

✓ QCU

Pour chaque question, indiquer la proposition exacte.

- 1 On considère que les ammonites sont de bons fossiles stratigraphiques car :
 - a. elles sont abondantes, ont évolué lentement et ont eu une grande répartition géographique.
 - b. elles sont peu abondantes, ont évolué rapidement et ont eu une grande répartition géographique.
 - c. elles sont abondantes, ont évolué rapidement et ont eu une grande répartition géographique.
 - d. elles sont abondantes, ont évolué rapidement et ont eu une petite répartition géographique.
- 2 On trouve souvent les zircons en inclusion dans les biotites ; cela signifie que :
 - a. d'après les principes de la chronologie relative, le zircon a cristallisé avant la biotite.
 - b. d'après les principes de la chronologie relative, le zircon a cristallisé après la biotite.
 - c. d'après les principes de la chronologie absolue, le zircon a cristallisé avant la biotite.
 - d. d'après les principes de la chronologie absolue, le zircon a cristallisé après la biotite.
- 3 La chronologie absolue est utilisable :
 - a. sur n'importe quel matériau (acier, PVC, roches, etc.).
 - b. uniquement sur les roches sédimentaires.
 - c. uniquement sur les roches magmatiques.
 - d. sur des matériaux anciens contenant des éléments-pères radioactifs.

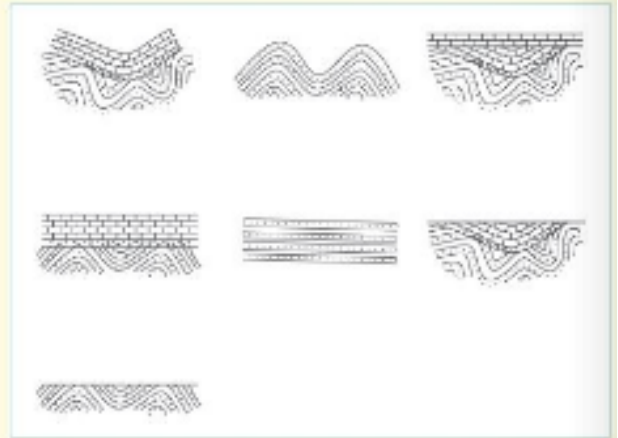
4 Définitions inversées

Retrouver le terme scientifique défini dans chacune des propositions suivantes.

- a. Élément instable qui se désintègre spontanément en un autre élément stable qualifié d'élément-fils radiogénique.
- b. Découpage des temps géologiques grâce aux méthodes de datation relative appliquées aux séries sédimentaires, complété par la datation des limites par chronologie absolue.
- c. Intervalle de temps correspondant à la subdivision d'une ère et correspondant à l'intervalle de temps durant lequel se sont formés des affleurements aujourd'hui étudiés par les géologues.
- d. Principe selon lequel un changement dans la géométrie des roches est postérieur à la dernière couche qu'il affecte et antérieur à la première couche non affectée.

5 Schéma à légender

Numéroter sur le schéma la succession des étapes en utilisant les principes de la chronologie relative, et indiquer quel principe intervient dans chaque cas.



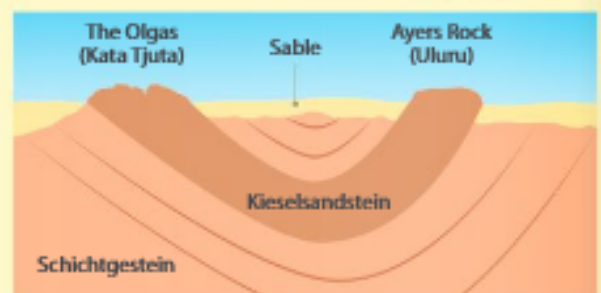
6 Vrai / faux

Indiquer si les affirmations suivantes sont exactes en justifiant votre réponse.

- a. Il a fallu attendre l'apparition de la chronologie absolue pour élaborer la première échelle stratigraphique.
- b. Le principe de superposition précise qu'en général, « la couche supérieure d'une succession sédimentaire est toujours plus récente que les couches sous-jacentes ».
- c. Les fossiles de dinosaures sont rares. Cela signifie qu'ils sont d'excellents fossiles stratigraphiques.
- d. Les « extinctions de masse » comme celle de la limite Crétacé - Paléocène sont souvent utilisées par les géologues pour définir des changements d'ères, de périodes et d'étages dans l'échelle stratigraphique.

7 VERS L'ORAL

À partir du schéma, proposer une hypothèse expliquant la naissance d'Uluru (Ayers Rock) en Australie.

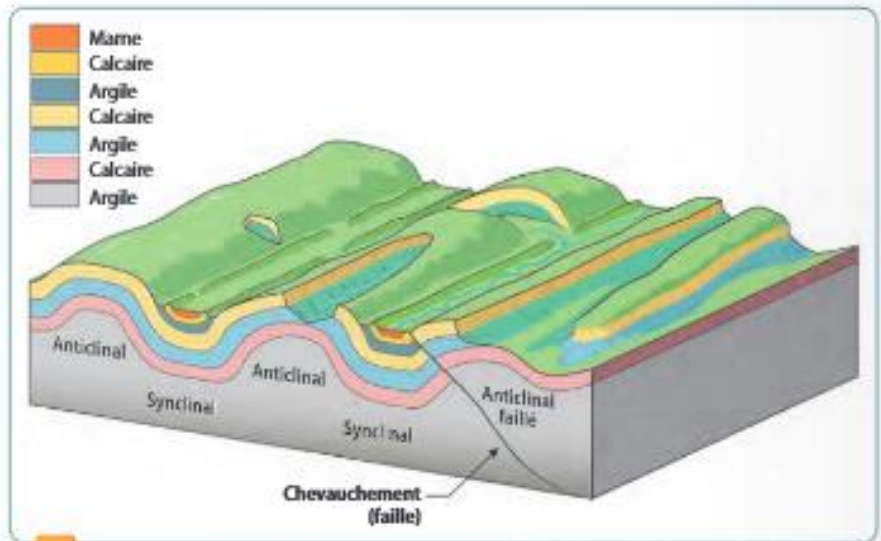


8 Principes géométriques de chronologie relative appliqués au relief jurassien

Pratiquer des démarches scientifiques

Reconstituer, en utilisant les principes géométriques de la datation relative, les étapes suivantes de la formation du relief jurassien : érosion de la chaîne ; phase de plissement ; formation de la faille ; formation des sédiments. *On admettra que les sédiments (argile, calcaire, marne) sont d'origine marine.*

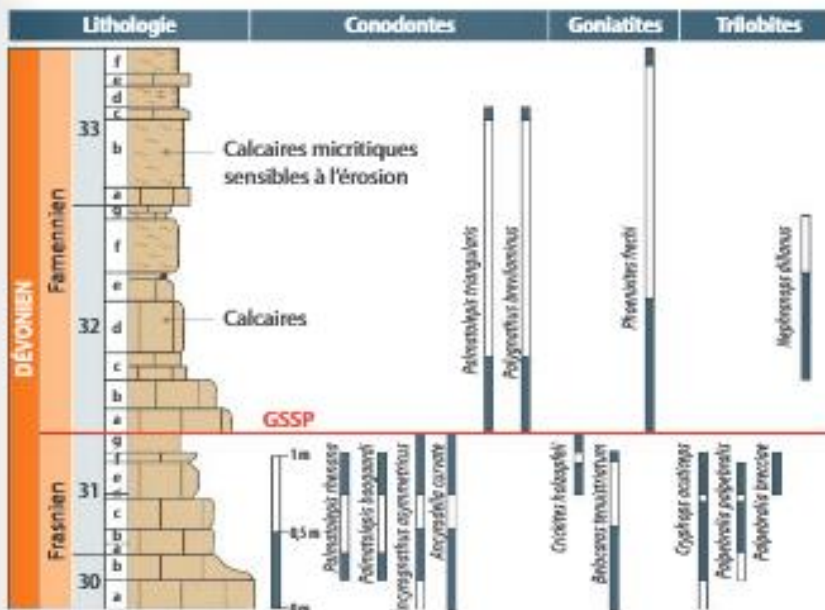
Le Jura est une région montagneuse qui présente une succession de plis de grande ampleur que l'on nomme anticlinaux (couches les plus anciennes au cœur du pli) et synclinaux (couches les plus récentes au cœur du pli).



1 Schéma 3D du relief plissé jurassien

9 Le patrimoine géologique

La carrière de marbre de Coumiac (commune de Cessenon) n'est plus en activité depuis 1965. Elle est connue internationalement car on y trouve la limite Frasnien - Fammenien (- 365 Ma) célèbre pour l'évènement de Kellwasser lors duquel de nombreuses espèces ont disparu.



■ Espèce fossile présente dans les strates du site. □ Espèce non présente dans les strates du site, mais dont l'existence au moment de la formation des strates est avérée.

GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point) : Pour dater temporellement une coupe géologique de cette période, provenant de n'importe quelle région du globe, on la compare à celle de Coumiac qui sert de témoin.

1 La carrière de marbre de Coumiac

Art. R. 411 – 17 – 1. « Dans chaque département, la liste des sites d'intérêt géologique [...] est arrêtée par le préfet [...] ils répondent au moins à l'un des caractères suivants : constituer une référence internationale ; présenter un intérêt scientifique, pédagogique ou historique ; comporter des objets géologiques rares [...]. Le préfet [...] peut arrêter toutes mesures de nature à empêcher leur destruction, leur altération ou leur dégradation. »

2 Décret n°2015-1787 du 28 Décembre 2015 relatif à la protection des sites d'intérêt géologique

Le patrimoine géologique est un sous-ensemble du patrimoine naturel. Il considère tous les objets et sites relatifs aux disciplines des sciences de la Terre.

Pratiquer des démarches scientifiques

Vous souhaitez faire inscrire la carrière de Coumiac au patrimoine géologique afin qu'elle soit protégée pour les générations futures. **Préparer** votre argumentation pour une présentation orale.

10 Un échantillon qui a beaucoup à dire

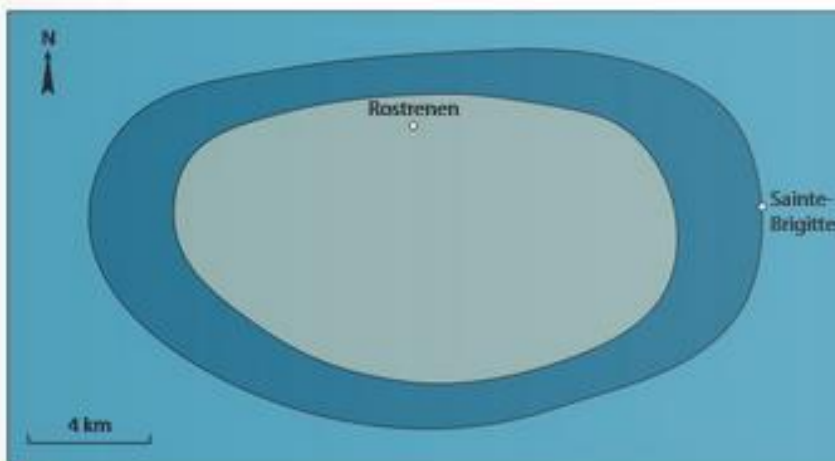
L'Université de Rennes possède dans ses collections une pièce étonnante provenant d'un site situé sur la commune de Sainte-Brigitte dans le Morbihan.

À l'intérieur d'un schiste (ancienne roche argileuse), on trouve un trilobite et une andalousite. Le trilobite est un fossile stratigraphique d'un organisme marin qui vivait à l'Ordovicien (-470,0 à -458,4 Ma). L'andalousite est un minéral métamorphique qui se forme sous certaines conditions de pression et de température.



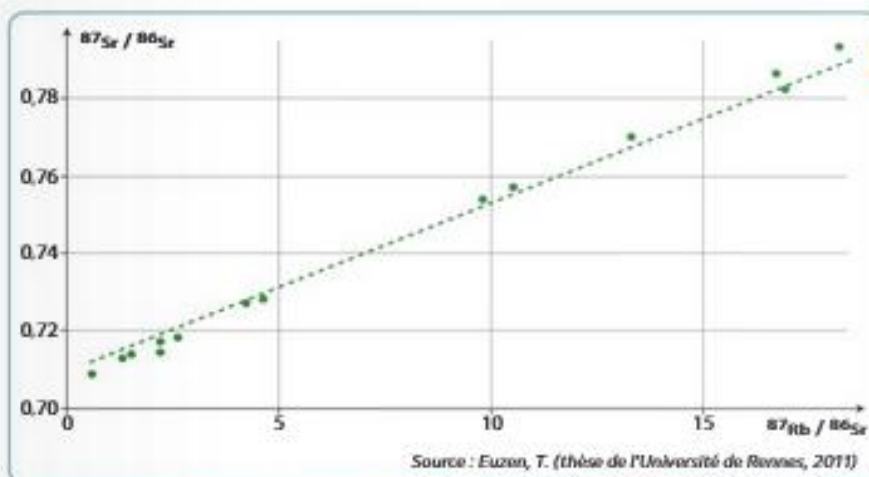
1 L'échantillon de Sainte-Brigitte

À proximité de Sainte-Brigitte, on trouve un massif granitique centré sur la ville de Rostrenen. Autour de ce granite, une auréole de métamorphisme s'est développée, dont la bordure atteint Sainte-Brigitte.



- Granite de Rostrenen, intrusif dans les schistes ordoviciens (température de mise en place : 750°C)
- Auréole de métamorphisme développée dans les schistes ordoviciens lors de la mise en place du granite de Rostrenen
- Schistes ordoviciens non métamorphisés

2 Le granite de Rostrenen



Source : Euzen, T. (thèse de l'Université de Rennes, 2011)

Diagramme réalisé avec le logiciel Radiochronologie de M. Madre

3 Datation du granite

Les rapports ($^{87}\text{Rb} / ^{86}\text{Sr}$) et ($^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$) ont été mesurés sur des échantillons du granite de Rostrenen puis replacés dans un diagramme isochrone.

Pratiquer des démarches scientifiques

À partir de l'étude des documents, reconstituer l'histoire de l'échantillon découvert à Sainte-Brigitte et exposé à l'Université de Rennes.

11 Les plus anciennes roches de France métropolitaine



Les plus anciennes roches d'Europe se trouvent en Angleterre (Guernesey, Sercq) et en France. En Normandie, elles sont représentées par les gneiss de l'anse du Cul-Rond.

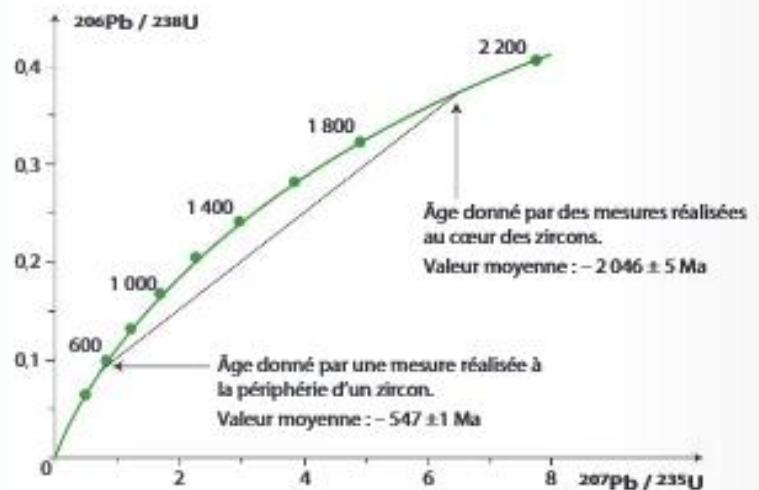


1 La composition chimique des gneiss

Les gneiss sont des roches métamorphiques. L'étude de la composition chimique de ceux de l'anse du Cul-Rond révèle qu'avant l'épisode de métamorphisme, ils appartenaient à la famille des granites.

Une mesure a étonné les chercheurs. En effet, le zircon référencé B05c a livré sur sa partie externe un âge de 547 ± 15 Ma, tandis que son cœur a été daté de 597 ± 100 Ma, valeurs bien plus faibles que celles obtenues pour les autres zircons.

Source : E. Martin et al. (Géologie de la France, 2018)



2 Les travaux E. Martin et al (2018)

La datation des zircons, que l'on trouve en inclusion dans les biotites de ces gneiss, a été réalisée avec le chronomètre U/ Pb.

	Chronomètre utilisé	Systèmes étudiés	Température de fermeture du système	Résultats obtenus
Granite rose de la Hague	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	Biotite – feldspath alcalin	250 – 400 °C	$- 597 \pm 15$ Ma
Granite du Thiébot	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$			$- 598 \pm 12$ Ma
Diorite du Moullinet	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$			$- 594 \pm 12$ Ma
Diorite du Moullinet	$^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$	Zircon	760 – 900 °C	$- 586 \pm 13$ Ma

3 Datation des granitoïdes associés à l'orogénèse cadomienne

À proximité des gneiss de l'anse du Cul-Rond, on trouve des granitoïdes cadomiens qui ont été datés par les méthodes $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ et $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$. Leur cristallisation a débuté lorsque la température du magma est descendue en dessous de 750 °C. Les derniers témoins de l'orogénèse cadomienne dans la région sont datés de -525 Ma.

Source : P. Bardy, thèse de géologie appliquée à l'université de Rennes 1 (1988)

I Pratiquer des démarches scientifiques

À partir de l'étude des documents et des connaissances, **montrer** que les gneiss de l'anse du Cul-Rond se sont formés lors d'un épisode de métamorphisme associé à la mise en place des granitoïdes cadomiens.

Exercice 1 Synthèse argumentée autour d'une question scientifique ⌚ 1h 45min | Barème : 7 points

Les principes géométriques de la chronologie relative

| Réaliser un exposé scientifique argumenté

Présenter les principes géométriques de la chronologie relative, puis **expliquer** comment le géologue parvient, en les utilisant, à reconstituer l'histoire d'une région.

Une introduction, un développement structuré, une conclusion sont attendues.
Des schémas illustrant les principes géométriques de la chronologie relative sont attendus.

Exercice 2 Pratique du raisonnement scientifique ⌚ 1h 45min | Barème : 8 points

Des géochronomètres à la conquête de Mars

La NASA veut prochainement envoyer sur Mars un rover avec un spectromètre de masse pour réaliser la datation des roches.

- La NASA souhaite ainsi répondre à quatre interrogations :
- Définir les ères géologiques avec précision ;
 - Apporter des informations sur la naissance de la planète ;
 - Obtenir les âges des dernières activités volcaniques de la planète ;
 - Définir l'époque où l'eau et l'atmosphère martienne étaient présentes à la surface de la planète pour déterminer la période où la vie a pu exister sur Mars.

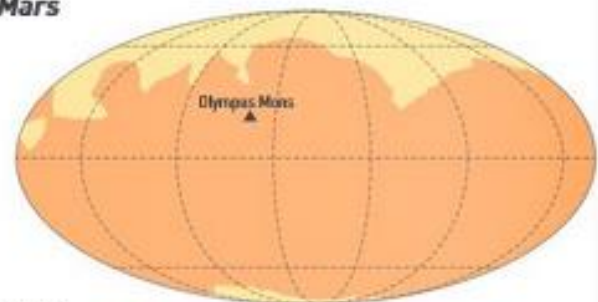


- **Accessibilité et intérêt géologique** : L'élément-père radioactif doit être présent sur les surfaces. L'idéal serait un élément présent dans de nombreux minéraux et dans de nombreuses roches.
- **Âge** : La demi-vie de l'élément-père radioactif doit être adaptée à l'âge attendu.
- **Instrument** : Les technologies mesurant les éléments père et fils doivent être compatibles à la mesure spatiale (miniaturisation, poids des instruments, etc.).

1 Critères indispensables pour qu'un géochronomètre puisse être sélectionné par la NASA

Comparativement à la Terre, la surface de Mars est essentiellement composée de vieux terrains. Cette différence est principalement due à la tectonique des plaques active sur Terre, qui conduit notamment au renouvellement continu de la croûte océanique. L'activité volcanique martienne, représentée, entre autres, par le plus grand volcan du système solaire (*Olympus Mons*), serait encore potentiellement présente.

Mars



Terre



- Orange Régions ayant plus de 3 milliards d'années
- Yellow Régions ayant moins de 3 milliards d'années

Source : Soderblom L.A., and Bell III J.F. (Exploration of the Martian surface: 1992-2007, 2008)

2 Âge de la surface de Mars comparé à celui de la Terre

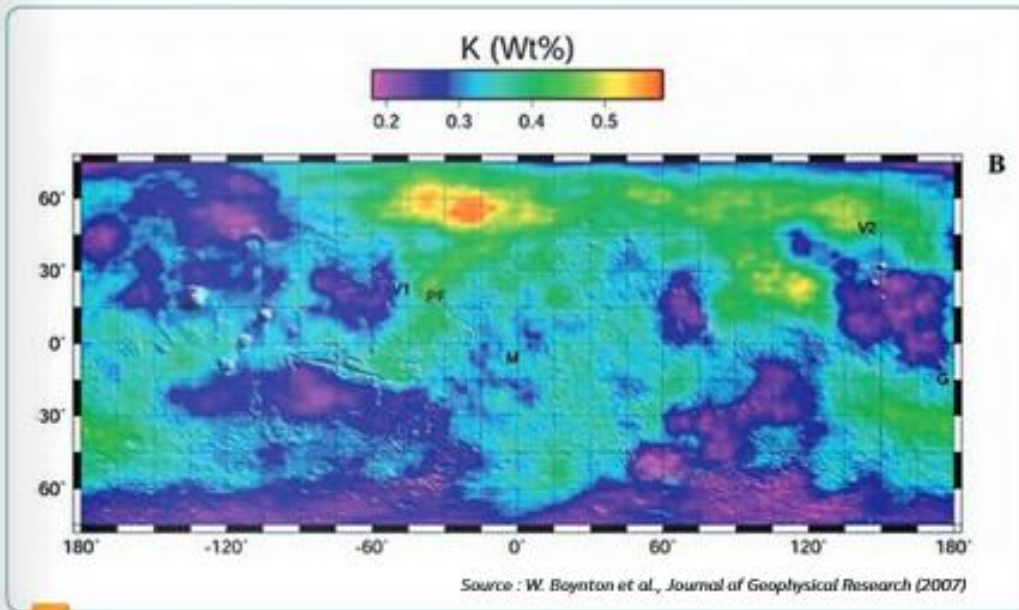


Outils disponibles	Demi-vie (= période T) de l'élément-père
$^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$	704 Ma
$^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$	1,25 Ga
$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	48,8 Ga

3 Différents géochronomètres disponibles

La datation sera d'autant plus précise que l'âge de l'échantillon ne correspond pas à un nombre excessif de périodes. L'idéal est que le nombre de périodes n'exécède pas la dizaine.

Ga : milliards d'années ; Ma : millions d'années



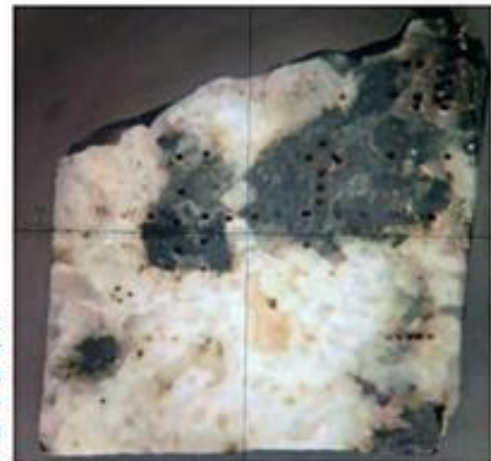
4 Teneur en potassium (K) en % sur la surface martienne

Contrairement au potassium qui est un élément majeur, les éléments-pères radioactifs (U, Rb) ne sont en général présents qu'en très faible proportion et sur des phases minérales difficiles d'accès. Ils nécessitent des protocoles de laboratoire très lourds et des instruments de mesure très précis.

Par exemple, la datation U - Pb est le plus souvent obtenue à partir de zircons, qui sont des minéraux peu abondants de roches plutoniques absentes de la surface de Mars et qui ont une taille restreinte. Détecter, recueillir, extraire, préparer et mesurer *in situ* l'âge des zircons martiens est actuellement impossible.

5 Des éléments difficilement accessibles

Les ingénieurs travaillent actuellement sur la miniaturisation des spectromètres de masse servant à analyser les isotopes. Le principe en cours d'élaboration utilise une ablation par laser de l'échantillon permettant de libérer les éléments chimiques recherchés.



Les points représentent les zones vaporisées par laser, ce qui a permis la libération de l'argon contenu dans ces petits volumes, pour la mesure.

Source : D. Devismes, université Paris Sud - Paris XI (2013)

6 Des instruments en cours de miniaturisation

! Extraire des informations, argumenter

À partir de l'étude des documents et des connaissances, **expliquer** les raisons pour lesquelles un spectromètre de masse sensible aux isotopes du couple K / Ar paraît intéressant pour un jour équiper un rover en partance pour Mars.

S'entraîner à la prise de parole

Entraînement en autonomie

Sujet : L'ère des Hommes : l'Anthropocène

De nombreux médias se sont appropriés le thème de l'Anthropocène. Vous décidez de construire votre grand oral autour de la question suivante :
L'utilisation du terme « Anthropocène » par les médias est-elle scientifiquement justifiable ?
Au cours de la phase préparatoire du grand oral, vous remettez au jury un article que vous avez découvert lors de votre travail d'investigation pour servir de support.



Pour accéder à l'article complet :
lycee.hachette-education.com/planete-svt/tle

Les questions du jury sur ce chapitre

- Pouvez-vous nous donner la définition de « période géologique » ?
- Comment les scientifiques identifient-ils la fin d'une « période géologique » ?
- Comment les partisans du terme « Anthropocène » peuvent-ils justifier la fin de l'Holocène vers 1850 ou l'ère atomique ?
- Présenter au tableau un calcul simple permettant d'estimer l'épaisseur que ferait une strate sédimentaire anthropocène (ayant débuté vers 1850) et une autre holocène (ayant débuté il y a 11 700 ans). On admettra un taux de sédimentation de 2 mètres par million d'années.
- Selon vous, l'utilisation du terme « Anthropocène » par les médias est-il scientifiquement justifiable ? Argumenter.
- Le jury vous remet le tableau ci-contre et vous laisse quelques minutes pour construire une argumentation en réponse à la question :
Si on admet son existence, les chronologies relative et absolue sont-elles applicables à l'Anthropocène ?
Votre réflexion pourra s'appuyer sur la datation d'un évènement comme l'explosion de Tchernobyl en 1986.

Éléments-pères radioactifs émis dans l'atmosphère puis retombés dans des sédiments de lacs lors de l'accident de Tchernobyl le 26 avril 1986

Éléments-pères radioactifs		Demi-vie	Éléments-pères radioactifs	Demi-vie
Xénon	¹³³ Xe	5,3 jours	Ruthénium	¹⁰⁶ Ru 39,6 jours
Iode	¹³¹ I	8,0 jours	Ruthénium	¹⁰⁶ Ru 1 an
Césium	¹³⁴ Cs	2,0 ans	Césium	¹⁴¹ Ce 33 jours
	¹³⁷ Cs	30,0 ans		¹⁴⁴ Ce 285 jours
Tellure	¹³² Te	78,0 heures	Neptunium	²³⁹ Np 2,4 jours
Strontium	⁸⁹ Sr	52,0 jours	Plutonium	²³⁸ Pu 86 ans
	⁹⁰ Sr	28,0 ans		²³⁹ Pu 24 400 ans
Baryum	¹⁴⁰ Ba	12,8 jours	Plutonium	²⁴⁰ Pu 6 500 ans
Zirconium	⁹⁵ Zr	1,4 heures		²⁴¹ Pu 13,2 ans
Molybdène	⁹⁹ Mo	67 heures	Curium	²⁴⁰ Cm 163 jours

Un métier pour moi



Micropaléontologue

Missions

Le micropaléontologue est un scientifique spécialisé dans l'étude des microfossiles. À partir de l'étude des roches sédimentaires, il peut isoler et identifier des microfossiles permettant ainsi de dater les roches, de reconstituer des environnements de dépôt. Il peut exercer son activité dans des laboratoires universitaires. Dans le secteur privé, il peut travailler dans les industries minières ou pétrolières, par exemple.

Formation

Après une licence de biologie ou de géologie, l'étudiant devra faire un master en paléontologie à l'université, puis une thèse afin d'obtenir un doctorat. Généralement, à la suite de la thèse, le micropaléontologue réalise un post-doctorat à l'étranger.



Pour accéder à la fiche métier :
lycee.hachette-education.com/planete-svt/tle