

Rubis du Vietnam

L'examen sous U.V. courts (254 nm) montre une faible émission de fluorescence rouge sombre. Par contre, sous U.V. longs (336 nm), les pierres s'allument du rouge orangé au rouge braise ; un masquage de la fluorescence s'observe pour une pierre très saturée en couleur (pierre très riche en chromophore) et pour un caillou roulé incluant des voiles d'oxyde de fer ("quenching" du fer).

Éléments en trace et inclusions

Il a été réalisé à la fois une analyse chimique du rubis, par microsonde électronique, et une étude des inclusions par Micro Raman.

La microsonde électronique CAMECA 82 donne la composition centésimale massique de chaque élément recherché.

L'analyse porte simultanément sur l'échantillon et un étalon de composition connue, avec des conditions opératoires identiques.

Pour le Micro Raman, deux spectromètres ont été utilisés : l'ancienne Microsonde Raman Laser "Mole" de la Société Lirinord et un appareil plus récent, l'XY confocal de la Société Dilor, qui permet que seule l'information d'une mince couche de l'échantillon limitée à l'exacte surface de focalisation soit décelée par le détecteur. Les raies laser utilisées à 488 ou 514,5 nm proviennent d'un laser Argon Spectra Physic. Les spectres obtenus sont toujours comparés à un spectre de référence et au spectre de la matrice de rubis dans les mêmes conditions pour effectuer une attribution certaine.

La microsonde électronique nous a donné les résultats suivants pour 35 rubis provenant de différents pays :

TABLEAU 1		V	Cr	Ti	Mn	Fe
Métamorphisme carbonaté	Vietnam (6)	0,007 à 0,011	0,008 à 0,371	0,003 à 0,020	0,005 à 0,055	0,044 à 0,222
	Birmanie (5)	0,013 à 0,053	0,062 à 0,907	0,017	0,010 à 0,014	0,011 à 0,074
	Afrique Tanzanie (5)	0,011	0,340 à 0,930	0,016 à 0,036	0,032	0,085 à 0,232
Volcanisme basaltique	Thaïlande (16)	0,009 à 0,012	0,073 à 0,450	0,009 à 0,030	0,010 à 0,022	0,213 à 0,412
	Cambodge (1)	-	0,234	0,016	-	0,400
Autres	Inde (2)	0,017 à 0,019	0,251 à 0,282	-	-	0,069 à 0,078

La valeur entourée indique le nombre de rubis examinés en cinq points de leur surface.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS POUR LES ÉLÉMENTS EN TRACE

Ils sont comparables à ceux de l'étude faite par Tang (réf. 6). Les résultats obtenus montrent que l'association chrome-fer est proche de celle rencontrée dans certains rubis africains, en particulier ceux du Kenya. Comme pour tous les autres rubis riches en fer, le vanadium n'a pas de place. Le rubis du Vietnam

se distingue donc en cela du rubis de Birmanie, très pauvre en fer, mais contenant du vanadium ; pourtant la ressemblance visuelle est troublante.

La microscopie Raman avait déjà permis de mettre en évidence dans des rubis de différentes localités, des inclusions déjà trouvées par H.-J. Schubnel et E. Gübelin (réf. 1) :

- rubis de Thaïlande : fassaïte, rutile (réf. 2), pyroxène (réf. 3)
- rubis du Cambodge : néphéline (réf. 2)
- rubis d'Afrique : pyrite, chromite, calcite, zircon (réf. 2)
- rubis birman : calcite, zircon (réf. 2 et 3), sphalérite (réf. 2), soufre (photo 2), sulfure et soufre provenant de sa décomposition (réf. 3, spect. 1), amphibole et spinelle (spect. 2).

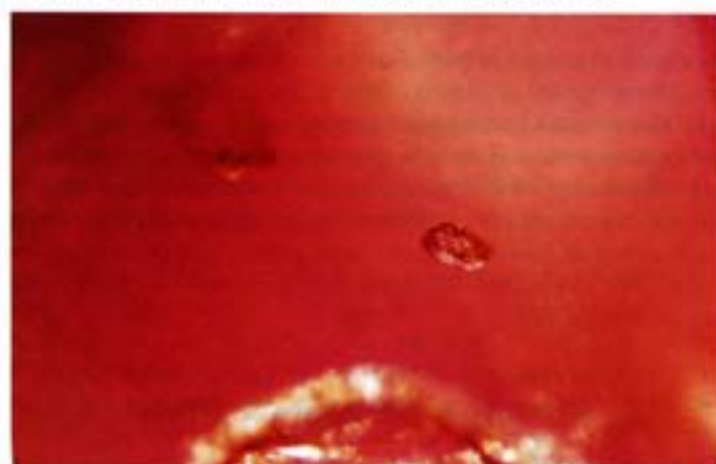


Fig. 2. Rubis de Birmanie. Inclusion de soufre.

Dans le cas des rubis du Vietnam, cette méthode a permis de trouver des inclusions de même nature que celle annoncée par R.E. Kane (réf. 4), à la seule exception de la norstrandite, mais les inclusions orangées compactes n'ont pas donné de spectre autre que celui de la matrice de rubis traversée par le faisceau laser, peut-être à cause d'un signal trop faible ; les raies de ce composé venant se perdre dans le pied de celle de la matrice. D'autre part, la fluorescence du rubis n'a pas permis la recherche de la raie des liaisons OH à plus de 3000 cm^{-1} .

La spectroscopie Raman a permis la mise en évidence de rutile sous forme d'aiguilles (photo 3) ou d'inclusions mal cristallisées, grâce aux raies de ce composé à 610, 440, 235 (raies du 2^e ordre) et une raie faible à 140 cm^{-1} (spectre 3) (réf. 5 et 6).

De l'apatite a été identifiée par la raie intense (A1) du groupement PO_4^{3-} à 965 cm^{-1} ainsi que des raies à 1080, 1052, 1041, 592, 431 et 182 cm^{-1} (réf. 5 et 6).

Comme dans beaucoup de rubis, il a été aussi trouvé des inclusions de zircon. Il existe des inclusions de pyrite comme le laisse supposer le spectre obtenu, formé de raies fines à 375, 348 et une faible à 422 cm^{-1} , certaines se superposant à des raies de la matrice. Une inclusion massive de quartz (photo 4), (spectre 3), a été identifiée grâce à son spectre dont les raies se superposent exactement à celles du spectre du quartz α , ou de l'améthyste, raies (A₁) à 465 cm^{-1} et 207 cm^{-1} , raie (E) à 128 cm^{-1} (réf. 5 et 6).

Rubis du Vietnam

Une autre inclusion, tubulaire, non identifiée exactement, peut être attribuée à un mica du genre phlogopite avec sa raie large mal structurée à 660 cm^{-1} , une raie faible à 295 cm^{-1} et une raie plus intense à 200 cm^{-1} (réf. 7). Une dernière inclusion en creux, en relation avec la surface, a été trouvée tapissée d'oxyde de fer.

INTERPRÉTATION DES INCLUSIONS TROUVÉES

Thaïlande Cambodge	Pyroxène et néphéline typiques de rubis de veines volcaniques
Birmanie	Calcite, amphibole, spinelle, caractéristiques de carbonates métamorphiques
Vietnam	Quartz, apatite, typiques de filons métasomatiques

CONCLUSION

Les résultats de la microsonde électronique, comme de la microsonde Raman, ainsi que leur aspect, auraient tendance à rapprocher les rubis du Vietnam des rubis de Birmanie, comme cela a déjà été avancé. Cependant, l'ensemble de cette étude permet de différencier la provenance de chacune de ces pierres.

Nous remercions MM. Du Bessy, Le Maguer et Laureyns pour leur collaboration.



Fig. 3. Rubis du Vietnam. Inclusion de rutile.

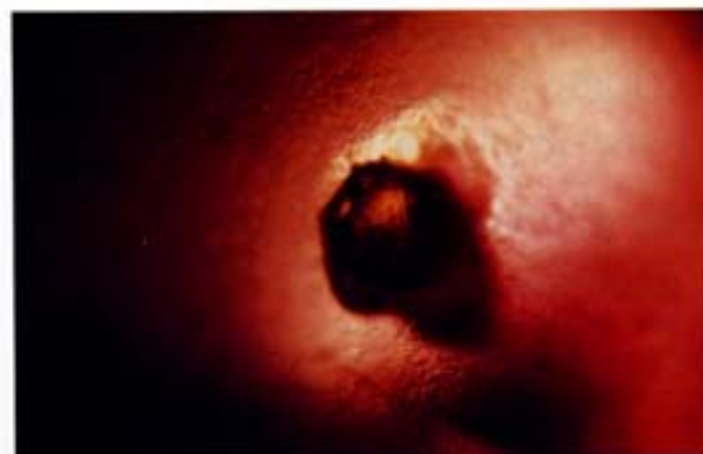
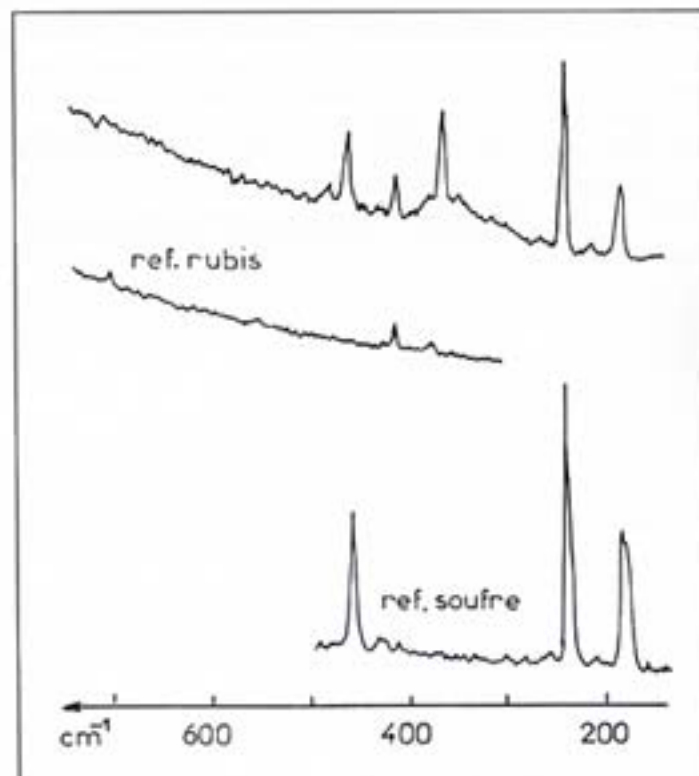


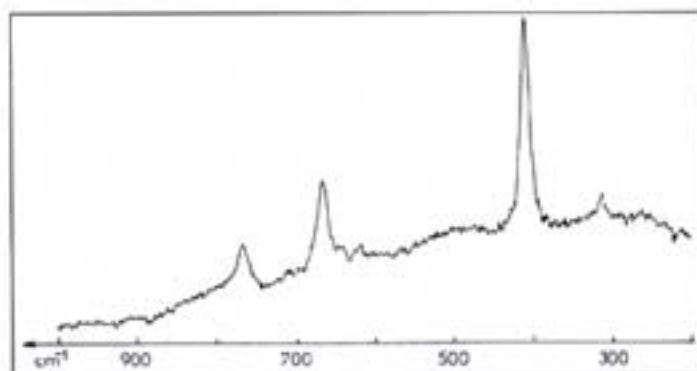
Fig. 4. Rubis du Vietnam. Inclusion de quartz α .



Fig. 5. Rubis du Vietnam. Inclusion d'amphibole.



Spectre 1. Inclusion de sulfure et de soufre dans un rubis de Birmanie. $\lambda = 514,5\text{ nm}$ - UTK = 50.



Spectre 2. Inclusion de spinelle dans un rubis de Birmanie. $\lambda = 514,5\text{ nm}$.

Rubis du Vietnam

BIBLIOGRAPHIE

Réf. 0 : a) *Study of Natural and Synthetic Rubies by Pixe*. S.M. TANG, S.H. TANG, K.F. MOK, A.T. RETTY and T.S. TAY. Applied spectroscopy, vol. 43, number 2, 1989, p. 219-223.

b) *Analyses of Burmese and Thai rubies*. M. TANG, S.H. TANG, K.F. MOK, A.T. RETTY, and T.S. TAY. Applied spectroscopy, vol. 42, number 1, 1988, p. 44-48.

Réf. 1 : a) *Contribution à l'étude des inclusions solides des gemmes*. H.-J. SCHUBNEL, Revue A.F.G. n° 17, 1968.

b) *Pierres précieuses dans le monde*. (Thèse). H.-J. SCHUBNEL. Ed. Horizon de France, 1972.

c) *Internal World of Gemstones*. E. GÜBELIN. Edition Zurich 2^e Edition 1979, p. 114-126.

d) *Photo Atlas of inclusion in Gemstones*. E. GÜBELIN - J.I. KOIVULA. ABC Edition, Zurich, p. 324-337.

Réf. 2 : *Identification of inclusion in natural ruby or emerald and in synthetic minerals by Raman Microspectrometry*. M.L. DELE-DUBOIS, H.J. SCHUBNEL. Terra Cognita 7 number 1, 1987, p. 14-15.

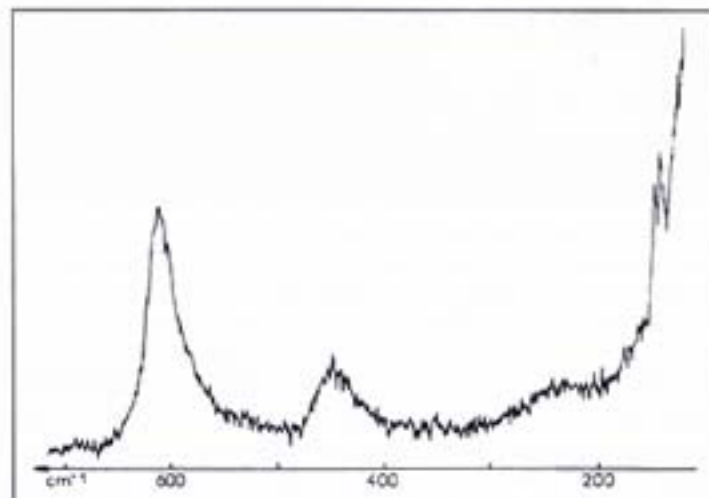
Réf. 3 : *Contribution à l'identification du rubis par mise en évidence de divers éléments à l'état de trace*. J. DUBOIS-FOURNIER, Diplôme d'Université de Gemmologie, Nantes, 1989.

Réf. 4 : *Rubies and fancy Sapphires from Vietnam*. R.E. KANE, S.F. Mc CLURE, R.C. KAMMERLING, Nguyen DANG KHOA, C. MORA, S. REPPETTO, Nguyen DUC KHAI, J.I. KOIVULA. GEMS AND GEMOLOGY, FALL 1991, P. 136-155.

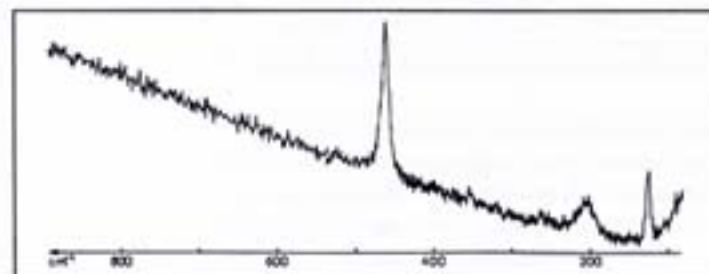
Réf. 5 : *IR and Raman spectroscopy of lunar and terrestrial minerals*. Clarence KARR. Academy Press, New York.

Réf. 6 : *La microsonde Raman en Gemmologie*. Revue de Gemmologie A.F.G., N° hors-série 1992.

Réf. 7 : *A. Raman microprobe study of natural micas*. A. TILJI, D.C. SMITH, J.M. BENY, H. BOYER. Mineralogical Magazine, April 1989, vol. 53, p. 165-179.



Spectre 3. Inclusion de rutile dans un rubis du Vietnam.
 $\lambda = 488 \text{ nm} - UTK = 50$.



Spectre 4. Inclusion de quartz α dans un rubis du Vietnam.
 $\lambda = 488 \text{ nm} - UTK = 50$.