

MB 2007-07

Rapport final, géochronologie d'échantillons provenant du Bureau de recherche géologique du Québec, année 2006-2007

Documents complémentaires

Additional Files



Licence

License

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

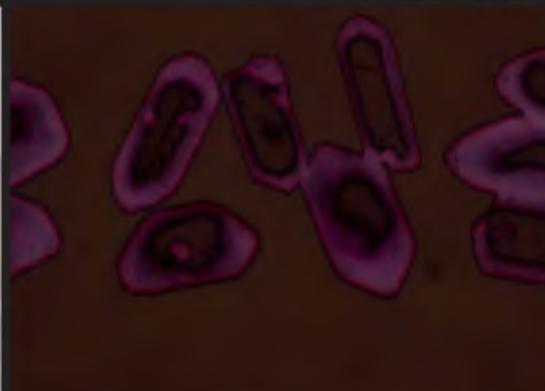
**Énergie et Ressources
naturelles**

Québec

Géochronologie d'échantillons provenant du Bureau de Recherche Géologique du Québec, année 2006-2007 - Rapport final

Jean David, GEOTOP-UQAM-McGill

GM 63237



2007

INTRODUCTION

Ce rapport fait état des résultats obtenus à partir des travaux de géochronologie U-Pb effectués sur une série de 13 échantillons en support aux projets entrepris par les géologues du Bureau de Recherche Géologique du Québec à l'été 2006. Les échantillons proviennent principalement de la province géologique de Grenville et des sous-provinces de La Grande et d'Opinaca.

Quatre échantillons sont reliés au projet de géologie et métallogénie de la région de Baie-Comeau et sont associés aux suites de Vallant et de Varin. Un échantillon de monzonite porphyrique a livré un âge de 1057.6 ± 1.7 Ma, un échantillon de mangérite a livré un âge peu précis de 1101 ± 18 Ma, un deuxième échantillon de mangérite associé à la suite du Lac Varin a livré un âge de 1007.7 ± 1.7 Ma et finalement les zircons d'une leucotonalite ont permis d'établir un âge maximal d'emplacement à 1492.1 ± 14.6 Ma. Les zircons d'un échantillon de méla-gabbronorite prélevé à l'indice du lac Rochette, dans la vallée de la rivière St-Maurice, ont permis d'établir un âge de mise en place de 1386.1 ± 1.2 Ma. Une analyse des zircons détritiques provenant de deux échantillons de quartzites montrent que les maxima correspondant aux âges des zircons les plus jeunes diffèrent soit; 1184 Ma et 1308 Ma. Finalement un échantillon de mangérite et un échantillon de granite folié, reliés au projet de cartographie géologique dans les régions la rivière Tourilli et du lac Bastican, ont livré des âges respectifs de 1344.3 ± 3.4 Ma et 1391 ± 11 Ma.

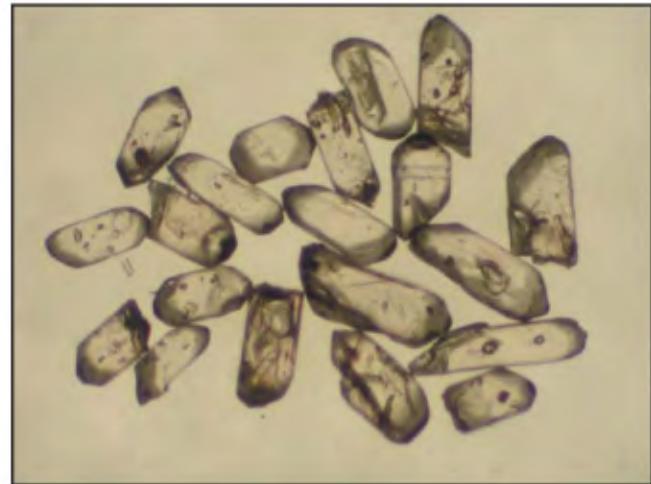
Un seul échantillon est rattaché à un projet de reconnaissance dans la Fosse du Labrador. L'analyse des zircons d'une tonalite prélevée dans la région du lac Zéni a permis d'établir un âge de 2480 ± 11 Ma. Les zircons de cette lithologie sont fortement influencés par l'épisode de métamorphisme trans-hudsonien à 1.79 Ga.

Trois échantillons ont été prélevés en relation avec le projet de géologie et métallogénie dans le secteur d'Opinaca. Les zircons d'une tonalite ont permis d'établir un âge de cristallisation de 2708.9 ± 0.9 Ma alors que ceux provenant d'un tuf felsique ont livré un âge de 2704.4 ± 1.1 Ma. L'échantillon de diorite provenant de l'intrusion de Kasipaskatch a un âge de mise en place de 2703.5 ± 2.8 Ma.

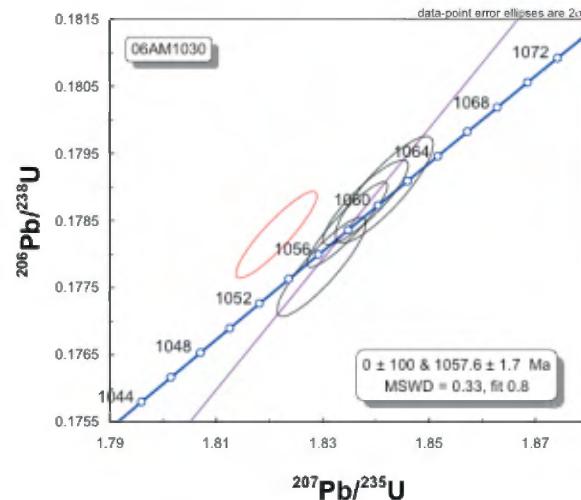
RÉSULTATS

Géologie et métallogénie de la région septentrionale de Baie-Comeau (SNRC 22F/07-08/09-15/16)

Échantillon 06AM1030
Monzonite porphyrique, Suite plutonique de Varin
22F/07, UTM NAD 83, zone 19
514755 mE 5466170 mN



Les zircons récupérés de cette lithologie sont automorphes incolores et se regroupent en une seule population morphologique. Les cristaux ont une partie prismatique allongée et des terminaisons pyramidales simples. Ils sont caractérisés par la présence d'inclusions incolores arrondies, seulement quelques rares cristaux n'en contiennent pas.



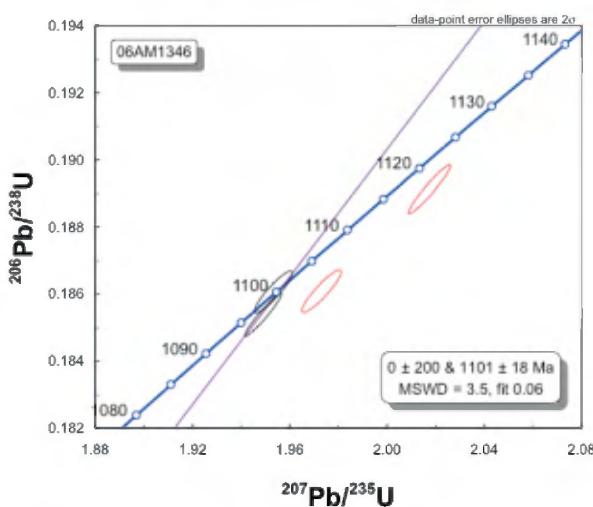
Cinq analyses ont été effectuées à partir de terminaisons et ont livré des résultats similaires représentant des âges $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ qui varient entre 1056.9 Ma et 1058.7 Ma. L'analyse #1 a produit un résultat inversement discordant avec un âge $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ de 1043.9 ± 3.0 Ma. Par contre l'âge $206\text{Pb}/238\text{U}$ de 1057.6 ± 2.9 Ma se compare avec les âges obtenus pour les autres analyses. Quoique similaire, ces résultats ne sont pas assez identiques pour permettre de calculer un âge Concordia (Ludwig 2003). L'âge de cristallisation des zircons a, conséquemment, été calculé à partir de la régression linéaire des analyses #2 à 5 en forçant l'intersection inférieure à 0. Un âge de 1057.6 ± 1.7 Ma a été obtenu (probabilité de coïncidence 0.8) et représente la mise en place de la monzonite.

Échantillon 06AM1346

Gneiss tonalitique, Complexe de Baie-Comeau
22F/16, UTM NAD 83, zone 19
557746 mE, 5523003 mN



Les zircons récupérés de l'échantillon de tonalite sont sub-automorphes à plus rarement xénomorphes brunâtres ou incolores. On peut observer qu'il y a un lien entre la coloration et la présence de microfractures. Les cristaux brunâtres se regroupent selon une même population morphologique de prismes courts à section rectangulaire. En plus de microfractures on distingue dans ces cristaux de très petites inclusions se regroupant dans la partie centrale. Les zircons incolores se présentent avec des morphologies plus variées et n'ont pratiquement pas d'inclusion. Ils sont cependant interprétés comme étant des zircons affectés par le métamorphisme ou même issus de ce dernier.



Quatre prismes courts, deux incolores et deux brunâtres, ont été analysés. Les résultats analytiques montrent que les prismes incolores ont des rapports Th/U de ca. 0.300 alors que les prismes brunâtres ont des rapports de 0.038 et 0.015. Par contre les résultats d'un prisme incolore et d'un prisme

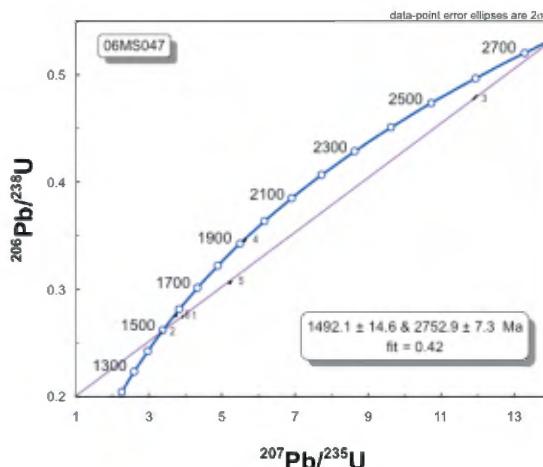
brunâtre ont livré des âges similaires de 1098.6 ± 2.7 Ma et 1101.7 ± 1.8 Ma. Ces âges les plus jeunes sont utilisés pour donner un âge maximal de mise en place de la tonalite à 1101 ± 18 Ma avec une probabilité statistique faible de 0,06. L'analyse des deux autres prismes a livré des âges plus anciens de 1118.6 ± 2.8 Ma et 1130.7 ± 2.0 Ma, ces résultats montrent une discordance supérieur à 1 %. Quelques analyses supplémentaires doivent être effectuées afin d'établir un âge de cristallisation avec une meilleure certitude.

Échantillon 06MS047

Granite à grenat, Granite de Ethier
22F/08, UTM NAD 83, zone 19
561953 mE, 5461322 mN



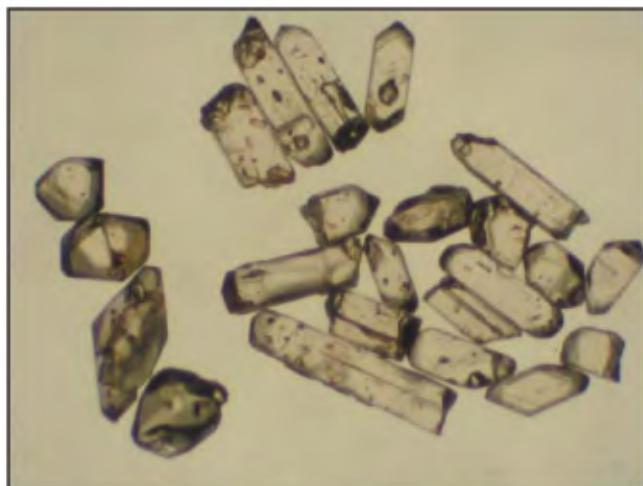
Un échantillon de granite à grain fin, de composition leucocrate, a livré peu de zircons généralement de petite dimension. Les zircons se répartissent selon deux groupes. Les zircons prismatiques, les plus abondants, sont incolores et sub-automorphes. Ils sont de qualité moyenne et on trouve peu de cristaux sans fracture et sans inclusion. Les zircons xénomorphes sont très arrondis et de plus grande taille. Ils sont caractérisés par la présence d'une surcroissance (droite sur la photo).



Des analyses ont été produites à partir de six petits cristaux prismatiques. Sauf exception les résultats de ces analyses sont discordants et ont livrés des âges très variables entre 1504.6 ± 2.0 Ma et 2659.3 ± 1.6 Ma. Quatre de ces analyses semblent se distribuer sur une droite pour laquelle le calcul de régression selon la méthode de Davis (1982) a produit des âges de 1492.1 ± 14.6 Ma et 2752.9 ± 7.8 Ma avec une probabilité de coïncidence de 0.41. Des âges identiques ont été obtenus en utilisant le programme de Ludwig (2003) les erreurs sont cependant plus importantes et la probabilité beaucoup plus faible. Les zircons sont interprétés comme étant principalement des xénocristaux de différentes sources. Par contre ils pourraient avoir enregistrés la mise en place de la tonalite à 1492.1 ± 14.6 Ma par un phénomène de recristallisation partielle de leur structure et impliquant une perturbation de leur système isotopique.

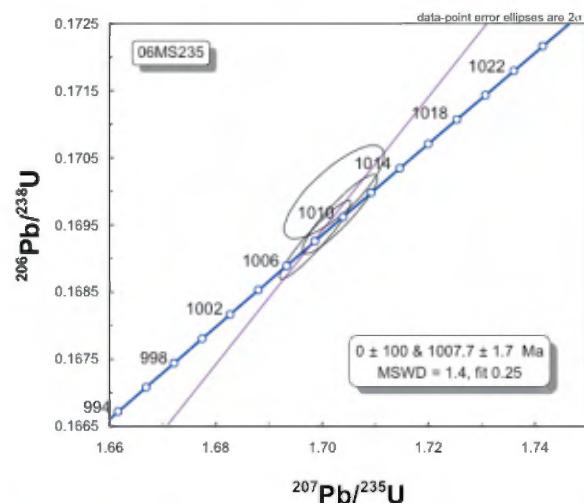
Échantillon 06MS0235

Mangérite porphyrique, Suite plutonique de Varin
22F/09, UTM NAD 83, zone 19
563317 mE, 5486790 mN



Un échantillon de mangérite relativement altéré a été traité et a permis de récupérer des zircons en abondance. Plus de la moitié des cristaux sont cependant très oxydés, malgré cela il a été possible d'en séparer une trentaine de spécimens de bonne qualité. Les cristaux sont incolores et ont une partie prismatique allongée et rectangulaire en section. Ils contiennent des inclusions incolores qui semblent être des inclusions fluides mais on trouve aussi de petites aiguilles d'apatite. On peut distinguer des cristaux plus ou moins équidimensionnels aux formes variables qui peuvent être associés à la même famille morphologique que les prismes allongés. Quelques fragments de prismes sans inclusions ont été sélectionnés pour être analysés.

L'analyse de trois terminaisons a produit des résultats concordants qui ont livrés des âges variant entre 1003.5 ± 5.6 Ma et 1008.8 ± 2.9 Ma. Le calcul d'un âge Concordia n'a pas produit de statistique valide et par conséquent l'âge moyen des zircons a été établi par le calcul de régression linéaire. L'âge de 1007.7 ± 1.7 Ma obtenu est interprété comme celui de la mise en place de la mangérite.



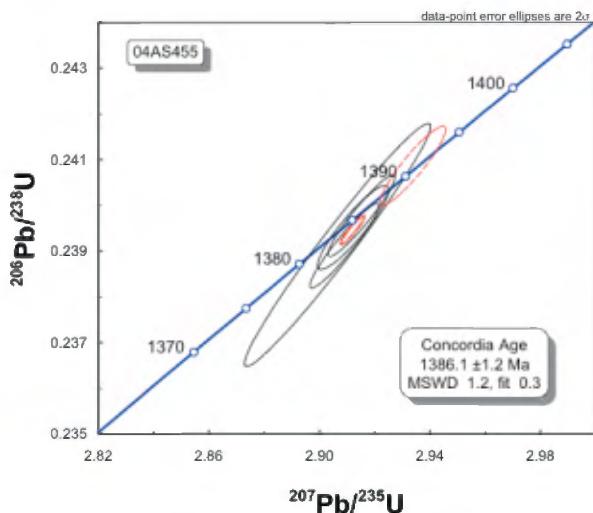
Région Sud-Ouest du Grenville

Échantillon 04AAS455A
Dyke de mélagabbronite
31P/07, UTM NAD 83, zone 18
685865 mE, 5262908 mN

Un échantillon de mélagabbronite folié a été prélevé à partir d'un dyke intrusif dans une unité de gneiss. Cet échantillon provient de l'indice Rochette Ouest dans la vallée de la rivière St-Maurice. Le traitement de l'échantillon a permis de récupérer près de 40 zircons de petite dimension. Il s'agit de prismes courts, incolores et qui présentent un émoussé très variable. Plus de la moitié des cristaux ont des microfractures.



Des analyses ont été effectuées à partir de cinq fragments de cristaux idiomorphes. Les résultats obtenus sont concordants et, à l'exception d'une analyse, ont livrés des âges identiques. Il a été possible de calculer un âge Concordia de 1386.1 ± 1.2 Ma (probabilité de coïncidence 0.3). Cet âge représente celui de la mise en place du dyke et semble être conforme avec les âges déjà obtenus pour le Complexe de la Bostonnais.



Échantillon 00HP3061

Quartzite

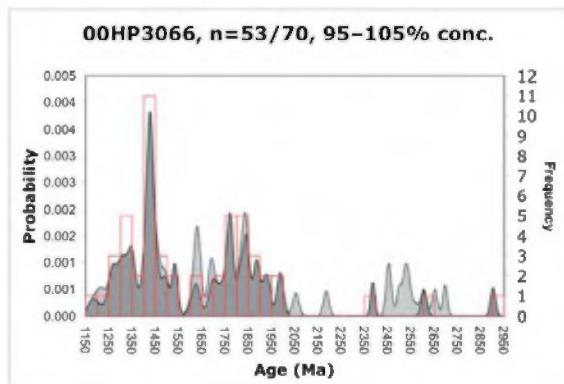
31O/03, UTM NAD 83, zone 18

470426 mE, 5214412 mN



Un échantillon de quartzite a livré des zircons en abondance parmi lesquels on peut faire ressortir quatre groupes morphologiques distincts. Un premier groupe est constitué de prismes allongés incolores et à section rectangulaire. Ces

cristaux sont émoussés, incolores et contiennent des inclusions (SE sur photo). Le deuxième groupe (SW de la photo) est constitué de prismes petits, incolores et typiquement hexagonaux en section. Les cristaux équidimensionnels ovoïdes constituent un troisième groupe (NW de la photo). Ces derniers sont de type gemme et se caractérisent par le développement de faces cristallines multiples. Finalement le dernier groupe est composé des cristaux xénomorphes incolores. Les grains sont arrondis et ne présentent aucune face cristalline. Il est difficile de trancher si l'arrondi de ces cristaux est le résultat d'une abrasion lors du transport sédimentaire ou d'une dissolution causée lors du métamorphisme.



Des analyses par ablation laser ont été effectuées à partir de soixante-dix grains. Les résultats des âges $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ sont présentés sur un diagramme combiné; histogramme de fréquence et fonction de probabilité-densité. Dans le cas de cet échantillon seulement 53 des résultats ont été retenus en fonction de leur degré de concordance. Les âges moins concordants que 95 % sont tout de même présentés sur le diagramme en gris pâle. Plusieurs groupes d'âges ressortent de l'étude de cette distribution soit 1184, 1274, 1315, 1345, 1427, 1490, 1534, 1625, 1701, 1771, 1840, 1886, 1928, 1987, 2386, 2606, 2904 Ma. Alors que le maxima représentant les zircons les plus jeunes est de 1184 Ma celui représentant l'âge le plus abondant est de 1427 Ma. Des images de la structure interne pour les zircons les plus luminescents sont présentées dans l'Appendice 1a. On peut noter que les zircons associés au maxima de 1427 Ma ont des structures oscillantes typiques des roches intrusives. Les zircons les plus anciens ont des structures relativement caractéristiques de lithologies associées à des terrains de haut grade métamorphique ou de composition mafique. Peu de zircons semblent être originaires de terrains polymétamorphiques et avoir subi de multiples épisodes de dissolution-cristallisation.

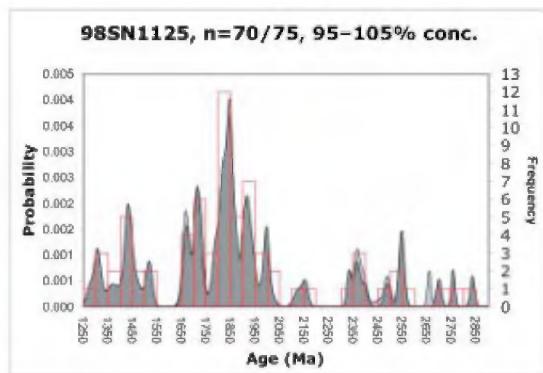
Échantillon 98SN1195

Quartzite

31J/14, UTM NAD 83, zone 18
496985 mE, 5182494 mN



Un deuxième échantillon de quartzite a été traité et a permis de récupérer des zircons. Dans cette lithologie les zircons les plus automorphes sont abondants mais ils correspondent à des cristaux de petite taille (photo, rangée du bas). On peut identifier une série de cristaux complètement émoussés et dont les formes varient de rond, à ovoïde, à cylindrique (photo, en haut). Les zircons automorphes à sub-automorphes sont principalement composés de cristaux prismatiques courts mais qui varient par le type de terminaison. Quelques zircons sont tabulaires avec des formes plus ou hexagonales.

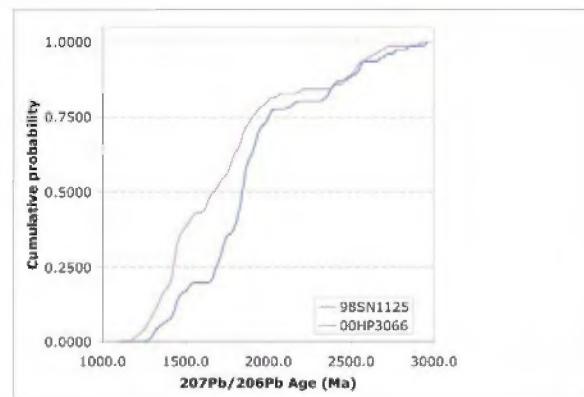


Des analyses par ablation laser ont été effectuées à partir de soixante-quinze grains. Les résultats des âges $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ sont présentés sur un diagramme combiné fréquence et courbe de probabilité-densité. La concordance de ces résultats a permis de retenir les âges de soixante-dix zircons.

Comme pour l'échantillon précédent on retrouve trois groupes d'âges entre 1250-1550 Ma, 1650-2050 Ma et quelques résultats qui se dispersent entre 2350-2850 Ma. De façon discrète on retrouve des maxima à 1308, 1371, 1433,

1519, 1671, 1714, 1846, 1917, 1997, 2153, 2335, 2367, 2490, 2549, 2700, 2758, 2837 Ma. L'âge le plus jeune qui ressort de cet échantillon est de 1308 Ma alors que l'âge du maxima le plus important se situe à 1846 Ma.

Un test de Kolmogorov-Smirnov a été effectué afin de déterminer si les distributions d'âges pour les zircons des deux échantillons de quartzites ne diffèrent pas de façon significative. Une valeur $P=0.003 < 0.05$ a été obtenu et démontre que le test n'est pas satisfait pour un intervalle de confiance à 95 %. Conséquemment, ce résultat indique que les deux distributions sont significativement différentes. La valeur $D=0.289$ a été obtenue et montre que la différence la plus importante entre les deux distributions se situe entre 1450 Ma et 1800 Ma tel qu'on peut le voir sur le diagramme de la probabilité cumulative.



Géologie des régions de la rivière Tourilli (21M/04) et du coin SO du lac Bastican (21M/05).

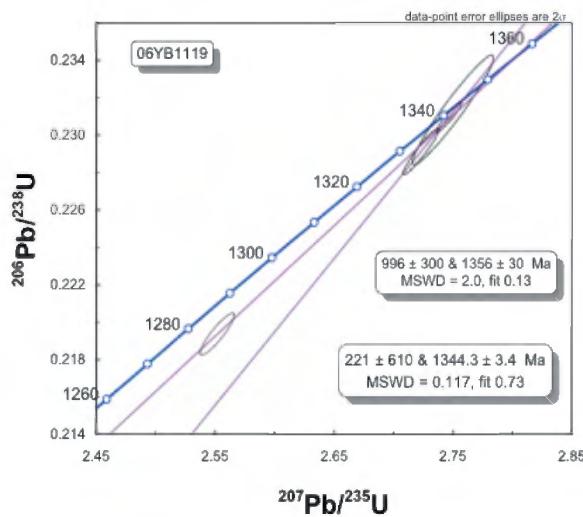
Échantillon 06YB1119

Mangérite

21M/04, UTM MAD 83, zone 19
304021 mE, 5234982 mN



Un échantillon dont la composition ressemble à celle d'une mangérite à grain fin-moyen a livré des zircons de bonne qualité. Il s'agit de cristaux de petite taille ($<30 \times 100 \mu\text{m}$) appartenant à une seule et même population de prismes courts dont les terminaisons pyramidales sont simples et courtes. Les cristaux sont incolores et sans inclusion, quelques spécimens se distinguent par la présence des noyaux anciens (NE de la photo).



Quatre analyses ont été effectuées à partir de prisme unique. Les résultats obtenus pour trois analyses ont livrés des âges identiques de 1342.6 ± 2.8 Ma, 1343.0 ± 5.8 Ma, 1343.9 ± 2.0 Ma. Une quatrième analyse a produit un résultat discordant avec un âge de 1301.4 ± 1.9 Ma. L'ensemble des analyses peut être régressé pour déterminer des âges de 996 ± 300 Ma et 1356 ± 30 Ma. La droite de régression est contrôlée par la dernière analyse qui montre une influence d'un métamorphisme grenvillien tardif. De plus la position de la droite très près de la courbe Concordia a pour effet de livrer des intervalles d'erreurs importants. La meilleure interprétation pour la mise en place de la mangérite est obtenue par la régression des trois résultats similaires et ainsi produire un âge de 1344.3 ± 3.4 Ma.

Échantillon 06CH2246

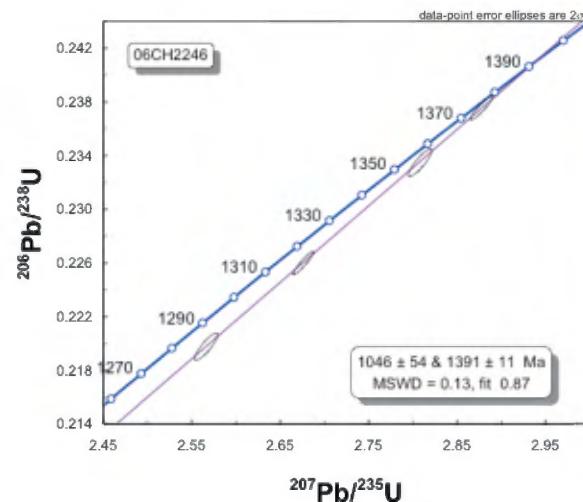
Granite folié

21M/04, UTM NAD 83, zone 19

284000 mE, 5218450 mN



Le traitement du granite a permis de récupérer des zircons qui appartiennent à seule population. Les cristaux prismatiques sont incolores, petits et légèrement émoussés. Ils sont de qualité moyenne et présentent des microfractures. Il a tout de même été possible de sélectionner une vingtaine de fragments de prismes de meilleure qualité (à droite sur la photo).



Les résultats d'analyse isotopique obtenus pour quatre prismes uniques ont produit des âges qui s'étaisent entre 1308.9 ± 3.9 Ma et 1379.2 ± 2.6 Ma. Ces analyses se distribuent le long d'une même droite pour laquelle le calcul de régression linéaire a conduit à des âges de 1046 ± 54 Ma et 1391 ± 11 Ma (probabilité de coïncidence 0.87). Ce dernier âge est interprété comme celui de la mise en place du granite. L'âge plus jeune correspondant à celui de l'intersection inférieure démontrent que les zircons ont fortement été influencés par le métamorphisme à 1 Ga.

Reconnaissance géologique dans la Fosse du labrador, régions de Schefferville et du lac Zeni.

Échantillon 06AL031

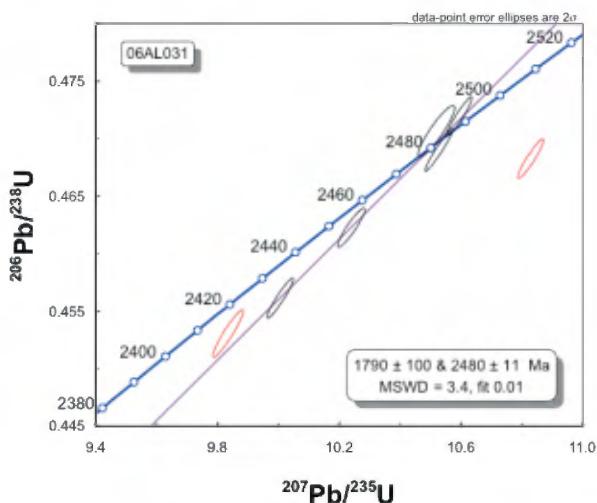
Tonalite, Lac Zeni

23I/16, UTM NAD 83, zone 20

430687 mE, 6093894 mN



Un échantillon de tonalite foliée et à grain fin a permis de récupérer des zircons. Il s'agit de cristaux de grande taille qui ressemblent à des prismes trapus, brunâtres à incolores et émoussés. On observe beaucoup de microfractures et d'inclusions arrondies (photo à droite) dans les cristaux brunâtres. Les cristaux incolores qui sont de morphologie identique apparaissent comme étant mieux préservés (photo à gauche). Par contre, l'expérience a démontré que dans ce type de lithologie métamorphisée les cristaux incolores ont subi l'effet d'une recristallisation partielle comparable au processus de recuit métallurgique (*annealing*) ce qui a pour effet de modifier la signature isotopique et par conséquent l'âge.



Sept analyses ont été effectuées à partir de cristaux légèrement différents. Les résultats analytiques obtenus pour quatre petits fragments de prismes incolores ont livré des âges variant entre 2428.3 ± 2.4 Ma et 2484.9 ± 1.6 Ma. Parmi les trois fragments brunâtres qui ont été analysés, deux résultats se positionnent au-dessus de la Concordia et ont livrés des âges $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ de 2477.7 ± 3.4 Ma et 2485.2 ± 1.8 Ma. L'analyse d'un troisième fragment de prismes présentant quelques microfractures a produit un résultat discordant qui a permis de calculer un âge $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ plus ancien de 2535.1 ± 1.9 Ma. Ce résultat indique la présence d'inclusions de zircons plus anciens. Parmi toutes ces analyses, cinq sont co-linéaires et permettent de calculer les intersections inférieure et supérieure d'une droite de régression qui représentent des âges de 1790 ± 100 Ma et 2480 ± 11 Ma. Ce dernier âge est interprété comme celui de la mise en place de la tonalite alors que l'âge plus jeune de 1.79 Ga indique l'influence de l'épisode de métamorphisme trans-hudsonien.

Géologie et métallogénie du secteur Opinaca (SNRC 33C/09 et /16)

Échantillon 06DB1125

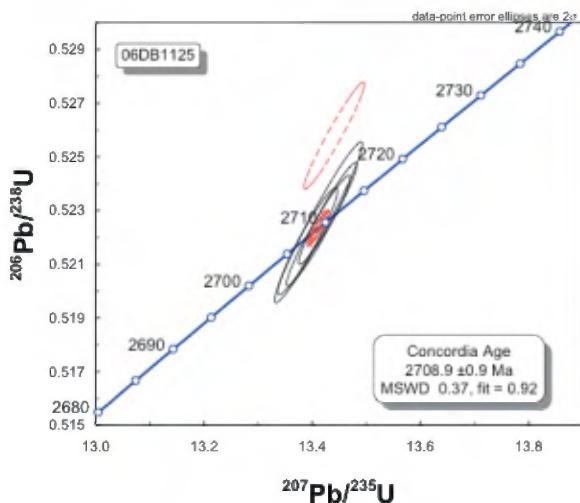
Tonalite

33C/09, UTM NAD 83, zone 18

409813 mE, 5835627 mN



Les zircons de cet échantillon se regroupent en une même population de prismes courts et de taille moyenne (6 spécimens à gauche sur la photo). Les prismes de couleur brunâtre sont carrés en section avec des arêtes tronquées et ont des terminaisons simples et asymétriques. On trouve une proportion de zircons ayant un développement de faces cristallines plus complexes (droite sur la photo) mais que l'on interprète comme faisant partie de la même famille morphologique que les prismes.



L'analyse de cinq petits prismes a produit des résultats homogènes dont quatre ont livrés des âges entre 2708.1 ± 1.5 Ma et 2710.6 ± 1.7 Ma. Une seule analyse a produit un âge plus jeune de 2701.8 ± 1.5 Ma et se positionne au-dessus de la courbe Concordia. Les quatre résultats identiques ont été utilisés pour calculer un âge Concordia de 2708.9 ± 0.9 Ma interprété comme l'âge de la tonalite. Ces zircons ont des rapports Th/U relativement élevés (0.776-0.848) ce qui démontre qu'ils sont associés à un liquide d'affinité alkaline.

Échantillon 06DB1076

Tuf felsique

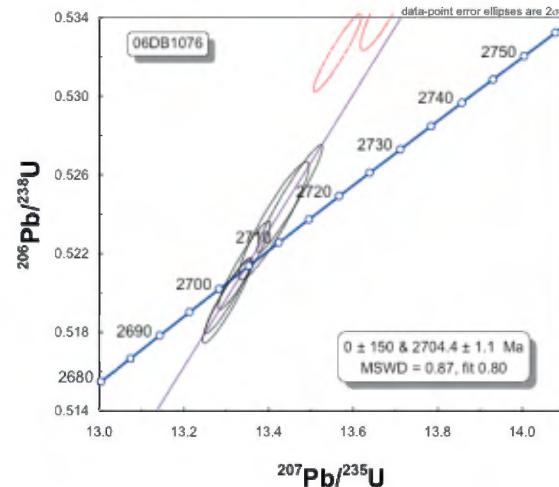
33C/09, UTM NAD 83, zone 18

418144 mE, 5836498 mN



L'échantillon de tuf felsique a permis de récupérer des zircons en abondance. Plus de 80 % des cristaux représentent des prismes moyennement allongés et de couleur brune (gauche sur la photo). Les cristaux ne contiennent pas d'inclusions mais se caractérisent généralement par la présence de microfractures. On peut distinguer dans cet échantillon une série de cristaux montrant un développement de faces

cristallines plus complexes, ces cristaux sont atypiques par rapport à ce que l'on trouve généralement dans les matériaux volcaniques et pourraient représenter des cristaux en héritage.



Les résultats obtenus de l'analyse de sept petits prismes ont livrés des âges similaires variant entre 2703.1 Ma et 2706.1 Ma à l'exception d'un seul qui a livré un âge plus jeune de 2696.7 ± 1.9 . Par contre, ce dernier résultat est inversement discordant (-2.5 %). Les résultats se distribuent sur une droite pour laquelle le calcul de régression effectué à partir des 5 résultats les plus concordants a produit une intersection supérieure avec la Concordia représentant un âge de cristallisation de 2704.4 ± 1.1 Ma.

Échantillon 06JY9014

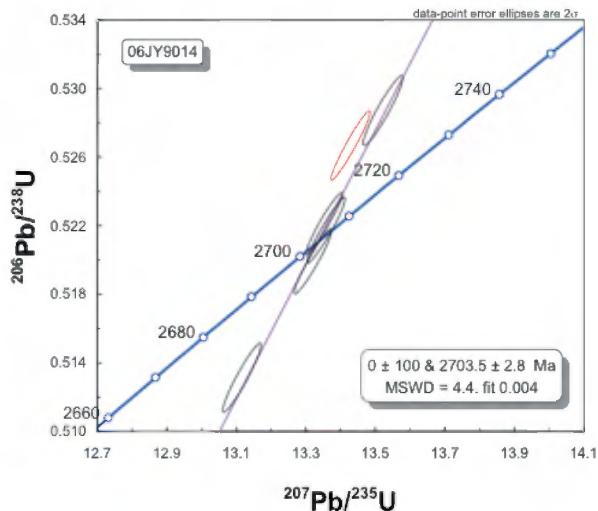
Diorite, Intrusion de Kasipaskatch

33C/09, UTM NAD 83, zone 18

411409 mE, 5834681 mN



Une seule population morphologique de zircon a été récupérée du traitement de la diorite. Il s'agit de prismes allongés à section rectangulaire ou triangulaire, aux arêtes tronquées et avec des terminaisons courtes. Les cristaux sont généralement de bonne qualité.



Six analyses ont été effectuées à partir de petits cristaux limpides. Les résultats obtenus démontrent qu'il s'agit de zircon ayant des rapports Th/U encore plus élevé, ca. 1.28, que ceux des échantillons précédents. À l'exception d'un résultat qui a livré un âge $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ de 2696.7 ± 1.9 Ma, les résultats obtenus varient entre 2701.6 ± 1.8 Ma et 2705.7 ± 1.7 Ma. La concordance de ces derniers est très variable et deux analyses se situent au dessus de la courbe Concordia. De plus, les résultats distribuent le long d'une droite discordia mais ils se dispersent de part et d'autre de cette même droite. Le calcul de régression linéaire effectué pour trouver l'âge représenté par l'intersection supérieure n'a pas permis d'obtenir une probabilité de coïncidence statistiquement correct et ce autant avec la méthode modifiée de York (1969) disponible dans la macro Isoplot (Ludwig 2003) que celle de Davis (1982). Quoiqu'il en soit, il a été possible de calculer un âge de 2703.5 ± 2.8 Ma à partir des cinq résultats les plus colinéaires. Cet âge de 2703.5 ± 2.8 Ma est considéré comme la meilleure interprétation pour l'âge de mise en place de la diorite.

MÉTHODOLOGIE

Récupération des minéraux lourds et sélection des zircons

Les échantillons sont préalablement nettoyés sous l'eau et avec une brosse pour éviter toute contamination. Tous les appareils sont rigoureusement nettoyés encore une fois afin d'éviter une contamination des poudres d'un échantillon précédemment traité. L'échantillon est réduit à l'aide d'un

broyeur à mâchoire puis d'un pulvérisateur à disques pour obtenir une poudre ayant la granulométrie d'un sable fin à très fin. Une première étape de concentration des minéraux lourds est effectuée en utilisant une table à secousse de type Wilfley. La fraction la plus lourde, après avoir été asséchée, est tamisée pour n'en conserver que le matériel inférieur à $200 \mu\text{m}$. La deuxième étape est effectuée en utilisant une liqueur dense à base d'iodure de méthylène ($d = 3.3$). Finalement les minéraux lourds sont séparés en fonction de leur susceptibilité magnétique en utilisant un séparateur isodynamique Frantz. Les zircons se caractérisent par des propriétés diamagnétiques sont examinés à la loupe binoculaire et sélectionnés sur la base de leur qualité (absence de microfractures, d'évidences d'altération et d'inclusions) pour ensuite être classés en fonction de critères typologiques : morphologie, développement des faces cristallines et couleur.

Analyse par dilution isotopique et spectrométrie de masse à ionisation thermique (ID-TIMS)

Les analyses effectuées par mise en solution du zircon exigent que les surfaces des zircons sélectionnés soient préalablement enlevées par abrasion dans une chambre à pression d'air (Krogh, 1982) afin de retirer la portion métamicté souvent affectée par une perte en Pb. Après avoir nettoyé les zircons à l'acide nitrique (HNO_3 4N) dans un bain ultrasonique, les cristaux choisis sont placés dans des capsules en téflon dans lesquelles on ajoute de l'acide fluorhydrique concentré (HF) et quelques milligrammes d'un traceur isotopique de 205Pb et $233\text{-}235\text{U}$, pour être mis au four à 220°C . Les produits de décomposition sont traités avec de l'acide chlorhydrique (HCl) pour assurer une dissolution complète. Les solutions sont subséquemment purifiées pour le plomb et l'uranium grâce à l'utilisation de colonnes chromatographiques utilisant des résines d'échange anionique en mode chlorhydrique. Cette méthode présentée par Krogh (1973) a été modifiée pour des capsules de dissolution et des colonnes de taille réduite afin de minimiser la contamination.

Le plomb et l'uranium, pour être ionisés, sont déposés sur un même filament de rhénium dans un mélange de gel de silice et d'acide phosphorique. Les analyses sont effectuées en mode dynamique sur le compteur d'ions Daly d'un spectromètre de masse VG Sector 54 et remplacé en mai 2006. Les corrections pour la discrimination thermique des masses et celle du détecteur sont de 0.18 %/AMU et 0.12-0.16 %/AMU respectivement pour le Pb et l'U et ont été établi en utilisant les étalons de plomb NIST SRM981 et 982 ainsi que le traceur d'uranium 233U - 235U . Une correction de 12 nanosecondes pour le temps mort du détecteur a été déterminée en utilisant l'étalon d'uranium NIST SRM500.

Les âges ont principalement été établis à partir des calculs de régression linéaire selon la méthode modifiée de York (1969) et effectués en utilisant ISOPLOT v.3 (Ludwig 2003). Des calculs de régression linéaire selon la méthode

de Davis (1982) ont été effectués pour quelques échantillons. La validité statistique de ces calculs s'exprime par un indice de probabilité qui devrait normalement être de ca. 0.50. Néanmoins, on considère qu'une valeur de 0.10-0.15 est statistiquement acceptable (cf Ludwig 2003 pour une discussion sur ces considérations). Les incertitudes sur les rapports sont présentées à 1 sigma (intervalle de confiance de 65 %) alors que les incertitudes sur les âges sont présentées à 2 sigma (intervalle de confiance de 95 %).

Méthode d'analyse *in situ* par ablation laser et spectrométrie de masse à source au plasma (LA-MC-ICP-MS)

Les analyses *in situ* ont été effectuées à l'aide d'un laser de type UV 213 nm à courte pulsion (4 nanosecondes) couplé à spectromètre de masse à multi collection muni d'une source à ionisation au plasma (Nu Plasma HR Multi-collector Mass spectrometer) du département de "Earth and Atmospheric Sciences" de l'Université de l'Alberta à Edmonton. Les analyses ont été produites grâce à la participation du Dr. Antonio Simonetti, responsable du laboratoire.

Les zircons sélectionnés sont préalablement nettoyés dans un bain ultrasonique et successivement immergés dans l'acide chlorhydrique 3N puis dans l'eau supra-pure. Ils sont ensuite placés dans un montage de résine époxy que l'on abrase afin d'exposer la surface médiane des cristaux. Le montage est poli avec une série d'abrasifs à base de poudre de diamant ou d'aluminium jusqu'à 0.5 µm. L'imagerie de la structure interne des cristaux est examiné à l'aide d'un microscope électronique à balayage utilisé en mode cathodo-luminescence (Laboratoire LAMIC – UQAM) ce qui permet de faire ressortir soit la présence de noyaux anciens ou l'existence de plus d'une zone de cristallisation.

La méthode utilisée pour faire l'acquisition et le traitement des données isotopiques U et Pb *in situ* est décrite en détail dans Simonetti *et al.* (2005). Pour l'analyse isotopique, les différents paramètres de l'ICP sont ajustés afin d'optimiser l'intensité du signal à partir d'une solution standard de plomb non isotopique. L'ablation du cristal est effectuée en utilisant le faisceau laser (diamètre 40 µm) et l'analyte ainsi produit est transporté dans un mélange gazeux d'He et d'Ar vers le plasma pour être ionisé. Les différentes masses isotopiques (202Hg, 204Pb, 206Pb, 207Pb, 208Pb et 238U) sont recueillies simultanément en mode statique en utilisant simultanément des compteurs d'ions et des détecteurs de type Faraday. Les corrections pour le fractionnement isotopique du plomb sont effectuées par l'addition d'une solution standard de Tallium (NIST SRM997). La correction pour la dérive quotidienne de l'instrument est effectuée via la méthode de 'standard bracketing' pour laquelle l'analyse d'un zircon standard est effectuée entre chaque série d'analyse de dix zircons inconnus. Le zircon CN92 dont l'âge de 1143±1 Ma a été établi par dilution isotopique (n=16) a été utilisé comme standard interne pour la présente étude.

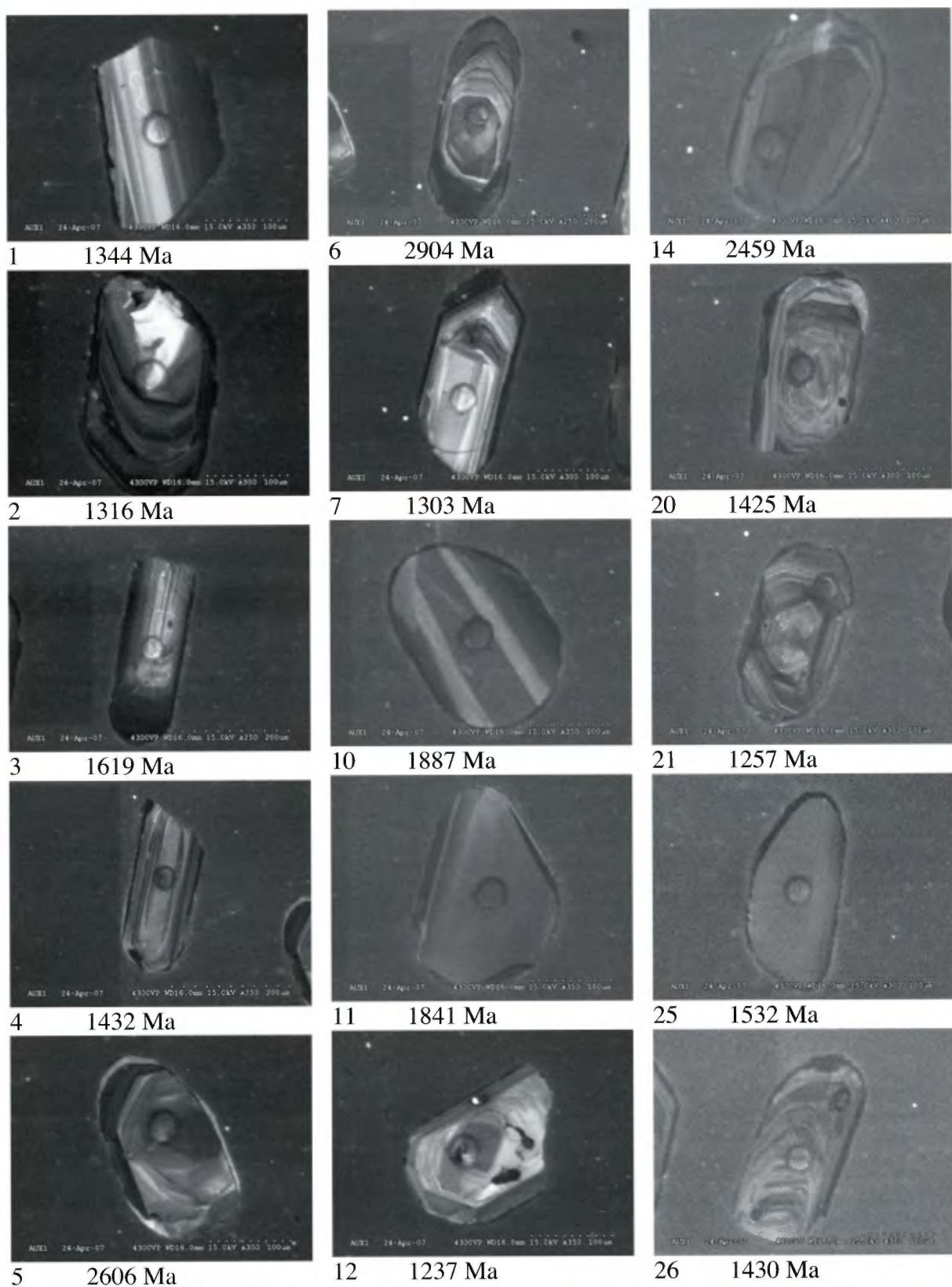
Cette méthode par ablation laser permet d'analyser relativement rapidement un grand nombre de zircons ce qui devient intéressant pour caractériser les sources des roches sédimentaires par l'identification des populations d'âges (cf. Fedo *et al.* 2003).

Pour un grand nombre d'analyses il n'est pas évident a priori de reconnaître plusieurs populations d'âge à l'intérieur des distributions généralement obtenues. La macro Excel AgeDisplay (Sircombe 2004) a été utilisé pour faire ressortir les maxima de la distribution des âges. Dans le cas des résultats d'analyses par LA-MC-ICP-MS l'estimation des populations d'âges est obtenue par le traitement statistique des âges 207Pb/206Pb.

RÉFÉRENCES

- DAVIS, D.W., 1982. Optimum linear regression and errors estimation applied to U-Pb data. Canadian Journal of Earth Sciences, 19: 2124-2149.
- FEDO, C.M., SIRCOMBE, K.N. RAINBIRD, R.H., 2003. Detrital zircon analysis of the sedimentary record. In Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O. Eds., Zircon, Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 53: 277-303,
- KROGH, T.E. 1973., A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations. Geochimica et Cosmochimica Acta, 37: 485-494.
- KROGH, T.E., 1982. Improved accuracy of U-Pb ages by the creation of more concordant systems using an air abrasion technique. Geochimica et Cosmochimica Acta, 46: 637-649.
- LUDWIG, K.R. 2003. Isoplot 3.0, A geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center, Special Publication No.4.
- YORK, D., 1969. Least-squares fitting of a straight line with correlated errors. Earth and Planetary Sciences Letters, 5: 320-324.
- SIMONETTI, A., HEAMAN, L.M., HARTLAUB, R.P., CREASER, R.A., MACHATTIE, T.G., BOHM, C., 2005. U-Pb zircon dating by laser ablation-MC-ICP-MS using a new multiple ion counting Faraday collector array. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 20: 677-686.
- SIRCOMBE, K.N., 2004. Age Display : an EXCEL workbook to evaluate and display univariate geochronological data using binned frequency histograms and probability density distributions. Computers and Geosciences, 30: 21-31.

Appendice A1 : imagerie par cathodo-luminescence 00HP3066



Appendice A2 : imagerie par cathodo-luminescence, 98SN1195

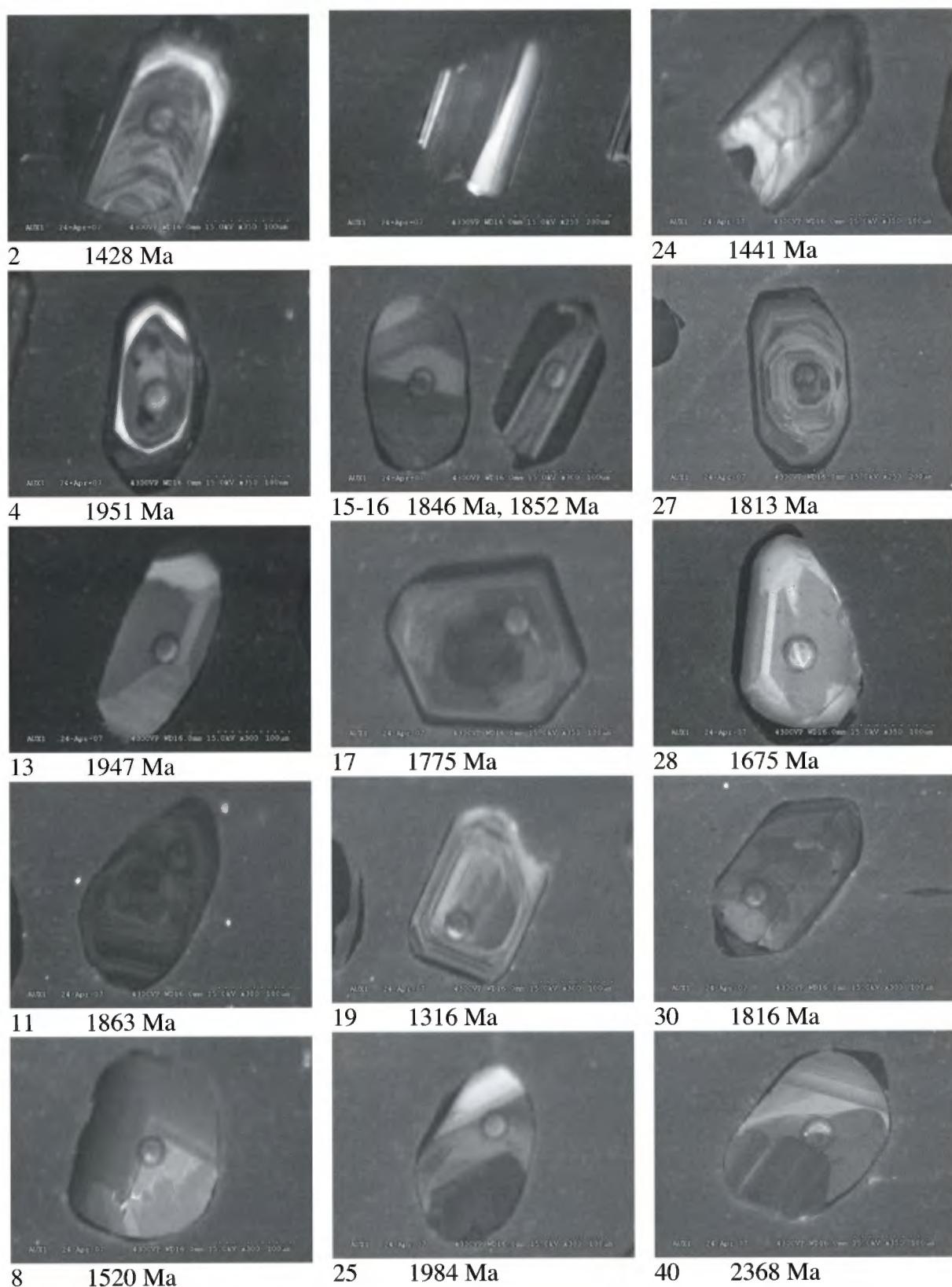


Tableau 1 : Résultats des analyses par dilution isotopique/TIMS

#	Description	(1)	Rapport isotopique						Age (Ma)											
			Poids (mg)	U (ppm)	Phcom (pg)	Th/U (3)	206Pb/238U (4)	207Pb/235U (%)	207Pb/238U (%)	ρ	206Pb/238U (4)	207Pb/235U	207Pb/206Pb	±2σ	Disc. %					
<u>1.1.1.-06AM1030</u>																				
1	2z,t,ic,pl	0,0040	538	7,1	0,599	3405	0,1783	0,15	1,821	0,17	0,07409	0,07	0,90	1057,6	2,9	1053,1	2,2	1043,9	3,0	-1,4
2	2z,t,ic,pl	0,0028	270	2,7	0,379	3377	0,1784	0,15	1,835	0,17	0,07457	0,07	0,91	1058,4	2,8	1057,9	2,2	1056,9	2,8	-0,2
3	1z,t,ic,incl	0,0019	430	8,5	0,473	1172	0,1788	0,14	1,838	0,18	0,07457	0,09	0,87	1060,3	2,8	1059,2	2,3	1057,0	3,5	-0,3
4	1z,t,ic,	0,0011	682	1,4	0,470	5459	0,1778	0,17	1,830	0,19	0,07464	0,09	0,88	1055,0	3,3	1056,2	2,5	1058,7	3,5	0,4
5	1z,t,ic,incl	0,0024	230	3,2	0,498	1607	0,1790	0,18	1,842	0,20	0,07464	0,11	0,86	1061,3	3,5	1060,4	2,7	1058,7	4,2	-0,3
<u>1.1.2.-06AM1346</u>																				
1	1z,b,pc	0,0030	401	5,6	0,328	2535	0,1861	0,14	1,973	0,17	0,07690	0,07	0,91	1100,2	2,8	1106,4	2,2	1118,6	2,8	1,8
2	1z,b,pc	0,0022	1168	6,9	0,273	3968	0,1861	0,14	1,953	0,16	0,07613	0,07	0,91	1100,1	2,8	1099,6	2,2	1098,6	2,7	-0,1
3	1z,ic,pc,incl	0,0045	2133	8,4	0,038	12178	0,1891	0,16	2,017	0,18	0,07737	0,05	0,96	1116,7	3,2	1121,4	2,4	1130,7	2,0	1,3
4	1z,ic,pc	0,0041	1536	3,0	0,015	29282	0,1854	0,14	1,949	0,16	0,07625	0,05	0,96	1096,4	2,8	1098,1	2,1	1101,7	1,8	0,5
<u>1.1.3.-06MS047</u>																				
1	1z,ic,pc,sub-id	0,0011	508	9,0	0,242	829	0,2769	0,16	3,981	0,22	0,10426	0,12	0,84	1575,8	4,4	1630,3	3,5	1701,3	4,4	8,3
2	1z,ic,pc,sub-id	0,0008	496	2,0	0,192	4093	0,2624	0,15	3,394	0,17	0,09383	0,05	0,95	1501,9	3,9	1503,0	2,6	1504,6	2,0	0,2
3	1z,ic,pc,sub-id	0,0010	547	1,8	0,484	8997	0,4790	0,16	11,934	0,17	0,18070	0,05	0,96	2522,8	6,6	2599,2	3,2	2659,3	1,6	6,2
4	1z,ic,pc,sub-id	0,0009	289	3,1	0,426	1926	0,3472	0,18	5,675	0,20	0,11854	0,09	0,89	1921,2	5,8	1927,6	3,5	1934,4	3,3	0,8
5	1z,ic,pc,sub-id	0,0012	209	6,4	0,316	1295	0,3083	0,17	5,273	0,22	0,12404	0,11	0,86	1732,4	5,3	1864,5	3,7	2015,1	4,0	16,0
6	1z,ic,pc,sub-id	0,0010	197	5,1	0,369	1132	0,2778	0,20	3,795	0,26	0,09908	0,15	0,83	1580,1	5,6	1591,6	4,2	1606,9	5,5	1,9
<u>1.1.4.-06MS235</u>																				
1	1z,t,ic,pl	0,0020	402	2,4	0,384	3477	0,1697	0,14	1,703	0,17	0,07281	0,07	0,91	1010,2	2,7	1009,8	2,2	1008,8	2,9	-0,2
2	1z,t,ic,pl	0,0012	462	2,6	0,505	1872	0,1700	0,17	1,702	0,23	0,07263	0,14	0,79	1012,1	3,1	1009,4	2,9	1003,5	5,6	-0,9
3	1z,t,ic,pl	0,0024	666	3,2	0,444	4458	0,1693	0,14	1,699	0,16	0,07278	0,06	0,94	1008,1	2,6	1008,0	2,1	1007,7	2,2	0,0
<u>1.2.1.04AS455</u>																				
1	1z,ic,pc,id	0,0015	628	5,9	0,275	2452	0,2409	0,15	2,934	0,17	0,08834	0,07	0,92	1391,2	3,7	1390,7	2,5	1389,8	2,5	-0,1
2	1z,ic,pc,sub-id	0,0011	1340	3,6	0,255	5657	0,2398	0,15	2,915	0,17	0,08818	0,06	0,94	1385,6	3,8	1385,9	2,6	1386,4	2,2	0,1
3	1z,ic,pc,id	0,0009	1583	1,8	0,206	11984	0,2391	0,16	2,909	0,18	0,08823	0,06	0,95	1382,1	3,9	1384,2	2,6	1387,6	2,2	0,4
4	1z,ic,pc,sub-id	0,0013	1422	28,5	0,072	807	0,2391	0,45	2,907	0,47	0,08815	0,10	0,98	1382,2	11,3	1383,6	7,1	1385,7	4,0	0,3
5	2z,ic,pc,sub-id,fr	0,0020	356	6,1	0,304	3600	0,2395	0,16	2,912	0,18	0,08818	0,08	0,91	1384,2	3,9	1385,1	2,7	1386,5	3,0	0,2
<u>1.3.1.-06YB1119</u>																				
1	2z,fc,pc	0,0028	456	3,6	0,216	5569	0,2314	0,52	2,750	0,51	0,08621	0,15	0,96	1341,6	12,5	1342,1	7,5	1343,0	5,8	0,1
2	1z,ic,pc	0,0042	554	4,7	0,234	8481	0,2291	0,22	2,723	0,23	0,08620	0,07	0,95	1329,9	5,3	1334,8	3,4	1342,6	2,8	1,0
3	1z,ic,pc	0,0018	199	7,4	0,241	5874	0,2310	0,14	2,747	0,16	0,08625	0,05	0,95	1339,5	3,4	1341,2	2,4	1343,9	2,0	0,4
4	1z,ic,pc,sub-id	0,0021	478	6,5	0,271	1883	0,2195	0,20	2,554	0,23	0,08438	0,10	0,90	1279,2	4,7	1287,5	3,3	1301,4	3,8	1,9

Tableau 2 : Résultats des analyses par ablation-laser/MC-ICP-MS

Grain#	206Pb cps	Rapport isotopique							Age (Ma)				
		206Pb 204Pb	206Pb 238U	±1 σ %	207Pb 235U	±1 σ %	207Pb 206Pb	±1 σ %	206Pb 238U	±2 σ %	207Pb 206Pb	±2 σ %	Disc. %
		mes.	corr.		calc.		corr.		206Pb	207Pb	206Pb	207Pb	
#7: 98SN1195													
70	51865	infini	0,2218	1,50	2,544	1,53	0,08347	0,37	1291	42	1280	16	-0,9
71	403147	67191	0,2273	1,57	2,644	1,58	0,08452	0,26	1321	45	1304	11	-1,2
49	18964	infini	0,2260	1,55	2,645	1,68	0,08484	0,67	1314	44	1312	28	-0,1
52	124557	infini	0,2214	1,54	2,594	1,55	0,08497	0,27	1289	43	1315	11	1,9
19	52247	infini	0,2333	1,45	2,815	1,52	0,08723	0,48	1352	42	1366	20	1,0
53	118120	10738	0,2450	1,51	2,997	1,70	0,08862	0,80	1412	46	1396	33	-1,2
59	83209	13868	0,2489	1,53	3,084	1,64	0,08979	0,64	1433	47	1421	26	-0,8
2	98547	infini	0,2430	1,51	2,999	1,53	0,09013	0,30	1402	46	1428	12	1,8
46	166678	infini	0,2410	1,54	2,990	1,55	0,09019	0,28	1392	46	1429	11	2,6
58	33977	infini	0,2449	1,50	3,050	1,52	0,09040	0,32	1412	46	1434	13	1,5
24	94376	infini	0,2449	1,53	3,048	1,55	0,09072	0,30	1412	47	1441	12	2,0
72	69243	infini	0,2553	1,61	3,210	1,63	0,09144	0,35	1466	51	1456	14	-0,7
26	123594	20599	0,2594	1,57	3,301	1,63	0,09263	0,46	1487	50	1480	19	-0,4
37	43980	infini	0,2658	1,51	3,465	1,53	0,09454	0,34	1519	49	1519	14	0,0
8	58078	infini	0,2726	1,56	3,562	1,58	0,09458	0,29	1554	52	1520	12	-2,3
45	210311	infini	0,2610	1,44	3,661	1,46	0,10193	0,32	1495	46	1659	13	9,9
67	153788	infini	0,2942	1,50	4,123	1,50	0,10234	0,24	1663	53	1667	10	0,3
66	160146	5166	0,2940	1,53	4,152	1,59	0,10257	0,45	1662	55	1671	18	0,6
23	295030	2049	0,3077	1,64	4,366	1,66	0,10279	0,33	1729	61	1675	13	-3,2
29	372467	2024	0,3049	1,65	4,305	1,68	0,10280	0,36	1716	61	1675	14	-2,4
56	412305	3585	0,3124	1,57	4,508	1,59	0,10460	0,30	1753	59	1707	12	-2,7
41	969558	infini	0,2977	1,51	4,301	1,51	0,10469	0,21	1680	54	1709	8	1,7
1	306127	2337	0,3186	1,49	4,609	1,54	0,10485	0,43	1783	57	1712	17	-4,2
75	1342503	12786	0,3144	1,52	4,562	1,53	0,10522	0,25	1762	58	1718	10	-2,6
55	400247	3127	0,3098	1,63	4,518	1,64	0,10566	0,30	1740	61	1726	12	-0,8
57	375169	2864	0,3135	1,56	4,574	1,58	0,10568	0,33	1758	59	1726	13	-1,8
47	530623	infini	0,2853	1,57	4,177	1,57	0,10616	0,21	1618	54	1734	8	6,7
17	114637	8188	0,3179	1,72	4,785	1,78	0,10854	0,51	1780	66	1775	20	-0,3
18	595236	37202	0,3048	1,58	4,600	1,59	0,10931	0,26	1715	58	1788	10	4,1
42	97274	infini	0,3228	1,52	4,857	1,54	0,10953	0,32	1803	59	1792	12	-0,7
54	430130	3555	0,3180	1,57	4,846	1,57	0,11041	0,26	1780	60	1806	10	1,5
27	159017	infini	0,3197	1,63	4,885	1,63	0,11083	0,24	1788	62	1813	10	1,4
30	145698	infini	0,3271	1,52	4,989	1,53	0,11103	0,25	1825	60	1816	10	-0,4
6	220251	2271	0,3348	1,58	5,145	1,61	0,11144	0,35	1861	63	1823	14	-2,1
31	248791	infini	0,3256	1,61	5,016	1,61	0,11162	0,22	1817	63	1826	9	0,5
62	336169	16808	0,3165	1,53	4,869	1,54	0,11167	0,27	1773	58	1827	11	3,0
5	379038	3753	0,3381	1,53	5,241	1,56	0,11241	0,35	1878	62	1839	14	-2,1
69	700473	19458	0,3214	1,58	4,987	1,58	0,11260	0,24	1796	61	1842	9	2,5
14	363526	10098	0,3256	1,51	5,066	1,52	0,11272	0,25	1817	59	1844	10	1,4
15	153996	15400	0,3239	1,64	5,045	1,67	0,11287	0,35	1809	64	1846	14	2,0
12	662674	82834	0,3363	1,49	5,232	1,49	0,11303	0,21	1869	60	1849	8	-1,1
60	316974	3202	0,3272	1,69	5,106	1,71	0,11304	0,29	1825	66	1849	11	1,3
16	113680	37893	0,3198	1,70	5,001	1,71	0,11325	0,29	1789	65	1852	11	3,4
9	317592	3343	0,3395	1,53	5,317	1,56	0,11335	0,37	1884	62	1854	14	-1,6
11	327892	32789	0,3284	1,48	5,161	1,50	0,11390	0,29	1831	58	1863	11	1,7
33	316180	infini	0,3332	1,55	5,274	1,56	0,11449	0,24	1854	62	1872	9	1,0
36	347599	15800	0,3381	1,55	5,403	1,61	0,11555	0,45	1877	63	1889	17	0,6
73	106210	775	0,3517	1,56	5,607	1,70	0,11639	0,69	1943	65	1902	27	-2,2
34	212735	infini	0,3372	1,59	5,410	1,59	0,11640	0,22	1873	64	1902	9	1,5
7	264197	8006	0,3336	1,63	5,384	1,64	0,11696	0,30	1856	65	1910	12	2,8
10	312423	19526	0,3270	1,57	5,301	1,58	0,11749	0,29	1824	62	1918	11	4,9
38	183072	infini	0,3397	1,58	5,489	1,59	0,11754	0,24	1885	64	1919	9	1,8
13	139062	46354	0,3360	1,60	5,477	1,61	0,11809	0,28	1867	64	1927	11	3,1
50	185016	infini	0,3352	1,63	5,496	1,63	0,11889	0,24	1863	65	1940	9	3,9
4	97814	infini	0,3405	1,51	5,612	1,54	0,11965	0,33	1889	61	1951	13	3,2
25	88342	infini	0,3525	1,58	5,867	1,61	0,12189	0,34	1946	66	1984	13	1,9
20	1183298	19085	0,3792	1,49	6,416	1,50	0,12263	0,23	2072	67	1995	9	-3,9
48	162958	infini	0,3521	1,53	5,980	1,54	0,12314	0,25	1945	64	2002	9	2,9
65	136428	5247	0,3630	1,79	6,188	1,84	0,12369	0,48	1996	77	2010	18	0,7
71	228817	11441	0,3679	1,51	6,697	1,56	0,13205	0,44	2020	66	2125	16	5,0
3	297375	2342	0,3839	1,62	7,116	1,63	0,13433	0,31	2094	73	2155	12	2,8
39	298260	infini	0,4147	1,58	8,523	1,59	0,14890	0,24	2236	76	2333	9	4,2
35	166997	1064	0,4465	1,52	9,311	1,56	0,15119	0,40	2380	78	2359	15	-0,9
40	121825	infini	0,4176	1,57	8,751	1,58	0,15193	0,28	2250	76	2368	10	5,0
21	156810	2119	0,3894	1,88	8,182	1,94	0,15276	0,51	2120	86	2377	19	10,8
64	462412	6422	0,4291	2,28	9,078	2,30	0,15440	0,35	2302	113	2395	13	3,9
63	56256	2250	0,4144	1,99	9,277	2,21	0,16204	0,99	2235	96	2477	36	9,8
74	192839	2472	0,4758	1,70	10,653	1,72	0,16328	0,33	2509	92	2490	12	-0,8
22	796359	5856	0,4673	1,49	10,847	1,50	0,16822	0,24	2472	79	2540	9	2,7
32	380076	infini	0,4688	1,58	10,940	1,58	0,16922	0,22	2478	84	2550	8	2,8
61	165982	12768	0,4786	1,54	11,187	1,56	0,16976	0,28	2521	84	2555	10	1,3
44	653981	infini	0,4717	1,54	11,768	1,54	0,18082	0,22	2491	82	2660	8	6,4
51	252456	2020	0,5111	1,69	13,013	1,70	0,18523	0,28	2661	97	2700	10	1,4
43	351351	infini	0,5140	1,52	13,596	1,52	0,19185	0,21	2674	87	2758	7	3,1
28	75119	infini	0,5342	1,57	14,883	1,57	0,20133	0,26	2759	93	2837	9	2,7
68	140333	70166	0,5312	1,44	15,768	1,45	0,21502	0,23	2747	85	2944	8	6,7