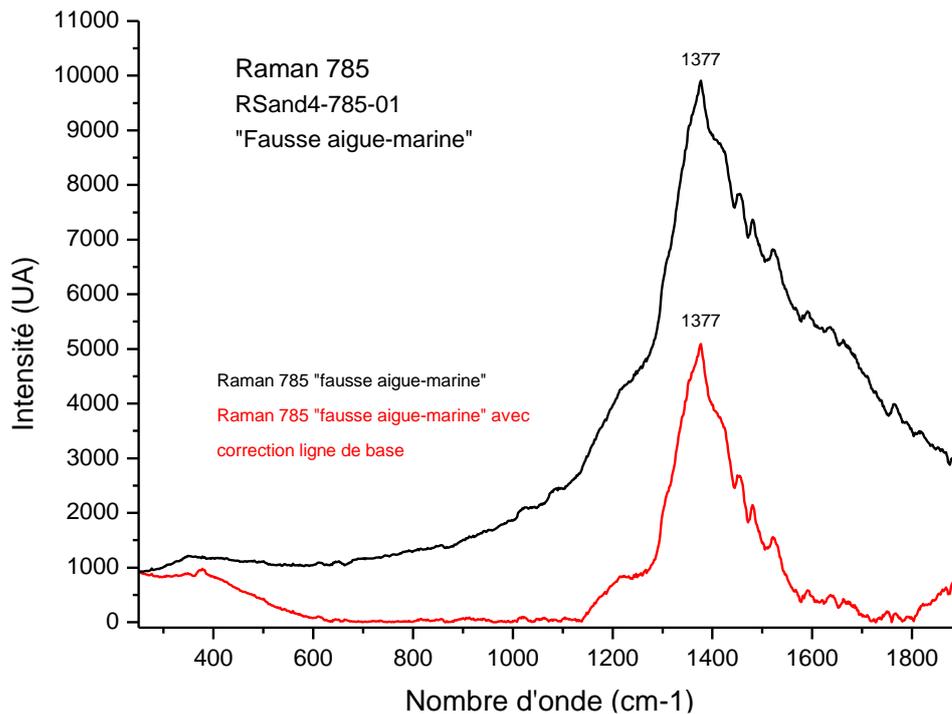


Figure 72: Sand 4: Analyse de spectrométrie Raman 785 de la "fausse aigue-marine" ainsi que son spectre corrigé de la ligne de base

Les données obtenues par laser d'excitation 785 ne peuvent être exploitées car génèrent trop de luminescence (figure 72). Il faut donc changer l'excitation du laser.

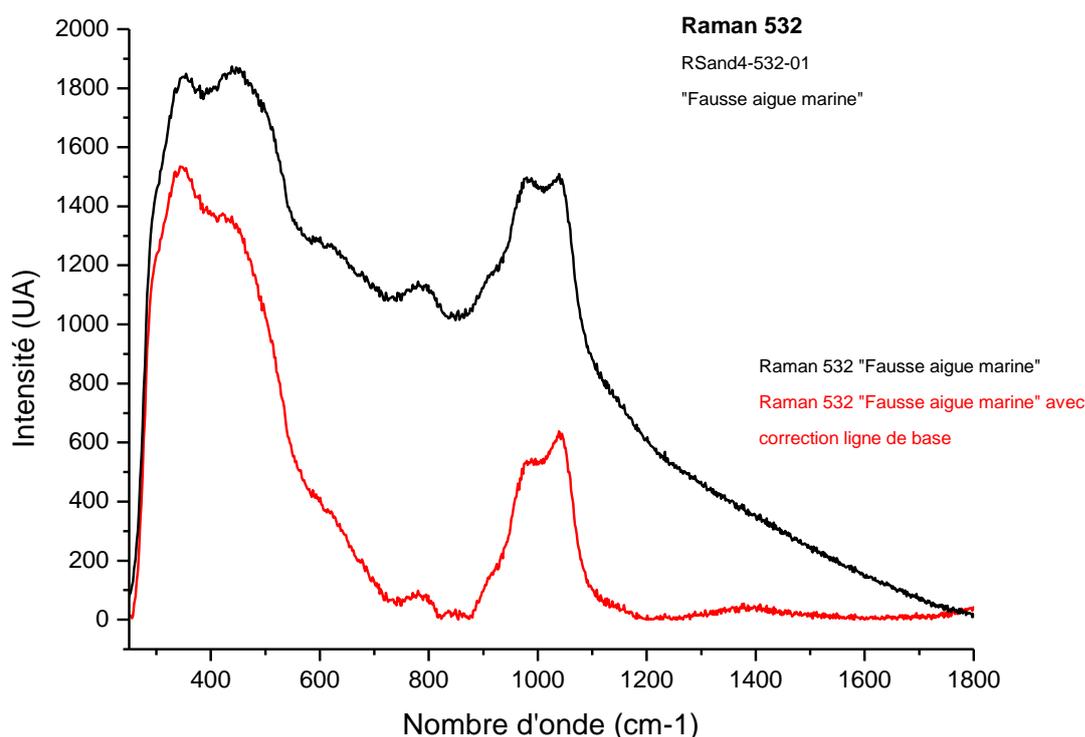


Figure 73: Sand 4: Analyses de spectrométrie Raman 532 de la "fausse aigue-marine" ainsi que son spectre corrigé de la ligne de base

Sous excitation 532, le spectre Raman obtenu n'est pas soumis à luminescence et nous offre des données exploitables (figure 73). Nous retrouvons le même type de spectre que celui obtenu lors de l'analyse des « écailles d'émeraudes » de Sand 3. Le spectre de notre « fausse aigue-marine » montre les mêmes raies larges autour des 1000 cm^{-1} que les spectres typiques du verre, signature vibrationnelle du groupement Si-O-Si.

Ces analyses par spectrométrie Raman confirment donc les observations faites à la loupe et à la loupe binoculaire, notre « fausse aigue-marine » est en réalité **du verre imitant l'aigue-marine**.

- Analyses de spectrométrie de fluorescence X (XRF) :

Tableau des résultats de l'analyse de fluorescence X pour la pierre centrale de Sand 4:

Eléments	Résultats XRF	Résultats corrigés
Pb	43,528	56,978
Si	20,695	27,090
Mg	6,748	8,833
K	2,292	3,000
Al	2,242	2,935
P	0,786	1,029
Mn	0,103	0,135
TOTAL	76,394	100

Figure 74: Sand 4: Analyses de spectrométrie de fluorescence X pour la pierre centrale

Comme pour l'analyse des pierres de la couronne de Sand 2, aucune mesure de « balance » n'a été enregistrée. Les données obtenues ne peuvent donc être utilisées qu'en termes d'identification et non de composition. Nous donnons tout de même les valeurs obtenues à titre indicatif de proportions (figure

74). On relève la présence en plus grande concentration de plomb et de silicium confirmant l'identification de la pierre comme une **imitation en verre**. Nous retrouvons également la présence des fondants tels que le magnésium ou le potassium.

Tableau des résultats de l'analyse XRF de la monture de Sand 4 :

Métal	Présence en %	Résultats corrigés (sur 100)
Ag	85,846	85,85
Cu	13,543	13,54
Au	0,196	0,20
Fe	0,195	0,20
Zn	0,176	0,18
Pb	0,043	0,04
TOTAL	99,999	100

Figure 75: Sand 4 : Analyse de spectrométrie de fluorescence X de la monture

Les résultats obtenus (Figure 75) permettent d'identifier la monture comme de **l'argent 850**.

- Conclusion des résultats obtenus suite aux analyses de gemmologie scientifique :

Tableau des résultats obtenus lors de nos analyses de gemmologie scientifique pour Sand 4 :

Appareils	Résultats observés
Spectrométrie Raman 532 nm	Obtention d'un spectre typique du verre
Spectrométrie de Fluorescence X	Eléments de composition principaux : Pb et Si Présence de fondants tels que le Mg et le K

Figure 76: Sand 4 : Tableau récapitulatif des informations obtenues à l'aide des appareils de gemmologie scientifique

Les analyses de gemmologie scientifique confirment donc les observations et mesures conduites à l'aide des appareils de gemmologie conventionnelle (figure 76). Par les analyses de spectrométrie Raman, nous obtenons un spectre typique du verre, tandis que la fluorescence X nous donne une composition caractéristique du verre au plomb avec une prédominance de plomb et de silicium. L'identification de notre « fausse aigüe-marine » est donc formelle, il s'agit d'un **verre d'imitation pour l'aigüe-marine**.

IV POUR ALLER PLUS LOIN...

1. Nouvelle proposition de Cartels:

Le résultat de nos études nous offre de nouvelles précisions sur ces quatre bijoux, précisions grâce auxquelles nous pouvons étoffer les cartels de présentation du musée.

- Sand 1 :

Cartel court :

Bague sertie d'un saphir sur paillon d'argent coloré rouge entouré de diamants anciens taille coussin

Or et argent, milieu du XVIII^{ème} siècle

Offerte à Marie-Aurore de Saxe, grand-mère de George Sand, par sa cousine la Grande Dauphine Marie-Josèphe, mère de Louis XVI, vers 1766.

« Je porte toujours cette bague » G.S.

Cartel long :

Bague sertie d'un saphir sur paillon d'argent coloré rouge entouré de diamants anciens taille coussin

Or et argent, milieu du XVIII^{ème} siècle

Cette bague est porteuse de nombreux évènements relatifs à l'histoire familiale de George Sand. Témoin de son lignage princier, ce bijou sera offert sur plusieurs générations de femmes, en tant que symbole de reconnaissance de leur légitimité à porter un nom noble.

Offerte vers 1776 à Marie-Aurore de Saxe, par sa cousine et protectrice la Grande Dauphine Marie-Josèphe, mère de Louis XVI, à l'occasion de sa sortie de Saint-Cyr ou de son premier mariage avec le comte de Horne, cette bague fut certainement le symbole de la reconnaissance officielle de la noble origine de Marie-Aurore. Issue de l'union de Maurice de Saxe, Maréchal de France, avec l'actrice et courtisane Marie Rainteau, dite Melle de la Verrière, Marie-Aurore dut en effet attendre l'année 1776 et le concours de sa cousine Marie-Josèphe de Saxe pour que soit légitimée sa noble ascendance par arrêt du Parlement. Trente ans plus tard, en 1804, cette bague sera de nouveau offerte par Marie-Aurore à sa belle-fille Victoire Delaborde comme symbole de sa reconnaissance alors que celle-ci avait épousé son fils en secret, de peur que le mariage ne soit empêché du fait de ses origines roturières. Héritière de ce bijou porteur de tant d'histoire, George Sand nous raconte le rôle particulier qu'elle joua, malgré elle, au cours de cet épisode :

« Mais mon père découvrit que sa mère était à Paris : il comprit qu'elle savait tout et me chargea de plaider sa cause. Il me prit dans ses bras, monta dans un fiacre, s'arrêta à la porte de la maison où ma grand-mère était descendue, gagna en peu de mots les bonnes grâces de la portière, et me confia à cette femme, qui s'acquitta de la commission ainsi qu'il suit.

Elle monta à l'appartement de ma bonne maman, et, sous le premier prétexte venu, demanda à lui parler. Introduite en sa présence, elle lui parla de je ne sais quoi, et tout en causant elle s'interrompit pour lui dire : Voyez donc, madame, la jolie petite fille dont je suis grand-mère ! sa nourrice me l'a apportée aujourd'hui, et j'en suis si heureuse, que je ne puis pas m'en séparer un instant.

— Oui, elle est très fraîche et très forte, dit ma grand-mère en cherchant sa bonbonnière, et tout aussitôt la bonne femme, qui jouait fort bien son rôle, me déposa sur les genoux de la bonne maman, qui m'offrit des friandises et commença à me regarder avec une sorte d'étonnement et d'émotion. Tout à coup elle me repoussa en s'écriant : Vous me trompez, cet enfant n'est pas à vous. Ce n'est pas à vous qu'il ressemble... je sais, je sais ce que c'est !... Effrayée du mouvement qui me chassait du sein maternel, il paraît que je me mis, non à crier, mais à pleurer de vraies larmes qui firent beaucoup d'effet. Viens, mon pauvre cher amour, dit la portière en me reprenant ; on ne veut pas de toi, allons-nous-en.

Ma pauvre bonne maman fut vaincue. Rendez-la-moi, dit-elle : pauvre enfant ! Tout cela n'est pas sa faute. Et qui a apporté cette petite ? — Monsieur votre fils lui-même, madame : il attend en bas : je vais lui reporter sa fille. Pardonnez-moi si je vous ai offensée, je ne savais rien, je ne sais rien, moi ! J'ai cru vous faire plaisir, vous faire une belle surprise... — Allez, allez, ma chère, je ne vous en veux pas, dit ma grand'mère : allez chercher mon fils, et laissez-moi l'enfant.

Mon père monta les escaliers quatre à quatre. Il me trouva sur les genoux, contre le sein de ma bonne maman, qui pleurait en s'efforçant de me faire rire. On ne m'a pas raconté ce qui se passa entre eux, et comme je n'avais que huit ou neuf mois, il est probable que je n'en tins pas note. Il est probable aussi qu'ils pleurèrent ensemble et s'aimèrent d'autant plus. Ma mère, qui m'a raconté cette première aventure de ma vie, m'a dit que, lorsque mon père me ramena auprès d'elle, j'avais dans les mains une belle bague avec un gros rubis, que ma bonne maman avait détachée de son doigt, en me chargeant de la mettre à celui de ma mère, ce que mon père me fit observer religieusement. »

Histoire de ma vie, George Sand, chapitre XXI, 1855

Plus loin, George Sand témoigne de l'attachement particulier qu'elle voue à cette bague: « **Je porte toujours cette bague** »

Longtemps considérée comme un rubis, l'importante pierre centrale est en réalité un saphir légèrement bleuté monté sur paillon d'argent coloré en rouge afin de lui donner l'apparence d'un rubis rouge vif. Il est entouré de diamants jaunes dont la taille à couronne haute est caractéristique du XVIIIème siècle.

- Sand 2

Bague sertie de grenats almandins sur paillons d'argent colorés en rouge et surmontés d'une couronne de zircon, or et argent, XVIIIème siècle

Portée par G.S. qui l'offrit à sa fille Solange le jour de la première représentation de sa comédie, Le Marquis de Villemer

- Sand 3

Bague sertie d'un pavage de verre au plomb imitant l'émeraude entouré de demi-perles fines

Or 8K, fin XVIIIème - début XIXème siècle

Donnée par Maurice Sand à sa mère

- Sand 4

Bague d'enfant sertie d'un verre au plomb imitant l'aigue-marine

Argent 850, XIXème siècle

Donnée par G.S. à sa petite fille Aurore

2. Éléments de compréhension et analyses stylistiques des bijoux de George Sand

- La technique du paillon

Lors de nos études sur Sand 1, nous avons pu mettre à jour le fait que la pierre centrale n'était pas un rubis, mais bel et bien un saphir légèrement bleuté. Il faut donc le concours d'un artifice pour que la pierre nous paraisse rouge à l'œil. Cela s'explique par l'utilisation du paillon à feuille d'argent, technique très courante au XVIIIème siècle. En effet, le siècle des Lumières est marqué par une « démocratisation » du bijou, qui n'est plus seulement l'apanage des plus riches mais commence à se répandre dans les

couches bourgeoises de la société. L'utilisation du paillon placé sous la pierre au moment du sertissage (figure 77) permet de renforcer le pouvoir de réfraction de la lumière et donc d'utiliser des pierres de moindre intérêt esthétique. (Dossier thématique du Musée des Arts Décoratifs, Paris).



Figure 77et 77 bis : Sertissage sur paillon d'argent, (source : <http://www.institutdugrenat.com/2010/11/le-paillon-dans-la-bijouterie-traditionnelle/>)

Le saphir central de Sand 1 étant légèrement bleuté, il ne devait présenter qu'un faible intérêt esthétique. Il est cependant de taille importante (environ 5,8 carats d'après les formules de calcul théorique). L'utilisation du paillon était donc tout indiquée pour cette pierre. La présence de ce paillon d'argent coloré en rouge pour donner l'illusion du rubis explique l'aspect « flou » que l'on retrouve lors des observations à la loupe 10x et à la loupe binoculaire. D'autre part, la présence du paillon explique également le défaut de couleur au niveau d'une arête observé en figure 7. Aujourd'hui, le saphir présente une couleur rose framboise usée en certains endroits. Nous pouvons supposer que la pierre devait apparaître très rouge du temps de George Sand, et que sous l'effet du temps, le paillon a tendance à s'user et perdre de sa couleur. Enfin, on peut également supposer que les grenats de Sand 2 sont également montés sur paillon d'argent, dans la mesure où l'on retrouve cet aspect « flou » lors de leur observation.

- Sand 1 et son entourage de diamants

Le diamant étant connu et utilisé en bijouterie depuis l'antiquité, les techniques de taille ont évolué au fil des siècles et des améliorations techniques. L'étude des formes et de la taille des diamants permet donc d'obtenir des informations sur leur époque de taille, et donc sur l'ancienneté du bijou sur lesquelles ceux-ci sont sertis, pour peu que les pierres n'aient pas été remplacées ou transformées. On conserve des bijoux antiques sertis de diamants bruts dits « à pointe naïve » dans la mesure où seule était utilisée la propension du diamant à se cliver afin d'obtenir une pierre cohérente à sertir sur un bijou. La première véritable taille de diamant attestée en Europe est la taille « à pointes refaites » ou « point cut » connue à partir des années 1380 et jusqu'aux années 1500. La forme octaédrique du brut était conservée et polie afin d'obtenir 8 facettes lisses (figure 78).



Figure 78: Bague en or sertie d'un diamant « point cut », vers 1500, Metropolitan Museum of Art, NY

A partir des années 1400, on commence à tailler le diamant en « table », en supprimant la pointe de l'octaèdre afin d'augmenter la brillance de la pierre. C'est la première apparition de la table que nous conservons dans notre taille moderne actuelle. La colette de la pierre était également supprimée pour la première fois, ce qui permettait d'obtenir un carré dans un carré. Cette taille reste en vigueur jusqu'au XVIIème siècle (figure 79).



Figure 79: Monture de bague sertie de diamant « en tables » probablement datés de la fin du XVIème au début du XVIIème siècle, vendue aux enchères à Genève en septembre 2017

La fin du XVème siècle voit l'apparition de la meule permettant une amélioration technique considérable puisque l'on peut désormais tailler le diamant en de multiples facettes. C'est l'apparition de la taille rose. On retrouve cette taille jusqu'à l'entre deux-guerres, principalement pour les pierres en entourage ou épaulant des diamants taille ancienne. Tailler le diamant en rose permettait d'augmenter toujours plus la brillance de la pierre (figure 80).



Figure 80: Diamant taille rose sur monture XIXème vendu aux enchères à Genève en septembre 2017

En 1640 apparaît la taille Mazarin, comportant 34 facettes. C'est elle qui fait la jonction la plus significative entre les tailles plus anciennes du diamant et les tailles qui suivront. Taille contemporaine de Tavernier, premier grand fournisseur de pierres à la couronne de France, ce modèle sera utilisé pour de nombreux diamants des bijoux de la couronne. En 1681, apparaît la taille Peruzzi, du nom de son inventeur vénitien, permettant une augmentation significative de la brillance des diamants en arrivant à un total de 57 facettes (figure 81).

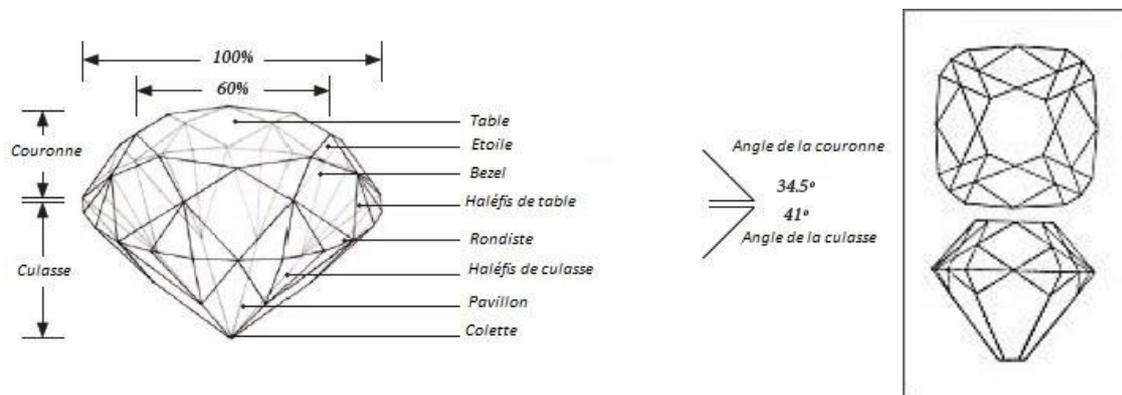


Figure 81: Taille Peruzzi, modèle et proportions (source : <http://pgosse.chez.com>)

En 1700, apparaît la taille coussin ancienne, découlant de la taille Peruzzi. De forme carrée ou rectangle aux angles arrondis, elle présente de larges facettes et une couronne très haute permettant d'augmenter la brillance de la pierre (figure 82).



Figure 82 : Diamant taille ancienne de type coussin de 26, 14 ct, certifié D-VS2 par le GIA présenté en vente à Genève en 1997 (Christie's)

Cette taille évolue au cours du XIXème pour céder la place à la taille brillant « ancienne » à 58 facettes, de forme ronde et aux proportions non encore définies. Cette dernière perdure jusqu'aux années 1920, avant d'être remplacée par la taille moderne actuelle née des études sur les proportions menées par le diamantaire belge Tolokowsky (1919). Ces calculs de proportions permettent de mettre en évidence les proportions idéales du diamant selon lesquelles la totalité de la lumière entrant dans la pierre en ressort par la table sans aucune perte. Ces proportions permettent donc une brillance maximale du diamant et constituent l'aboutissement de près de mille ans de recherche autour de la taille du diamant (figure 83).

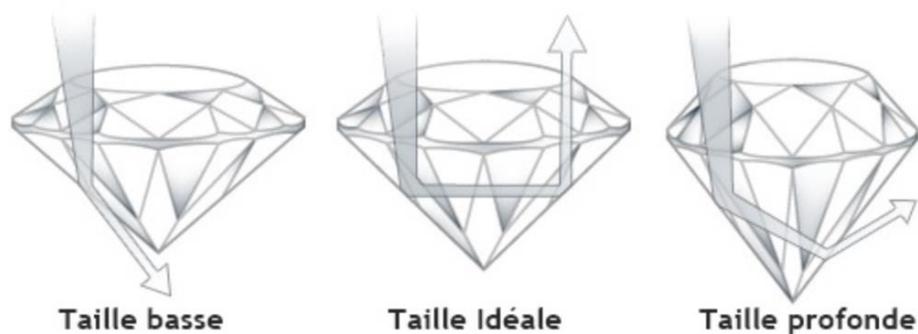


Figure 83: Proportions idéales du diamant (source : <https://www.colorsdiamonds.com/le-diamant/>)

D'après ces éléments stylistiques exposés pour le diamant, nous cherchons à situer la taille des diamants en entourage de Sand 1. Les photos prises suite à l'observation des pierres à la loupe binoculaire révèlent une couronne très haute, une colette coupée et une forme rectangulaire à carrée aux bords arrondis. Nous retrouvons les caractéristiques de la forme ancienne de type « coussin »

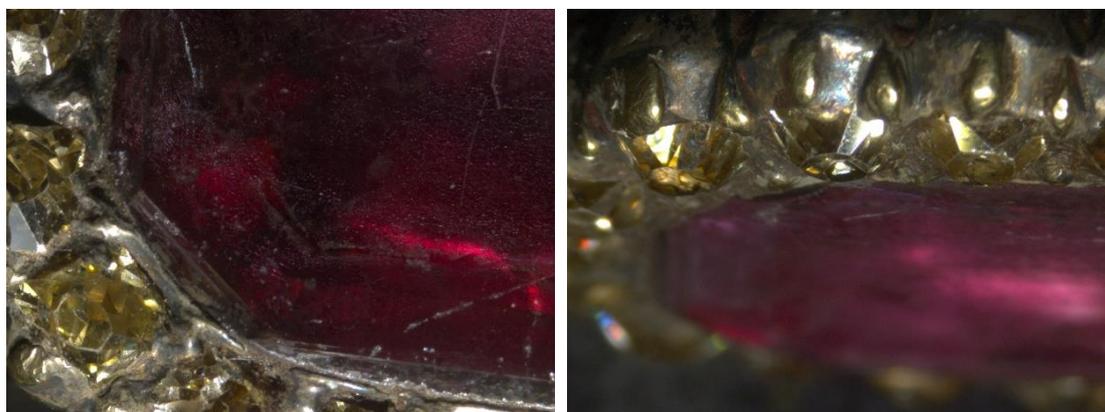


Figure 84 et 84 bis : Observation des diamants en entourage de Sand 1 à la loupe binoculaire (grossissement 6,5x)

La forme « coussin ancien » des diamants en entourage pour Sand 1 permet de confirmer la datation de la bague au XVIII^{ème} siècle. D'autre part, nous avons vu que les données historiques dont nous disposons attestent le don fait en 1766 par la Dauphine Marie-Josèphe de Saxe à sa nièce Marie-Aurore, Grand-mère de George Sand. L'étude stylistique des diamants permet donc de situer Sand 1 **entre le début du XVIII^{ème} siècle et les années 1760.**

Cette fourchette à laquelle nous parvenons peut nous aider à préciser une provenance pour le saphir constituant la pierre centrale de Sand 1.

- Les saphirs au XVIII^{ème} siècle : quelle provenance ?

Déterminer la provenance du saphir de Sand 1 de façon formelle n'est pas chose aisée. La présence du paillon d'argent, rend toute recherche d'inclusion caractéristique impossible, nous privant d'une source d'information précieuse. D'autre part, sa présence tend également à perturber le comportement de la pierre soumise à la lumière ultraviolette sous les deux excitations usuelles (365 et 254 nm). En revanche, par nos analyses de spectrométrie d'absorption visible-infrarouge en réflexion diffuse, nous avons pu mettre en valeur l'origine probablement métamorphique du saphir de Sand 1. La pierre ayant été sertie dans la deuxième moitié du XVIII^{ème} siècle, le saphir provient forcément d'un gisement déjà exploité à cette époque. Or, d'après les différents ouvrages de gemmologie, les gisements métamorphiques exploités au XVIII^{ème} siècle sont la Birmanie (actuel Myanmar) et Ceylan (actuel Sri Lanka). D'autre part, les analyses de fluorescence X ont pu mettre en avant la présence de chrome dans sa composition. Ainsi,

l'origine métamorphique du saphir, son ancienneté et la présence de chrome dans sa composition seraient autant d'éléments permettant de le rapprocher d'une origine Sri Lankaise, connue pour sa production de saphirs chromifères.

- L'utilisation du verre aux XVIIIème et XIXème siècles

Nous l'avons vu, le XVIIIème siècle étant marqué par la prospérité des pays européens et de la France en particulier, on assiste à un essor de la bijouterie qui touche désormais de plus en plus de couches de la société. Les améliorations techniques permettent une baisse progressive des coûts de fabrication, mais plus encore, on trouve des moyens de réduire les coûts liés aux matériaux utilisés. Ainsi, il est courant au XVIIIème siècle de remplacer les diamants par des topazes blanches, d'imiter les perles fines par de la cire ou encore de sertir les parures de pâte de turquoise fabriquée à Venise. C'est également à cette époque que l'on invente le strass, un verre au plomb très brillant permettant d'imiter toutes sortes de pierres. C'est précisément ce verre au plomb que l'on retrouve pour Sand 3 et Sand 4, utilisé dans le but d'imiter l'émeraude et l'aigue-marine.

- Comparaisons de formes :



Figure 85: Comparaison de la forme de Sand 1 avec une bague saphir présentée au musée des arts décoratifs (Paris) et une bague diamants présentée au MetMuseum (NY)

Nous comparons la forme de Sand 1 avec une bague en or et argent, sertie d'un saphir et de diamants taille rose datée probablement du XVIIIème siècle et présentée au musée des arts décoratifs ainsi qu'une bague en or sertie de diamants datée vers 1760 et présentée au MetMuseum (New York) (figure 85). Les trois modèles sont datés de la même période. Nous retrouvons pour les trois modèles la forme ovale du chaton placée dans le plan du corps de bague, que nous pouvons considérer comme typique du XVIIIème siècle.



Figure 86: Comparaison de la forme de Sand 2 avec une bague diamants (source : <http://www.fabiandemontjoye.com>) et une bague diamants présentée au MetMuseum (NY)

Nous comparons Sand 2 avec une bague de la galerie de l'antiquaire parisien Fabian de Montjoye sertie de diamants et datée du milieu du XVIIIème siècle, ainsi qu'avec une bague en or et argent sertie de

diamants et datée de la 2^{ème} moitié du XVIII^{ème} siècle, présentée au MetMuseum à New York (figure 86). On retrouve la forme caractéristique d'un ou deux pierres centrales surmontées par une couronne sertie de pierres en rose. Cette comparaison permet de dater Sand 2 de la deuxième moitié du XVIII^{ème} siècle.



Figure 87: Comparaison de la forme de Sand 3 avec deux bagues présentées au musée des arts décoratifs (Paris)

Enfin, nous comparons Sand 3 avec deux bagues présentées au musée des Arts décoratifs à Paris, l'une en or et argent et sertie de Chrysobéryls, l'autre en cuivre et argent sertie de Chrysobéryls (figure 87). Les deux bagues sont datées de la deuxième moitié du XVIII^{ème} siècle. Nous retrouvons dans la forme de Sand 3 l'imitation des montures XVIII^{ème}, l'entourage de perles imitant le travail de granulation du métal. Toutefois, ces formes ayant perduré jusqu'au début du XIX^{ème} siècle, nous pouvons dater Sand 3 de la fin du XVIII^{ème} siècle au début du XIX^{ème}.

CONCLUSION :

L'étude de quatre des bagues de George Sand présentés au musée de la Vie Romantique à Paris nous a permis de dégager plusieurs conclusions.

Tout d'abord, nous avons mis en lumière le fait que la gemmologie conventionnelle est, dans bien des cas, insuffisante pour parvenir à un résultat certain quant à l'identification et la caractérisation des gemmes. Les outils scientifiques étant de plus en plus perfectionnés et pratiques (transport, encombrement), la connaissance de leur utilisation devient nécessaire lorsque l'on souhaite mener des études de gemmologie poussées.

D'autre part, les techniques de gemmologie scientifique étant relativement jeunes, notre étude a permis de mettre en lumière le fait que nombre d'objets sont présentés en musée à l'aune des connaissances anciennes que l'on en a, et selon les termes anciens non mis à jour. Un grand travail d'identification des pierres et d'étude des techniques utilisées reste donc à faire dans le domaine de la muséologie, comme en témoigne les présentations en ligne de nombreux objets, prudemment présentées accompagnées de points d'interrogations sur les sites de différents musées.

Concernant nos quatre bagues, l'utilisation des appareils de gemmologie scientifique portatifs utilisés in situ nous a permis de déterminer de nouvelles identifications pour les pierres utilisées ainsi que de préciser la nature de l'alliage pour chaque monture. Ces éléments de compréhension et d'analyse permettent de compléter notre connaissance de la bijouterie au XVIIIème siècle, ainsi que des objets de la collection George Sand du musée de la Vie romantique. A l'issue de cette étude, nous pouvons contribuer à de nouvelles propositions de cartels afin d'apporter les corrections nécessaires pour la bonne transmission des connaissances historiques de ces objets.

BIBLIOGRAPHIE ET SITOGRAFIE

Histoire de George Sand et sa famille

- Charageat M., Delpierre M., décembre 1954, Bulletin du Musée Carnavalet, Les Souvenirs de George Sand N°1
- Desgrugillers N., 2011, Ma grand-mère Marie Aurore de Saxe : Correspondance inédite et souvenirs, Clermont-Ferrand, Éditions Paleo, coll. « La collection de sable »
- Sand G., 1855, Histoire de ma vie, édition Gerhard, 3 volumes, 13 tomes, version en ligne : [https://fr.wikisource.org/wiki/Histoire_de_ma_vie_\(Sand,_%C3%A9dition_Gerhard\)](https://fr.wikisource.org/wiki/Histoire_de_ma_vie_(Sand,_%C3%A9dition_Gerhard))
- Vincent L., 1919, George Sand et le Berry, Thèse pour le Doctorat ès Lettres version numérique : https://books.google.fr/books?id=x7nvw2_LZmcC&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false
- Dir. Eterstein C., 2011, La littérature française de A à Z, éditions Hatier Paris, article « Sand George » p 398-399

Archives du Minutier Central des Notaires de Paris :

- MC/ET/XVI/822, 1^{er} Janvier 1777, Contrat de mariage entre Louis Claude Dupin et Marie-Aurore de Horne, née de Saxe
- MC/ET/XXIX/582, 27 Juin 1786, Inventaire après décès de Louis Claude Dupin, écuyer, receveur général des finances de Metz et d'Alsace, époux de Marie-Aurore née de Saxe

Musée de la Vie Romantique

- Fascicule d'aide à la visite du musée de la Vie Romantique : [http://museevieromantique.paris.fr/sites/default/files/aide_a_la_visite-
vie_romantique-
vd.131209_0.pdf](http://museevieromantique.paris.fr/sites/default/files/aide_a_la_visite-vie_romantique-
vd.131209_0.pdf)
- Ressources en ligne du musée : <http://parismuseescollections.paris.fr>

Gemmologie et bijoux

- Revue Archeologia, juin 2017, N°555, « Quelle était la couleur des monuments grecs », pp 30-36
- Barriand P., Poirot J.P., (2004), Larousse des Pierres Précieuses, réédition de 1998, 284 pages
- Colomban P., Tournie A., Bellot-Gurlet L., 2006, Raman identification of glassy silicates used in ceramics, glass and jewellery : a tentative differentiation guide
- Dir. Marchesseau D., 2000, Bijoux romantiques, 1820-1850. La parure à l'époque de George Sand : autour des collections du musée des Arts décoratifs, catalogue d'exposition, Paris : Paris-Musées, no 176
- Schumann W. (2008) Guide des pierres précieuses, pierres fines et ornementales, Delachaux & Niestlé, Paris.

- Stanzani E., Bersani D., Lottici P.P., Colomban P., mars 2016 « Analysis of artist's palette on a 16th century wood panel painting by portable and laboratory Raman instruments », version en ligne : http://www.cnrs.fr/inc/communication/direct_labos/colomban8.htm
- Dossier thématique du musée des Arts décoratifs, Une histoire du bijou, au XVIIIème siècle, source en ligne : <http://www.lesartsdecoratifs.fr/francais/musees/musee-des-arts-decoratifs/collections/dossiers-thematiques/une-histoire-du-bijou/>
- Weldon R. and Jonathan C. 2013, revue Gems and Gemmology, vol. 49, N°3, *The Museum of London's Extraordinary Cheapside Hoard*, ressource en ligne : <https://www.gia.edu/gems-gemmology/FA13-cheapside-hoard-weldon>
- Galerie des collections du Metropolitan Museum en ligne : <https://www.metmuseum.org/art/collection/>
- Galerie des collections du musée des Art Décoratifs en ligne : <http://collections.lesartsdecoratifs.fr/bijoux>
- <http://www.gemmology.ch/histoire-taille-4.html>

Bases de données en ligne :

- RRUFF Base données Raman <http://rruff.info/>
- Handbook of mineralogy www.handbookofmineralogy.org
- Mindat <https://www.mindat.org/>
- www.geminterest.com