

## EXPERTISE D'UNE TIARE PAPALE AU MUSEE DE LA RENAISSANCE D'ECOUEN Rapport de stage

Guillaume CHOUMIL  
Promotion 2021



*Crédit Musée Ecoen*

DUGEM  
Université Claude Bernard - Lyon 1

**REMERCIEMENT :**

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

**PANCZER Gérard** enseignant chercheur à l'institut lumière matière de Lyon, gemmologue ; pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

**RIONDET Geoffroy** formateur à l'institut national de gemmologie de Lyon, gemmologue, expert judiciaire ; pour sa confiance, les opportunités qu'il m'a permis d'avoir, ainsi que tous les événements ou il m'a convié et sa joie de vivre.

Je tiens à remercier **LEFEVRE Manon**, qui fut la première à me soutenir dans les moments difficiles. Je remercie aussi tout particulièrement les membres de ma famille qui m'ont apporté leur aide.

## SOMMAIRE

<b>A. OBJET DE L'EXPERTISE GEMMOLOGIQUE</b>	<b>4</b>
<b>B. HISTORIQUE DES TIARES PAPALE</b>	<b>5</b>
<b>C. COMPARATIF AVEC LA TIARE DE CHAUMET NAPOLÉON</b>	<b>7</b>
<b>D. TECHNIQUES ANALYTIQUES MISE EN ŒUVRE :</b>	<b>8</b>
1. LOUPE APLANÉTIQUE ET ACHROMATIQUE GROSSISSEMENT X10	8
2. FILTRE CHELSEA	8
3. TRINOCULAIRE ET MICROSCOPE USB	8
4. ILLUMINATION AU UV	9
5. SPECTROMÈTRE RAMAN	10
6. ANALYSEUR DE FLUORESCENCE (XRF)	11
7. LE SPECTRE D'ABSORPTION	11
<b>E. LA TIARE E.CL.20849</b>	<b>13</b>
1. DESCRIPTION DE LA TIARE	13
2. TAILLE DES GEMMES ET SERTIES	15
3. IDENTIFICATION DES GEMMES DE LA TIARE	18
<b>F. FICHE DES GEMMES</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>34</b>
<b>RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>35</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>36</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>37</b>

## A. OBJET DE L'EXPERTISE GEMMOLOGIQUE

L'objet de l'expertise situé au Musée National de la Renaissance, est de conduire des analyses gemmologiques non destructives sur les gemmes d'une Tiare (E. CL.20849).

Ces analyses ont pour but de confirmer ou de préciser la nature minéralogique des pierres gemmes, de mettre en évidence des marqueurs (éléments-traces) de ces gemmes, de préciser les techniques de taille, de proposer des hypothèses argumentées quant à l'origine des diverses gemmes et de préciser dans la mesure du possible la période de fabrication du joyau.

Autres bijoux expertisés dans le cadre du stage :

- E.Cl. 20842 Diadème
- E.Cl. 20527 Chameau
- E.Cl. 20530 Navire
- E.Cl. 20534 Amour
- E.Cl. 20535 Pistolet
- E.Cl. 20700 Ours
- E.Cl. 20917 Couronne Amour

Ces objets et bijoux proviennent de la donation de 1922 de la baronne Adèle de Rothschild (Francfort-sur-le-Main, 1843 - Paris, 1922 ; Figure 1), épouse de Salomon James de Rothschild (1835-1864) et fille de Mayer Carl de Rothschild (Francfort, 1820 – Francfort, 1886) acquéreur des bijoux (Schommer, 1922 ; Les Donateurs du Louvre, 1989 ; Vigne, 2007) Elle laissa ses collections d'objets d'art, de tableaux et dessins au Louvre, au musée de Cluny et au musée des Arts décoratifs. Une partie sera transférée au musée d'Ecouen dont la tiare et sept autres bijoux.

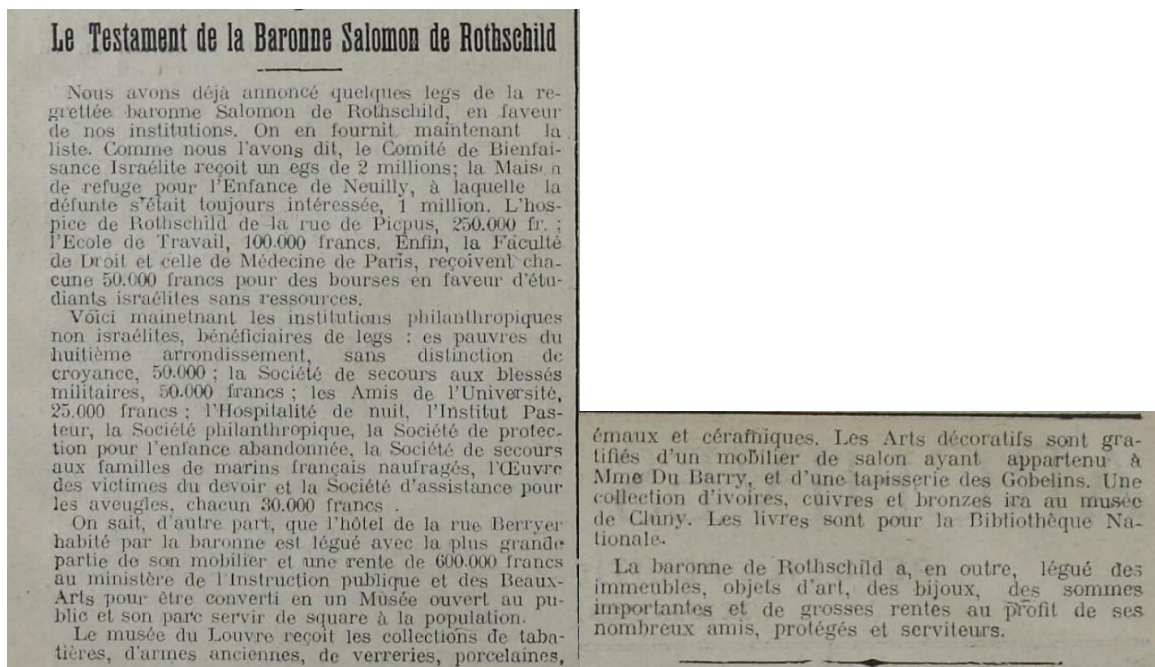


Figure 1: Article sur le Testament de la Baronne Salomon de Rothschild, Archives israélites de France, 27 avril 1922.

## B. HISTORIQUE DES TIARES PAPALE

Les premières Tiars Papales sont apparues au 8ème siècle avec le Pape Constantin (708-715), cette couronne été portée par les papes de l'église catholique. La dernière utilisation d'une Tiare Papale remonte à 1963, tiare portée par le pape Paul VI pour son investiture (1963-1978).

Les Tiars Papales n'ont fait qu'évoluer au fil des siècles (Figure2), commençant par un simple bonnet blanc conique qui était posé sur la tête des papes pour aller jusqu'à une Tiare à trois couronnes faites de métal et recouvert de pierre.

- Le Pape **Boniface 1<sup>er</sup>** (418-422) portait un bonnet blanc, conique, orné dans le bas d'un diadème gemmé.
- Le Pape **Pélage 1<sup>er</sup>** (556-561) Tiare conique ou pain de sucre.
- Le Pape **Constantin** (708-715) Première Tiare tel que nous les connaissons
- Le Pape **Adrien III** (884-885) Gravure de la Tiare
- Le Pape **Innocent III** (1198-1216) Tiare conique (fresque de l'abbaye du Sacro Speco)
- Le Pape **Boniface VIII** (1294-1303) Tiare à deux couronnes (tombe par Arnolfo di Cambio ; fresque par Giotto, Basilique de St. Jean de Latran). Ajout de pierres précieuses : (Inventaire du trésor pontifical rédigé en 1295 : rubis balais, de 72 saphirs, de 45 « praxini » ou émeraudes, non compris les petites émeraudes et les petits balais, enfin de 66 grosses perles. Au sommet se trouvait un rubis gigantesque). Muntz 1898.
- Le Pape **Clément V** (1305-1314) Les tiars de Nicolas IV et de Boniface VIII sont emportées en France. Clément V est couronné à Lyon en 1305. Tiare à trois couronnes triregnum (inventaire du trésor papal de 1316)
- Le Pape **Pie III** (1503-1503) Présence d'un petit globe et d'une croix au sommet de la tiare
- Le Pape **Clément VII** (1523-1534) Le pape fit fondre tous les tiars et insignes papaux en 1527 pour lever la rançon de 400 000 ducats demandée par l'armée d'occupation de l'Empereur Charles Quint.
- Le Pape **Clément VIII** (1592-1605) le Pape Clément VIII et représenter avec une tiare a 3 couronnes sur une mosaïque en Pietra dura
- Le Pape **Pie VII** (1800-1823) La tiare réalisé en papier-mâché pour le couronnement du pape Pie VII en exil à Venise à la suite de la saisie ou de la destruction de diadèmes papaux par les troupes françaises qui ont envahi Rome en 1798. Décoré de bijoux offerts par des familles locales. Porté comme une alternative légère pendant des décennies. Napoléon Ier offrit une tiare au pape Pie VII, qui présida son couronnement en tant qu'empereur en décembre 1804. Fabriqué par Henri Auguste et Marie-Etienne Nitot de la maison Chaumet, sa décoration célébrait ce couronnement et le concordat de 1801. Certains de ses les bijoux et les décorations provenaient de diadèmes pris par les troupes du Directoire français en 1798. Ils étaient volontairement trop petits et trop lourds pour être portés. (Figure 2)
- Le Pape **Grégoire XVI** (1831-1846) Tiare la plus portés de la collection papale. Porté parfois par Pie IX, Pie X et Pie XII. Décorée avec trois cercles d'or incrustés de diamants sur le noyau central en argent de la couronne, et au-dessus de chaque cercle une série de feuilles de trèfle d'or, incrustées de bijoux.
- Le Pape **Pie IX** (1846-1878) La tiare de Pie VII a été modifié et porté par Pie IX lors de son couronnement en 1846 et pour ouvrir le premier concile du Vatican en 1868. Il apparaît dans le tableau 1807 de Jacques-Louis David Le Couronnement de Napoléon. Créée en 1854. Comprend 18 000 diamants et 1 000 émeraudes, saphirs et rubis. Prêté par le Musée du Vatican pour exposition au Metropolitan Museum of Art de New York, mai-octobre 2018. La tiare espagnole de 1855 est un cadeau de la reine Isabelle II d'Espagne, pesant trois livres et surmonté d'un seul saphir. La décoration comprenait 18 000 diamants, perles, rubis, émeraudes et saphirs. Le pape Pie IX l'a vendu et en a fait don à des œuvres caritatives. Une tiare a été offerte par la Congrégation de Sainte-Croix. Exposition permanente dans la basilique du Sacré-Cœur de l'Université de Notre-Dame de l'Indiana. Un cadeau au Pape Pie IX des

femmes de la Cour Royale du Roi des Belges fait par Jean-Baptiste Béthune de Gand. Décorée de trois couches de décor doré vertical incrusté de bijoux, y compris de l'or, des perles, de l'argent doré, des émeraudes, d'autres pierres précieuses et de l'émail. Un cadeau de la garde palatine au pape Pie IX pour célébrer le 50e anniversaire de sa consécration en tant qu'évêque en 1877. Relativement léger (1 kg), il a été utilisé à tous les couronnements papaux ultérieurs jusqu'au Pape Paul VI en 1963. Décoré de six rangées de 90 perles ainsi que de 16 rubis, trois émeraudes, une jacinthe, une aigue-marine, trois rubis, un saphir et huit points d'or avec cinq grenats et deux rubis Balas premier étage); 10 émeraudes, 8 rubis Balas, une chrysolite, deux aigues-marines, six petits rubis et trois saphirs (deuxième niveau); 16 petits rubis Balas, trois plus gros rubis Balas, quatre saphirs, trois jacinthes, trois aigues-marines, un grenat, huit ornements floraux en or chacun avec deux émeraudes, un rubis Balas, une chrysolite et huit points d'or, chacun orné d'un grenat (troisième niveau). La couronne est recouverte d'une fine couche d'or, de huit rubis et de huit émeraudes, surmontée d'un globe en or émaillé de bleu et surmonté d'une croix composée de 11 brillants.

- Le Pape **Léon XIII** (1878-1903) La tiare allemande est un cadeau du Kaiser Wilhelm I d'Allemagne en commémoration du Jubilé d'Or du Pape Léon XIII en tant que prêtre. Décorée avec 1.000 perles. La tiare de Paris est un cadeau des catholiques de Paris en 1888 pour célébrer le jubilé d'or de l'ordination prêtre du pape Léon XIII. Par Émile Froment-Meurice. Il avait refusé une proposition des catholiques de Lyon de lever des fonds pour une tiare en 1878. La tiare autrichienne est un cadeau du Kaiser Franz Joseph I d'Autriche en 1894. La tiare d'or a été présentée en 1903 par le cardinal Pietro Respighi au nom des catholiques du monde pour commémorer le jubilé d'argent du pape Léon XIII en tant que pape.
- Le Pape **Pie X** (1903-1914) La tiare de Pie X a été créé par le bijoutier papal Tatani pour commémorer le jubilé d'or de l'ordination du pape Pie X en tant que prêtre. Fait parce que le pape a trouvé les autres tiars trop lourdes.
- Le Pape **Pie XI** (1922-1939) La tiare de Pie XI est un cadeau de l'archidiocèse de Milan. Décorée de 2000 pierres précieuses incrustées.
- Le Pape **Paul VI** (1963-1978) La tiare de Paul VI est la dernière tiare portée lors d'un couronnement papal. Fabriqué par les ateliers de la Scuola Beato Angelico de Milan dans un style moderne avec un ornement minimal. Elle faisait la moitié du poids de la tiare palatine de Pie IX utilisée lors des couronnements de 1877 à 1958. Exposée en permanence dans la basilique du sanctuaire national de l'Immaculée Conception.
- Le Pape **Jean Paul II** (1978-2005) La tiare de Jean Paul II à été offerte en 1981 par les catholiques de Hongrie. Elle n'a jamais été portée, son emplacement est inconnu. Elle apparaît sur une photographie d'une médaille qui aurait été détenue au Bayerisches Münzkontor.
- Le Pape **Benoît XVI** (2005-2013) La tiare de Benoît XVI a été offerte le 25 mai 2011 par un groupe de catholiques romains allemands ; créé par les chrétiens orthodoxes orientaux bulgares. Jamais porté.
- Le Pape **François I** (2013- ) La tiare a été offerte au Pape François le 16 mai 2016 par le Président de l'Assemblée de Macédoine du Nord, Trajko Veljanovski. Fabriqué par les religieuses du monastère de Rajcica, avec la perle d'Ohrid. Jamais portée.

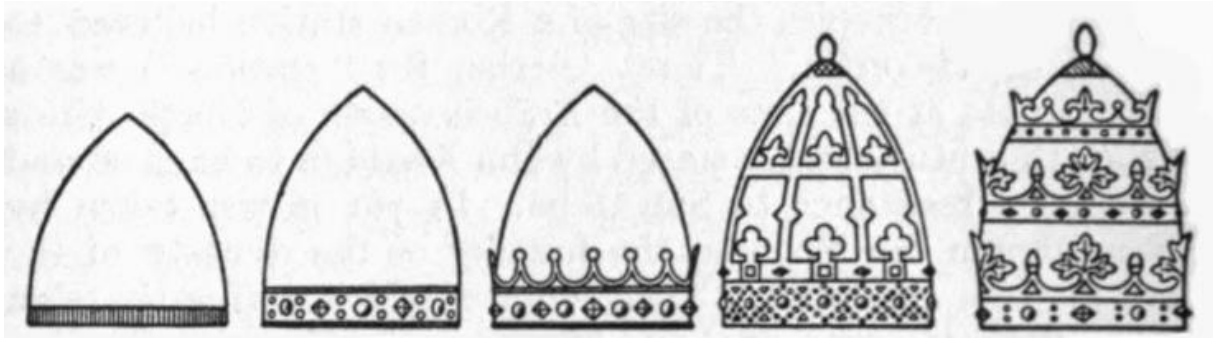


Figure 2: évolution des Tiare Papale au fil des siècles ( Father Joseph Braun, S.J)

### C. COMPARATIF AVEC LA TIARE DE CHAUMET NAPOLÉON

La Tiare (Figure3) que Napoléon Ier commanda à la maison Nitot (qui est maintenant devenue la maison Chaumet) pour le Pape Pie VII et une Tiare papale a trois couronnes surmonter d'une émeraude extraordinaire de 405,5 carats, sur laquelle on retrouve au sommet une croix sertie de diamant. Cette tiare à été créé suite au fait que le pape Pie VII soie couronné avec une tiare en papier mâché durant son couronnement à Venise en 1800. L'émeraude provient d'une saisie faite par l'armée de Napoléon. Nous pouvons voir ici que cette Tiare Papale coïncide sur la manière de création de la Tiare expertisé ; trois couronnes assemblées délimiter par une rangée de perle le tout surmonter d'une émeraude et d'une croix.



Figure 3: Tiare du Pape Pie VII ( Chaumet-jewellery)

## D. TECHNIQUES ANALYTIQUES MISE EN ŒUVRE :

### 1. Loupe aplanétique et achromatique grossissement X10

Cette loupe a un verre qui laisse passer la lumière blanche sans la décomposer et qui ne modifie pas la couleur et l'apparence de la pierre observée. Elle est utilisée pour l'observation des inclusions (Figure 4), de potentielle poinçon et ainsi que pour la prise de photo.



Figure 4: Photo G. Riondet

### 2. Filtre Chelsea

Le filtre dichromatique laisse passer les longueurs d'onde du rouge foncé autour de 690nm et les longueurs d'onde du jaune-vert autour de 570. Il est très utile pour différencier une émeraude d'un béryl vert qui lui va transparaître en rouge au filtre Chelsea. Le filtre Chelsea met en évidence la forte concentration de chrome et de cobalt.

### 3. Trinoculaire et Microscope USB

Une trinoculaire Zeiss Stemi 2000 (Figure 5a) muni d'une caméra AxioCam 105 color (éclairage LED en champ sombre ou en réflexion) ainsi qu'un microscope Q-scope compact USB (Figure 5b; avec éclairage annulaire polarisable) permet d'obtenir des photos macroscopiques des échantillons de leur serti et de potentiellement observer les inclusions dans les gemmes.



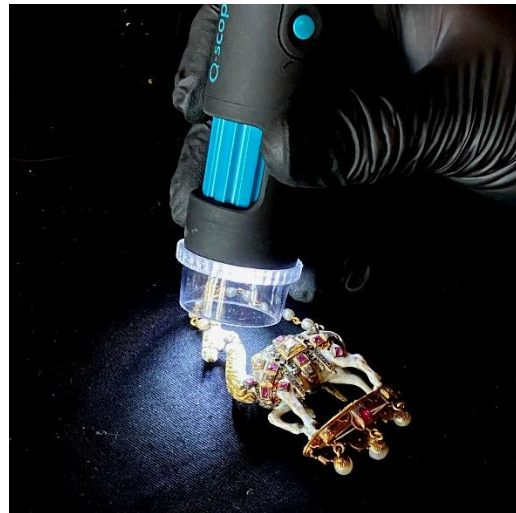


Figure 5: Observation sous a) trinoculaire Zeiss Stemi 2000 et b) microscope compact USB Q-scope (Photos G. Riondet).

#### 4. Illumination au UV

L'illumination sous UV longs (365 nm ; Figure 6) permet de mettre en évidence la fluorescence de certaines gemmes tel que les rubis (fluorescence rouge  $\text{Cr}^{3+}$ ) ; les diamants (centres de défauts de type N-V) ; ou les spinelles. Les UV courts plus énergétiques à 254 nm permettent parfois de mettre en évidence les éventuelles restaurations, les points de collage ainsi que les perles et les émaux.



Figure 6: Tiare sous UV long 365nm (Photo G. Panczer)

## 5. Spectromètre RAMAN

La spectrométrie Raman est une méthode analytique optique non destructive basée sur la diffusion inélastique de la lumière sur un matériau cristallisé ou non, organique ou minéral. Elle permet de mettre en évidence les vibrations des groupements atomiques ou moléculaires de la structure du matériau. Cette signature structurale permet d'identifier la nature du matériau analysé. Cependant la fluorescence pouvant parfois être générée peut masquer le signal Raman. L'utilisation de différentes excitations laser, permet de sélectionner l'excitation ne générant pas ou peu de fluorescence.

Deux spectromètres Raman portables ont été utilisés :

- Un Raman portable Ocean Optics R 3000HR avec sonde fibre optique et excitation laser **785 nm** (proche infrarouge) de 250 mW. (Figure 7a)
- Un Raman portable Ocean Optics **532 nm** avec sonde fibre optique et excitation laser 532 nm (vert) de 50 mW. (Figure 5b)

Les spectres Raman des **matériaux minéraux** obtenus sont comparés à la base de données RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015).



Figure 7: Analyse des gemmes du diadème (Taj) par spectromètres Raman portable Ocean Optics ; a) excitation laser 785 proche infrarouge et b) 532 nm vert (photos G. Riondet et G.Panczer).

## 6. Analyseur de Fluorescence (XRF)

La fluorescence X (X-ray fluorescence XRF) permet l'analyse chimique élémentaire sur site de tout type de matériaux inorganiques sans préparation particulière, composés d'éléments de numéro atomique  $Z > 11$  (à partir du magnésium). Cette méthode d'analyse élémentaire non destructive est basée sur l'énergie de rayons X émis lors de l'interaction de rayons X incidents avec les électrons de cœur des atomes du matériau.

La résolution spatiale est de 3 mm et le temps d'analyse de 120 s. Le mode « Minerais » a été utilisé après une calibration préalable sur les standards NIST610 and 612 de compositions connues. La précision est variable selon les éléments et la matrice analysée. Elle est également fortement dépendante de la forme des échantillons : les meilleurs résultats seront obtenus pour une surface plane (pierres facettées) et seront moins précis pour les pierres à surface incurvée (cabochon).

Les éléments majeurs des gemmes et des alliages métalliques précieux sont exprimés en % en poids de l'élément ou d'oxyde. Les éléments traces des gemmes en ppm (partie par million).

L'appareil utilisé est un analyseur XRF Thermo Niton XL3t 980 GOLDD+ (puissance de 2 W, anode Ag) monté sur un trépied permettant une orientation de l'analyseur et une mesure à distance sécurisée.



Figure 8: La tiare en cours d'analyse par fluorescence X (XRF) (photo G. Choumil).

L'appareil utilisé est un analyseur XRF Thermo Niton XL3t 980 GOLDD+ (Figure 8 ; puissance de 2 W, anode Ag), monté sur un trépied permettant une orientation de l'analyseur et une mesure à distance sécurisée.

## 7. Le spectre d'absorption

La spectrométrie d'absorption (Figure 9) permet d'observer les bandes d'absorption de la lumière d'une gemme mais avec un élargissement de la zone d'étude (infrarouge, ultraviolet). Le spectromètre possède des détecteurs capables de mesurer l'absorption. Il est possible d'obtenir des spectres d'absorption graphiques.

- Méthodes d'analyse des causes de la couleur
- Détection de traitements (produit organiques)
- Traçabilité (pour l'émeraude)



Figure 9: Analyse des émeraude spectre d'absorption photo G. Panczer

## E. LA TIARE E.CL.20849

### 1. Description de la Tiare

La tiare analysée (Figure 11) est une tiare de type « papale » et non pas une tiare de type diadème. Les dimensions de la tiare sont : Hauteur : 33 cm, Diamètre max. : 19 cm, Diamètre à la base : 14,5 cm. La tiare est constituée de quatre parties horizontales distinctes, délimitée par une rangée d'émeraude sertie clos à fausses griffes, taillées en table. Les appliques formant des enroulements, des fleurs et des guirlandes à glands, en alliage à base d'argent, serties en clos à fausses griffes de gemmes taillées à facettes. L'arrière est décoré d'appliques formant des fleurs en alliage à base d'or, serties en clos de gemmes taillées à facettes ; ainsi qu'une émeraude taille en sphère, percé et monté sur une broche en argent, surplombant l'arrière de la tiare et visible vue de face par une légère ouverture du aux différentes parties qui ici est un pavage échancré. La tiare est surmontée d'une perle d'émeraude montée sur argent doré, et d'un dais en alliage à base d'argent, sertie en pavage de gemmes à facettes. Ces éléments sont surplombés d'une émeraude ronde et massive taillée en cabochon double, fixée dans une monture en alliage à base d'argent, sertie de diamants, surmontée d'une croix de diamants sertis en rangs sur argent, au montant formé par une perle d'émeraude en olive allongée, taillée à facette et percée, montée sur une forte broche d'argent.

Le diamètre de la base qui est peu élevé ainsi que le peu de pierre présent à l'arrière de la tiare laisse supposer, que cette tiare n'était pas destinée à être portée mais devait sans doute orner une statue. L'inventaire RMN fait état de : argent doré, émeraude, rubis, diamant, topaze. Le registre d'inventaire du Musée (Figure 10) concernant la tiare indique :

« *Tiare en argent doré, rehaussé d'appliques en argent ciselé et de pierreries polychromes, présentant trois couronnes d'émeraudes serties, qui séparent des motifs de fleurons et de guirlandes chargées de **topazes, rubis, améthyste, saphirs, diamants ou strass** ; surmontant le tout, un amortissement curviligne de pierreries similaires, au-dessus de quoi, la boule du monde, en **émeraude**, sommée de la croix en pierreries ; la partie postérieure, à peine décorée, semble indiquer que cette tiare coiffait une statue vue de face.* »

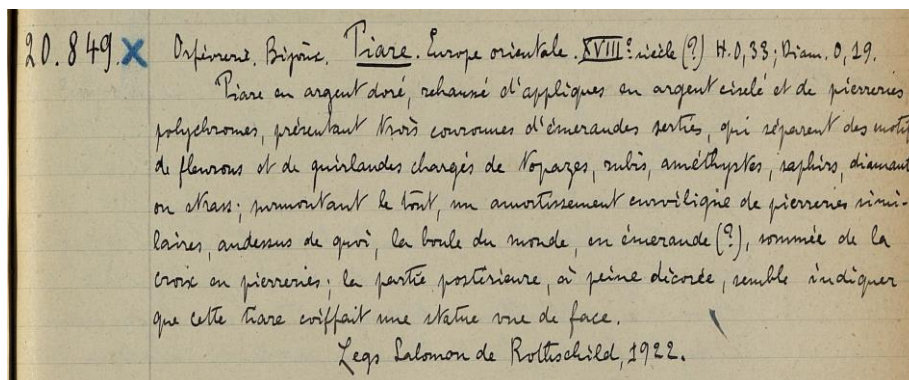


Figure 10: Extrait du registre d'inventaire du Musée de la Renaissance concernant la tiare.



Figure 11: Vue générale de la tiare (E.CL. 20849) de face, de profil et vue arrière (H. 33 cm, L max. 18 cm, Diam. base 14,5 cm) après restauration (Photos O. Tavoso, 2021).

Une restauration a eu lieu en 2020, effectué par Olivier Tavoso (Restauration d'œuvres d'art en métal) (Tavoso, 2020). Le rapport précise : *Orfèvre Anonyme ; Russie, Caucase ou Bulgarie, XVIIIe siècle. Restauration : pierres précieuses : émeraudes (très certainement colombiennes – Muzo ou Chivor), diamants (Brésil ?), rubis, saphirs bleus et jaunes (ou citrines ?) ; pierres fines : améthystes, grenats (?) ; pierres d'imitations (?)*. Paillons.

Par ailleurs, un article paru dans la Feuille d'avis de Neuchâtel du 12 juin 1922 (Figure 12) intitulé *Le legs de Mme Rothschild*, mentionne « une tiare du XIIIe siècle ». Rien n'indique cependant si cette tiare est la tiare étudiée, référencée E.CL. 20849 et datée probablement du XVIIIe.



Figure 12: Le legs de Mme Rothschild, Feuille d'avis de Neuchâtel du 12 juin 1922 mentionnant « une tiare du XIIIe siècle ».

Nous noterons que la Tiare est composée de plusieurs parties détachables (Figure 13a, b) tenue grâce à des écrous : la partie supérieure ainsi que les deux parties présentent sur la partie arrière. Il est à noter qu'aucun poinçon visible ou détérioré n'a pu être identifié.

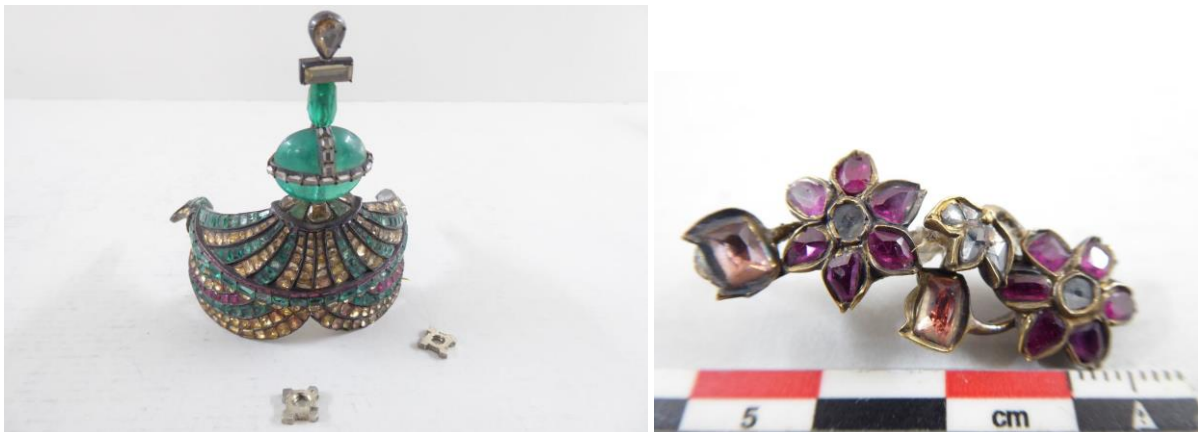


Figure 13: a) partie supérieure de la tiare détachée b) partie arrière détacher (Photo Tavoso O.)

## 2. Taille des gemmes et serties

Les pierres de couleur présentes sur la tiare, sont toutes des tailles diverses plus ou moins rustiques et calibrées afin d'épouser les formes variées qui composent l'objet (motifs à fleurons, guirlandes, curvilignes ; Figure 14,15). Les pierres vertes sont généralement taillées à table rectangle à 4 pans (Figure 18,19,20,21). Les pierres rouges, oranges et bleues ont des tailles à table en coussin, plus ou moins rustiques ou parfois en poire (Figure 14,15).

Les pierres incolores sont généralement taillées en rose (sans table) et parfois en rectangle (Figure 16), ce qui indique que la taille des diamants est plus ancienne que la tiare car la taille rose avec collète tronquée est apparue au 18ème siècles (taille Peruzzi).

Le sertissage est donc uniquement en sertie clos avec des fausses griffes pour certaines. La taille des gemmes présente ; rassemble les tailles : facettes à 4 pans, facettes, rose sans table, poire, table cousin, rectangle.



Figure 14: Détails des sertis en fleurons de la tiare, montrant les différents types de taille (violet : améthyste ; rouge : rubis ; bleu : saphir ; jaune : topaze et citrine). (Photos G. Choumil)

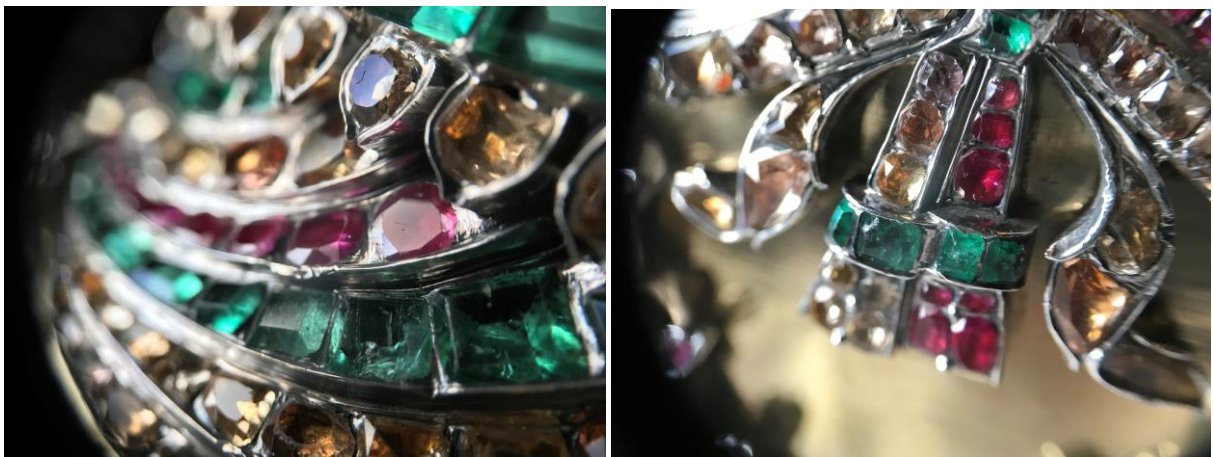


Figure 15: Détails des sertis en rails de la tiare, montrant les différents types de taille (vert : émeraude ; rouge : rubis ; jaune : topaze et citrine). (Photos G. Choumil)

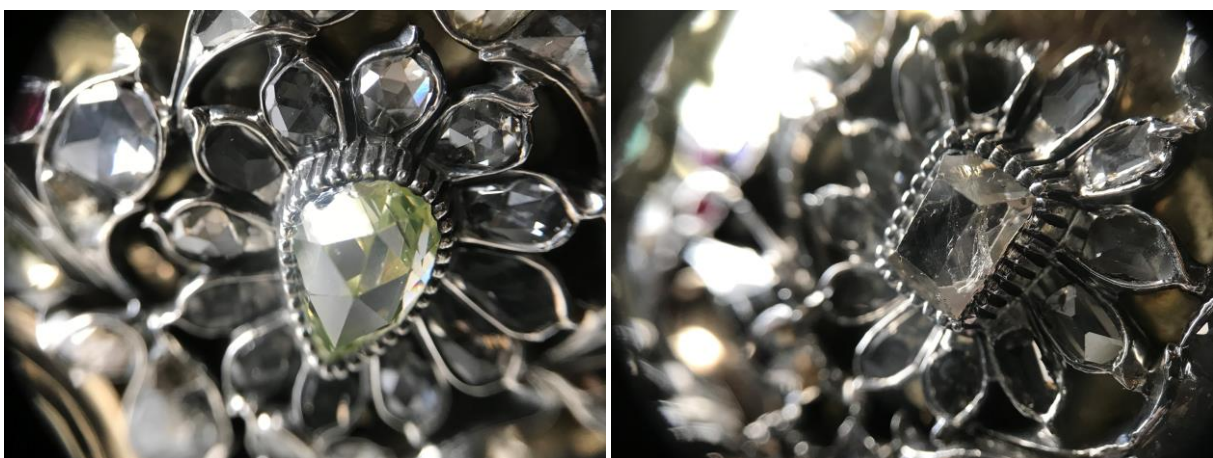


Figure 16: Détails des sertis de la tiare, montrant les différents types de taille, a) en rose et b) rectangle en table (jaune pâle et incolore : diamants). (Photos G. Choumil).



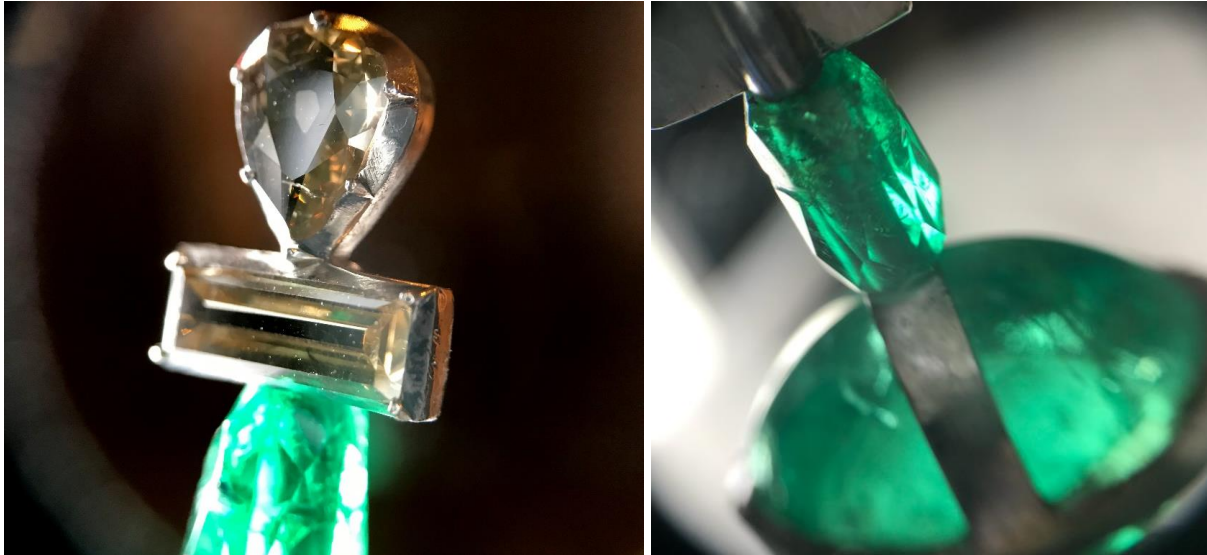


Figure 17: Détail a) des diamants sommitaux en taille poire et baguette ; b) de l'émeraude facettée et percée, de la tiare.

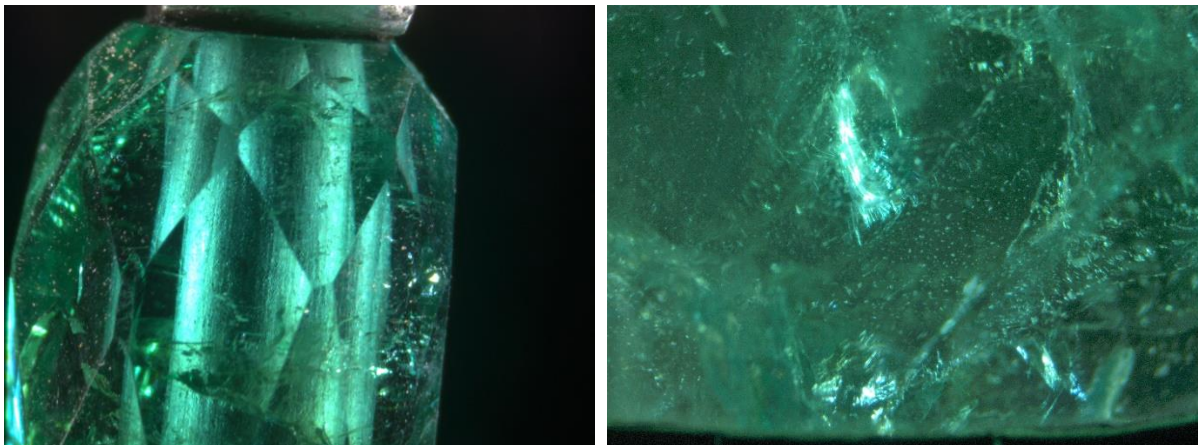


Figure 18: Photographies de détails des inclusions des émeraudes sommitales de la tiare a) émeraude facettée et b) boule d'émeraude. (Photos G. Panczer).

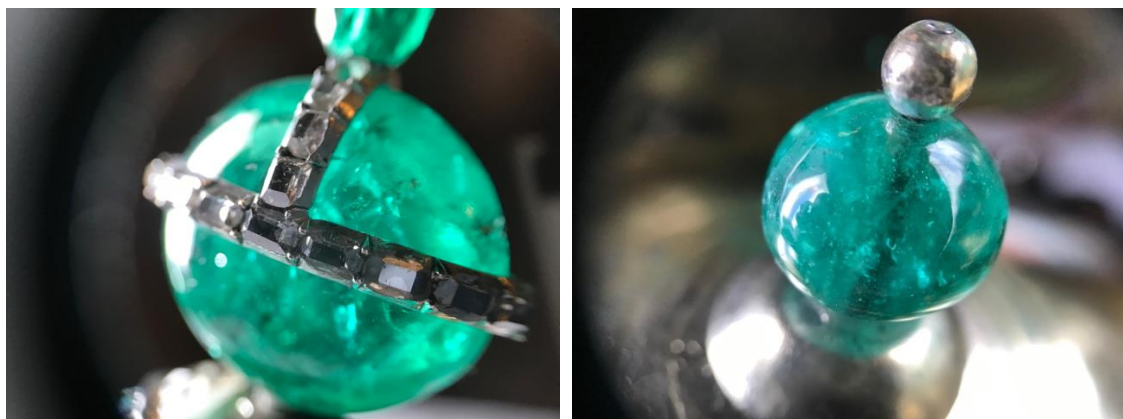


Figure 19: Photographie de l'émeraude sommitales a) boule émeraude entouré de diamant taille rectangle plan coupé ; b) boule émeraude percée présente derrière le sommet de la Tiare. (Photo G.Choumil)

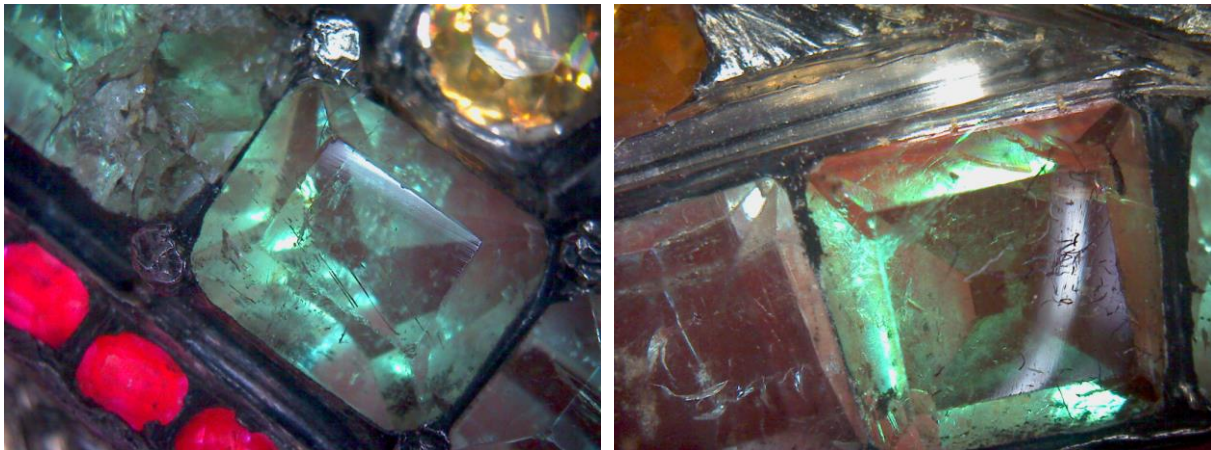


Figure 20: Détails des émeraudes à taille en table rectangulaires à quatre pans et large collette. (Photos G. Panczer).

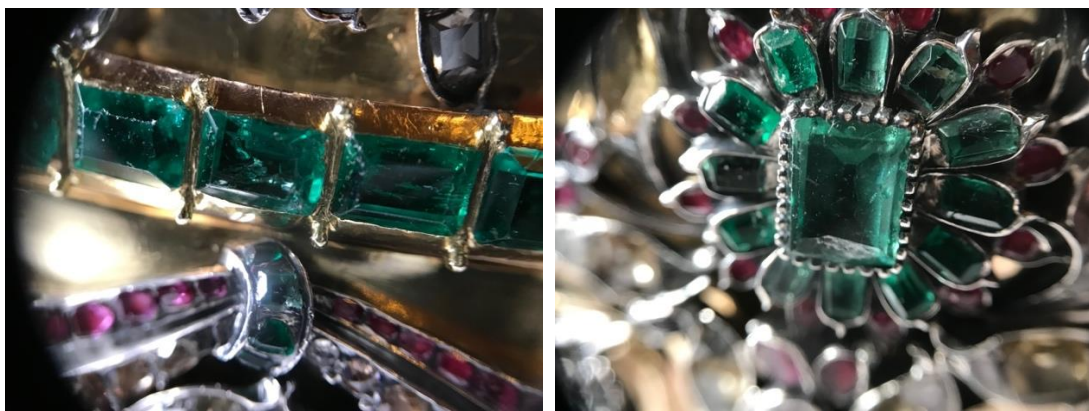


Figure 21: Détails des émeraudes rectangulaire en sertis clos à fausse griffe (Photo G. Choumil)

Les émeraudes sommitales et celle à table rectangulaire (Figure 18,19,20,21) présente des inclusions en forme de givre et/ou de jardin. Cependant ces inclusions ne nous permettent pas d'identifier une origine géographique précise.

### 3. Identification des gemmes de la tiare

Les émeraudes de la tiare (émeraudes sommitales et émeraudes à table rectangulaire) présentent des inclusions sous forme de « givres » ou de « jardin ». Celles-ci ne sont cependant pas caractéristiques d'une origine géographique particulière.

La conjonction des différentes techniques d'observation et analytiques permet d'identifier avec certitude la nature minéralogique des gemmes.

#### - **Le Filtre Chelsea :**

Le Filtre Chelsea n'a pas réagi sur les émeraudes ce qui nous indique qu'il n'y a pas de chrome dans ces gemmes ; nous pouvons donc exclure le béryl vert comme gemme supposé. Pour ce qui est des gemmes rouges nous constatons qu'il y a une réaction ; toute ces gemmes s'illuminent d'un rouge intense ce qui laisse penser à une forte présence de chrome.

#### - **La loupe aplanétique-achromatique X10 :**

Grace à la loupe nous avons pu observer des givres ainsi que des givres en jardin dans les émeraudes de la Tiare cependant aucune de ces inclusions n'est spécifique à un gisement particulier ; la présence de telle inclusions nous indique que les gemmes sont naturelles.

- **La Fluorescence UV :**



**Figure 22: La tiare (vue avant) a) sous lumière blanche ; b) sous UV longs (365 nm) ; c) sous UV courts (254 nm). (Photos G. Panczer)**

L'observation de la tiare sous illumination UV longs (365 nm, Figure 23b,21b) permet de mettre en évidence la fluorescence des rubis qui présentent une vive fluorescence rouge caractéristique. Leur fluorescence est plus efficace sous UV longs que sous UV courts (254 nm, Figure 22c,21c).



**Figure 23: La tiare (vue arrière) a) sous lumière blanche ; b) sous UV longs (365 nm) ; c) sous UV courts (254 nm). (Photos G. Panczer)**

Nous noterons qu'aucune émeraude de la Tiare ne réagit aux UV longs et courts ce qui indique qu'il n'y a pas eu de traitement sur ces gemmes. (Résine, huilage)

Les diamants fluorescents sont de façon plus ou moins intense en bleus ou en vert sous UV longs, mais de façon plus notable sous UV courts.

Ainsi, les diamants fluorescents sont soit bleu intense (centres N3 majoritaires), soit bleu ou vert (centres H3 ou H4). Ces différentes couleurs d'émission correspondent et varient selon la présence de « centres de défauts » structuraux induisant cette fluorescence (tableau 1 ; Luo & Breeding, 2013). Il faut noter que plusieurs centres peuvent être présents dans un même diamant. De plus, nous pouvons noter qu'aucun diamant de la tiare ne fluoresce en orange (centres « 480 nm ») ou en rouge (centre N-V). Ces centres de défauts ne sont cependant pas caractéristiques de l'origine géographiques des diamants.

Diamants		Couleur de fluorescence	
Dénomination du centre de « défauts »	Nature du « défaut »	UV longs (365 nm)	UV courts (254 nm)
« N3 »	V-3N	Bleu intense	Vert moyen
« H3 »	N-V-N	Jaune vert	Jaune pale
« H4 »	2V-4N	Vert intense	Vert intense
« 480 nm »	?	Orange intense	Jaune
« N-V »	N-V	Rouge faible	Orange faible

**Tableau 1: Dénomination, nature et couleur de fluorescence des centres de défauts des diamants (d'après Luo & Breeding, 2013) (N : atome d'azote ; V : lacune).**

- **Spectroscopie Raman :**

Les spectres Raman comparés à des références permettent d'identifier sans ambiguïté la structure des gemmes. Les pierres orangées à jaune sont donc des topazes,  $Al_2SiO_4(F, OH)_2$ . (Figure 24)  
Le spectre Raman (Figure 24) nous montre les raies caractéristiques des topazes à 262nm et 918nm ; comparé au spectre de référence RRUFF (Figure 25) les raies caractéristiques coïncident.

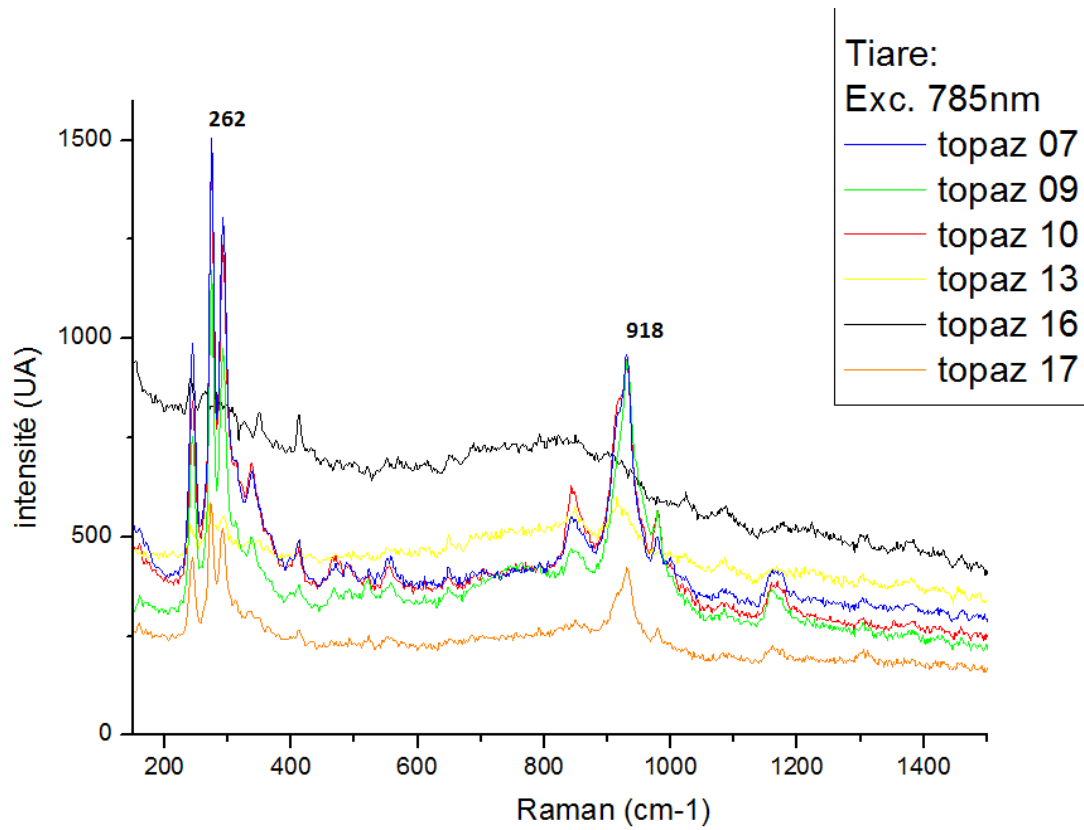


Figure 24: Spectre Raman représentatif des topazes de la Tiare Exc. 785nm (G.Choumil)

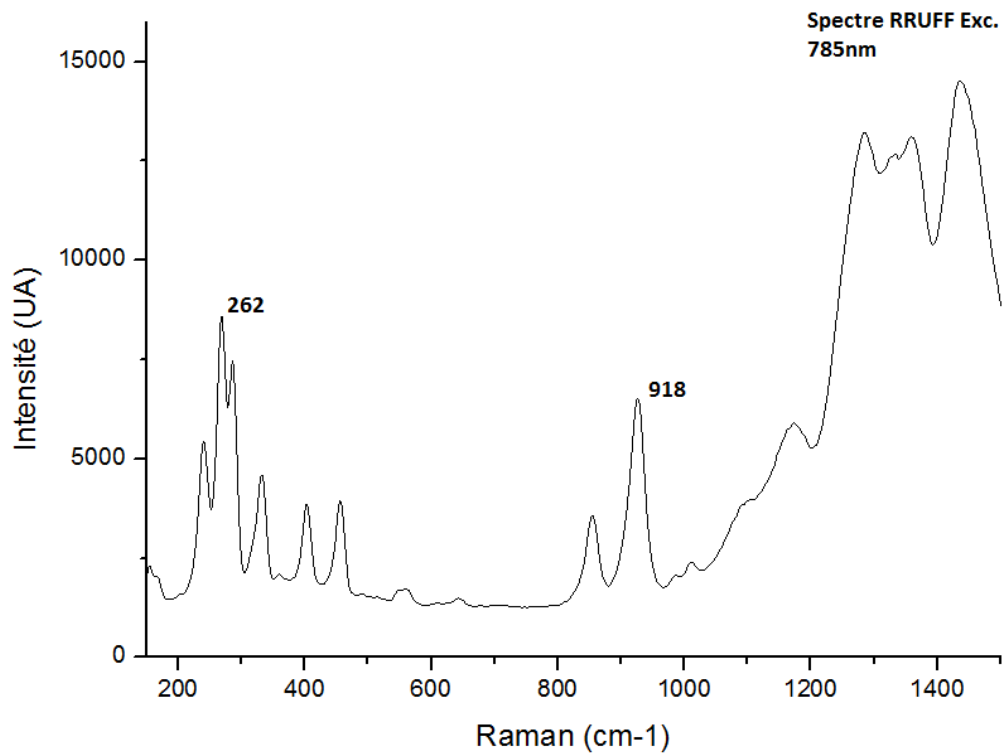


Figure 25: Spectre de référence RRUFF ( RRuff data base N° R040121)

Quelques rares pierres jaunâtres sont cependant des citrines (quartz  $\text{SiO}_2$ , jaune) et sont difficilement différenciables des topazes par leur couleur. Les pierres violettes quant à elles sont des améthystes (quartz  $\text{SiO}_2$ , violet) de même structure que les citrines. (Figure 26). Le spectre de référence RRUFF (Figure 27) nous indique qu'il coïncide avec la structure cristalline du quartz, raie caractéristique à 464nm.

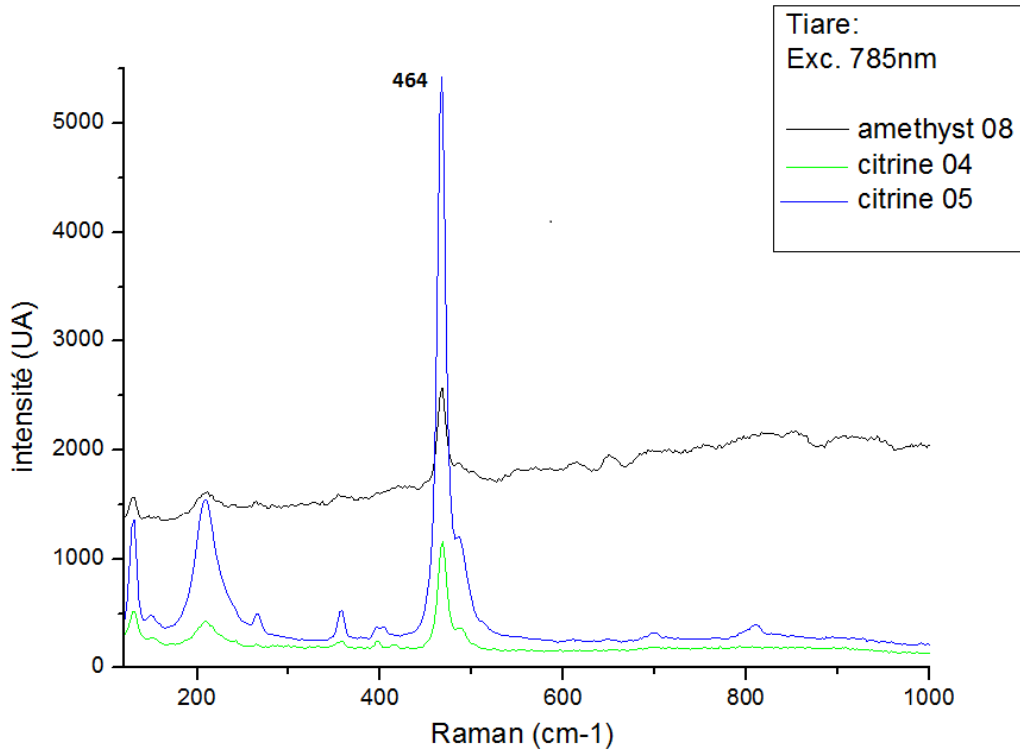


Figure 26: Spectre représentatif du quartz (améthyste et citrin) de la tiare Exc. 785nm (G.Choumil)

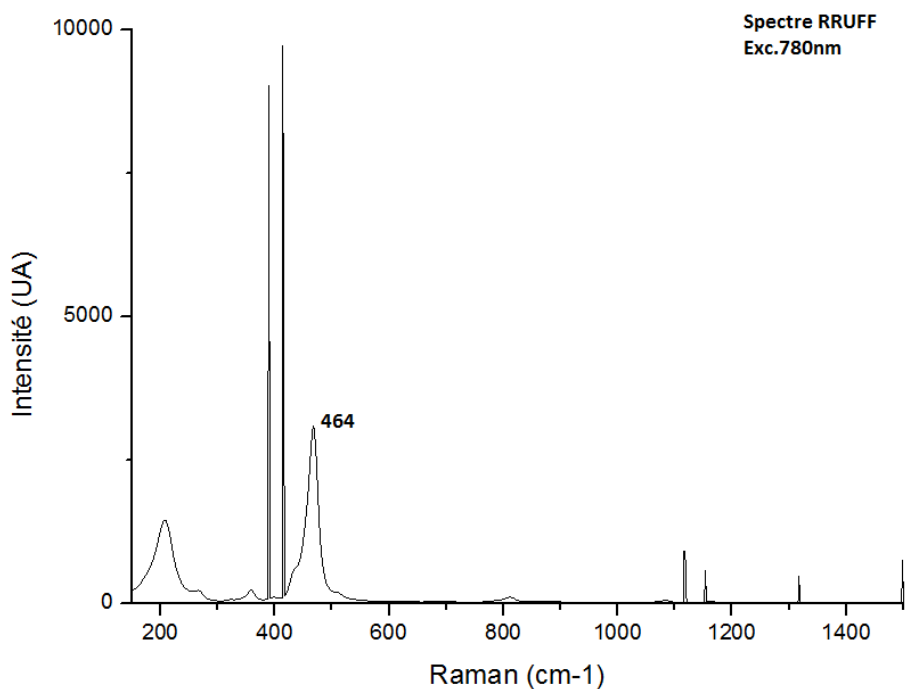


Figure 27: Spectre Raman de référence RRUFF avec artéfact ( RRuff data base N R040031)

Les pierres vertes présentent des spectres Raman caractéristiques des béryls, de formule  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$  (Figure 28), le spectre Raman de référence RRUFF (Figure 29 exc 532nm ; Figure 30 exc. 780nm) sans fluorescence et avec artéfact nous indique que nous sommes bien sur la structure cristalline du béryl. Les spectres sont mieux structurés sous excitation 532 nm (a) qu'à 785 nm (b) qui induit une importante ligne de base de fluorescence. Les béryls chromifères verts sont donc des émeraudes.

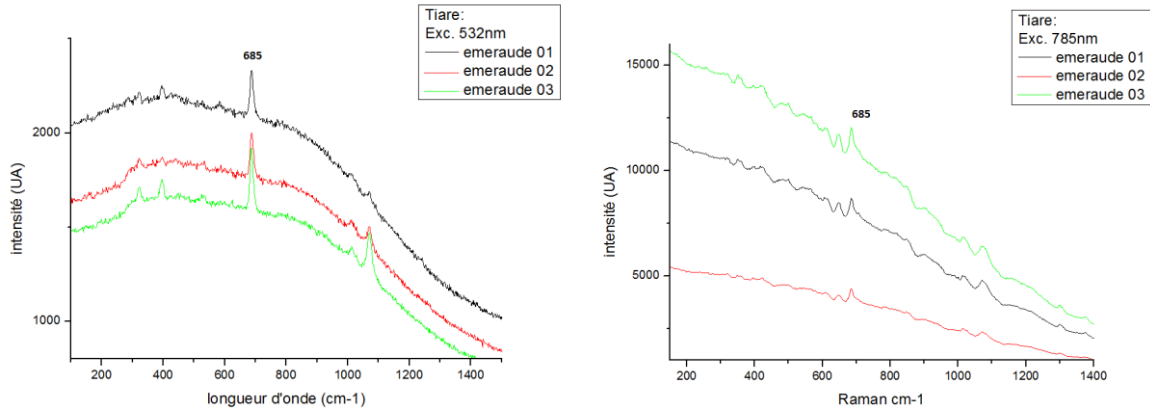


Figure 28: Spectre représentatif des béryls émeraude de la tiare a) Exc. 532nm b) Exc. 785nm (G.Choumil)

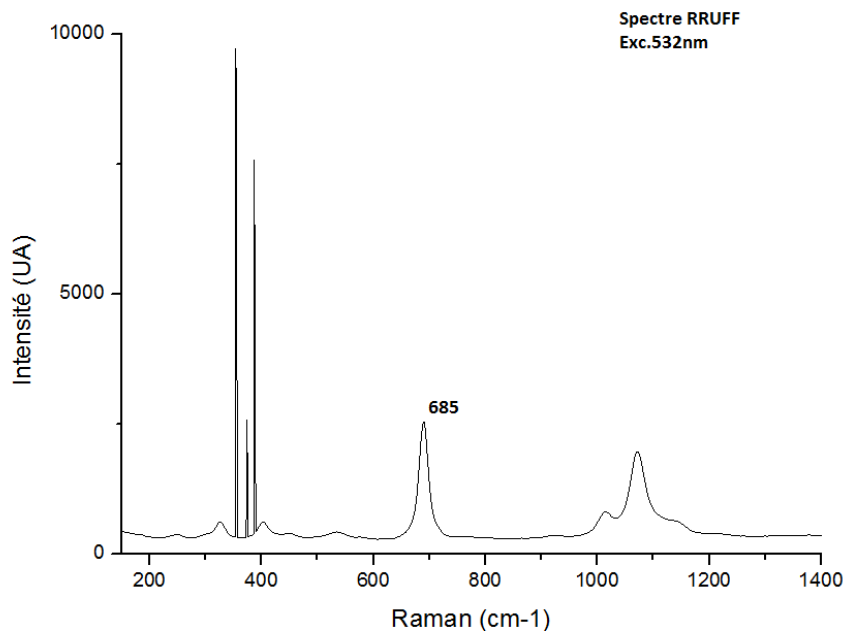


Figure 29: Spectre Raman de référence RRUFF avec artéfact ( Rruff data base R050120)

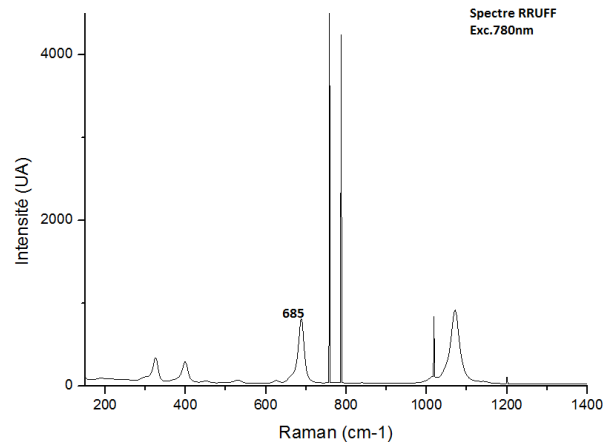


Figure 30: Spectre Raman de référence RRUFF avec artéfact (Ruff data base R050121)

Les corindons chromifères rouges sont des rubis (confirmant les observations faites sous UV). Les rares pierres bleues (corindon Fe-Ti) sont des saphirs. Les pierres rouges et bleues présentent des spectres Raman caractéristiques des corindons, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Figure 31). Le spectre de référence RRUFF (Figure 32) nous indique qu'il coïncide avec la structure cristalline du corindon, raie caractéristique à 417nm.

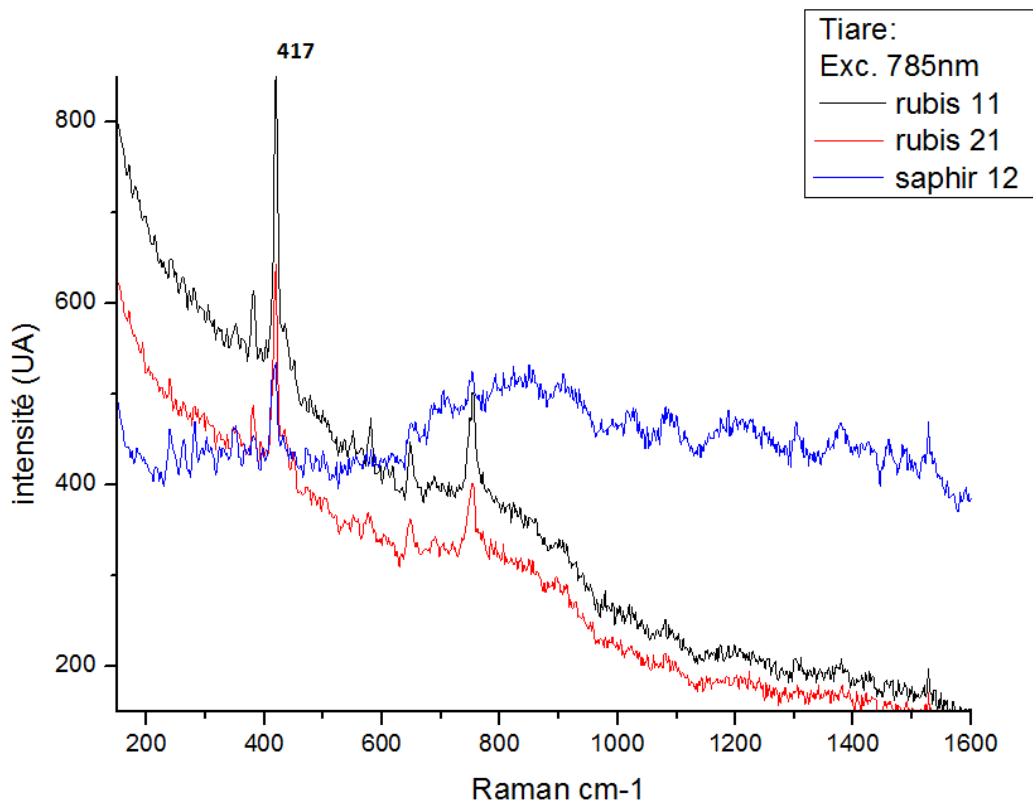


Figure 31: Spectre représentatif de corindon, saphir et rubis de la tiare Exc. 785nm (G.Choumil)



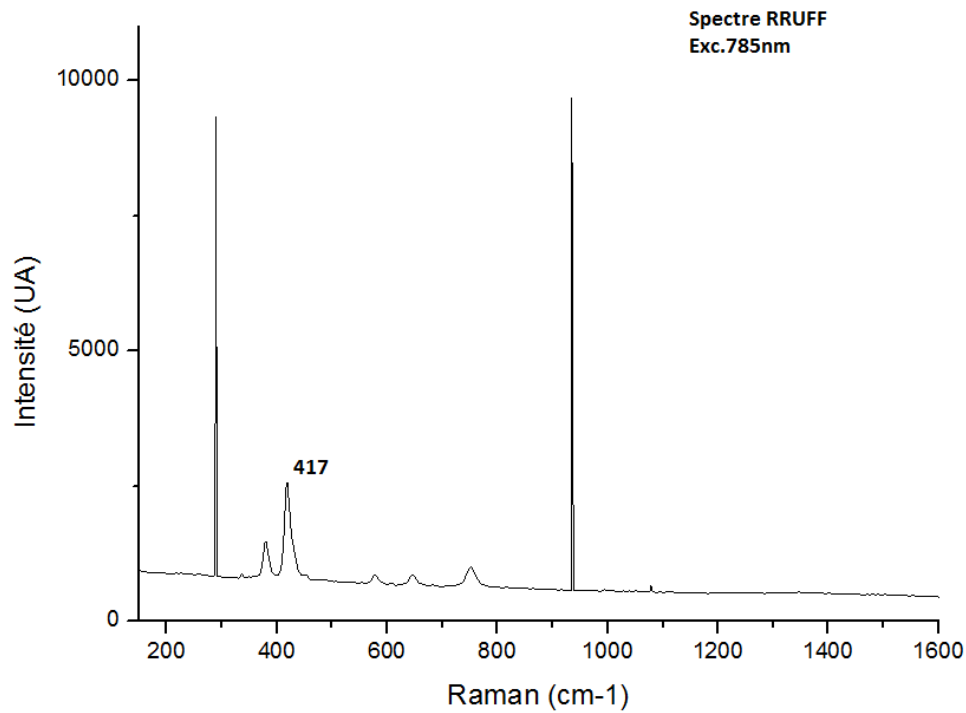


Figure 32: Spectre Raman de référence RRUFF avec artéfact ( Ruff data base R040096)

Les pierres incolores à légèrement jaunâtre ; sont des diamants (Figure 33). Le spectre de référence RRUFF (Figure 34) nous indique qu'il coïncide avec la structure cristalline du diamant, raie caractéristique à 1332nm.

Aucune pierre incolore n'a été identifiée comme étant du cristal de roche (quartz incolore). Ainsi, aucune pierre d'imitations (verre) n'a été mis en évidence indiquant que seules des pierres gemmes ont été serties et qu'aucune n'ont sans doute été remplacées.

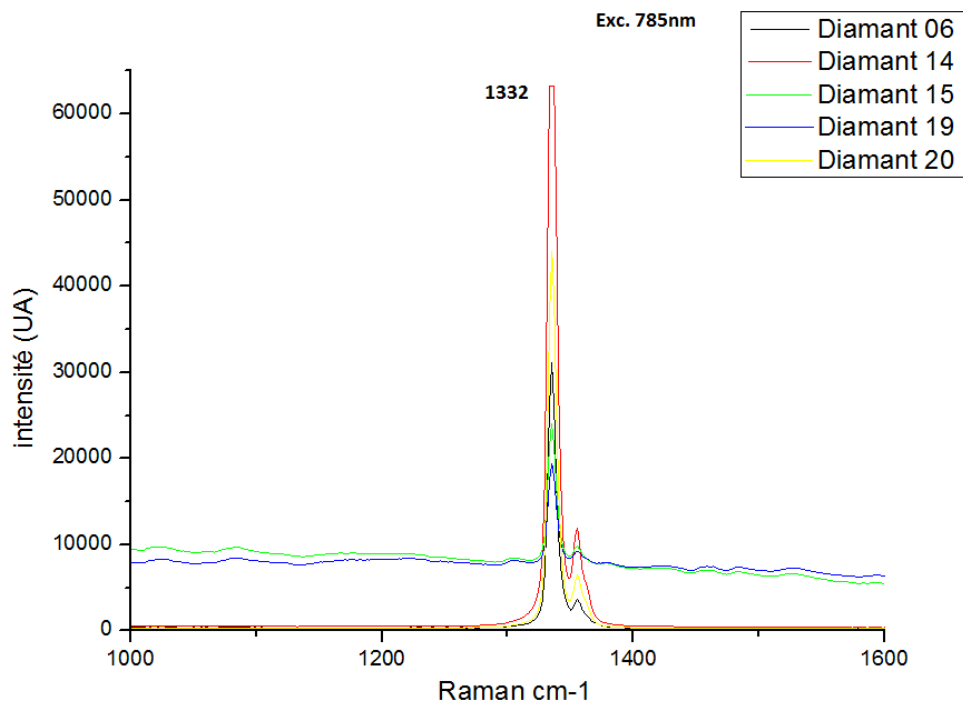
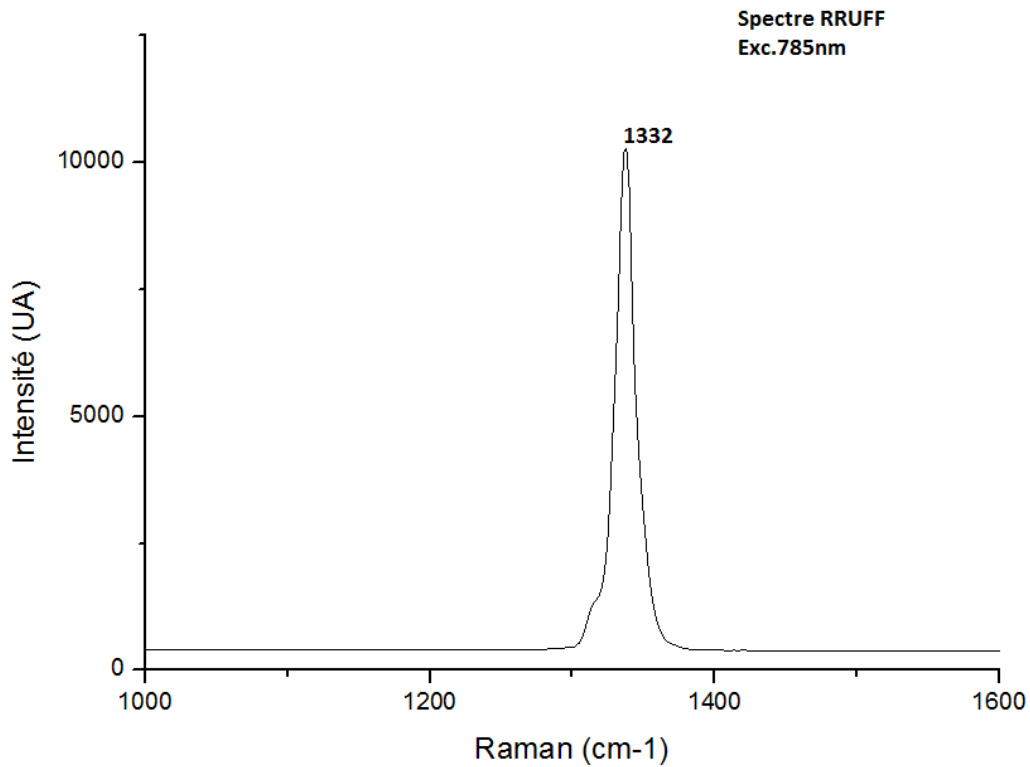
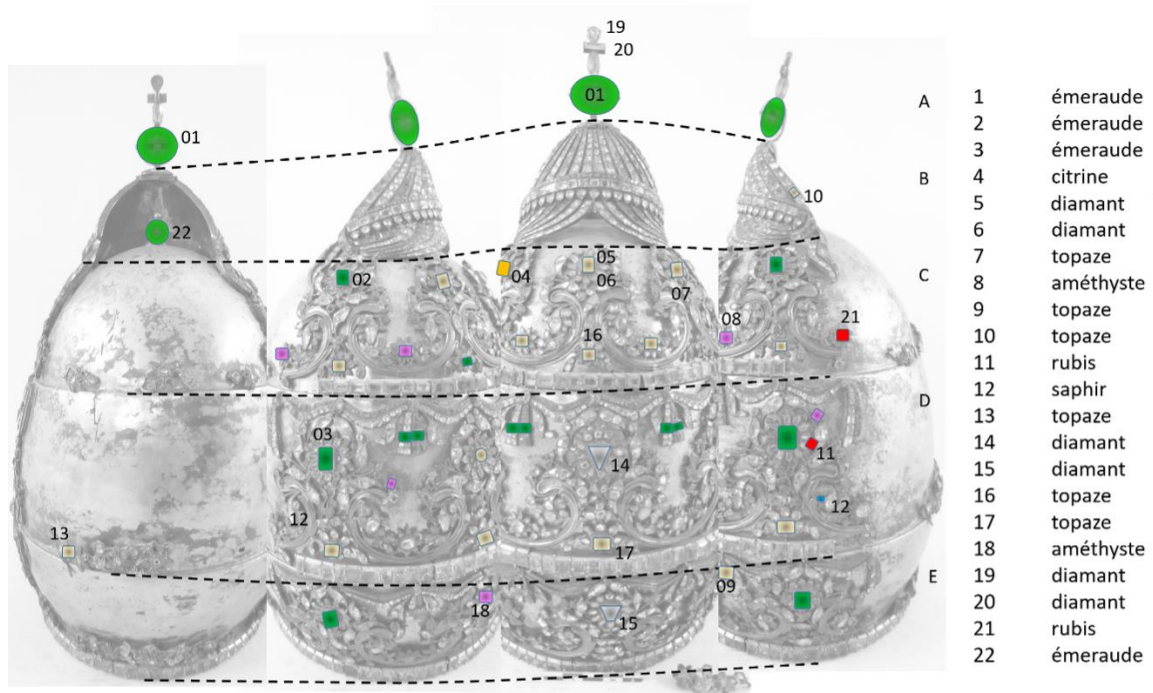


Figure 33: Spectre Raman représentatif des diamants de la tiare Exc. 785nm (G.Choumil)



**Figure 34: Spectre Raman de référence RRUFF (Ruff data base R150106)**

Les pierres analysées et identifiées par Raman sont positionnées sur la vue déroulée de la tiare. Nous pouvons noter que les « boules » vertes au sommet de la tiare sont bien des émeraudes et que les pierres incolores constituant la croix sont des diamants.



**Figure 35: Positionnement sur la tiare des pierres déterminé par spectrométrie Raman (G. Panczer)**

- **Spectre d'absorption**

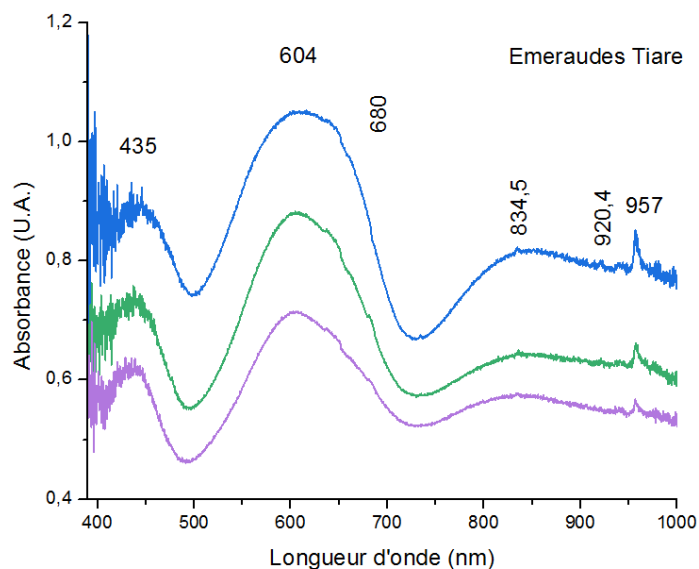


Figure 36: Spectre d'absorption des émeraudes de la Tiare (G. Panczer)

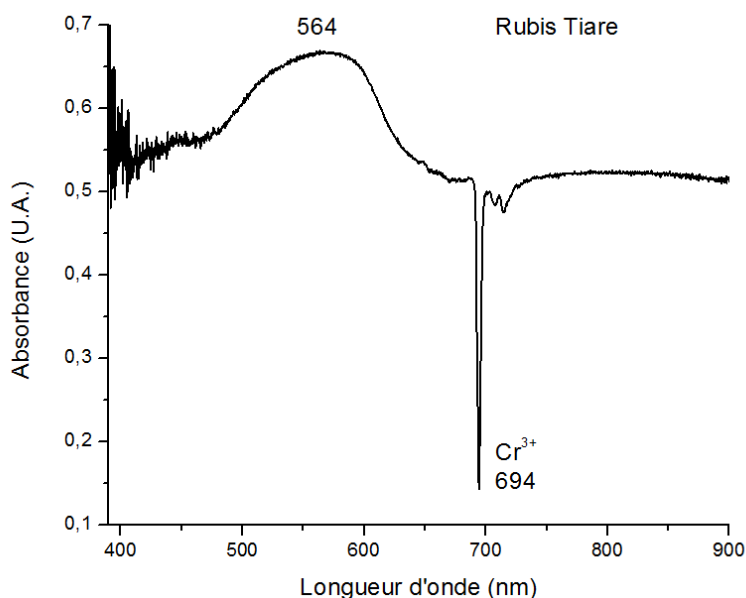


Figure 37: Spectre d'absorption des rubis de la Tiare (G. Panczer)

Ici nous observons les spectres d'absorption de l'émeraude et du rubis qui sont colorés par le chrome trivalent  $\text{Cr}^{3+}$  qui donne la couleur verte (émeraude) et rouge (rubis). Pour le spectre de l'émeraude il absorbe le rouge et transmet le vert, pour le rubis il absorbe le vert et transmet le rouge.

- **XRF**

L'analyse par fluorescence X permet de quantifier de façon semi-quantitative les éléments traces des gemmes. Celles-ci peuvent être des traceurs des conditions de formation et donc des gisements. Les résultats de chaque point d'analyses d'émeraudes sont donnés via le Tableau 2; Tableau 5 (annexe 1).

ppm	Boule émeraude Moyenne 5 mesures	Autres émeraudes Moyennes 8 mesures
Cr	589	555
Fe	243	224
Ga	22	19
Ti	147	78
V	274	471

**Tableau 2: Composition moyenne (en ppm) des éléments traces des émeraudes de la tiare.**

La formule structurale de l'émeraude est donc :  $(\text{Be}^{2+}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{V}^{3+})_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ .

Les teneurs moyennes en éléments traces des émeraudes de la tiare sont comparées avec celle des données de Aurisicchio *et al.* (2018) dans le Tableau 3. Les interprétations de ces comparaisons doivent être prises avec recul car ce sont des moyennes (de grandes variations de teneurs peuvent être présentes dans un même gisement) et elles comparent des analyses ICP-MS (Aurisicchio *et al.*, 2018), PIXE/PIGE (Calligaro *et al.*, 2000) dans le tableau 4 et XRF (cette étude).

**Tableau 3. Comparaison de la composition en éléments traces des émeraudes de la tiare à celles de Aurisicchio (2018).**

ppm	Tiare / Boule émeraude	Tiare / Autres émeraudes	Austria (Habachtal )	Pakistan (Swat)	Afghanistan (Panshir)	Egypt (D. Zabara)	Colombie	Russie (Malyshevsk )
	Cette étude	Cette étude	Calligaro (2000)	Aurisicchio (2018)	Aurisicchio (2018)	Aurisicchio (2018)	Aurisicchio (2018)	Aurisicchio (2018)
Nb de points	5	8	3	3	3	2	3	3
Fe	243	224	4000	10390	1632	6024	1114	2125
Cr	589	555	1390	6635	1458	3224	1587	397
V	274	471	170	433	1774	300	4543	185
Ti	147	78	30	40	120	60	7	5
Rb	<4	<5	18	3	33	14	2	11

Cependant, les émeraudes de Colombie se caractérisent par une très faible teneur en rubidium ( $\text{Rb} < 10$  ppm) et des teneurs en Fe ( $200 \ll 2000$  ppm) (Saeseaw *et al.*, 2019). Ces teneurs sont compatibles avec celles obtenues pour les émeraudes de la tiare.

#### **Gitologie, tableau de comparaison des émeraudes :**

D'après les données de Krzemnicki *et al.* (2021), il est possible de positionner les valeurs des émeraudes de la tiare sur le diagramme Fe vs V/Cr. On note que la composition des émeraudes de la tiare est compatible avec celles des émeraudes de Colombie. (Figure 38)

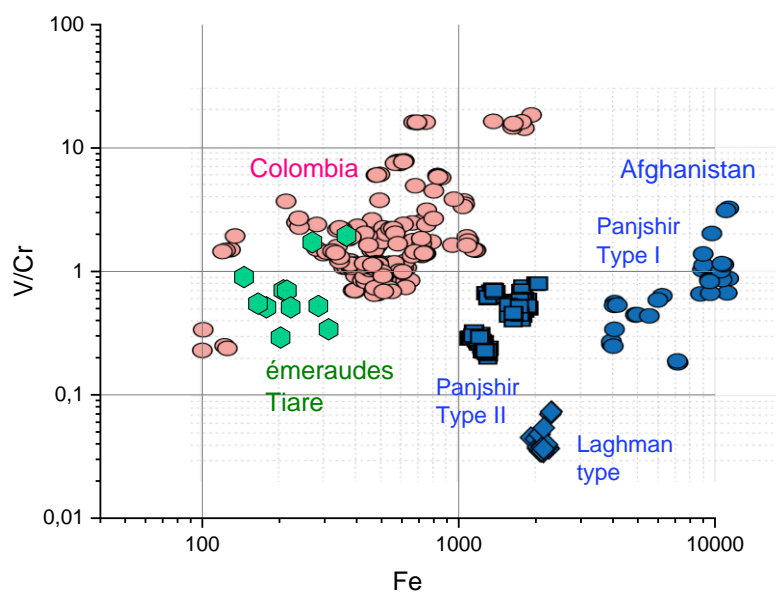


Figure 38: Diagramme Fe vs V/Cr des émeraudes de la tiare (XRF) comparées aux données des émeraudes de Colombie et d'Afghanistan (LA-ICP-TOF-MS) de Krzemnicki et al. (2021). (G.Panczer)

#### - Alliage métallique de la tiare

L'analyse de l'alliage composant la tiare confirme qu'elle est constituée d'argent doré. Les variations de composition Ag/Au sont induites par les variations de l'épaisseur d'or plaquée sur l'argent (Tableau )(Figure 39 ;40).

Tiare (%)	Partie haute	Partie basse	Partie basse inter	Partie basse inter
Ag	99,2	52,9	49,2	46,9
Au	0,2	43,5	48,4	50,8
Cu	0,4	1,3	0,8	0,7
Fe	<LOD	0,0	<LOD	<LOD
Ni	<LOD	0,0	<LOD	<LOD
Pb	0,2	0,1	0,1	0,1
Sn	<LOD	0,7	0,3	<LOD

Tableau 4: Composition de l'alliage métallique de la tiare (en %) (<LOD : inférieure à la limite de détection).

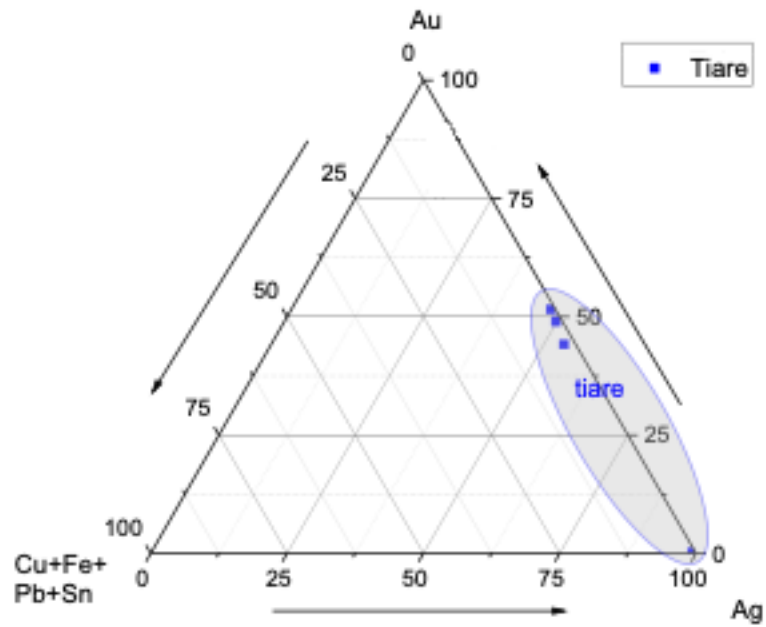


Figure 39: Diagramme triangulaire Au/Ag/Cu de l'alliage de la Tiare (G.Choumil)



Figure 40: vue intérieure de la tiare (photo : Olivier Tavoso)

sample	Color	BeO	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	Li	F	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Cs	
Austria	13	11,00	2,10	2,70	15,40	67,70	0,04	0,06	190,00	225,00	30,00	170,00	1390	26	4000	10	4	14	11	18	370	
Colombia	17	13,00	0,70	1,00	18,30	66,60	0,01	0,00	190,00	260,00	6,00	1250,00	890	5	700	0	0	0	30	2	60	
Russia	20	11,60	1,70	2,10	17,10	66,70	0,15	0,03	720,00	220,00	15,00	130,00	830	27	3210	25	5	40	14	40	360	
Madagascar	12	13,20	2,20	2,60	14,50	65,00	0,24	0,08	130,00	75,00	1,00	130,00	2650	20	11400	50	2	30	8	190	610	
Afghanistan	5	13,20	1,50	1,80	16,60	65,90	0,05	0,00	160,00	100,00	12,00	970,00	2650	17	2080	1	1	1	1	16	30	60
Zambia	11	14,20	1,90	2,30	14,70	64,90	0,06	0,05	580,00	17,00	12,00	180,00	2570	30	9830	15	1	45	13	140	1150	
Zimbabwe	22	13,20	2,80	3,30	14,00	64,80	0,05	0,03	800,00	34,00	120,00	210,00	5211	180	6220	20	1	66	30	350	710	
Pakistan	4	12,20	2,40	2,90	14,40	66,00	0,03	0,03	350,00	35,00	10,00	320,00	5930	38	6230	15	3	4	5	6	120	
Norway	2	13,00	0,30	0,15	18,30	65,90	0,04	0,04	25,00	60,00	6,00	6680,00	1930	36	1130	2	3	30	34	60	110	
Egypt	6	12,10	2,60	2,90	15,40	65,60	0,06	0,03	110,00	30,00	7,00	330,00	2800	22	4600	5	3	18	9	24	160	
Brazil	8	12,50	2,40	2,50	15,30	65,60	0,06	0,02	170,00	25,00	1,00	200,00	3950,00	2400	4900	13	1	7	19	15	350	
India	8	12,30	1,80	1,80	16,80	66,50	0,04	0,03	560,00	18,00	0,00	200,00	720,00	2000	3420	15	1	50	15	30	670	
Caribbean	1	12,30	2,20	2,50	15,10	66,70	0,13	0,03	180,00	900,00	0,00	4700	500,00	6000	4650	27	17	40	26	24	0	
Wisconsin	4	12,00	2,30	2,80	15,40	66,40	0,06	0,07	70,00	480,00	20,00	230,00	1600,00	1500	3880	23	14	36	10	17	130	
THC											147,00	274,00	539		243					22		
TAU											87,00	544,00	577		349					21	5	

Tableau 5: Composition en éléments traces (en ppm, parties par million) des émeraudes anciennes.

**Tableau 6: composition en éléments traces (en ppm, parties par million) des émeraudes de la tiare (LOD :**

p p m	eme raud e tiare 1	eme raud e tiare 1	eme raud e tiare 2	eme raud e tiare 3	eme raud e tiare 3	eme raud e tiare 4	eme raud e tiare 4	eme raud e tiare 5	eme raud e tiare 1	eme raud e tiare 1	eme raud e tiare 1	eme raud e tiare 6	eme raud e tiare 6
Cr	267	319	444	198	239	297	305	732	593	1049	719	1131	1096
Cr	31	29	31	30	29	29	28	34	37	58	36	46	47
F e	207	214	178	365	269	<LO D	165	221	311	284	202	145	<LO D
F e	87	87	83	102	102	120	85	96	90	134	95	96	232
G a	15	<LO D	15	19	32	21	16	17	13	45	16	16	<LO D
G a	9	12	9	10	11	9	9	10	8	17	10	10	16
M g	1284 6	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D
M g	5317	7531	5665	4099	4920	4121	4242	4145	4067	6177	5028	3989	7306
R b	<LO D	4	<LO D	<LO D	5	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D
R b	3	2	3	5	3	4	4	4	4	7	4	5	5
Ti	98	196	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	78	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D
Ti	47	48	66	117	130	62	90	50	82	171	79	171	134
V	188	223	227	387	411	180	167	374	201	550	209	1016	1010
V	24	25	25	32	33	23	21	31	26	61	28	56	58
Zr	<LO D	6	6	<LO D	<LO D	5	<LO D	<LO D	4	<LO D	<LO D	<LO D	<LO D
Zr	5	3	3	5	5	3	4	5	3	6	4	5	4

inférieur à la limite de détection).



## F. FICHE DES GEMMES

**Corindon:**  $\text{Al}_2\text{O}_3$

**Saphir :**  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe} + \text{Ti}$ . Transfert de charges  $\text{Fe}^{2+} - \text{O} - \text{Ti}^{4+}$  influencée par un transfert de charge  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$

**Rubis :**  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}$ .  $\text{Cr}^{3+}$  en site octaédrique avec un peu de  $\text{V}^{3+}$  et  $\text{Fe}^{3+}$  en coordination site

Dureté :9

Densité : 4

Indice de réfraction : 1,759-1,778

Biréfringence : 0,008-0,009

Caractère optique : U-

**Béryls :**  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

**Émeraude :**  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18} + \text{Cr}^{3+}$ , ou  $\text{Cr}^{3+}$  et/ou  $\text{V}^{3+}$

Dureté :7,5

Densité : 2,69-2,80

Indice de réfraction : 1,566-1,600

Biréfringence : 0,004-0,010

Caractère optique : U-

**Quartz :**  $\text{SiO}_2$

**Améthyste :**  $\text{SiO}_2$  transfert de charge  $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{4+}$

**Citrine :**  $\text{SiO}_2$  transfert de charge  $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$  et divers centres colorés impliquant  $\text{Al}^{3+}$

Dureté :7

Densité : 2,65

Indice de réfraction : 1,538-1,555

Biréfringence : 0,009

Caractère optique : U+

**Topaze :**  $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})_2$

Dureté :8

Densité : 3,52-3,56

Indice de réfraction : 1,606-1,644

Biréfringence : 0,007-0,010

Caractère optique : B+

**Diamant :** C

Dureté :10

Densité : 3,54

Indice de réfraction : 2,417-2,419

Biréfringence : non calculable

Caractère optique : I

## CONCLUSION

Nous avons ici une tiare de type papale sur une structure à trois couronnes constituées d'argent doré, magnifiquement décorée de motifs en guirlande surmontée par une émeraude sommitale surplombée d'une croix chrétienne, vraisemblablement pour une statue du fait de son diamètre et de sa hauteur. Les pierres de couleurs serties sur la tiare présentent des tailles diverses (taille à table rectangle à 4 pans ; tailles à table en coussin ; taille poire ; taille en rose ; taille en boule pour les pierres sommitales). Toutes les analyses effectuées avec le spectre Raman, l'analyseur de fluorescence, le spectre d'absorption ainsi que la trinoculaire le microscope USB, la loupe et le filtre Chelsea nous indiquent que cette Tiare est ornée de pierres de qualité gemme (diamant, saphir, rubis, émeraude, topaze, améthyste et citrine). Aucune imitation (simulant) n'a été mise en évidence (pas de strass comme supposé dans l'inventaire RMN). La composition des émeraudes de la tiare est compatible avec celles des émeraudes de Colombie. Elles ont donc été extraites après le milieu du XVI<sup>e</sup> siècle, la mine de Chivor ayant été exploitée à partir de 1545 et celle de Muzo en 1594 (Giuliani *et al.*, 2000).

Nous avons un total de 692 émeraudes, 422 diamants, 30 topazes, 38 améthystes, 540 citrines, 915 rubis, 78 saphirs.

Toutes les recherches documentaires effectuées pour identifier l'auteur de cette Tiare, son histoire propre ainsi que la commande passée pour cette œuvre, reste pour le moment un mystère. Aucun document de référence bibliographique ne fait référence à cette œuvre.

Plusieurs prises de contact ont été faites avec des musées et des centres d'archive mais aucune des recherches n'ont abouti.

Musées contactés : Musée de Louvre ; Musée des arts décoratifs, Musée de l'Ermitage (Russie), Musée de Grunewald (Allemagne), Musée du Vatican, Vatican, Diocèse de Lyon, Bibliothèque de l'INHA, archives des Musées nationaux, Rodchild archive (Londres), Don et legs Rodchild aux collections publiques françaises, centre Dominique-Vivant Deshayes.

## RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Anthony J.W., Bideaux R.A., Bladh K.W. & Nichols M.C. (2010) *Handbook of Mineralogy*, Mineralogical Society of America, Chantilly, USA, Nouvelle édition, <http://www.handbookofmineralogy.org/>
- Becerra II S. (2013) *The Papal Tiara: The Authority and Power of The Pope*. Lulu.com Ed., London, 72 pp.
- Bimbenet-Privat M. (2011) Bijoux et costume à la cour de France, *Revue de l'art*, N° 174, 67-75.
- Calligaro T. et al. / Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 161±163 (2000) 769±774 PIXE/PIGE characterization of emeralds using an external micro-beam
- Chaumet (2018) *Le choix des souverains*. 28 juin au 17 septembre 2018, Mitsubishi Ichigokan Museum, Tokyo <https://exhibition-tokyo.chaumet.com/fr/les-mondes-de-chaumet/souverains>
- Database RRUFF: Topaze R040121; Quartz R040031; Émeraude R05121; Émeraude R050120 (532 nm); Corindon R040096; Diamant R150106
- ICP-MS (Aurischio et al., 2018) Major and trace element geochemistry of emerald from several deposits: Implications for genetic models and classification schemes.
- Le legs de Mme Rothschild, *Feuille d'avis de Neuchatel*, 12 juin 1922.
- Le testament de la Baronne Salomon de Rothschild (1922), *Archives israélites de France*. Vol. 83, N°17, 27 avr. 1922.
- Les Donateurs du Louvre (1989) *Inventaire du legs Rothschild* (photocopies avec cotes reportées) : Carnets de la Réserve des livres rares (banque de salle Y), Éd. de la Réunion des musées nationaux, Paris, 347 p.
- Luo Y & Breeding C.M. (2013) Fluorescence Produced by Optical Defects in Diamond. *Gems & Gemology*, Summer 2013, 49, 2, 82-97.
- Luthmer F. (1885) *Der Schatz des Freiherrn Karl von Rothschild: Meisterwerke alter Goldschmiedekunst aus dem 14.-18. Jahrhundert* [Le trésor du baron Karl von Rothschild: chefs-d'œuvre de l'orfèvrerie ancienne du XVe au XVIIIe siècle], t. II, p.50.
- Muller-Lancet A. & Champault D. (1986) *La vie juive au Maroc*, éditions Stavit, p.228 2.
- Müntz Eugène. La tiare pontificale du VIIIe au XVIe siècle. In: *Mémoires de l'Institut national de France*, tome 36, 1<sup>e</sup> partie, 1898. pp. 235-324.
- Schommer P. (1922) *Inventaire de la donation de la Baronne Salomon de Rothschild*, 11 rue Berryer, Paris. Décret d'acceptation du 16 décembre 1922, [Inventaire R], Paris, 1922
- Tavoso O. (2020) *Compte-rendu de restauration de la tiare E.Cl. 20849*. Rapport, Décembre 2020.
- Van Bockstael M., Ibens W., Storme P., Storme P., Baeten J. (1997) *The Diamond Tiara of Pope Pius IX (1846-1878)*. Antwerp Facets, HRD, 16 p.
- Vigne G. (2007) *Le Legs de la baronne Salomon de Rothschild (1922)*, tapuscrit inédit, Direction des Musées de France.

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Article sur le Testament de la Baronne Salomon de Rothschild, Archives israélites de France, 27 avril 1922.	4
Figure 2: évolution des Tiare Papale au fil des siècles ( Father Joseph Braun, S.J)	7
Figure 3: Tiare du Pape Pie VII ( Chaumet-jewellery)	7
Figure 4: Photo G. Riondet	8
Figure 5: Observation sous a) trinoculaire Zeiss Stemi 2000 et b) microscope compact USB Q-scope (Photos G. Riondet).	9
Figure 6: Tiare sous UV long 365nm (Photo G. Panczer)	9
Figure 7: Analyse des gemmes du diadème (Taj) par spectromètres Raman portable Ocean Optics ; a) excitation laser 785 proche infrarouge et b) 532 nm vert (photos G. Riondet et G.Panczer).	10
Figure 8: La tiare en cours d'analyse par fluorescence X (XRF) (photo G. Choumil).	11
Figure 9: Analyse des émeraude spectre d'absorption photo G. Panczer	12
Figure 10: Extrait du registre d'inventaire du Musée de la Renaissance concernant la tiare.	13
Figure 11: Vue générale de la tiare (E.CL. 20849) de face, de profil et vue arrière (H. 33 cm, L max. 18 cm, Diam. base 14,5 cm) après restauration (Photos O. Tavoso, 2021).	14
Figure 12: Le legs de Mme Rothschild, Feuille d'avis de Neuchâtel du 12 juin 1922 mentionnant « une tiare du XIIIe siècle ».	15
Figure 13: a) partie supérieure de la tiare détachée b) partie arrière détacher (Photo Tavoso O.)	15
Figure 14: Détails des sertis en fleurons de la tiare, montrant les différents types de taille (violet : améthyste ; rouge : rubis ; bleu : saphir ; jaune : topaze et citrine). (Photos G. Choumil)	16
Figure 15: Détails des sertis en rails de la tiare, montrant les différents types de taille (vert : émeraude ; rouge : rubis ; jaune : topaze et citrine). (Photos G. Choumil)	16
Figure 16: Détails des sertis de la tiare, montrant les différents types de taille, a) en rose et b) rectangle en table (jaune pâle et incolore : diamants). (Photos G. Choumil).	16
Figure 17: Détail a) des diamants sommitaux en taille poire et baguette ; b) de l'émeraude facettée et percée, de la tiare.	17
Figure 18: Photographies de détails des inclusions des émeraudes sommitales de la tiare a) émeraude facettée et b) boule d'émeraude. (Photos G. Panczer).	17
Figure 19: Photographie de l'émeraude sommitales a) boule émeraude entouré de diamant taille rectangle plan coupé ; b) boule émeraude percée présente derrière le sommet de la Tiare. (Photo G.Choumil)	17
Figure 20: Détails des émeraudes à taille en table rectangulaires à quatre pans et large collette. (Photos G. Panczer).	18
Figure 21: Détails des émeraudes rectangulaire en sertis clos à fausse griffe (Photo G. Choumil)	18
Figure 22: La tiare (vue avant) a) sous lumière blanche ; b) sous UV longs (365 nm) ; c) sous UV courts (254 nm). (Photos G. Panczer)	19
Figure 23: La tiare (vue arrière) a) sous lumière blanche ; b) sous UV longs (365 nm) ; c) sous UV courts (254 nm). (Photos G. Panczer)	19
Figure 24: Spectre Raman représentatif des topazes de la Tiare Exc. 785nm (G.Choumil)	21
Figure 25: Spectre de référence RRUFF ( RRuff data base N° R040121)	21
Figure 26: Spectre représentatif du quartz (améthyste et citrin) de la tiare Exc. 785nm (G.Choumil)	22
Figure 27: Spectre Raman de référence RRUFF avec artéfact ( RRuff data base N R040031)	22
Figure 28: Spectre représentatif des béryls émeraude de la tiare a) Exc. 532nm b) Exc. 785nm (G.Choumil)	23
Figure 29: Spectre Raman de référence RRUFF avec artéfact ( Rruff data base R050120)	23
Figure 30: Spectre Raman de référence RRUFF avec artéfact (Rruff data base R050121)	24
Figure 31: Spectre représentatif de corindon, saphir et rubis de la tiare Exc. 785nm (G.Choumil)	24
Figure 32: Spectre Raman de référence RRUFF avec artéfact ( Rruff data base R040096)	25
Figure 33: Spectre Raman représentatif des diamants de la tiare Exc. 785nm (G.Choumil)	25
Figure 34: Spectre Raman de référence RRUFF (Rruff data base R150106)	26
Figure 35: Positionnement sur la tiare des pierres détermine par spectrométrie Raman (G. Panczer)	26
Figure 36: Spectre d'absorption des émeraudes de la Tiare (G. Panczer)	27
Figure 37: Spectre d'absorption des rubis de la Tiare (G. Panczer)	27
Figure 38: Diagramme Fe vs V/Cr des émeraudes de la tiare (XRF) comparées aux données des émeraudes de Colombie et d'Afghanistan (LA-ICP-TOF-MS) de Krzemnicki et al. (2021). (G.Panczer)	29
Figure 39: Diagramme triangulaire Au/Ag/Cu de l'alliage de la Tiare (G.Choumil)	30

Figure 40: vue intérieure de la tiare (photo : Olivier Tavoso) \_\_\_\_\_ 30

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Dénomination, nature et couleur de fluorescence des centres de défauts des diamants (d'après Luo & Breeding, 2013) (N : atome d'azote ; V : lacune). _____	20
Tableau 2: Composition moyenne (en ppm) des éléments traces des émeraudes de la tiare. _____	28
Tableau 3: Comparaison de la composition en éléments traces des émeraudes de la tiare à celles de Aurisicchio (2018). _____	28
Tableau 3: Composition de l'alliage métallique de la tiare (en %) (<LOD : inférieure à la limite de détection). _	29
Tableau 4: Composition en éléments traces (en ppm, parties par million) des émeraudes anciennes. _____	31
Tableau 5: composition en éléments traces (en ppm, parties par million) des émeraudes de la tiare (LOD : inférieur à la limite de détection). _____	32