

PREMIERS RÉSULTATS D'UNE ÉTUDE INFRAROUGE DE ZIRCONS MÉTAMICTES DATÉS PAR LA MÉTHODE U/Pb (*)

par M. DELIENS (**)

(4 fig. dans le texte)

RÉSUMÉ

Des zircons métamictes analysés et datés par la méthode U/Pb ont été étudiés par spectrométrie d'absorption infrarouge. Les mesures ont porté sur l'élargissement et les modifications d'intensité de la bande d'absorption infrarouge à 615 cm^{-1} qui correspond à une des vibrations de déformation du groupe SiO_4 . Les variations de cette bande sont en relation avec le degré d'état métamictite de ce minéral.

Les conclusions portent d'une part sur les relations entre le degré d'état métamictite, la teneur en éléments radioactifs et l'âge des zircons; d'autre part sur le comportement des cristaux lors de pertes épisodiques importantes de plomb radiogénique.

Au stade actuel de nos recherches, on peut supposer qu'une perte épisodique de plomb radiogénique, liée à un phénomène géologique, est accompagnée ou non d'une recristallisation, avec effacement de la métamictisation antérieure, en fonction de l'intensité du phénomène thermique qui a provoqué la perte.

ABSTRACT

Metamict zircons dated by the U/Pb method have been analysed by infrared absorption spectrometry. The stretching and the variations of the intensity of the 615 cm^{-1} infrared band have been measured. It corresponds to one of the vibrations of deformation of the SiO_4 group. These variations are related to the rate of metamictization of this mineral.

The conclusions deal with the relationship between metamictization, concentration of radioactive elements and the age of zircons. They deal also with the behaviour of crystals during important episodic losses of radiogenic lead.

From the present evidence, it may be supposed that an episodic loss of radiogenic lead, linked to a geological event, is accompanied or not by recrystallization, with disappearance of the previous metamictization, depending on the intensity of the thermal phenomenon which produced the loss.

INTRODUCTION

La présence d'atomes radioactifs parmi les éléments constitutifs d'un minéral peut donner lieu, sous l'effet de radiations α , à un état d'altération, appelé état métamictite, qui se traduit par une amorphisation du cristal.

Le zircon, minéral accessoire de nombreuses roches cristallines, est généralement

(*) Communication présentée et manuscrit déposé le 13 mars 1973.

(**) Chercheur au Fond de la Recherche Fondamentale Collective au Musée royal de l'Afrique centrale, B-1980 Tervuren, Belgique.

métamictite. La transformation en plomb de l'uranium qu'il renferme est utilisée par ailleurs pour dater ce minéral et les roches qui le contiennent.

Parmi les méthodes appliquées à la mesure du degré d'état métamictite des minéraux, il faut citer l'utilisation récente de la spectrométrie infrarouge d'absorption. Les relations existant dans les zircons entre le degré d'état métamictite, mesuré par spectrométrie infrarouge d'absorption, d'une part, et la teneur en éléments radioactifs (uranium + thorium) ainsi que l'âge d'autre part, sont discutées dans la note. Des précisions sont également apportées sur le comportement du zircon lors de pertes de plomb radiogénique.

L'ÉTAT MÉTAMICTITE

Broegger (1893) considère que l'état métamictite consiste en un réarrangement suivant une structure moléculaire, différant de la structure cristalline originelle du minéral.

Hubin et Tarte (1971) précisent : « Un minéral contenant des atomes radioactifs peut voir sa structure cristalline disparaître progressivement sous l'effet du rayonnement de ces atomes; il se produit un déplacement permanent des atomes par rapport à leur position d'équilibre entraînant l'apparition d'un état amorphe, caractérisé par l'absence de raies de diffraction X, alors que l'aspect extérieur de ces substances est inchangé ».

Les propriétés de l'état métamictite ont été définies par Faessler (1942); les minéraux métamictites sont caractérisés par : une isotropie optique, une incandescence lors du chauffage, une absence de clivage, la présence d'uranium ou de thorium, un aspect amorphe en diffraction X et la possibilité d'exister soit à l'état métamictite, soit à l'état cristallin. La structure cristalline est reconstituée par un traitement thermique.

Trois conditions indispensables à la métamictisation ont été énoncées par Goldschmidt (1924) : le minéral doit avoir été soumis à des radiations relativement fortes (d'origine interne ou issues de l'extérieur), la structure originelle doit renfermer une majorité de liaisons covalentes, la structure enfin doit contenir une ou plusieurs variétés d'ions susceptibles de changements dans la coordinance. Ainsi, (Machatschki, 1942) la métamictisation des zircons est notamment liée à l'existence de la coordinance 8 du Zr, modifiable en une coordinance 6.

Holland et Kulp (1950) suggèrent une origine cristalline aux minéraux métamictites; la destruction du réseau a lieu après la formation, à la suite d'un bombardement provoqué par l'uranium et le thorium. Le pourcentage de destruction dans le réseau est lié à la stabilité de la structure du minéral, à l'activité totale du minéral et au temps écoulé depuis sa formation.

Différentes méthodes ont été proposées pour estimer le degré d'état métamictite; citons notamment : la mesure du poids spécifique, des mesures de biréfringence ou d'indices, des mesures faisant appel à la diffraction X (déplacement de réflexions caractéristiques, variations des paramètres de la maille). Holland et Gottfried (1955) ont constaté par exemple que l'irradiation de zircons provoque une diminution du poids spécifique de 16 %, une évolution vers l'isotropie et une altération des spectres de diffraction X. La destruction de la structure se fait en plusieurs stades : elle est d'abord saturée en déplacements, elle se résout ensuite en cristallites de zircon ordonné, le stade ultime étant l'évolution en verre.

Dans des travaux récents, Hubin et Tarte (1971 a et b) ont apporté des précisions sur la métamictisation en utilisant la spectrométrie infrarouge d'absorption. En 1971, ces auteurs ont investigué les spectres infrarouges des orthogermanates et de quelques orthosilicates d'éléments tétravalents (Zr, Hf, Th, U, Ce). L'attribution des bandes vibrationnelles a été réalisée, notamment pour le zircon. Ces auteurs ont également étudié les phases successives de la recristallisation de thorites naturelles, totalement ou partiellement métamictes, par spectrométrie infrarouge d'absorption et par diffraction X. L'expérimentation a porté sur le traitement thermique des minéraux et sur la caractérisation des produits formés.

MESURES DE DATATION APPLIQUÉES AUX ZIRCONS

Pour réaliser notre étude par spectrométrie infrarouge, nous avons choisi des zircons déjà datés au Centre belge de Géochronologie par dilution isotopique et par spectrométrie de masse (méthode U/Pb) et au sujet desquels les résultats géochronologiques sont rassemblés et interprétés dans une série de publications géologiques ou dans des notes encore inédites relatives à des travaux en cours.

Pour la compréhension des résultats de l'étude infrarouge de zircons métamictes, il est nécessaire de rappeler quelques notions fondamentales sur la datation des zircons par la méthode U/Pb.

Le zircon est extrait de roches de composition granitique à granodioritique, après concassage et broyage d'une cinquantaine de kg, séparation par densité et séparation magnétique. Le zircon total obtenu peut être séparé en fractions de teneurs en uranium différentes, en se basant sur la relation qui existe entre la teneur en uranium et la susceptibilité magnétique des zircons. Il est indispensable d'analyser au moins deux de ces fractions. On choisit généralement les deux extrêmes; les teneurs en uranium et en différents isotopes du plomb sont mesurées par dilution isotopique et par spectrométrie de masse.

Les résultats permettent d'établir une série de rapports isotopiques Pb_{206}^{rad}/U_{238} , Pb_{207}^{rad}/U_{235} et $Pb_{207}^{rad}/Pb_{206}^{rad}$ pour chacune des deux fractions de zircon. Les valeurs sont alors reportées sur un diagramme Concordia (fig. 1). Deux cas, le second offrant lui-même deux possibilités, sont à considérer :

1. Le point représentatif du zircon tombe sur la courbe Concordia : on a ce qu'on appelle un âge concordant représentant, soit l'âge de la formation du zircon, soit l'âge d'une recristallisation complète. Le zircon n'a pas perdu de plomb radiogénique ou l'a perdu complètement au moment de la recristallisation (fig. 1, I).
2. Les points représentatifs des deux fractions ne tombent pas sur la courbe. On peut alors les joindre par une corde dont l'intersection supérieure avec la courbe Concordia donnera l'âge de formation ou de recristallisation complète du zircon. Deux cas sont à considérer pour l'intersection inférieure de la corde :
 - a. L'intersection extrapolée à partir de la partie supérieure de la corde (courbe Discordia assimilée à une droite) se situe à une valeur déterminée, assez proche de l'origine, qui dépend de l'âge primaire et du modèle adopté.

Dans ce cas, on considère en effet que la perte de plomb radiogénique a été continue depuis la formation du zircon et s'est opérée par un processus de diffusion volumétrique (fig. 1, II).

b. L'intersection inférieure de la corde se situe à une valeur qui paraît correspondre à un événement géologique; on peut dès lors invoquer l'existence d'un phénomène de perte épisodique de plomb radiogénique, dont les effets l'emportent sur la perte continue (fig. 1, III).

Quand l'intersection inférieure de la corde se situe à l'origine du graphique, il peut s'agir soit d'un cas particulier de (a) (perte continue dans le cas d'un zircon « jeune », < 500 m.a.), soit d'un cas particulier de (b) (perte épisodique récente de plomb radiogénique).

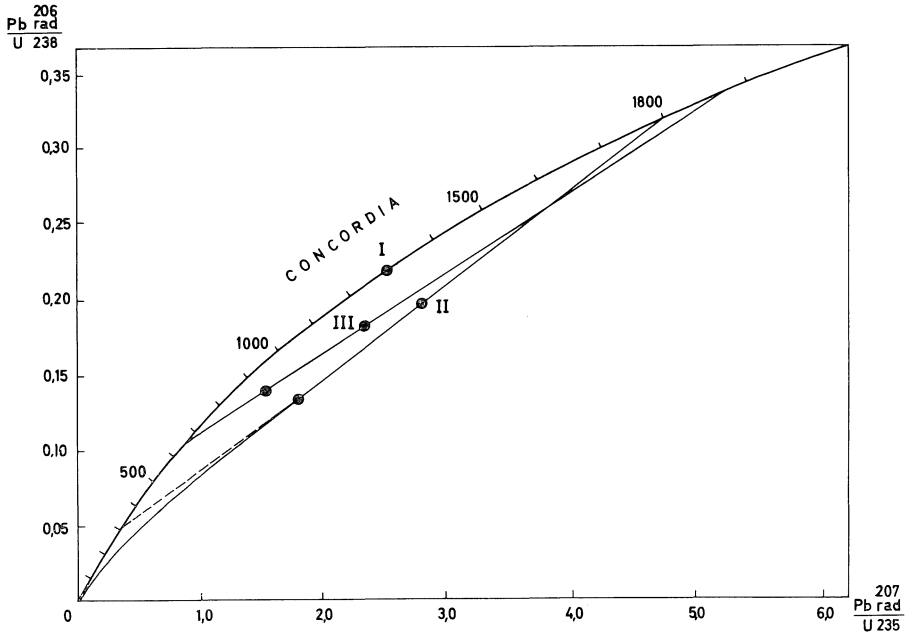


Fig. 1. — Exemple de diagramme Concordia.

ÉCHANTILLONS DE RÉFÉRENCE

Les résultats de l'analyse isotopique et les âges apparents des zircons sont rassemblés au tableau I. La localisation et la nature des roches mères des zircons sont reprises dans la liste systématique ci-dessous. (Les chiffres entre parenthèses renvoient aux publications).

— Z2, Z3 et Z6 proviennent des roches intrusives des Monts Sør-Rondane, Terre de la Reine Maud, Antarctique (1).

Z2 est extrait des granites intrusifs à orthose de Romnoesfjell; il est daté 510-515 m.a.

Z3 et Z6 sont deux fractions de teneurs en uranium différentes du granite intrusif à microcline de Lunckeryggen. Leur âge est de 600 m.a. Les points expérimentaux sur le diagramme Concordia sont concordants; l'âge étant celui de la cristallisation du granite.

— Z4, Z5, Z16 et Z17 proviennent du sud-est du Brésil.

Z4 et Z5 (2) ont été recueillis dans une granulite zonaire de la série Paraiba (5 km à l'est de Três Rios, État de Rio de Janeiro).

Les âges obtenus sont de 2.100 m.a. pour la formation du zircon et de 620 m.a. pour une perte épisodique importante de plomb radiogénique. Ces âges, en accord avec ceux obtenus par la méthode Rb/Sr, correspondent à ceux de deux grandes orogènes successives; la seconde a transformé pour une part en migmatites (voir Z16 et Z17) les granulites formées au cours de la première.

Z16 et Z17 (2) sont extraits d'une migmatite de la Serra dos Orgaos (Carrière de Areal, État de Rio de Janeiro). Les âges sont concordants ou très légèrement discordants à 620 m.a.; cet âge de 620 m.a. correspond par ailleurs à la perte épisodique importante de plomb radiogénique des zircons de la série Paraiba (Z4 et Z5).

— Z11, Z12, Z21 et Z22 proviennent des granites éburnéens de Haute-Volta.

Z11 et Z12 (3, 4) sont des zircons du granite de Kotédougou, correspondant à l'un ou l'autre granite « Baoulé », soit cratonique, soit syntectonique. L'âge donné par l'intersection supérieure de la corde avec la courbe Concordia est de 2.110 m.a., toutefois l'âge pour l'ensemble des granites éburnéens est de 2.135 ± 50 m.a. Il existe une perte récente de plomb radiogénique vers 100-200 m.a.

Z21 et Z22 (3, 4) sont originaires du granite de Koumbia, du type granite Bondoukou, à composition granodioritique à akéritique. Les zircons sont datés 2.160 m.a. et accusent une perte de plomb radiogénique comparable à celle des granites de Kotédougou (Z11 et Z12).

— Z14 et Z15 (5) ont été extraits de petits échantillons provenant de l'ancienne mine d'or de Musefu (Région du Kasai, République du Zaïre).

Les roches appartiennent aux gneiss charnockitiques et enderbitiques du complexe charnockitique du Kasai. L'âge des zircons est de 2.880 m.a. et la perte de plomb radiogénique est récente.

— Z18 et Z19 proviennent d'une métarhyolite du Bas-Zaïre (6). Leur âge pourrait être compris entre 1.070 et 1.250 m.a., suivant que l'âge de la perte épisodique qu'ils traduisent est compris entre 530 et 700 m.a.

Ces données peuvent faire l'objet de modifications, l'étude géochronologique est en cours.

— Z23 et Z24 sont des zircons extraits d'un granite gneissique burundien provenant de Gitarama (République du Rwanda). Leur âge est de 1.360 m.a. La perte de plomb radiogénique est récente. L'étude géochronologique est en cours (7).

— Z7 et Z8 ont été recueillis dans un gneiss œillé sur la route reliant Jörpeland à Oanes (Norvège). Leur âge est de 975 m.a. L'étude géochronologique est également en cours (8).

TABLEAU 1

Analyses isotopiques et âges apparents des zircons

	N° éch.	Nature de la roche	Localité	ppm U	ppm U+Th	ppm Pb radiog.	Ages apparents en m.a.		
							<i>t</i> 207/206	<i>t</i> 206/238	<i>t</i> 207/235
Z2	R 1 a	Granite	Romneosfjell Antarctique	222	244	19	540 ± 10	514 ± 20	518 ± 20
Z3	ANT 1 A RGG 105.361 A	Granite	Lunckeryggen Antarctique	473	530	49	610 ± 100	607 ± 12	608 ± 25
Z6	ANT 1 B RGG 105.361 B			1.710	1.908	142	580 ± 60	494 ± 10	510 ± 18
Z4	RGG 106.708 A	Granulite	Três Rios Brésil	756	789	190	1.913 ± 15	1.446 ± 25	1.645 ± 15
Z5	RGG 106.708 B			1.323	1.386	254	1.865 ± 10	1.124 ± 20	1.405 ± 20
Z16	RGG 106.704/5 A	Migmatite	Areal Brésil	764	842	79	588 ± 40	614 ± 10	609 ± 20
Z17	RGG 106.704/5 B			1.157	1.265	111	640 ± 20	585 ± 10	597 ± 15
Z11	RGG 71.162 A	Granite « Baoulé »	Kotédougou Haute-Volta	805	900	267	2.080 ± 25	1.680 ± 35	1.865 ± 30
Z12	RGG 71.162 B			1.496	1.697	206	1.880 ± 65	742 ± 15	1.088 ± 35

Z21	RGG 71.163 A	Granite Bondoukou	Koumbia Haute-Volta	278	311	91	2.150 ± 20	1.650 ± 35	1.882 ± 25
Z22	RGG 71.163 B			764	864	119	2.080 ± 40	832 ± 15	1.251 ± 20
Z14	A	Granulite	Musefu Kasai	440	480	260	2.863 ± 10	2.669 ± 55	2.781 ± 55
Z15	B			617	744	268	2.810 ± 10	2.045 ± 40	2.450 ± 40
Z18	RGG 90.142 A	Métarhyolite	Bas-Zaire	612	694	101	994	923	945
Z19	RGG 90.142 B			1.484	1.700	220	938	824	853
Z23	RGG 85.737 A	Granite	Gitarama Rwanda	742	830	145	1.360 ± 12	1.084 ± 20	1.180 ± 20
Z24	RGG 85.737 B			1.139	1.274	173	1.353 ± 20	853 ± 20	1.004 ± 20
Z7	Pa 69/B A	Gneiss ceillé	Jórpeland Norvège	2.260	2.322	258	881	735	772
Z8	Pa 69/B B			2.890	3.056	237	753	514	560

RGG : n° du registre général de la collection géologique du Musée royal de l'Afrique centrale.

IDENTIFICATION DES ZIRCONS PAR SPECTROMÉTRIE INFRAROUGE
D'ABSORPTION ET ÉVALUATION DU DEGRÉ D'ÉTAT MÉTAMICTE

Comme pour la plupart des orthosilicates, le spectre IR du zircon peut être divisé en 2 régions : le domaine des fréquences relativement élevées (1200-400 cm^{-1}), qui correspondent essentiellement à des vibrations internes du groupe SiO_4 , et le domaine des basses fréquences, qui correspondent, soit à des rotations du groupe SiO_4 , soit à des translations de l'atome de zirconium par rapport aux groupes SiO_4 (Hubin et Tarte, 1971).

En ce qui concerne les fréquences propres du groupe SiO_4 , elles seront différentes, dans le cristal de zircon, des fréquences d'un ion SiO_4 « libre » (en solution par exemple) pour au moins deux raisons majeures : 1° sous l'influence du champ de force cristallin (champ statique), le groupe SiO_4 est notablement déformé et ne possède donc plus la symétrie tétraédrique idéale T_d ; 2° il existe des couplages vibrationnels entre groupes SiO_4 d'une même maille (champ dynamique).

Dans un cristal de zircon supposé parfait, la déformation des groupes SiO_4 et les couplages vibrationnels sont identiques pour toutes les mailles du cristal : les fréquences vibrationnelles sont donc identiques pour toutes ces mailles. Si au contraire la structure est localement altérée pour une raison quelconque (phénomène de métamictisation par exemple), les déformations et les couplages vibrationnels sont variables pour les différentes mailles : il en résulte une certaine dispersion des fréquences, se traduisant par un élargissement des bandes d'absorption IR et une modification de leur intensité. Les modifications du spectre seront d'autant plus importantes que l'altération de la structure est plus profonde.

En principe, les mesures de modification d'intensité des bandes peuvent porter sur une vibration quelconque. En pratique, dans le cas du zircon, les bandes de haute fréquence (correspondant aux vibrations de valence du groupe SiO_4) sont déjà larges, même pour le minéral non métamicté, et se prêtent mal à des mesures. La situation est également défavorable pour le groupe de bandes de basse fréquence (450-300 cm^{-1}) qui se recouvrent mutuellement. Par contre, la bande à 918 cm^{-1} (correspondant à l'une des vibrations de déformation du groupe SiO_4 , Hubin et Tarte (1971) est relativement fine et bien isolée : les mesures ont donc été effectuées sur cette bande particulière. Les spectres infrarouges de quatre zircons métamictes sont rassemblés à la fig. 2.

DISCUSSION DES RÉSULTATS INFRAROUGES

Les enseignements que l'on peut tirer de l'examen de spectres infrarouges de zircons analysés et datés portent sur trois points :

1. Les relations entre les teneurs en éléments radioactifs (uranium et thorium) et le degré d'état métamicté.
2. Les relations entre l'âge et le degré d'état métamicté.
3. Des considérations sur le comportement structural des zircons lors de pertes de plomb radiogénique.

On notera que la métamictisation est à mettre en relation avec la dose totale de radiations reçues; 10 à 20 % de ces dernières sont attribuables au thorium et à ses descendants radiogéniques.

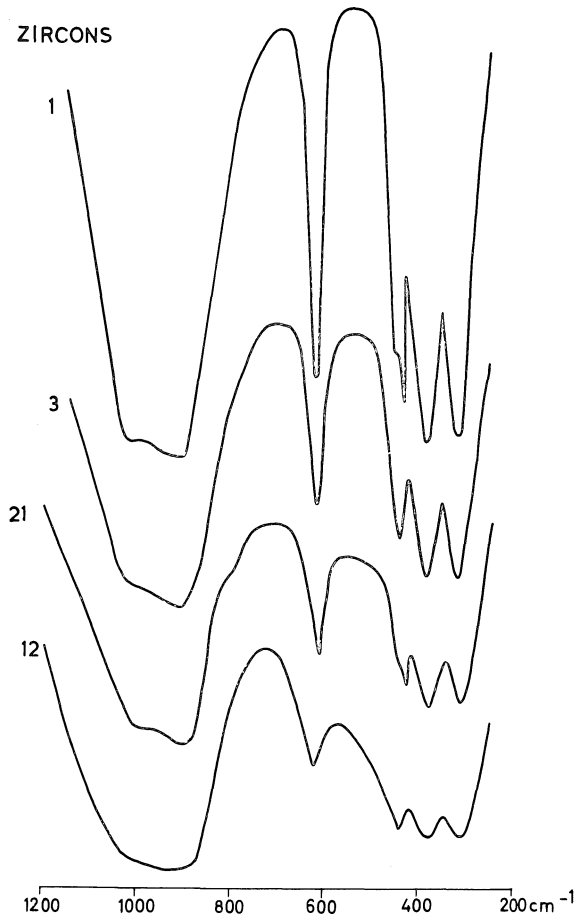


Fig. 2. — Spectres infrarouges de quatre zircons métamictes.

Les résultats analytiques ayant servi à la datation des zircons nous ont permis de chiffrer la radioactivité responsable de la métamictisation à partir de trois données différentes :

- La quantité d'uranium seulement, en ppm et dosée par dilution isotopique.
- La somme des quantités d'uranium et de thorium, exprimée globalement en ppm d'uranium. La teneur en thorium est déduite de la quantité totale de l'isotope Pb_{208} dans le plomb total du zircon analysé.
- Id. à (b) mais en tenant compte pour le calcul de la teneur en thorium de la présence d'une quantité généralement très faible de plomb commun, non radiogénique, dans l'échantillon analysé; la composition isotopique du plomb « moderne » a été utilisée pour la correction.

C'est cette dernière donnée qui a été retenue pour l'établissement des diagrammes coordonnés. Elle est en principe la seule valable et fournit des résultats que l'on

peut supposer théoriquement comparables à ceux qu'on obtiendrait en soumettant l'échantillon à un compteur de radiation α .

Remarquons toutefois qu'il n'existe pas de grandes différences dans les diagrammes coordonnés suivant qu'on utilise l'une ou l'autre des trois données en question. Les lignes d'isoteneur en « équivalents U » (ppm d'uranium + ppm de thorium) s'avèrent les plus régulières en utilisant la donnée (b), comme si les éléments radioactifs n'étaient pas les seuls à jouer un rôle dans la métamictisation, et que la présence d'impuretés, un peu de plomb commun en l'occurrence, pouvait également intervenir pour une part cependant mineure.

Cette relation possible ne nous paraît toutefois pas suffisamment démontrée à ce stade de l'étude; elle ne repose semble-t-il sur aucune présomption théorique et pratiquement, il existe dans les conditions de travail adoptées dans ce premier stade des marges d'erreur relativement grandes sur les mesures infrarouges.

1. Relations entre le degré d'état métamictite de fractions de zircons d'une même roche et du même âge mais renfermant des teneurs différentes en éléments radioactifs (uranium + thorium).

Les résultats des mesures sont rassemblés à la fig. 3. Pour chaque couple de zircons, la fraction la plus riche en éléments radioactifs est la plus métamictite. La disposition de haut en bas du graphique, des droites reliant deux fractions de zircons d'une même roche esquisse une relation entre l'âge des zircons et leur degré d'état métamictite.

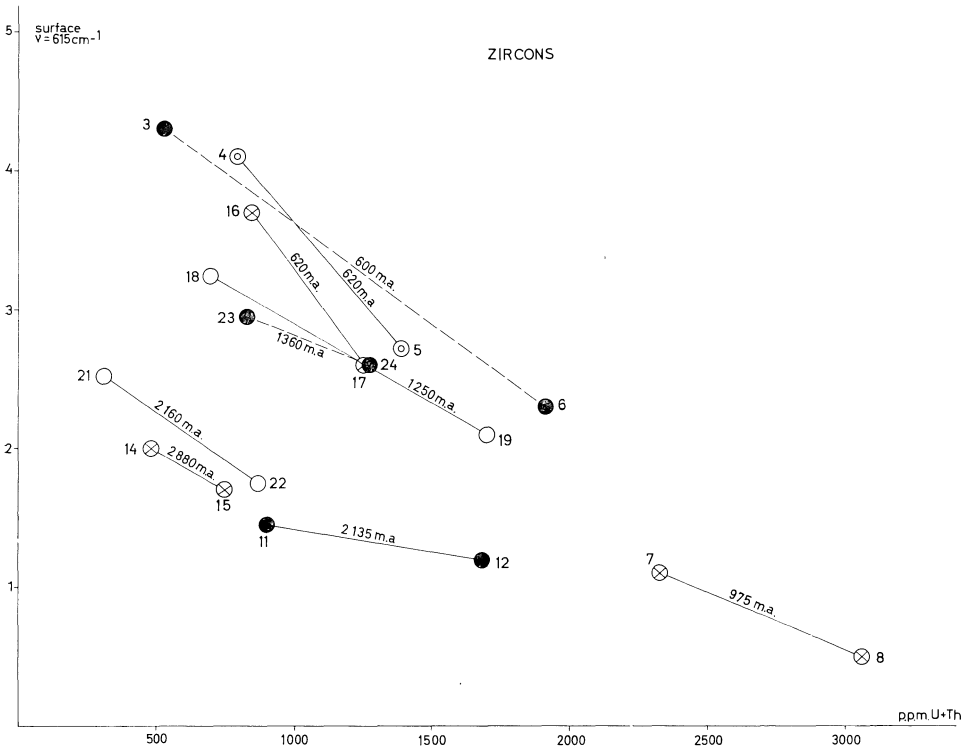


Fig. 3. — Relations entre le degré d'état métamictite et la teneur en éléments radioactifs des zircons.

2. Relations entre le degré d'état métamictite de zircons d'âges différents mais renfermant des teneurs voisines en éléments radioactifs.

On remarque sur le diagramme de la fig. 4 que le degré d'état métamictite augmente en fonction de l'âge des zircons. A partir des chiffres entre parenthèses, qui se rapportent à la teneur en éléments radioactifs, on peut tracer une série de courbes d'isoteneur; seule la courbe de 1.000 ppm a été tracée sur le diagramme de la fig. 4.

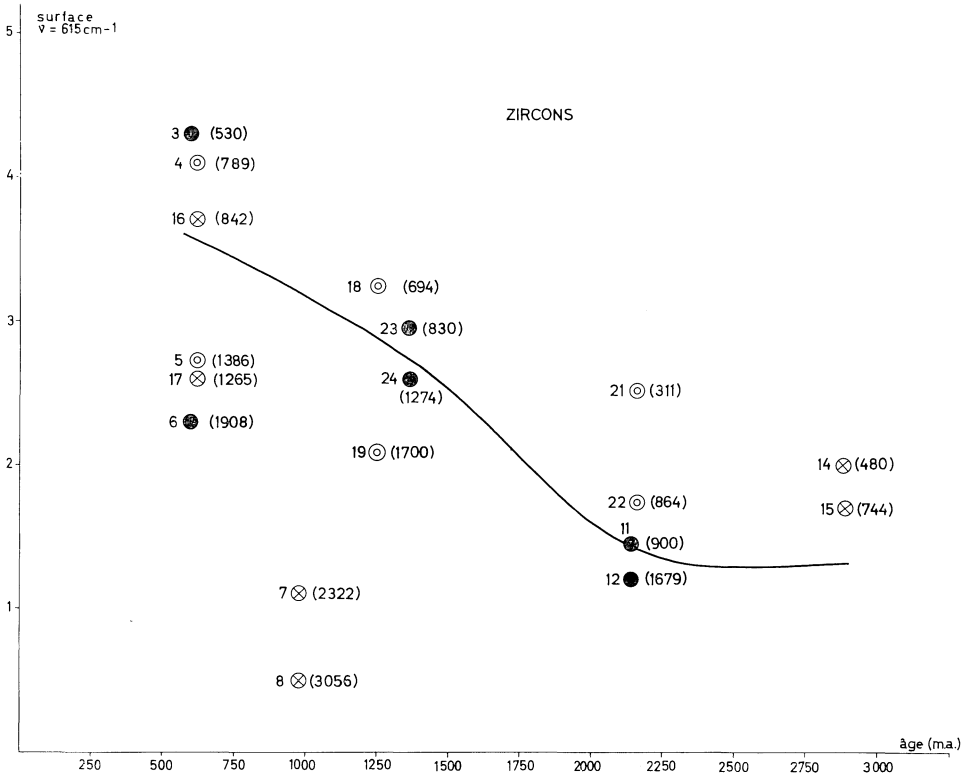


Fig. 4. — Relations entre le degré d'état métamictite et l'âge des zircons.

3. Le comportement de zircons métamictes soumis à des conditions hydrothermales a été étudié par Pidgeon, O'Neil et Silver (1966).

Les zircons traités subissent une perte systématique de plomb radiogénique, accompagnée d'une faible perte d'uranium. Les rapports isotopiques Pb/U montrent une corrélation systématique entre la perte de plomb et la durée de l'expérience. D'après ces auteurs, l'histoire thermique des zircons pourrait être précisée par l'étude du degré d'état métamictite comparé à l'état de dérangement isotopique de ces minéraux.

La diminution du pourcentage de perte de plomb lors d'une prolongation de l'expérience laisse supposer qu'un autre processus peut inhiber ou du moins influencer la perte de plomb. Ce processus est, pour les auteurs, un phénomène de recristallisation.

Pour Pidgeon et alii, comme pour nous, bien que les chemins expérimentaux aient été très différents, l'étude du degré d'état métamictite de zircons débouche sur une meilleure connaissance de l'histoire thermique de ces minéraux. Une perte épisodique de plomb radiogénique est accompagnée ou non d'une recristallisation en fonction de l'intensité du phénomène thermique.

Dans le cas d'une perte épisodique de plomb radiogénique, liée à un phénomène géologique d'une certaine intensité, la métamictisation antérieure à ce phénomène est soit effacée, soit conservée; l'évolution divergente est vraisemblablement à mettre en relation avec la « qualité » de l'événement géologique.

Ainsi, dans notre étude, deux couples de zircons (Z4 et Z5 d'une part et Z18 et Z19 d'autre part) présentent une perte épisodique importante de plomb radiogénique, décelée sur les diagrammes Concordia (intersection inférieure de la corde) :

- pour Z4 et Z5, la perte épisodique correspond à une rétromorphose de granulite en migmatite dans des conditions de température élevée; la perte s'accompagne d'un effacement de la métamictisation antérieure, on peut invoquer un processus de recristallisation pour l'expliquer.
- pour Z18 et Z19, il s'agit d'une rhyolite gneissifiée dans des conditions épi-mésozonales moins intenses que celles accompagnant la transformation de la granulite de Z4 et Z5. Le diagramme Concordia fournit un âge de 1.050 à 1.270 m.a pour la formation du zircon et de 500 à 700 m.a. pour la gneissification de la roche. Le degré d'état métamictite déduit des courbes d'enregistrement infrarouges correspond plutôt à un zircon de 1.270 m.a.; la perte épisodique de plomb radiogénique de 500-700 m.a. n'est pas décelée; elle n'est donc pas accompagnée d'un réarrangement du réseau des zircons.

CONCLUSIONS

En tenant compte de ce que nos données actuelles sont encore insuffisantes pour tirer des conclusions définitives en la matière, on peut néanmoins envisager une série d'applications de la spectrométrie infrarouge d'absorption à la datation des zircons :

1. Dans le cas d'une perte épisodique de plomb radiogénique accompagnée d'une recristallisation, l'âge de la perte sera fourni par l'intersection inférieure de la corde sur la courbe Concordia ou pourra être déduit du degré d'état métamictite à partir d'enregistrements infrarouges.
2. Dans le cas d'une perte épisodique non accompagnée d'une recristallisation, les données géochronologiques et infrarouges sont en accord également. Sur le diagramme Concordia, l'âge de la perte épisodique sera fourni par l'intersection inférieure de la corde, l'âge de la formation du zircon par l'intersection supérieure. La spectrométrie infrarouge ne donnera que l'âge de formation du zircon.
3. Si on envisage enfin le cas de pertes épisodiques successives ayant eu lieu dans l'histoire de zircons, la spectrométrie infrarouge permettra éventuellement de déceler l'âge de formation du zircon, à condition que les conditions de température aient toujours été inférieures à celles nécessaires pour provoquer la recristallisation du zircon. La courbe Concordia par contre ne permettra de lire que l'âge du dernier épisode, donné par l'intersection inférieure de la corde, tandis que l'intersection supérieure de la corde indiquera un âge égal ou plus petit que celui de la formation du zircon.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet de recherche sur l'étude des minéraux par spectrométrie infrarouge, subventionné par le Fond belge de la Recherche Scientifique Fondamentale Collective. En novembre 1972, l'auteur a présenté ce travail comme thèse annexe pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences. Il tient à remercier MM. J. DELHAL et P. TARTE, promoteurs du projet I.R. pour l'aide qu'ils lui ont apportée, le premier dans le domaine de la géochronologie, le second dans le domaine de la spectrométrie infrarouge.

De fructueuses discussions ont eu lieu avec M. P. PASTEELS de la Vrije Universiteit te Brussel.

PUBLICATIONS AYANT TRAIT A LA GÉOCHRONOLOGIE

- [1] PASTEELS, P. et MICHOT, J., (1968). — Nouveaux résultats géochronologiques obtenus par la méthode U/Pb sur des zircons des Monts Sør-Rondane (Antarctique). *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **91**, p. 283.
- [2] DELHAL, J., LEDENT, D. et CORDANI, U., (1969). — Ages Pb/U, Sr/Rb et Ar/K des formations métamorphiques et granitiques du sud-est du Brésil (États de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **92**, p. 271.
- [3] LEGRAND, J.-M., (1971). — Précisions sur l'évolution du cycle birrimien obtenues par de nouvelles mesures d'âges par la méthode U/Pb sur de zircons des granites éburnéens de Haute-Volta. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **94**, p. 237.
- [4] LEDENT, D., DELHAL, J. et TRINQUARD, R., (1969). — Ages par la méthode U/Pb de granites éburnéens de Haute-Volta; comparaison avec des résultats obtenus par la méthode Sr/Rb sur roches totales et sur biotites. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **T. 92**, p. 285.
- [5] DELHAL, J. et LEDENT, D., (1971). — Ages U/Pb et Rb/Sr et rapports initiaux du strontium du Complexe gabbronitique et charnockitique du bouclier du Kasai (Rép. Dém. du Congo et Angola). *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **94**, p. 211.
- [6] DELHAL, J. et LEDENT, D. — Documents inédits relatifs à des travaux en cours.
- [7] GERARDS, J. et LEDENT, D. — Documents inédits relatifs à des travaux en cours.
- [8] PASTEELS, P. — Documents inédits relatifs à des travaux en cours.

BIBLIOGRAPHIE

- BROEGGER, W. C., (1893). — Dans PABST, A., (1952).
- FAESSLER, A., (1942). — Untersuchungen zum Problem der metamikten Zustandes. *Ziet. Krist.*, **104**, p. 81.
- GOLDSCHMIDT, V. M., (1924). — Dans PABST, A., (1952).
- HOLLAND, H. D. and KULP, L. J., (1950). — Geologic age from metamict minerals. *Science*, **111**, p. 312.
- HOLLAND, H. D. and GOTTFRIED, D., (1955). — The effect of nuclear radiation on the structure of zircons. *Acta Cryst.*, **8**, p. 291.
- HUBIN, R. et TARTE, P., (1971). — Étude infrarouge des orthosilicates et des orthogermanates. IV. Structures scheelite et zircon. *Spectrochimica Acta*, **27A**, p. 683.
- HUBIN, R. et TARTE, P., (1971). — Application de la spectrométrie d'absorption infrarouge à l'étude de la recristallisation de thorites métamictes. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallog.*, **94**, p. 471.
- MACHATSCHKI, F., (1941). — Dans PABST, A., (1952).
- PABST, A., (1952). — The metamict State. *Amer. Min.*, **37**, p. 137.
- PIDGEON, R. T., O'NEIL, J. R. and SILVER, L. T., (1966). — Uranium and lead isotopic stability in a metamict zircon under experimental hydrothermal conditions. *Science*, **154**, p. 1538.

