

BULLETIN

de

L'A.M.I.S

Numéro 59
2012

LE DIAMANT, SES TRAITEMENTS, SES SYNTHÈSES

(Conférence A.M.I.S, 31 mars 2012)

Le mot « Diamant » fait souvent rêver à d'un minéral exceptionnel, rare, incolore avec un vif éclat accompagné de « feux », inaltérable, inimitable... La réalité est cependant quelque peu différente :

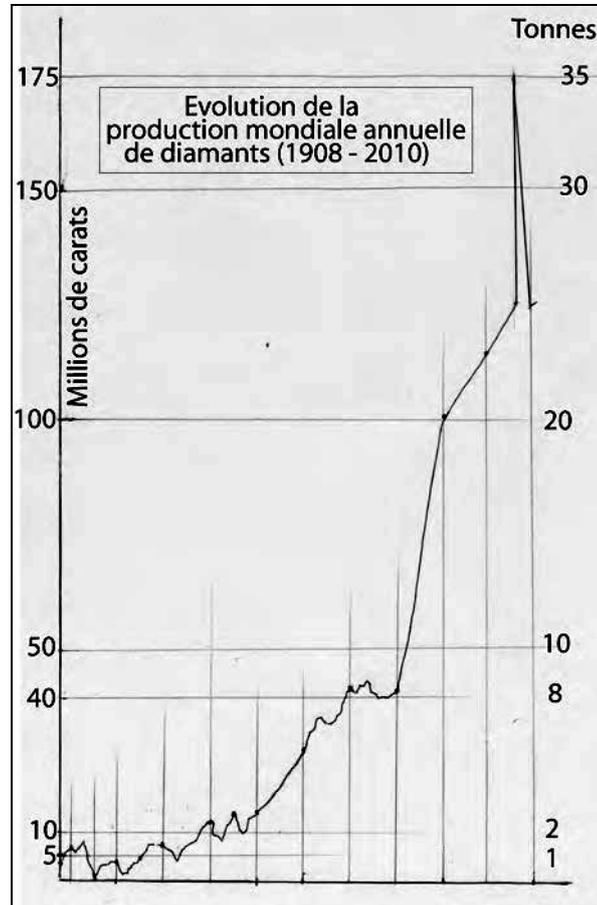
- La production cumulée de diamant est estimée à environ 20 tonnes jusqu'en 1900, dont la majeure partie a été extraite après la découverte des diamants brésiliens en 1726 ; la production annuelle est maintenant bien plus importante : d'environ 2000 kg en 1946-48, bruts s'élevant à 5200 kg en 1957-60, 10 tonnes en 1970-75, la production mondiale annuelle de diamants atteint 23,4 tonnes en 2000. Un pic de 35,2 tonnes se produit en 2006, du fait de l'exploitation minière au Canada et d'une plus forte production en Russie et au Botswana. En raison de la chute de l'exploitation d'Argyle (Australie), la production mondiale retombe à 25 tonnes en 2009. La moitié de ces diamants sont des diamants industriels, un cinquième des diamants de joaillerie ; les trois dixièmes restants, considérés maintenant comme « quasi-gemmes », sont essentiellement vendus dans des pays en voie de développement.

PAYS	PRODUCTION (total 5 ans)			VALEUR (total 5 ans)		
	millions carats	% Prod. mond.	rang mondial	millions de \$	% val. mond.	rang mondial
Russie	175	23	1	10.5	21	2
<i>Australie</i>	154	20.2	2	2.6	5.2	7
Botswana	148	19.45	3	13.3	26.6	1
Congo-Zaïre	114	15	4	2.3	4.6	8
Afrique du Sud	65	8.55	5	5.9	11.8	3
Canada	45	5.9	6	5.2	10.4	4
Angola	31	4	7	4.8	9.6	5
Namibie	8	1	8	3	6	6
Ghana	5	0.65	9	0.15	0.3	14
Sierra Leone	2.5	0.3	10	0.5	1	9
Guinée	2.5	0.3	11	0.4	1	10
Brésil	2.4	0.3	12	0.2	0.4	12
Rép. Centrafricaine	2	0.25	13	0.3	0.6	11
Guyana	1.5	0.2	14	0.1	0.2	16
Côte d'Ivoire	1.5	0.2	15	0.2	0.4	13
Tanzanie	1	0.1	16	0.1	0.2	15
Libéria	0.5	0.05	17	0.05	0.1	19
Chine	0.4	0.05	18	?		
Inde	0.3		19	0.07	0.15	18
Zimbabwe	0.3		19	0.04	0.1	20
Venezuela	0.3		19	0.02		21
Lesotho	0.08		22	0.08	0.15	17
Indonésie	0.01		23	?		
Swaziland	?		24	?		
TOTAL	761	100		49.5	100	
+10% illégal=	840					

Production totale de diamants durant les cinq années 2001-2005

Les différences de qualité des diamants extraits des diverses mines explique que le classement des pays par quantités extraites soit assez différent du classement par valeurs

réalisées (les diamants pompés sur le plateau continental au large de la Namibie permettent à ce pays de produire 6% des valeurs mondiales réalisées, avec seulement 1% des masses extraites, mais leur extraction est d'un prix de revient plus élevé qu'ailleurs). En italique maigre, pays dont la production baissera sensiblement durant les années postérieures. En italique gras, pays dont la production devrait augmenter dans les prochaines années.



- Nous sommes habitués à voir la plupart des bijoux ornés de diamants quasi-incolores, qui comportent cependant souvent une légère nuance jaune ou brun clair. Toutefois, certains diamants, dits « diamants de couleur fantaisie », présentent une couleur franche et sont particulièrement recherchés. Parmi eux, les plus courants sont les diamants jonquille (jaune vif), et les diamants brun-rose et roses ; les diamants bleus sont rares, les diamants verts très rares et les diamants rouges exceptionnels. Ils sont très prisés aux enchères : ainsi, l'après-midi du 28 avril 1987, aux enchères de New York par Christie, un diamant rouge intense de 0,95 carat a été payé 880'000 dollars américains!!!

Jusqu'au milieu du XXe siècle, il n'y avait que peu de problèmes dans le commerce du diamant, même si le prix d'un diamant présentant une belle couleur conduisait à tenter d'« améliorer » la couleur naturelle de certains diamants, en :

- cachant une nuance jaune à brun par des expédients de taille :
 - ne pas polir le rondiste afin de réduire les trajets lumineux dans la pierre, et donc l'absorption de la lumière susceptible de renforcer la nuance non désirée (les diamants « blanc exceptionnel » ont généralement un rondiste facetté) ;
 - faire quelques chocs sur les arêtes de pavillon afin d'ajouter une diffusion lumineuse pour « noyer » les légères nuances de couleur.

- masquant une nuance jaune en ajoutant artificiellement une teinte bleue au diamant, en:
 - mettant une teinte bleue sur le rondiste ébruté (crayon bleu, « nettoyant » bleu...)
 - plaçant sur les facettes du pavillon un paillon réfléchissant
 - traitant de surface par un technique similaire à celle utilisée pour traiter les surfaces des lentilles de caméras.
- renforçant la couleur par un paillon coloré placé sur le pavillon du diamant taillé. Même de gros diamants ont été ainsi traités, tel le diamant russe Paul 1^{er}. Partie du fonds diamantaire russe, serti au centre d'un diadème, le diamant Paul 1^{er} (13,35 carats), fut dit de couleur « rouge sang » ; mais le célèbre minéralogiste russe Alexander Fersman, révéla que cette couleur était essentiellement due à un paillon rouge placé au XIXe siècle lors de la réalisation du diadème. C'est une feuille d'argent qui est maintenant placée sous le « Paul 1^{er} ».

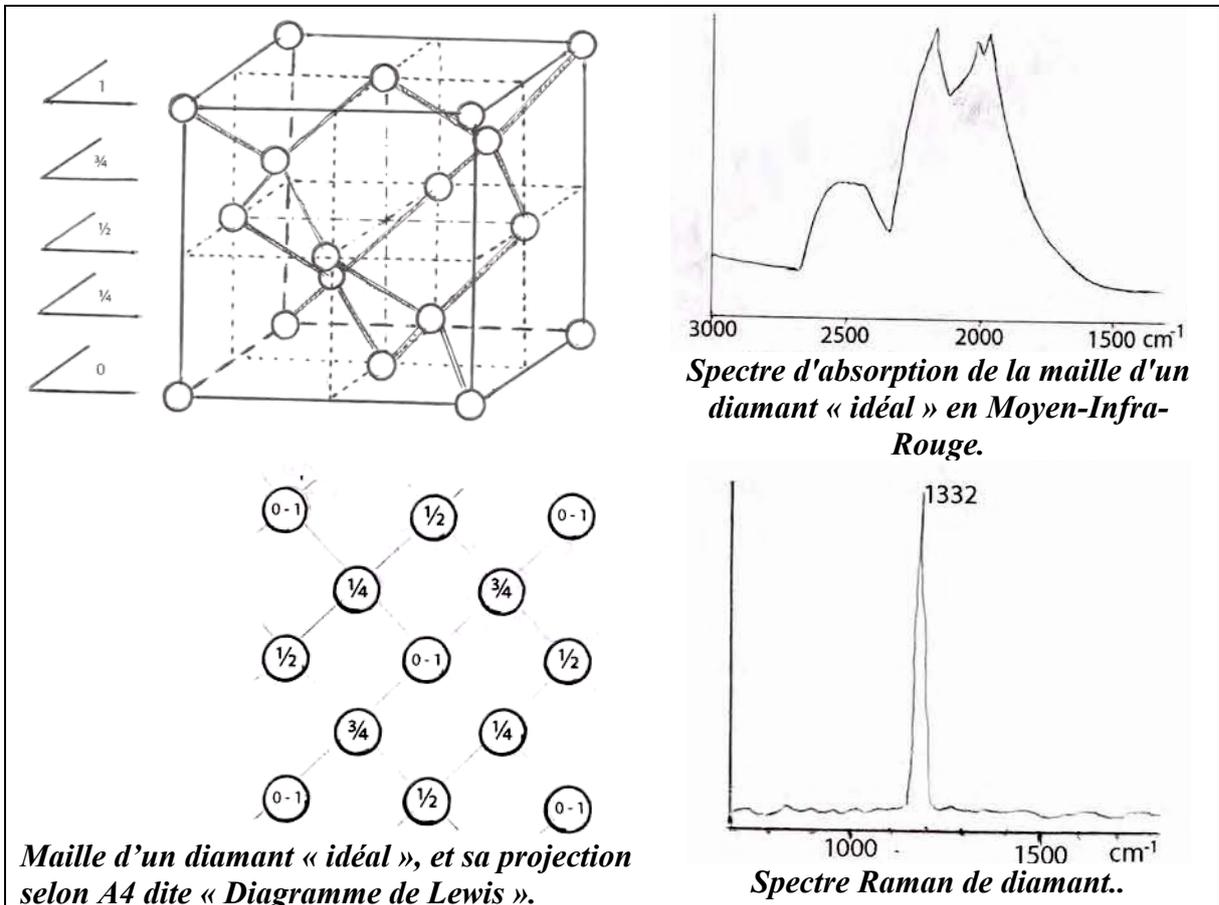
Au milieu de XXe siècle, une « amélioration » de la pureté des diamants apparaît sur les marchés, par comblement de leurs fissures (« givres ouverts ») avec de la résine, puis avec du verre au plomb, afin de masquer les diffusions lumineuses ou les interférences qu'elles engendrent du fait de la diminution de différence d'indice de réfraction entre fissure et diamant ; avec un peu d'attention, ce traitement, analogue à celui de l'huilage des émeraudes, se détecte (plus ou moins facilement) avec une loupe à main de grossissement 10x. Mais, d'une part les « plastiques » jaunissent avec le temps, et d'autre part, comme aucun corps ne se solidifie à volume rigoureusement constant, ce traitement provoque des tensions qui peuvent provoquer la rupture de la pierre à la suite d'un choc mécanique ou thermique (même relativement faible).

Une autre récente « amélioration » de la pureté des diamants est l'« élimination » de ses inclusions sombres : un très fin canal est percé depuis la surface jusqu'à une inclusion sombre au moyen d'un faisceau laser, puis cette inclusion est dissoute à l'acide fluorhydrique, ce qui la remplace par une cavité prétendument non visible. En réalité, si le contraste cavité-diamant est moins important que le contraste inclusion sombre-diamant, il suffit d'un peu d'attention pour voir cette cavité et son canal, surtout si ces vides s'emplissent de poussières ; pour l'éviter, ces « vides » sont parfois bouchés par la technique précédente... Mais les résines jaunissent avec le temps, et il arrive que ces cavités et leurs canaux soient plus visibles que l'inscription primitive !

L'effet des rayonnements radioactifs sur la coloration du diamant est connue dans la première moitié du XXème siècle (dès 1904!), Il y eut quelques tentatives de traitement de diamants dans des bains de sels de radium : une faible profondeur est seule affectée par ce traitement qui n'induit une couleur qu'en surface ; mais l'adsorption du radium à la surface du diamant le rend radioactif et dangereux à porter. Certains diamants furent néanmoins « traités au radium » avant la seconde guerre mondiale, afin de leur donner une « couleur fantaisie », soit jaune soit verdâtre : pour avoir constamment porté un diamant ainsi traité, une dame élégante a dû subir l'amputation d'un doigt! Un simple polissage est cependant suffisant pour éliminer ce traitement et rétablir ainsi l'état naturel primitif de la pierre (devenue plus petite !).

Hors ces exceptions, le corps du diamant reste intact et intouché jusques vers 1950. À cette époque, la mise en service de puissants réacteurs nucléaires et d'accélérateurs linéaires permet d'agir sur n'importe quel réseau cristallin par irradiation de neutrons ou d'électrons ; les dommages ainsi produits dans le réseau d'un diamant sont « stabilisés » par traitement thermique.

Examinons donc le cristal de diamant et ses irrégularités responsables de sa couleur par les absorptions lumineuses subséquentes. Un diamant minéralogiquement idéal ne comporte que du carbone. Du fait de sa constitution électronique, chaque atome de carbone est entouré de quatre voisins en position tétraédrique. La structure du réseau cristallin diamant laisse donc un important « espace vide » : en assimilant les atomes de carbone à des boules adjacentes de rayon 0,144 nanomètres, il apparaît 2/3 de vide, ce qui permet une éventuelle présence de divers éléments interstitiels dans le réseau! Par facilité, nous utilisons une projection de ce réseau selon un de ses axes de symétrie A4.



Bien sûr, des atomes de carbone peuvent être remplacés par des atomes de constitution et de taille similaires, notamment par les atomes voisins, azote et bore. Ces remplacements, associés éventuellement à un manque d'atome(s) de carbone (un site structural vide dit « vide structural » est noté « V ») induisent des absorptions spécifiques en Moyen-Infra-Rouge, utilisé pour classifier les diamants en « types » selon les divers cas observés :

- **Type I** (99 % des diamants, avec de l'azote détectable), opaque aux rayons UV courts, subdivisé en :
 - **Type Ia**, avec une quantité relativement importante d'azote, subdivisé en :
 - Type IaA*, où l'azote forme des agrégats à deux atomes, causant une absorption à 1282 cm^{-1}
 - Type IaB*, où l'azote forme des agrégats à quatre atomes entourant un vide structural, causant une absorption à 1275 cm^{-1}
 - **Type Ib**, comportant peu d'azote, les atomes d'azote remplaçant ici et là des atomes de carbone, provoquant des absorptions à 1130 cm^{-1} et 1344 cm^{-1}
- **Type II** (1 % des diamants, sans azote détectable), transparent aux rayons ultraviolets courts, subdivisé en :
 - **Type IIa**, sans azote ni bore détectables, analogue à un « diamant idéal », sans autre absorption que celle du « réseau idéal »

-Type Iib**** (1‰ des diamants), avec des atomes de bore remplaçant ponctuellement des atomes de carbone, provoquant des absorptions à 2458 cm⁻¹, 2803cm⁻¹, et 4090cm⁻¹. Les diamants de type I**ib** sont électriquement conducteurs, souvent de couleur bleue, parfois gris et exhibent une phosphorescence bleue ou rouge (par exemple le diamant Hope avec sa phosphorescence rouge sang ajoutant encore à ses mythes)

Type de diamant	Ia	Ib	IIa	I ib
Proportion en ‰	989	0	10	1
Principal élément de trace	Agrégats d'azotes	Azotes isolés	Néant	Bore
Couleurs possibles	Incolore, brun, Jaune, rose, Orange, vert, violet	Jaune, orange, brun	Incolore, brun, rose, vert	Bleu, gris
Absorption Infra-Rouge caractéristique	1282 cm ⁻¹ (IaA) 1175 cm ⁻¹ (IaB)	1344 cm ⁻¹ 1130 cm ⁻¹	Néant	2458 cm ⁻¹ , 2803 cm ⁻¹ , 4090 cm ⁻¹ .
Inclusions	Diverses	« nuages », « aiguilles »	Cristaux (rares)	Cristaux (rares)
Florescence sous rayons Ultra-Violets	Nulle, bleu, jaune, orange	Nulle à orangé	Nulle, bleu, orange	Nulle à bleuté (UVL) Nulle à bleuté ou jaunâtre (UVC)
Transparence UVC	Opaques	aux U.V.Courts	Transparents	aux U.V. courts
Caractéristiques facilement observables	Spectre d'absorption « Cape » (absorption majeure à 415 nm)	Forte absorption jusques 450nm	Tensions d'aspect « tatami » entre	« tatami » entre polaroïds croisés Phosphorescence bleue, parfois rouge.

Principales caractéristiques des quatre types de diamants

Divers types d'agrégats peuvent évidemment être présents simultanément, et de tels diamants sont dits de « type mixte » (IaA-CCI notamment). En outre, l'azote peut former divers agrégats, neutres ou négatifs, associés à des vides structuraux, qui provoquent des absorptions dans le domaine visible et donnent ainsi une « couleur » aux diamants. Des atomes de carbone, électriquement neutres ou non, peuvent également se trouver dans le vide de la maille (2/3 de l'espace!), provoquant d'autres absorptions lumineuses, autres origines de couleur...

S'il est suffisamment abondant, l'azote peut former de petites plaquettes orientées selon des directions cristallines privilégiées du diamant, favorisant alors le clivage (les diamants de type II sont généralement plus difficiles à cliver que les diamants de type I).

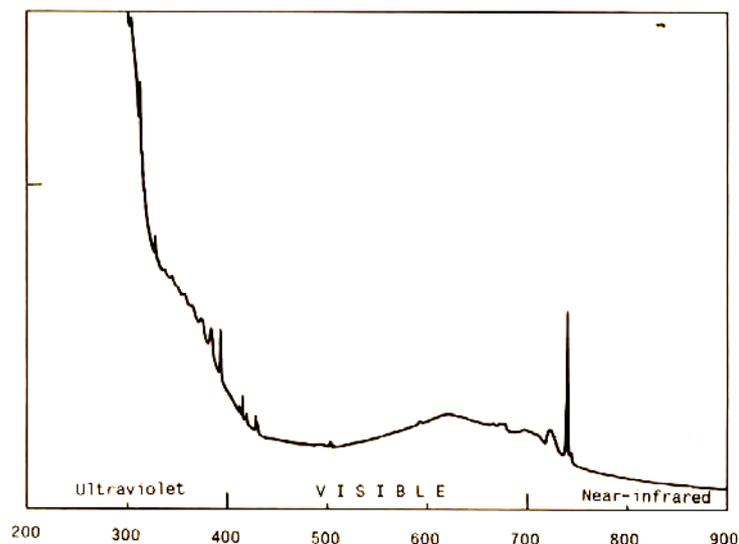
Des distorsions peuvent également affecter le réseau diamant, entraînant de légères absorptions provoquant des nuances brunâtres. Des traitements thermiques peuvent atténuer cet aspect, en « réparant » partiellement ces accidents structuraux. Par irradiation artificielle aux neutrons, quelques liaisons carbone-carbone se brisent, et des atomes carbone extraits de leur site deviennent interstitielles ; un traitement thermique restaure ensuite quelques liens, renforce les ruptures et permet certaines migrations de vides structuraux, causant des absorptions influençant la couleur résultante du diamant traité.

L'hydrogène trouve parfois une place dans le réseau diamant ; certains parlent alors de diamants de « type III ». D'autres éléments, tel le nickel, peuvent aussi être présents dans le diamant et peuvent prendre part à son aspect coloré final.

Accident de réseau	Nom	Absorption	Fluorescence sous rayons U.V. longs.	Principale couleur générée	Remarques
NNVN	N3 N2	415 nm 478 nm	Bleu	Jaune	Diamants dits "Cape"
?		480nm	Jaune intense	Jaune à orange	Dans diamants de type Ia
(NVN) ⁰	H3	503.2 nm	Vert	Jaune	
V ⁰	3H	503.5 nm			Marque d'irradiation
Distortion		550nm		Brun, Rose à rouge	
NV ⁰		575nm		Rose	Diamants Traités surtout
N?		595 nm		Vert, jaune, rose	Irradiation + recuit
NV ⁻¹		637 nm		Rose	Diamants Traités surtout
V ⁰	GR1	741 nm		Bleu, vet	Irradiation
(NVN) ⁻¹	H2	986 nm		H2 + H3 = vert	Traitement HPHT

Quelques accidents du réseau diamant actifs pour leur couleur.

Après la guerre 1940-1945, de puissants réacteurs nucléaires et des accélérateurs linéaires sont construits, donnant la possibilité de traitements par irradiations pour le commerce du diamant. Même de gros diamants sont ainsi traités (comme le soi-disant "Deepdeen"), et des méthodes spectrométriques deviennent obligatoires pour prouver ces traitements. « Le nombre croissant de gros diamants HPHT traités confiés pour examen au laboratoire souligne l'importance de la distinction adéquate et de l'identification fiable des gemmes » écrit au printemps 2011 W. Wang, du laboratoire commercial G.I.A. : deux gros diamants traités HPHT (28,65 carats et 38.59 carats) viennent juste d'être examinés au laboratoire à l'époque.



Spectre d'absorption d'un diamant de type Ia artificiellement irradié aux neutrons, devenu bleu-vert (enregistré à la température de l'azote liquide)

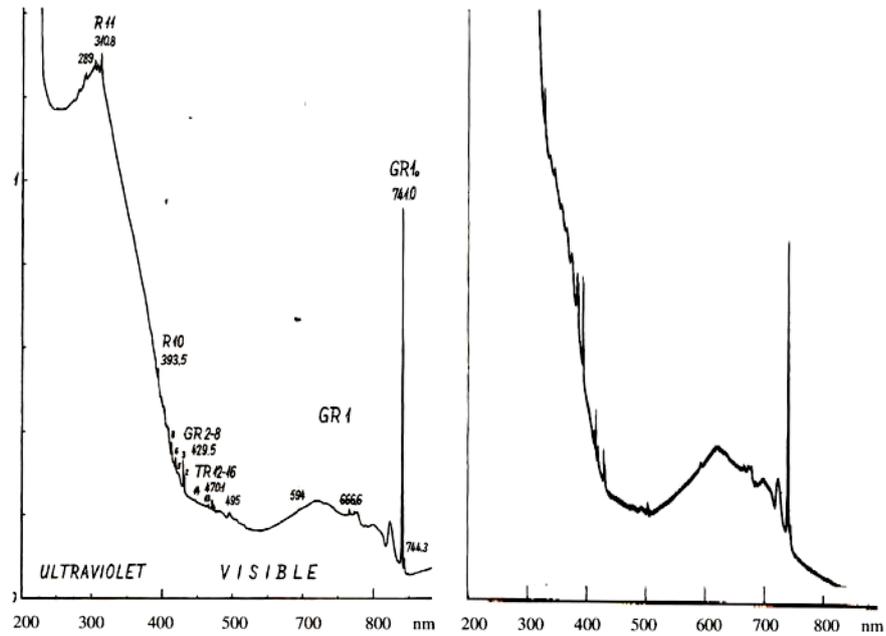
Le système d'absorption GR1 dans la partie 750-530nm du spectre, avec une ligne majeure à 740.9 nm, associé aux lignes GR2 (430.3nm), GR3 (429.3nm) et ND1 (393.6nm) est la signature d'une irradiation artificielle d'électrons sur un diamant jaune présentant le

système d'absorption « Cape » avec ses lignes majeures N2 (478nm) et N3 (415nm) dues à la présence d'azote

Il y a près de quarante ans, un diamant jaune d'une masse de quelques carats est soumis pour examen à un laboratoire gemmologique commercial, qui indique que sa couleur est naturelle. Six mois plus tard, ce diamant est à nouveau soumis pour examen par son propriétaire, un négociant, sans référence à l'examen précédent ; le laboratoire indique alors que sa couleur est « artificiellement modifiée ». Bien sûr, le négociant émet de vives protestations, accusant le laboratoire d'être incompetent : selon lui, ce diamant n'a pas quitté son coffre-fort au cours de ces six mois. Étonné, le laboratoire ne peut pas croire qu'un tel assez gros diamant de couleur fantaisie n'ait été ni exposé ni confié depuis si longtemps ; le négociant admet avoir expédié ce diamant à un ami, « un autre lui-même », aux U.S.A. Ce diamant vient de lui être retourné, et il lui faut donc une attestation récente. Il accepte néanmoins de demander à son " autre lui-même » à qui a été confié ce diamant lors de son séjour aux États-Unis, lui expliquant avoir des « difficultés » avec le laboratoire lequel prétend que ce diamant a été irradié. À la grande fureur de ce négociant, son ami, « autre lui-même », lui dit : "Oh, je ne pensait que le laboratoire verrait cela ! Ton diamant jaune était trop pâle au goût de mon client potentiel : alors j'ai fait donner un petit « coup » à ton diamant (!), pour en renforcer la couleur ; mais mon client n'a pas néanmoins pas voulu l'acheter ! Alors je te l'ai retourné ; je suis vraiment désolé ! » Ainsi, certaines personnes n'hésitent pas à modifier secrètement des pierres qui leur sont amicalement confiées !

Les traitements par irradiation, éventuellement suivi de traitements thermiques à température modérée, datent de la décennie 1950. L'irradiation est presque toujours neutronique, ce qui permet d'affecter toute la pierre ; l'irradiation électronique, qui conduit à des teintes bleues, n'affecte qu'une certaine profondeur du diamant. Comme les diamants bleus naturels sont électriquement conducteurs du fait de leur teneur en bore, il suffit de tester la conductivité électrique sous une différence de potentiel de quelques volts (intercaler le diamant examiné dans un circuit électrique alimentant un haut-parleur par exemple) pour détecter un diamant devenu bleu par irradiation électronique.

Quelles irrégularités du réseau donnent sa couleur verte au « vert de Dresde » ? Georges Bosshart eut en 1989 l'autorisation de l'étudier ; un enregistrement spectrométrique à température ordinaire (18°C) ne montre que de très petites indications d'absorption lumineuses ; ces raies d'absorptions deviennent de plus en plus visibles lorsque le diamant est refroidi, par suite d'une quasi-élimination des interactions liées à l'agitation thermique des atomes ; l'enregistrement spectrométrique à température de l'azote liquide donne des résultats surprenants, car les absorptions correspondent à celles d'un diamant artificiellement irradié aux neutrons!!



Comparaison de spectres d'absorption :

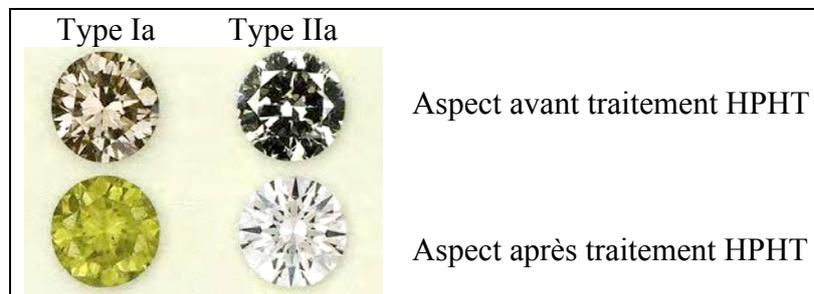
« Dresde Vert » (à gauche) et diamant de type Ia devenu vert par irradiation (à droite)

Les deux diamants présentent les raies d'absorption liées à une irradiation, mais le diamant traité présente en outre les raies d'absorption N3 et N2 (415 et 478 nm) liées à la présence d'azote.

Au cours de la décennie 1990, un diamant vert d'environ quinze carats est soumis à un laboratoire gemmologique commercial européen pour examen de couleur. L'enregistrement spectrométrique donnant des caractéristiques identiques à celles obtenues par George Bosshart sur le « Dresde Vert », sa couleur est dite « naturelle ». Cependant, pour des raisons commerciales, ce diamant est envoyé aux États-Unis, et le négociant américain soumet ce diamant à son laboratoire gemmologique commercial ; la couleur de ce diamant y est annoncée « artificiellement modifiée ». Une discussion sérieuse intervient alors entre ces deux laboratoires. Le technicien américain s'étonne : « Comment ! Vous n'avez pas vu le GR1 ! ». « Bien sûr que nous l'avons vu, mais cela signifie rien, car il est dans l'enregistrement du Dresde vert ! » répond le technicien européen, et ainsi de suite... et l'Européen demande finalement : « Quel est votre argument pour estimer que ce diamant a été artificiellement modifié, puisque nous sommes d'accord sur toutes ses caractéristiques spectrométriques et autres, et que ces caractéristiques sont celles indiquées pour le Dresde Vert, un diamant connu depuis deux siècles et demi, et toujours depuis conservé dans un musée ? » La réponse est surprenante : « Les diamants verts sont très rares, et c'est le cinquième diamant vert qui nous est soumis en quelques mois ; ce n'est pas naturel, il doit y avoir quelque part un petit malin qui a trouvé le « truc » pour donner cette couleur verte, alors qu'il ne nous est pas possible pour le moment de détecter ce traitement ; c'est certainement une fourberie, le « coup » d'une quelconque mafia ». Après quelques échanges, il est rappelé que tout doute doit bénéficier à l'accusé, et il est convenu de dire aux propriétaires de ces diamants verts que laboratoires ne peuvent actuellement statuer sur l'existence d'un traitement donnant une telle couleur verte aux diamants. Puis le technicien américain ajoute : « Rien ne dit que le Dresde vert n'a pas irradié par les Russes pour renforcer sa couleur verte, lorsqu'il était en leur possession, entre 1945 et 1958 ! » Cette hypothèse stupéfie l'Européen.... *Cependant, le drame du Deepdene et quelques anecdotes*

de traitements effectués en secret ne peuvent manquer de laisser envisager une possible modification artificielle couleur du « Vert de Dresde ».

Depuis 1950, il est possible d'obtenir simultanément de hautes températures (plus de 1500°C) et de hautes pressions (plus de 60 kilo-bars) dans de petites cellules, dans lesquelles la fabrication industrielle de petits diamants synthétiques (« égrisée synthétique ») a commencé dès 1953. Assez rapidement, la quantité de diamants synthétiques ainsi obtenus devient équivalente, sinon supérieure, à la quantité de diamants extraite par les exploitations minières. L'amélioration des techniques utilisées pour parvenir à obtenir un gradient de température dans ces cellules rend possible d'obtenir une migration dans une solution fer-nickel d'atomes de carbone depuis de petits diamants synthétiques vers un germe, afin de réaliser la croissance d'un gros cristal de diamant synthétique. Le premier diamant synthétique d'un carat (0,2 g) est produit au moyen de cette « méthode HPHT » (Haute Pression Haute Température) en 1970. Dès la décennie 1970, des diamants synthétiques ronds taille brillant d'un demi-carat apparaissent en bijouterie ! Un choc !



Effet du traitement HPHT sur des diamants de types Ia et IIa.

La taille des cellules augmentant sensiblement, des diamants synthétiques de plus de quinze carats sont fabriqués industriellement pour la bijouterie. Un diamant synthétique jaune-orange, taille émeraude, pesant 4,09 carats, mesurant 9,07 x 8,54 x 8,98 millimètres, a été soumis à un « examen de routine » au laboratoire de gemmologie de New York en 2010 (ce qui signifie un cristal synthétique brut d'environ dix carats !). Les diamants synthétiques HPHT sont évidemment de type Ib ou de type IIa et certains ont tendance à piéger du nickel durant leur croissance ; certains sont incolores, parfois jusqu'à « blanc exceptionnel+ (D) », mais ils peuvent aussi être diversement dopés, afin d'obtenir différentes couleurs. ... Et il devient aussi possible de placer des diamants naturels ou synthétiques brunâtres dans ces conditions physiques, afin de « réparer » leur réseau, et ainsi d'éliminer leur nuance brune et améliorer ainsi leur couleur qui devient réellement incolore, parfois jusqu'à « blanc exceptionnel+ » (D). Quant aux diamants de type Ia, il est possible d'en transformer ainsi une couleur fadasse en une « couleur fantaisie » (franche et donc plus attractive commercialement !).

Un peu avant la synthèse des premiers diamants HPHT en 1953, William Eversole (Union Carbide Corp.) obtient, à partir de divers hydrocarbures (CH₃, CH₄, C₂H₄, C₂H₂), une très lente croissance épitaxiale de diamant sur diamant, à très basse pression (de l'ordre du dixième d'atmosphère). En 1980, le Japonais Matsumoto du NIRIM (Institut National de recherche en matériaux inorganiques) obtient sur du quartz un taux de croissance de diamant meilleur que le µm/h (micromillimètre par heure) : il devient possible de fabriquer de minces couches de diamant poly cristallin à usage industriel ; à ce rythme de croissance, 18 semaines sont encore nécessaires pour obtenir une épaisseur de 3 mm., la profondeur d'un diamant rond taille brillant de 50 points (½carat) ! Depuis le début du XXIème siècle, les progrès réalisés permettent d'obtenir, par cette méthode dite « CVD »

(dépôts de vapeur chimique), des diamants synthétiques négociables en joaillerie. Ces diamants synthétiques CVD possèdent toujours un peu d'hydrogène et peuvent être dopés à l'azote ou au bore (avec B₂H₆) durant leur croissance.

Les diamants traités et synthétiques ne sont souvent identifiés qu'au moyen de techniques spectroscopiques. Ils sont maintenant de plus en plus abondants sur le marché de la joaillerie. Leur nombre est encore faible en comparaison du nombre de diamants naturels vendus mais se situe déjà aux alentours de 1%. C'est un défi que les bijoutiers devront relever dans un proche avenir....

La valeur commerciale d'un diamant dépend évidemment de ses caractéristiques propres. Un moyen mnémotechnique consiste à considérer les consonnes du mot « compte » : que doit-on prendre en **compte** pour évaluer un diamant ? Sa **C**ouleur, sa **M**asse en carats, sa **P**ropreté (dite commercialement « Pureté ») et sa **T**aille :

- La **taille** influe sur la **masse** : après avoir pesé la pierre, il faut donc estimer la masse qu'elle aurait si elle était parfaitement taillée, tant en forme (rond, navette, poire, etc.) qu'en proportions.
- Le prix est donné (jusques vers sept carats) par la formule générale : $K.M^2$, à savoir « carré de la masse en carats (M) multiplié par un coefficient de valeur (K). Toutefois, cette formule linéaire doit être corrigée par la présence des « masses subjectives », masses en chiffres ronds, tels, 1.00 carat, 1.50 carat, 2.00 carats, etc. : un brutal saut de valeur se produit à ces niveaux ; ainsi un diamant de 1.00 carat peut, s'il est de bonne qualité, valoir 20% de plus qu'un diamant de 0.99 carat. Il faut donc prendre garde aux pierres dépassant de peu une « masse critique », car le diamantaire a parfois tendance à « tricher » la taille pour « sauver le carat ».
- Le coefficient de valeur est fonction de la **propreté** (« pureté ») et de la **couleur** :

La **propreté** se détermine en fonction de la visibilité des inclusions sous bon éclairage :

- F1, IF (flawless, internally flawless) = pur à la loupe de grossissement 10x (aucune inclusion ni trace de choc visible à la loupe 10x)
- VVS1 (very very small inclusions, first category) : inclusion(s) visible(s) à la loupe 10x, non visibles à la loupe 3x
- VVS2 (very very small inclusions, second category) : inclusion(s) difficilement visible(s) à la loupe 3x
- VS1 (very small inclusions, first category) : inclusion(s) perceptible(s) à l'œil nu
- VS2 (very small inclusions, second category) : inclusion(s) difficilement visible(s) à l'œil nu
- SI1 (small inclusions, first category) : inclusion(s) visible(s) à l'œil nu
- SI2 (small inclusions, first category) : inclusion(s) visible(s) à l'œil nu
- I1 ou P1 (inclusions, first category – piqué 1^{ère} catégorie) : inclusion(s) très facilement visible(s) à l'œil nu
- I2 ou P2 (inclusions, second category – piqué 2^{ème} catégorie) : inclusion(s) importantes(s)

La **couleur** se détermine à la lumière du Nord par ciel dégagé à midi solaire, ou sous une lumière ayant un spectre similaire (température de couleur de l'ordre de 6'000°K).

- Pour les diamants de « couleur fantaisie », il faut prendre en compte les caractéristiques habituelles des couleurs : ton, saturation, luminosité. Il est recherché un ton franc, saturé, lumineux (non « rabattu »).

- Pour les diamants de la gamme « quasi incolores », la couleur est déterminée par comparaison avec des échantillons témoins désignés par des lettres de l'alphabet selon une nuance jaunasse ou brunasse de plus en plus marquée :

- D, blanc exceptionnel +
- E, blanc exceptionnel
- F, blanc extra + D, E, F = « Quasi- incolores »
- G, blanc extra
- H, blanc G, H = « commercialement incolores »
- I, blanc nuancé +
- J, blanc nuancé
- K, L, légèrement teinté
- M, N, O, P,Z, teintés ; limite entre « Z » et « couleur fantaisie » assez subjective.

Si la valeur d'un diamant non traité, correctement taillé, « pur » et parfaitement incolore (D) est donnée pour 100, il est possible de dresser le tableau suivant pour la valeur des diamants non traités, de mêmes masse et taille, comportant des inclusions et présentant une nuance jaunâtre ou brunâtre plus ou moins accentuée :

	« pur »	VVS1	VVS2	VS1	VS2	SI1	SI2	P1	P2
D	100	55	43	35	32	25	21	16	13
E	58	43	36	33	29	21	20	15	12
F	42	36	34	29	27	20	19	14	11
G	37	34	30	27	26	19	18	14	11
H	32	28	26	25	24	18	15	13	10
I	29	24	22	21	20	16	15	12	10
J	22	21	20	20	18	15	14	11	9
K	20	19	17	15	14	13	12	10	9
L	17	16	15	14	13	12	11	9	9
M	15	14	13	12	11	10	9	9	8
N	13	12	11	10	10	9	9	8	8
O	12	11	10	9	9	9	8	8	7
P	11	10	9	9	8	8	8	7	7

Valeur relative des diamants de la gamme « incolore » selon leur couleur et propreté.

BIBLIOGRAPHIE

The mineralogy of the diamond – Yu. L. Orlov – John Wiley and Sons, Inc. – 1977
Treasures of the USSR diamond fund – (Russian, English, French) – 1980, Moscou
Famous diamonds – Ian Balfour – William Collins Sons & Co Ltd. – 1987, Londres
Dureté 10 ; le diamant, 3^{ème} édition – Eddy Vleeschdrager – 1996, Deurne (Anvers)
Fancy color diamonds – Harvey Harris – Fancoldi Registred Trust, – 1994, Liechtenstein

Journal Suisse d'Horlogerie et de Bijouterie, février 1989

Le Dresde vert – George Bosshart

Gems & Gemology, Spring 2004:

- Identification of synthetic diamond grown using CVD – Ph.M. Martineau & all

- A diamond exhibiting a spectacular phantom – Th. Hainschwang

Gems & Gemology, Winter 2004:

- An updated chart on the characteristics of HPHT-grown synthetic diamonds – J. E. Shigley & all

- A natural diamond with very high Ni content - Th. Hainschwang, F. Notari

Gems & Gemology, Spring 2008:

- A history of diamond treatments – Th. W. Overton, J. E. Shigley

- First CVD synthetic diamond submitted for dossier grading – K. M. Chadwick, C.M. Breeding

Gems & Gemology, Summer 2009:

- The “Type” classification system of diamonds and its importance in gemology - C.M. Breeding, J. E. Shigley

- Pink CVD synthetic diamond – W. Wang

Gems & Gemology, Spring 2010:

Type IIa greenish yellow diamond colored by IR-inactive nitrogen – R. Lu, W. Wang

Red CVD synthetic diamond with multiple treatments - W. Wang, P. Jonhson

Gems & Gemology, Fall 2010:

- Gem localities of the 2000s - J. E. Shigley & all

- Gemstone enhancement and its detection in the 2000s – S. F. McClure & all

Gems & Gemology, Winter 2010:

- Synthetic gem materials in the 2000s: a decade in review – N. Renfro & all

Vie de la Collection

Une année et demie s'est écoulée depuis la dernière rubrique sur la vie de la collection. Elle s'achevait sur la bourse de Paris de décembre 2010, et annonçait l'exposition : « le cristal : joyau de la nature, chef-d'œuvre du chimiste ». Cette exposition conçue en collaboration du Pr Michel Quarton, dans le cadre de l'Année Internationale de la Chimie, a été inaugurée le 22 février 2012. Son thème était la cristallographie et la chimie (ce que l'on appelle la cristallographie) et la synthèse des cristaux. Un dépliant d'aide à la visite a été rédigé, il accompagne le bulletin 59, envoyé à tous les membres de l'A.M.I.S.

Cette exposition a été très appréciée : la fréquentation annuelle a dépassé des 12000 visiteurs ce qui en fait la 4^e meilleure année et, si on ne tient pas compte des deux premières années d'ouverture au public (1993 et 1994), la deuxième meilleure année derrière 2001 (avec l'exposition agates). Les années noires de l'après-déménagement (avec moins de 8000 visiteurs) sont oubliées. Après prolongation, elle a pris fin au premier juin 2012..

Tucson 2011

La version de Tucson 2011 a été glaciale, avec -7°C durant une nuit.



Si on exclut les nostalgiques des temps anciens (« où tout était mieux, moins cher et plus beau » dixit), les participants reconnaissent que Tucson se porte bien et de mieux en mieux. La crise de 2008 est (presque) oubliée. Cette année le cap des 50 lieux de vente (répertoriés dans le guide officiel, mais il y en a d'autres) a été dépassé. La seule ombre au tableau est qu'il faut être particulièrement fortuné pour acquérir de belles pièces nouvelles.

L'événement de cette année a été les cuprites et les pseudomorphoses de cuprite en cuivre de la mine Rubtsovskiy (Altaï, Sibérie, Russie). Depuis quelques années, cette mine produisait des cuivres natifs en rameaux ainsi que des cuprites. Ces dernières ont très majoritairement une forme en octaèdre avec plus ou moins de troncutures, leur couleur varie du rouge sombre au noir (les teintes sombres sont attribuées à des intercroissances de tenorite), la surface, au mieux, présente un éclat métallique à submétallique et, au pire, est terne. Cette année, à Tucson, des centaines de spécimens ont été proposés. Les cristaux ont atteint des dimensions tout à fait étonnantes : jusqu'à 8 cm pour des cristaux isolés très bien formés, rouges et brillants et plus pour des groupes de cristaux. Il faut y ajouter des pseudomorphoses partielles ou totales de cuprite en cuivre tout autant spectaculaires et inattendues car ce type de pseudomorphoses n'était pas très connu. L'engouement pour ces minéraux a été impressionnant. Dévoilés une semaine avant le démarrage officiel des « shows », les meilleurs spécimens se sont arrachés et les prix avaient déjà doublé après la première journée. Les belles pièces dépassaient les 10 KUSD (1 KUSD= 1000 dollars étatsuniens) et les meilleures avoisinaient les 100 KUSD (pour des prix de départs presque 10 fois moins

élevés). Lorsque l'on n'a pas les moyens pour ces « high prices », on a l'alternative suivante pour se consoler :

- soit acheter une pierre de moindre qualité (en relatif mais exceptionnelle en absolu). Il y avait des cristaux de 5cm pour quelques KUSD et des pièces centimétriques pour quelques centaines de USD.
- Soit attendre en se disant que vu l'abondance de pièces, il y aura quelques (très) bonnes affaires à faire lorsque le vent de folie sera passé. Etant arrivé trop tard, j'ai adopté cette tactique.

Je me suis rabattu sur une belle fluorite sur mica (AMIS) de Chumar Bakhoor, Gilgit, Pakistan. Le cristal aplati à contour hexagonal est une forme de la macle dite du spinelle. Il fait une dizaine de cm et il est posé verticalement sur une gangue de petits cristaux de mica. J'ai fait une très bonne affaire avec une bixbyite et topaze, sur gangue (AMIS), de Solar Wind, Thomas Range, Utah, USA. Pendant des décennies la collection a essayé d'obtenir, sans succès, une belle bixbyite. On m'avait averti qu'un collectionneur vendait sa collection à Tucson et qu'il voulait offrir « le premier œil » aux musées, et (comme j'avais interagi avec ce collectionneur naguère) à la collection de la Sorbonne en particulier. C'est ainsi que j'ai pu acquérir à prix d'ami cette pièce magnifique où le cristal de bixbyite cubique de 2cm d'arête est partiellement traversé par un cristal de topaze.



La dernière acquisition est beaucoup plus modeste, c'est une variscite (AMIS) de la localité classique de Garland county, Arkansas, USA. Son intérêt est que ce spécimen est composé de blocs de roche soudés par la variscite ce qui donne un ensemble d'une belle esthétique inhabituelle en minéralogie.



La découverte de crocoïtes géantes (Dundas, Tasmanie, Australie), dont on avait vu les prémices à Munich a été confirmée : un lot de quelques dizaines de pièces a été présenté et vite vendu avant mon arrivée. J'ai réservé une pièce à un marchand français qui avait été l'un des premiers acheteurs, mais avec à condition : que la pièce me soit présentée intacte en France (ce qui n'était pas évident au vu de sa fragilité).



Comme ce même marchand entretient de bonnes connections avec le Mexique, il avait des credites (Abasolo Navidad, Durango, Mexique) en boules avec une couleur orangé marron de la meilleure qualité pour cette localité. Ces credites, encore fréquentes, vont se raréfier avec la fermeture effective de la mine. J'ai donc réservé une pièce (AMIS) (la meilleure) très esthétique.

Paris, 5 au 9 mars 2011

La bourse de Paris, au mois de mars, a été l'occasion de récupérer les deux spécimens réservés (AMIS) et d'acquérir une extraordinaire hémimorphite (AMIS)(Ojuela, Mapimi, Mexique) qui présente plusieurs groupes de cristaux en éventail. Ce type groupe est connu pour cette espèce, mais les dimensions sont souvent petites.



Sainte-Marie-aux-Mines 2011 (20-26 juin)

La bourse de Sainte-Marie-aux-Mines est l'occasion de faire l'essentiel du stock des minéraux à vendre pour l'année. Elle a été aussi, cette fois-ci, l'occasion de payer les dettes : la fabuleuse schattukite décrite dans la rubrique précédente, par exemple, a été payée en 2011. Donc, une fois n'est pas coutume, il n'y a pas eu d'achat de minéraux pour la collection. Il n'y avait de toute façon pas de spécimen vraiment intéressant. Ceci étant, la collection a reçu en don un cotype de l'afmite. Ce minéral a été récolté, il y a quelques années par Georges Favreau, membre de l'association Jean Wyart. C'est un phosphate hydraté complexe, de formule, $Al_3(OH)_4(H_2O)_3(PO_4)(PO_3OH).H_2O$, trouvé à Fumade (Castelnaud de Brassac, Tarn), et dont le nom est dédié à l'AFM (Association Française de Microminéralogie)

C'est à l'occasion de cette bourse que l'organisateur, Michel Schwab, a annoncé que, devant les graves problèmes de sécurité insurmontables, il se voyait contraint de déplacer cette manifestation à Colmar dans les années à venir.

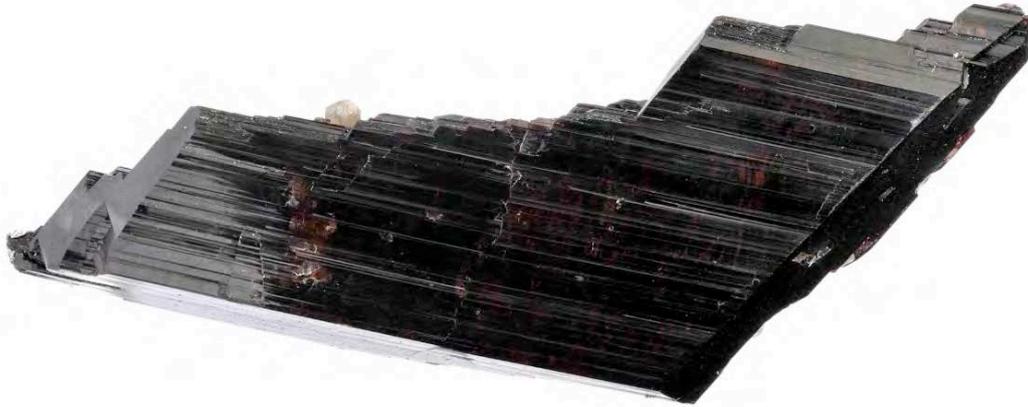
Jas-Roux (1^{er} - 4 septembre)

Une troisième expédition à Jas-Roux a été planifiée, début septembre, dans le cadre de l'association Jean Wyart, domiciliée à la collection et dont le but, rappelons-le est d'établir des collaborations scientifiques (minéralogiques) entre la collection et les amateurs. Les amateurs étaient ici Georges Favreau et Vincent Bourgoïn, personnalités bien connues du monde de la microminéralogie. Le but ici était de retrouver, grâce à des indications livrées par Jacques Mantienne, les sulfosels mercurifères que nous n'avions pas trouvés dans les deux précédentes expéditions. Après analyse de la récolte, il est apparu que nous n'avons pas réussi. Par contre une nouvelle espèce, en cours de caractérisation, a été découverte !

Ce qui fait la deuxième espèce trouvée dans le cadre de cette association. La première, l'angarfite est un phosphate, trouvé par Georges Favreau, de la pegmatite d'Angarf Sud (Plaine des Zenaga, Tazenakht, Ouarzazate, Maroc). Une autre espèce, en fait un polytype nouveau, est en cours de validation, c'est la zinalstibite-9R (trouvée par Vincent Bourgoïn au Monte Avanza, Italie)

Munich 2011 (24 octobre-1^{er} novembre)

La situation financière de l'exercice n'étant pas spécialement florissante, je n'envisageais pas de gros achats à Munich, sauf grosse surprise évidemment. Ce qui a eu lieu grâce à un ancien membre de l'A.M.I.S., Maurice Eyraud, qui m'a proposé, pour un prix (très très) raisonnable, un incroyable cristal de liddicoatite (tourmaline lithinifère proche de l'elbaïte) de la variété rubellite (rouge) (AMIS), provenant d'Ikalamaviny, Madagascar. Le cristal est complet, sans attache, et il avoisine les 20cm dans plus grande longueur. De couleur rouge sombre, ce genre de tourmaline est habituellement recherché par les lapidaires pour faire des billes de petit diamètre. Acquérir des pierres gemmes est toujours un défi pour la collection, tant les prix communément demandés sont élevés.



Les 'potains' sur la nouvelle **bourse de Colmar** allaient bon train entre les pro-Sainte-Marie et les pro-Colmar, lorsque l'on a appris que le maire de Sainte-Marie avait récusé le contrat annuel habituel qui le liait à Michel Schwab et que ce dernier, pour ainsi dire évincé, avait décidé de commencer la première bourse de Colmar en 2012. Le maire, de son côté, avait déjà planifié de refaire à l'identique la bourse de Sainte-Maire 2012, en dépit des risques de sécurité énormes. La bataille entre les « colmarophiles » et « saintemariolâtres » a rapidement pris un nouveau visage nettement peu sympathique et plus agressif.

Fin d'année 2011

Comme tous les ans la collection a participé à la foire de Paris (à l'espace Charenton) au début décembre. Les organisateurs nous ont laissé un emplacement pour présenter l'A.M.I.S., qu'ils soient ici remerciés et aussi félicités pour la qualité de cette manifestation. La relative accalmie avant les fêtes m'a permis d'entreprendre d'importants travaux de nettoyage sur une barytine crêtée et fluorite de Berbès (Asturies, Espagne) du don Curie. C'est une pièce importante par ses dimensions 36x25x20cm et un très rare exemple des grandes associations sans défaut majeure trouvées avant la fermeture de la mine. Les travaux ont fini en mai 2012 et cette pièce est enfin exposée.

Le début 2012

Le début de l'année a commencé par l'acquisition d'une ilvaite géante de Huanggangliang, (Mongolie Inférieure, Chine)(AMIS). Les ilvaites de ce gisement dépassent en dimension et en qualité tout ce que l'on connaissait jusqu'alors. La photo jointe du spécimen acquis est suffisamment éloquente et se passe de commentaires



Un spécimen de ce même gisement contenant des cristaux de borcarite ($\text{Ca}_4\text{Mg}_4(\text{B}_4\text{O}_6)(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_2$) et de cahnite ($\text{Ca}_2(\text{B}(\text{OH})_4)(\text{AsO}_4)$), été acquis (AMIS). Les cristaux de borcarite centimétriques sont ce que l'on connaît de meilleur pour l'espèce. Les cristaux millimétriques de cahnite ne rivalisent pas avec les rarissimes cristaux historiques centimétriques trouvés dans une petite géode en 1921 à Franklin (New-Jersey, E-U). Le spécimen de la collection se situerait pour sa dimension (9,5cm avec des cristaux de borcarite de 8mm) parmi ce que l'on connaît de plus grand. La couleur vert gris, par contre, n'est pas ce que l'on connaît de mieux (c'est-à-dire le bleu turquoise). J'attends de mieux savoir ce que nous réserve l'avenir sur ces minéraux avant de situer plus précisément ce spécimen.

Tucson 2012

La bourse de cette année a été euphorique, pour la première fois depuis longtemps. Le temps était au meilleur et les affaires allaient de bon train que ce soit pour les acheteurs ou les vendeurs, bien qu'il n'y eut pas de nouveautés majeures. Les belles azurites et brochantites de Milpillias (Sonora, Mexique) continuent à me narguer. Elle comptent parmi les meilleurs connues mais les prix demandés pour les bonnes pièces sont inaccessibles si tant est qu'on puisse les voir car le marchand mexicain, qui a établi un monopole sur leur commercialisation, s'installe une semaine avant mon arrivée et contacte en priorité ses bons clients. Il est donc difficile de savoir ce qui représente le meilleur pour ce gisement.



Je me suis consolé avec d'autres minéraux (AMIS). Le premier est une grande stibine de Wuling (Jiangxi, Chine). La collection possède déjà un groupe de cristaux de ce gisement. Il lui manquait cependant un représentant des grands cristaux. C'est chose faite avec cette pièce qui associe un cristal de 35x2,5x1,5cm avec un autre cristal plus petit (23cm) positionné en V. L'esthétique de l'ensemble est remarquable. Le second est une incroyable macle de Baveno de microcline du Paksitan (18x6,5x5,5cm) qui présente des vides subparallèles perpendiculaires à l'allongement du prisme. Deux des quatre grandes faces du prisme sont recouvertes de petits cristaux de micas (muscovite). Je n'ai pas, pour l'instant d'explication pour ce faciès étrange. En addition à ces deux pièces, j'ai pris des options assez fermes, dans des conditions très favorables, sur d'autres spécimens qui devraient rejoindre la collection dans l'avenir (ce sera l'objet, entre autres, des prochains bulletins).

L'Etat des collections de minéralogie à Paris.

En ce premier semestre 2012, les discussions vont bon train sur l'avenir des collections parisiennes de minéralogie. La collection de l'école des mines est en cours de profonds

changements. Sa conservatrice Lydie Touret prend sa retraite après une carrière bien remplie, où ses activités pour le rayonnement de la minéralogie française ont été internationalement reconnues. Saluons ici cette une grande figure de la minéralogie qui s'éloigne de nous (temporairement, espérons-le). Il a été question de déménager la collection, voire toute l'école des mines de Paris (Mines Paris Tech). Cette perspective ne semble plus à l'ordre du jour. Par contre il est de plus en plus question que le local de la collection soit destiné à des expositions plus larges sur les activités de cette prestigieuse école : la surface allouée aux minéraux serait réduite (certains annoncent 10% de l'actuelle). On en saura plus dans les mois à venir.

Le Muséum, qui ne présente plus de collection permanente de minéraux depuis longtemps, a revu sa politique à l'occasion de la nomination de son nouveau directeur, Thomas Grenon. Une exposition dans les salles des cristaux géants et du trésor est sur les rails. Plus d'une centaine des meilleurs minéraux du Muséum seront présentées dans une scénographie qui vise à établir un équilibre entre le didactique et le prestigieux. Le réaménagement de la grande galerie ne semble prévu que sur un moyen-long terme (2020 selon des sources qui sont, selon le terme d'usage, bien informées).

Les relations entre le Muséum et l'UPMC sont de plus en plus proches avec l'appartenance au même PRES (pôle de recherche et d'enseignement, nommé Sorbonne-Universités). Un projet d'intégration du laboratoire de minéralogie du Muséum au sein de l'Institut de Minéralogie et des Milieux Condensés, dont dépend la collection, est en bonne voie. L'importance de notre collection de l'UPMC pourrait en être renforcée et cela juste avant sa réimplantation, rue des Fossés Saint Bernard.

Cette réimplantation est prévue courant 2015. Les discussions (pas toujours faciles) sur l'APD (avant projet détaillé) se sont achevées le 4 avril 2012, les travaux ne vont pas tarder à commencer (le calendrier est cours de finalisation).

Alors que, pendant des années, la collection des minéraux de L'UPMC faisait figure de parent pauvre (logistiquement et immobilièrement parlant), il est manifeste qu'elle est et sera certainement le meilleur représentant de la muséologie minéralogique française. C'est une situation un peu paradoxale dont les membres de l'A.M.I.S. ne devraient pas se plaindre après tant d'années d'effort pour hisser notre collection au plus haut niveau international.

Ouvrages publiés

L'A.M.I.S. a participé à l'édition de deux ouvrages. Ils sont disponibles à la collection :

- Favreau G., Bourgoin V., Boulliard J.-C., Spécial Jas-Roux, (2011) Le cahier des micromonteurs, numéro 113. 91 pages, 25€uros.

Il s'agit là de la plus importante monographie sur ce gisement, célèbre pour les quatre nouvelles espèces qui y ont été trouvées. Près d'une quinzaine d'espèces nouvelles pour ce gisement, ont été découvertes. Cet ouvrage est abondamment illustré avec des photographies du site, des microphotographies de minéraux prises à la loupe binoculaire et/ou au microscope électronique à balayage.

- Baillargeat C., Un géologue au XXe siècle Jacques Geffroy (1918-1993) de l'Auvergne au Limousin, (2012), éd. A.M.I.S. et société d'archéologie et de minéralogie de Massiac (Cantal). 109 pages, 22€uros.

Beaucoup d'A.M.I.S. connaissent le regretté Jacques Geffroy (qui nous a légué sa collection). L'auteur, notre ami Christian, a bien connu Geff jusqu'à son décès. Ce livre passionnant et parfois cocasse, nous présente des anecdotes peu connues et restitue fidèlement la personnalité de ce (très) grand géologue.

Projets

La prochaine exposition, prévue pour 2013, Année Internationale de la Cristallographie, sera, sans surprise, sur l'histoire de la cristallographie. Je pense exposer quelques premiers éléments d'ici les vacances.

Jean-Claude Boulliard

A.M.I.S

Association des Amis

De la Collection de Minéraux de la Sorbonne.

Entrée visiteurs : Tour 46-0, au sous-sol

Adresse : 4 Place Jussieu, case 73

75252 PARIS Cedex 05

Tel. : 01 44 27 52 88