

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 88 (2002-2003)
Heft: 2

Artikel: Les âges de la météorite du Bois de la Chervettaz Palézieux (VD)
Autor: Giorgis, David / Meisser, Nicolas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-281422>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les âges de la météorite du Bois de la Chervettaz, Palézieux (VD)

par

David GIORGIS¹ et Nicolas MEISSER²

Abstract.—GIORGIS D. and MEISSER N., 2002. The ages of the Chervettaz meteorite (canton de Vaud, Switzerland). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 88.2: 131-142.

In order to commemorate the century of the fall of the Chervettaz meteorite in the canton de Vaud and in order to complete the scientific knowledge of this extraterrestrial object, argon (Ar) isotopical analyses were realized on various fractions of this meteorite. By determination of the proportion of cosmogenic ^{38}Ar , it was possible to estimate an exposure age of 23-33 million years for the Chervettaz meteorite, which lead to better understand the long attractive geological and galactic history of this celestial object belonging today to the scientific patrimony of the canton de Vaud!

Keywords: chondrite, exposure age, cosmic ray, parent body.

Résumé.—GIORGIS D. et MEISSER N., 2002. Les âges de la météorite du Bois de la Chervettaz, Palézieux (VD). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 88.2: 131-142.

Afin de commémorer le centenaire de la chute de la météorite de la Chervettaz dans le canton de Vaud et afin de faire le point et compléter les connaissances scientifiques de cet objet extraterrestre, des analyses isotopiques de l'argon (Ar) ont été réalisées sur différentes fractions de cette météorite. Grâce au dosage de la concentration d' ^{38}Ar cosmogénique, il a été possible d'estimer l'âge d'exposition de la météorite de la Chervettaz à 23-33 millions d'années, ce qui permet de préciser la longue et fascinante histoire géologique et galactique de cet objet céleste appartenant aujourd'hui au patrimoine scientifique vaudois!

Mots clés: chondrite, âge d'exposition, rayonnement cosmique, corps-parent.

¹Institut de minéralogie et géochimie, Université de Lausanne, BFSH2, CH-1015, Lausanne, Suisse.

²Musée cantonal de géologie et Institut de minéralogie et géochimie, Université de Lausanne, BFSH2, CH-1015 Lausanne, Suisse.

INTRODUCTION

Il y a 101 ans, le 30 novembre 1901 vers 14 h, M. Décosterd et ses collègues, qui travaillaient dans le bois de la Chervettaz, découvrirent à quelques mètres de leur lieu de travail, trois fragments d'une pierre «d'une chaleur agréable» qui venait de tomber du ciel et qui, quelques minutes auparavant, avait attiré l'attention de plusieurs indigènes se trouvant entre les vallées des Ormonts et de la Broye. Par la suite, sur la base des nombreux témoignages récoltés par LUGEON (1904), la trajectoire de cette chute extraordinaire a pu être partiellement reconstituée. La météorite de la Chervettaz a donc le rare privilège de faire partie des météorites dont la chute fut observée et dont on a immédiatement retrouvé des fragments, ce qui a permis d'éviter toute altération terrestre. Afin de commémorer le centenaire de cet événement sensationnel, le présent article fait le point sur l'état des connaissances scientifiques concernant la météorite de la Chervettaz et apporte de nouvelles données permettant de préciser son histoire et son évolution.

DESCRIPTION

Minéralogie et pétrographie

A ce jour, seulement deux publications scientifiques sont consacrées à la météorite de la Chervettaz. L'une rapporte et décrit avec précision sa chute et sa découverte (LUGEON 1904), l'autre décrit et caractérise sa pétrographie et sa minéralogie (DOMINIK *et al.* 1994). Les quelques lignes qui suivent sont un rappel des principales caractéristiques de cette météorite, tiré de ces deux publications.

La météorite de la Chervettaz est une météorite dite pierreuse qui possède des chondres de 0.3 à 1.5 mm de diamètre noyés dans un assemblage cristallin (fig. 1) constitué essentiellement de forstérite ou «olivine», $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4$ – orthorhombique, d'ortho- et clino-pyroxènes, $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ca})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ – orthorhombique, respectivement monoclinique et de plagioclase, $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8$ – triclinique. Les minéraux accessoires sont la troïlite, FeS – hexagonal, les alliages kamacite, taenite et «plessite», (Fe, Ni) – cubiques, ainsi que la chromite, $\text{Fe}^{2+}\text{Cr}_2\text{O}_4$ – cubique. Enfin signalons la présence mineure d'un pyrophosphate calcique, la whitlockite, $(\text{Ca}, \text{Na})_9(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{PO}_4)_6(\text{PO}_3\text{OH})$ – rhomboédrique, découverte pour la première fois dans une météorite suisse. La plupart de ces phases minérales ont été caractérisées par analyses chimiques, optiques et radiocristallographiques, ce qui a permis à DOMINIK *et al.* (1994) de classer cette météorite dans la catégorie des chondrites de type L5 (classification basée sur la pétrographie de la

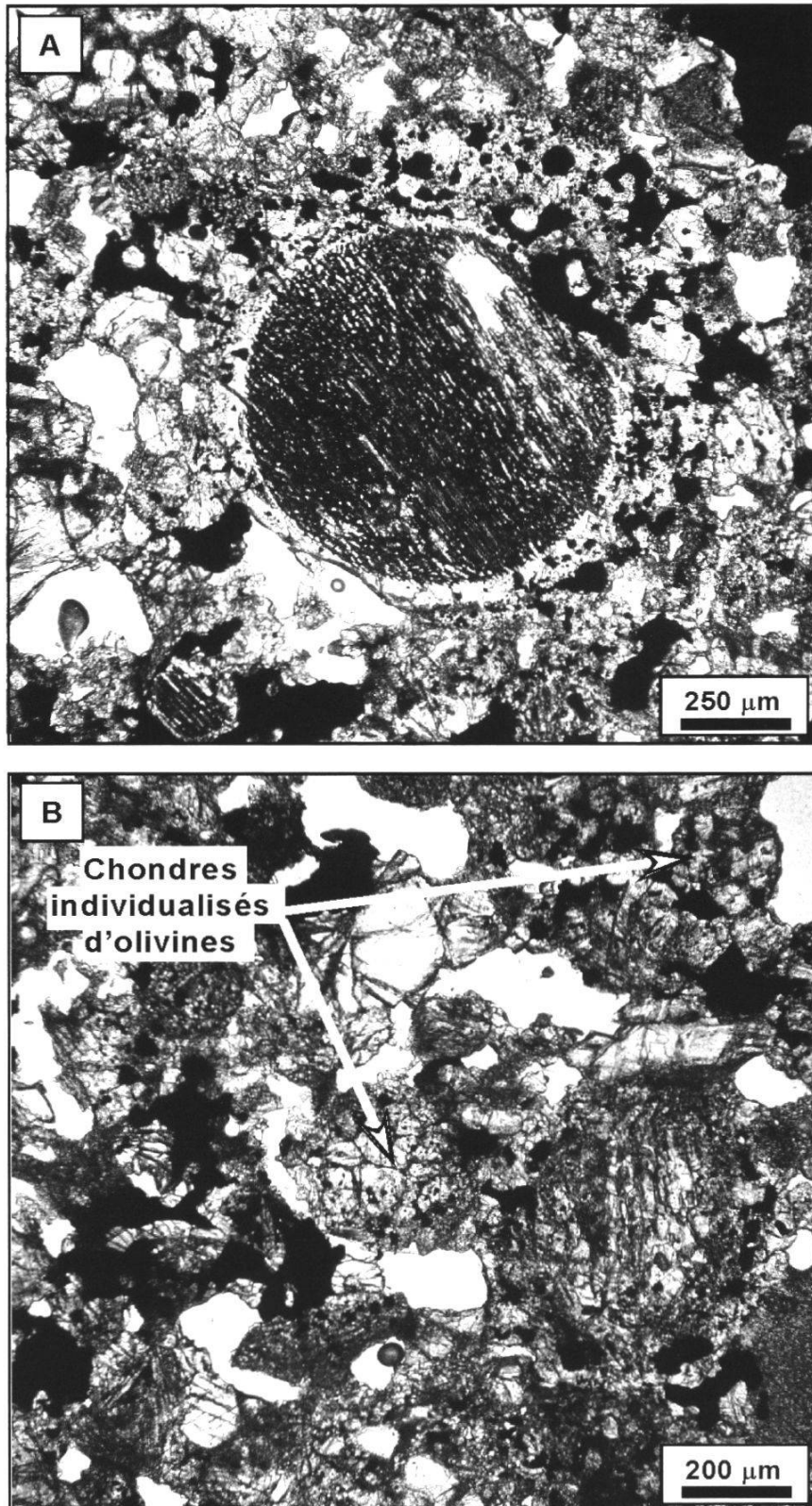


Figure 1.—Microphotographie d'une coupe mince de la météorite de la Chervettaz, montrant en a) deux chondres barrés (au centre et en bas à gauche de l'image) par des cristaux de forstérite et en b) des chondres porphyriques avec des grains individualisés de forstérites et les régions sombres (en noir) correspondant à la matrice fine, au métal (alliages Fe-Ni) et à la troilite. MGL n° 4708. Les chondres barrés sont peu fréquents (ils représentent environ 4% des chondres) dans les chondrites ordinaires et se caractérisent par une bordure généralement épaisse et composée d'olivines et un intérieur tapissé par une série de barres parallèles d'olivines noyées dans une matrice vitreuse (en noir). Ce type de structure (inconnu dans les roches terrestres) représente les restes de gouttelettes fondues individuellement et solidifiées très rapidement.

météorite et la composition chimique des minéraux, d'après VAN SCHMUS ET WOOD (1967). D'autre part, l'étude de la texture des minéraux montre en lame mince de légères déformations, ce qui a amené DOMINIK *et al.* (1994) à classer cette météorite dans la catégorie S3 selon la classification du métamorphisme d'impact de STÖFFLER (1991).

Les âges de la météorite de la Chervettaz

Chaque météorite est classiquement caractérisée par trois âges:

1) L'âge de formation ou les intervalles de formation de la météorite.

Les météorites sont des corps contemporains de la formation du système solaire pour lesquels le processus d'accrétion de la matière, qui est responsable de la formation des planètes et des astéroïdes, a avorté rapidement. Par conséquent, lorsque l'on date une météorite et plus particulièrement une chondrite, on date les premiers stades (les premiers millions, voire dizaine de millions d'années !) de la formation de notre système solaire. Les intervalles de formation définissent l'intervalle de temps entre, d'une part, la séparation et l'isolement de la nébuleuse protosolaire du milieu galactique nourricier, d'autre part, le moment où les météorites se constituent en système clos solide et sont assez refroidies pour retenir dans leurs phases minérales les isotopes fils produits par la désintégration de certains radionucléides pères.

2) L'âge d'exposition.

Cet âge correspond à la période de temps qui s'est écoulée entre le moment où la météorite s'est détachée de son «corps-parent», généralement un astéroïde et le moment où elle est tombée sur Terre. Durant cette période la météorite est irradiée par les flux de protons p^+ du rayonnement cosmique solaire et galactique (R.C.G.) qui produisent des réactions nucléaires (interactions de spallation) avec le fragment météoritique et ceci jusqu'à une profondeur de l'ordre du mètre. Ces réactions de spallation donnent naissance à des isotopes stables ou radioactifs (isotopes spallogéniques) tels que ^3He , ^{21}Ne , ^{38}Ar , ^{83}Kr ou ^{126}Xe . L'étude de l'abondance isotopique de chacun de ces éléments et la constance dans le temps du R.C.G. permettent de calculer le temps de séjour dans l'espace d'une météorite.

3) L'âge d'impact terrestre.

Celui-ci est connu si la chute de la météorite est observée. De plus, cet âge peut être mesuré à l'aide de ^{36}Cl , ^{10}Be , ^{53}Mn ou ^{59}Ni si la chute n'a pas été observée.

Pour la météorite de la Chervettaz on connaît deux âges. Son âge d'impact (101 ans) et son âge de formation, puisqu'il est aujourd'hui admis que les chondrites ordinaires (dont la météorite de la Chervettaz fait partie) se sont

toutes formées dans un intervalle de temps situé entre 4.54 et 4.56 Ga (Giga-an = 10^9 ans). Par contre, l'âge d'exposition reste encore une inconnue, bien que celui-ci soit d'après les travaux de MARTI et GRAF (1992) généralement compris entre 3 et 60 Ma (Méga-an = 10^6 ans). Par conséquent, afin de combler cette lacune, nous avons tenté d'estimer l'âge d'exposition de la météorite de la Chervettaz en mesurant l'abondance des isotopes ^{36}Ar , ^{38}Ar et ^{40}Ar de l'argon (rappel: ces 3 isotopes sont aussi présents dans l'atmosphère terrestre avec les proportions actuelles suivantes: $^{40}\text{Ar}=99.6\%$, $^{38}\text{Ar}=0.063\%$, $^{36}\text{Ar}=0.337\%$). Cette méthode est basée sur le dosage de la concentration d' ^{38}Ar cosmogénique produit par le R.C.G. Dans une chondrite, l' ^{38}Ar cosmogénique est généralement produit par spallation d'éléments majeurs tels que K, Ca, Fe, Ni, Ti, Cr et Mn (FREUNDEL *et al.* 1986).

MÉTHODE ANALYTIQUE

Préparation des échantillons, extraction de l'argon et mesure des isotopes de l'argon: un fragment (quelques dizaines de mg) de la météorite de la Chervettaz a été prélevé à l'intérieur (>1-2 cm) du corps principal afin d'éviter tout effet de perte d'Ar lié au réchauffement et à la fusion de la bordure lors de la traversée de l'atmosphère. Ce fragment a été broyé dans un mortier en acier inox afin d'obtenir une poudre (<500 μm). Ensuite, quatre fractions respectivement de 1.9, 3.1, 9.6 et 12.2 mg ont été emballées dans des feuilles d'aluminium, introduites dans la ligne d'extraction et chauffées à $\sim 50^\circ\text{C}$ durant 3 jours afin d'enlever le plus possible d'Ar terrestre adsorbé. Pour chacune de ces fractions l'Ar a été extrait par chauffage par palier allant de 700°C à 1650°C . Un premier palier de dégazage a été réalisé sans mesure de la composition isotopique de l'Ar, afin d'éliminer une éventuelle fraction d'Ar atmosphérique piégé par la météorite. Une fois libéré, l'argon a été purifié dans la ligne d'extraction grâce à un piège froid maintenu à la température de l'azote liquide et deux pièges à Zr/Ti/Al activés afin d'éliminer des gaz tels que O_2 , N_2 et H_2 . La composition isotopique de l'Ar a ensuite été mesurée avec un spectromètre de masse MAP 215-50. Après la mesure, les analyses ont été traitées et corrigées du bruit de fond, du blanc et du fractionnement isotopique.

Calcul de l'âge d'exposition

Pour chaque fraction analysée, nous avons calculé la proportion d' $^{36}\text{Ar}_{\text{total}}$, d' $^{38}\text{Ar}_{\text{total}}$ et d' $^{40}\text{Ar}_{\text{total}}$, en additionnant les valeurs obtenues pour chaque paliers de température. Par la suite, sachant d'une part que:

- 1) $^{36}\text{Ar}_{\text{total}} = ^{36}\text{Ar}_{\text{trap}} + ^{36}\text{Ar}_{\text{cos}}$
- 2) $^{38}\text{Ar}_{\text{total}} = ^{38}\text{Ar}_{\text{trap}} + ^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$
- 3) $^{40}\text{Ar}_{\text{total}} = ^{40}\text{Ar}_{\text{trap}} + ^{40}\text{Ar}_{\text{cos}} + ^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$

où: $^{38}\text{Ar}_{\text{trap}}$ (resp. $^{36}\text{Ar}_{\text{trap}}$ et $^{40}\text{Ar}_{\text{trap}}$) = ^{38}Ar (resp. ^{36}Ar et ^{40}Ar) piégés lors de la formation de météorite (Ar primordial);

$^{38}\text{Ar}_{\text{cos}} = ^{38}\text{Ar}$ cosmogénique produit par interaction avec le R.C.G.

$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}} = ^{40}\text{Ar}$ radiogénique (produit par désintégration radioactive de ^{40}K) et d'autre part (d'après les travaux de GOEBEL *et al.* 1978, SWINDLE 1988 et EUGSTER *et al.* 1988, 1993) que, pour les chondrites:

$$4) \quad \frac{^{36}\text{Ar}_{\text{trap}}}{^{38}\text{Ar}_{\text{trap}}} = 5.32$$

$$5) \quad \frac{^{36}\text{Ar}_{\text{cos}}}{^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}} = 0.65$$

$$6) \quad \frac{^{40}\text{Ar}_{\text{cos}}}{^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}} = 0.2$$

$$7) \quad \frac{^{40}\text{Ar}_{\text{trap}}}{^{36}\text{Ar}_{\text{trap}}} = 0.00029$$

il est relativement aisé de calculer la proportion d' $^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$. Pour finir, l'âge d'exposition (T_{38} en Ma) est obtenu en multipliant la proportion d' $^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$ (en cm^3 STP/g) par P_{38} (le taux de production d' $^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$ en cm^3 STP/g/Ma) selon l'expression suivante:

$$T_{38} = ^{38}\text{Ar}_{\text{cos}} \cdot P_{38}$$

P_{38} est une constante qui dépend de différents paramètres, en particulier la section efficace de la météorite, que l'on peut calculer (cf. FREUNDEL *et al.* 1986, EUGSTER 1988). Toutefois, la valeur de cette constante varie généralement peu pour un type pétrographique donné de chondrite et EUGSTER (1988 et communication orale) recommande d'utiliser la valeur de 0.0462 (10^{-8} cm^3 STP/g/Ma) pour une chondrite de type L. L'incertitude étant de +10% et -20%.

RÉSULTATS

Les quatre fractions de la météorite de la Chervettaz analysées présentent des spectres de dégazage identiques (cf. exemple de la figure 2). Il est intéressant de noter que l' $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (qui représente plus de 99% de ^{40}Ar contenu dans la météorite) est libéré à des températures nettement plus faibles que $^{36}\text{Ar}_{\text{trap}}$ et $^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$ (dégazage principal entre 700 et 1050°C pour $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ et entre 1200

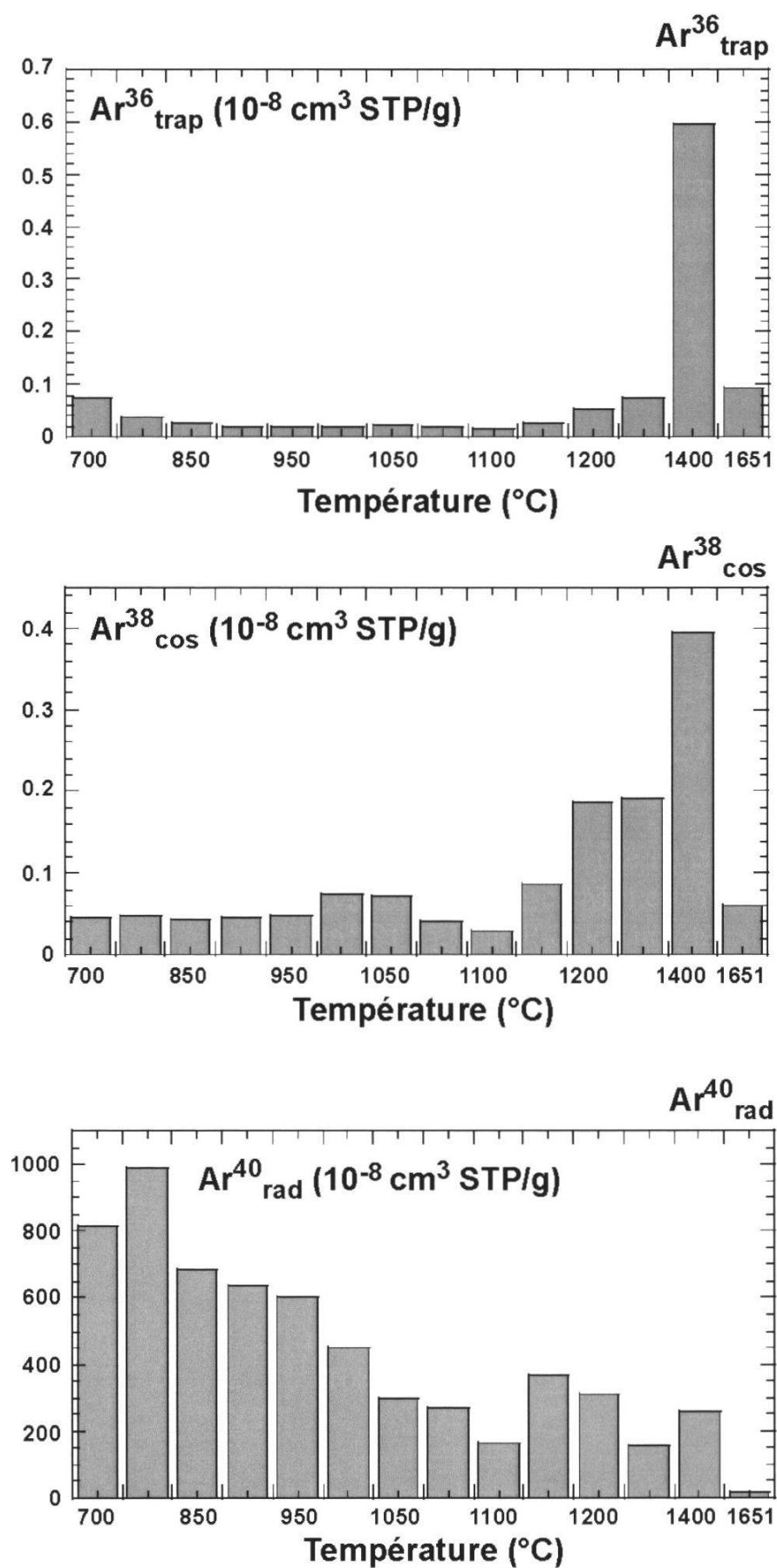


Figure 2.—Proportion d' $^{36}Ar_{trap}$, d' $^{38}Ar_{cos}$ et d' $^{40}Ar_{rad}$ libéré à chaque température pour une fraction de 9.6 mg de la météorite de la Chervettaz.

et 1650°C pour $^{36}\text{Ar}_{\text{trap}}$ et $^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$). Ceci montre clairement que ces trois isotopes se répartissent dans des sites cristallographiques distincts et sont probablement localisés dans différents types de minéraux ($^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ étant situé dans des minéraux moins réfractaires que $^{36}\text{Ar}_{\text{trap}}$ et $^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$). C'est ainsi que $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ est probablement localisé dans les plagioclases (car issu de la désintégration de ^{40}K) et que $^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$ est probablement localisé dans les minéraux ferromagnésiens tels que la forstérite et les pyroxènes (car en partie issu de réactions de spallation avec Fe). D'autre part, ceci indique encore que s'il y a eu perte d'argon partiel lors du préchauffage à 500°C, la part d' ^{36}Ar et d' ^{38}Ar est totalement négligeable.

Les âges d'exposition obtenus à partir de $^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$ sont relativement concordants entre les quatre fractions analysées, variant de 23 à 33 Ma, avec des incertitudes (2σ) comprises entre 1 et 3.2 Ma (tableau 1). Toutefois, la variabilité obtenue s'explique par le fait que les analyses ont été réalisées sur des fractions de poids très variables. Ceci donne facilement lieu à des hétérogénéités dans la distribution des isotopes de l'argon, entre les différentes fractions. Il est d'ailleurs intéressant de noter qu'un tel phénomène a déjà été observé par EUGSTER *et al.* (1993) lorsque ces derniers ont analysé de petites fractions de poids significativement différents.

Tableau 1.—Âges d'exposition et abondance des isotopes ^{36}Ar , ^{38}Ar et ^{40}Ar dans différentes fractions de la météorite de la Chervettaz ($10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$).

Chervettaz (L5)	$^{36}\text{Ar}_{\text{total}}$	$^{38}\text{Ar}_{\text{total}}$	$^{40}\text{Ar}_{\text{total}}$	$^{38}\text{Ar}_{\text{cos}}$	Age d'exposition (en Ma) $\pm 2\sigma$
Fraction 1	1.833 ± 0.054	1.293 ± 0.028	4986.8 ± 11.0	1.080 ± 0.044	23.4 ± 1.8
Fraction 2	2.039 ± 0.016	1.484 ± 0.008	5651.3 ± 5.8	1.253 ± 0.021	27.1 ± 1.0
Fraction 3	2.110 ± 0.012	1.744 ± 0.007	6596.0 ± 7.1	1.534 ± 0.067	33.2 ± 2.9
Fraction 4	1.990 ± 0.017	1.579 ± 0.009	6031.4 ± 6.6	1.372 ± 0.072	29.7 ± 3.2

SIGNIFICATION

Les âges d'exposition des différents types de météorites apportent des informations intéressantes. On constate par exemple que les sidérites présentent des âges d'exposition de un à deux ordres de grandeur plus élevés que les chondrites, avec des pics significatifs à ~ 200 , ~ 400 , ~ 700 et ~ 900 Ma (VOSHAGE et FELDMANN 1979). La distribution des âges d'exposition des chondrites ordinaires est sensiblement différente: les chondrites de type H présentent un pic à ~ 7 Ma et un autre à 33 Ma (MARTI et GRAF 1992), alors que les chondrites de type L sont distribuées de manière plus homogène entre 3 et 60 Ma (MARTI

et GRAF 1992). La grande différence entre les âges d'exposition des sidérites et des chondrites semble pouvoir être attribuée à la fragilité relative de ces dernières qui seraient brisées plus rapidement par des collisions successives dans l'espace (les sidérites sont composées d'alliages Fe-Ni très tenaces, alors que les chondrites sont constituées d'un assemblage silicaté cassant). Toutefois, si l'on observe en détail la distribution des âges d'exposition des chondrites de type L (MARTI et GRAF 1992), on constate également la présence de deux pics significatifs (fig. 3); l'un à ~28 Ma et l'autre à ~40 Ma, correspondant probablement à deux périodes importantes de collisions entre astéroïdes (ou corps-parents), expulsant et déviant de nombreux fragments rocheux dont la trajectoire finira par recouper l'orbite de la Terre. Les âges d'exposition de la météorite de la Chervettaz varient entre 23 et 33 Ma, comme pour la plupart des chondrites de type L. Par conséquent, il est probable que la météorite de la Chervettaz soit un des nombreux fragments issus d'une importante période collisionnelle estimée aux alentours de 28 Ma par MARTI et GRAF (1992).

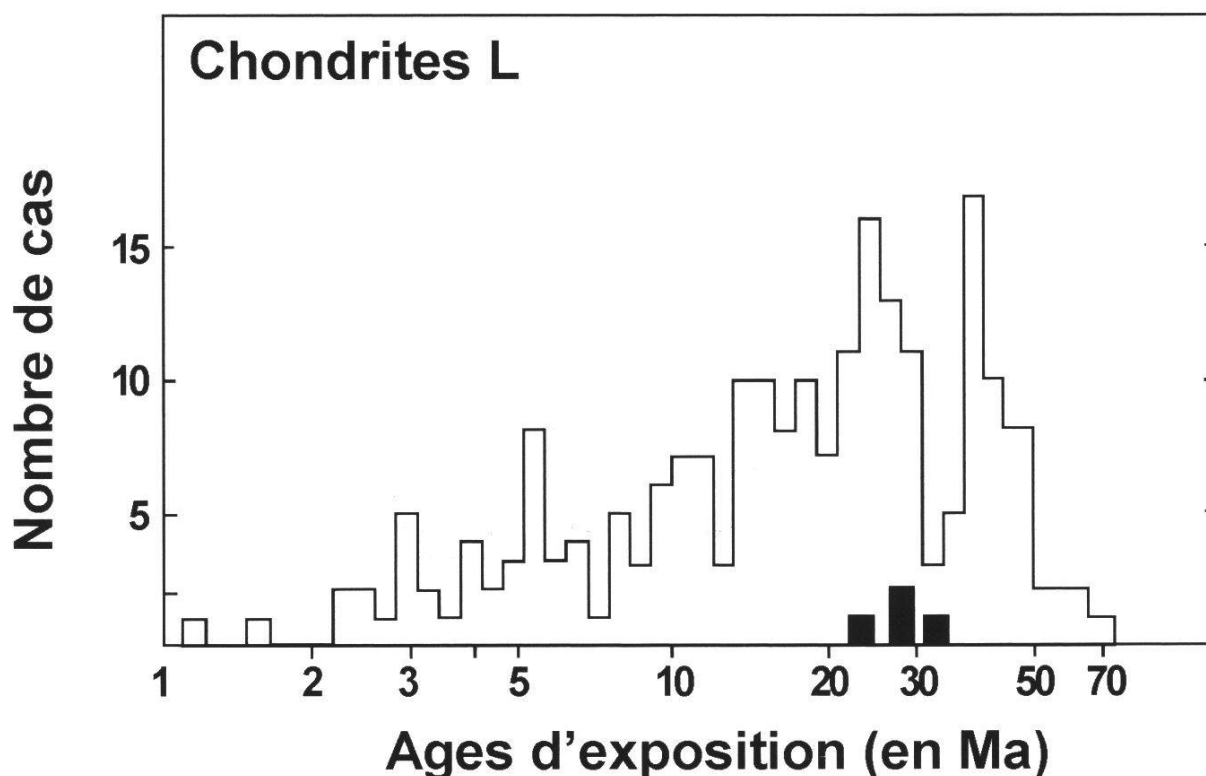


Figure 3.—Distribution des âges d'exposition dans les chondrites de type L. Les contours de l'histogramme sont tirés du travail de MARTI et GRAF (1992). Les symboles noirs correspondent aux données obtenues sur la météorite de la Chervettaz lors de cette étude.

CONCLUSIONS

Sur la base des résultats obtenus par l'analyse des isotopes de l'argon, il apparaît que la longue histoire de la météorite de la Chervettaz se caractérise par les trois étapes suivantes:

1) Il y a ~ 4.55 Ga, formation par accréation rapide du corps-parent (astéroïde) de la météorite de la Chervettaz.

2) Il y a ~ 28 Ma, à la suite d'un important événement collisionnel impliquant des astéroïdes de type Q ou S(IV) (les seuls types d'astéroïdes qui, d'après les données obtenues par spectrométrie d'absorption, pourraient correspondre aux corps-parents des chondrites de type H, L et LL) appartenant probablement aux NEAs (Near-Earth Asteroids), la météorite de la Chervettaz se détache de son corps-parent, se trouve soumis aux R.C.G. et débute son voyage pour la Terre.

3) Le 30 novembre 1901, vers 14 h, chute de la météorite dans le bois de la Chervettaz et collecte de cette dernière par M. Louis Décosterd et ses collègues MM. Constant Ducrot, Jules Rogivue et Alfred Favey.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Andreas Mulch pour son aide lors de la mesure des isotopes de l'argon. D'autre part, nous remercions également Mike Cosca et Otto Eugster pour leurs commentaires et leurs conseils dans la préparation des échantillons, le traitement des résultats et le calcul des âges d'exposition, ainsi que François Bussy et Christian Steiner pour leurs relectures de ce manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- DOMINIK B., BUSSY F., and MEISSER N., 1994. The Chervettaz (L5) meteorite. *Meteoritics* 29/5: 696-697.
- EUGSTER O., 1988. Cosmic-ray production rates for ^3He , ^{21}Ne , ^{38}Ar , ^{83}Kr , and ^{126}Xe , in chondrites based on ^{81}Kr -Kr exposure ages. *Geochim. Cosmochim. Acta* 52: 1649-1662.
- EUGSTER O., MICHEL Th., NIEDERMANN S., WANG D., and YI W., 1993. The record of cosmogenic, radiogenic, fissiogenic and trapped noble gases in recently recovered Chinese and other chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 57: 1115-1142.
- FREUNDEL M., SCHULTZ L., and REEDY R.C., 1986. Terrestrial ^{81}Kr -Kr ages of Antarctic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 50: 2663-2673.
- GOEBEL R., OTT U. and BEGEMANN F., 1978. On trapped noble gases in ureilites. *J. geophys. Res.* 83: 855-867.
- LUGEON M., 1904. La météorite du bois de la Chervettaz près Châtillens. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 149: 1-19.
- MARTI K. and GRAF T., 1992. Cosmic-ray exposure history of ordinary chondrites. *Ann. Rev. Earth. Planet. Sci.* 20: 221-243.
- SWINDLE T.D., 1988. Trapped noble gases in meteorites. In *Meteorites and the Early Solar Systems*, Kerridge J.F. and Matthews M.S. (Eds.), Univ. Arizona Press: 535-564.
- VAN SCHMUS W.R. and WOOD J.A., 1967. A chemical – petrologic classification for the chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 31: 747-765.

VOSHAGE H. and FELDMANN H., 1979. Investigations on cosmic-ray-produced nuclides in iron meteorites; 3, Exposure ages, meteoroid sizes and sample depths determined by mass spectrometric analyses of potassium and rare gases. *Earth Planet. Sci. Lett.* 45: 293-308.

Manuscrit reçu le 10 juin 2002

ANNEXE

ANNEXE (Données argon brut pour chaque palier de température)

Fraction 1 (1.89 mg)			
Températures (°C)	⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ cm ³ STP/g)	³⁸ Ar (10 ⁻⁸ cm ³ STP/g)	³⁶ Ar (10 ⁻⁸ cm ³ STP/g)
700	1188.2 ±1.4	0.0942 ±0.0035	0.1889 ±0.0062
800	425.5 ±1.2	0.0448 ±0.0029	0.1007 ±0.0059
900	781.0 ±1.2	0.0582 ±0.0028	0.0937 ±0.0057
1000	836.1 ±1.3	0.0877 ±0.0030	0.0975 ±0.0056
1050	315.0 ±1.1	0.0512 ±0.0029	0.0667 ±0.0056
1100	395.4 ±1.2	0.0456 ±0.0029	0.0623 ±0.0056
1200	562.6 ±1.1	0.2402 ±0.0029	0.2393 ±0.0058
1351	464.4 ±1.2	0.6032 ±0.0036	0.8666 ±0.0062
1651	18.7 ±1.3	0.0679 ±0.0034	0.1175 ±0.0070
Total	4986.8 ±11.0	1.2929 ±0.0279	1.8330 ±0.0536
Fraction 2 (3.05 mg)			
750	1041.6 ±0.8	0.0921 ±0.0019	0.2324 ±0.0038
950	2155.1 ±2.2	0.1566 ±0.018	0.2176 ±0.035
1200	1989.3 ±1.7	0.5218 ±0.0021	0.4849 ±0.0036
1651	465.3 ±1.1	0.7134 ±0.0026	1.1041 ±0.0046
Total	5651.3 ±5.8	1.4838 ±0.0083	2.0389 ±0.0156

Températures (°C)	^{40}Ar ($10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$)	^{38}Ar ($10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$)	^{36}Ar ($10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$)
Fraction 3 (12.2 mg)			
700	1416.3 \pm 1.5	0.0746 \pm 0.0006	0.0830 \pm 0.0010
800	573.1 \pm 0.6	0.0368 \pm 0.0006	0.0433 \pm 0.0009
900	1026.9 \pm 0.9	0.0628 \pm 0.0006	0.0589 \pm 0.0009
1000	1151.8 \pm 1.3	0.0988 \pm 0.0005	0.0848 \pm 0.0009
1050	383.9 \pm 0.5	0.0725 \pm 0.0005	0.0704 \pm 0.0009
1080	332.5 \pm 0.4	0.0484 \pm 0.0005	0.0503 \pm 0.0009
1100	173.0 \pm 0.2	0.0260 \pm 0.0004	0.0324 \pm 0.0009
1150	363.7 \pm 0.4	0.0795 \pm 0.0005	0.0750 \pm 0.0009
1200	361.9 \pm 0.3	0.1978 \pm 0.0005	0.1856 \pm 0.0009
1250	268.2 \pm 0.3	0.2561 \pm 0.0006	0.2483 \pm 0.0009
1400	530.9 \pm 0.6	0.7597 \pm 0.0011	1.1200 \pm 0.0011
1651	13.6 \pm 0.2	0.0308 \pm 0.0006	0.0583 \pm 0.0011
Total	6596.0 \pm 7.1	1.7439 \pm 0.0070	2.1104 \pm 0.0113
Fraction 4 (9.59 mg)			
700	810.9 \pm 0.8	0.0602 \pm 0.0007	0.1037 \pm 0.0113
800	988.5 \pm 0.8	0.0553 \pm 0.0006	0.0680 \pm 0.0011
850	684.7 \pm 0.5	0.0494 \pm 0.0006	0.0571 \pm 0.0011
900	640.3 \pm 0.7	0.0499 \pm 0.0006	0.0504 \pm 0.0011
950	605.3 \pm 0.7	0.0505 \pm 0.0006	0.0503 \pm 0.0011
1000	451.0 \pm 0.7	0.0789 \pm 0.0006	0.0674 \pm 0.0011
1050	296.8 \pm 0.3	0.0775 \pm 0.0006	0.0715 \pm 0.0011
1080	268.8 \pm 0.3	0.0446 \pm 0.0006	0.0457 \pm 0.0011
1100	165.7 \pm 0.3	0.0330 \pm 0.0006	0.0356 \pm 0.0011
1150	371.6 \pm 0.3	0.0921 \pm 0.0006	0.0825 \pm 0.0011
1200	313.2 \pm 0.3	0.1961 \pm 0.0007	0.1741 \pm 0.0012
1250	158.4 \pm 0.2	0.2043 \pm 0.0008	0.1966 \pm 0.0012
1400	259.4 \pm 0.6	0.5085 \pm 0.0009	0.8526 \pm 0.0015
1651	16.8 \pm 0.3	0.0785 \pm 0.0008	0.1347 \pm 0.0015
Total	6031.4 \pm 6.6	1.5787 \pm 0.0092	1.9900 \pm 0.0168