

Auvergne SCIENCES

BULLETIN DE L'ADASTA

Juin 1994

N° 30



*Radioactivité
et mesure
du temps
en géologie*

LE DOSSIER :

Radioactivité et mesure
du temps en géologie
(M. Condomines) p. 3

HISTOIRE

DES TECHNIQUES :

Le bout du tunnel
(suite) p. 13

NOUVELLES

DE L'ESPACE

La constellation GPS p. 18

INFORMATIONS

REGIONALES

- 3^e Forum de la Création
d'Entreprises p. 19
- Echanges scolaires
internationaux p. 19
- Les régions
qui en veulent p. 20
- Riom, Capitale
de l'Industrie du Sport p. 20
- La Science en Fête p. 21
- Concours : Jeunes,
créez en Auvergne p. 22

L'ADASTA a reçu en 1993

- le soutien financier du
- Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la
Recherche.
- Conseil Régional
d'Auvergne.

AUVERGNE - SCIENCES -

Publication trimestrielle
19, rue de Bien-Assis
63100 CLERMONT-FERRAND

Directeur de la Publication :

Pierre SOLE

Rédaction :

Roland JOUANISSON

N° ISSN 1166-5904

Photo de couverture :

Les hommes de l'époque
Néolithique ont pu assister
aux dernières coulées de lave
du Puy de Lassolas
(au 1^{er} plan, à droite)
(Photo Christian Boucharly).



Dépôt Légal JUIN 1994
N° Imprimeur : 1880

Lors de sa création, en 1986, l'ADASTA s'était fixé comme objectif de regrouper les principaux acteurs susceptibles de contribuer à la diffusion de la culture scientifique et technique dans le public, et notamment chez les jeunes. C'est ainsi que des universitaires, des chercheurs, des industriels de notre Région, avec l'aide du Palais de la Découverte, ont constitué un noyau actif qui n'a cessé de se développer au cours des huit dernières années.

Notre action dans le domaine de la formation et la création d'outils pédagogiques, notamment, est désormais bien connue sur le plan national, comme le montrent par exemple la diffusion de nos documents et l'intérêt suscité pour nos Universités d'Eté.

Cette expérience nous a convaincus de la nécessité d'aller plus loin et de créer à Clermont-Ferrand une structure importante dont la fonction essentielle serait d'éclairer le public sur la réalité scientifique et d'aiguiller chez les jeunes le sens de l'observation, l'aptitude à expérimenter et le besoin d'innover.

La Manufacture Michelin a pris l'initiative d'organiser une réflexion sur ce sujet. Des groupes de travail, comprenant des universitaires, des chercheurs et des industriels, se sont mis à l'œuvre afin de définir ce que devrait être cette "Maison de l'Observation et de la Découverte". Parmi les fonctions retenues - et ceci ne surprendra pas nos lecteurs - figure la réalisation d'un grand centre de ressources, qui serait chargé de concevoir, réaliser et diffuser des outils pédagogiques, des expositions ; d'organiser des visites, des conférences, ... et qui constituerait, d'une manière générale, un lieu d'accueil et d'orientation des visiteurs de cette future Maison.

R.J.

Adhésions et Abonnements

Adhésions à titre individuel	150 F
Adhésions à titre collectif	500 F
Membre bienfaiteur	1 000 F

L'adhésion donne droit au service gratuit du bulletin et à des réductions sur les différents services rendus par l'Association (publications, stages, visites ...).

Adressez le courrier à **ADASTA, 19, rue de Bien-Assis - 63100 Clermont-Ferrand**
Tél. 73 92 12 24 - Fax 73 92 11 04

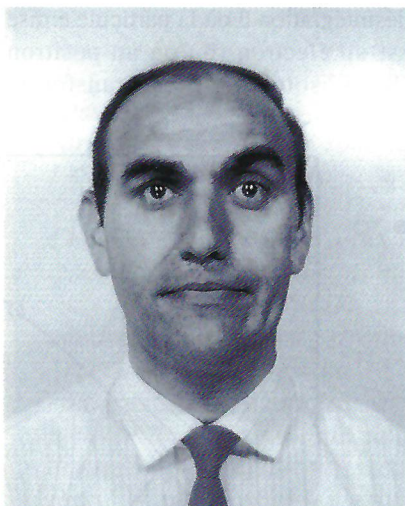
Radioactivité et mesure du temps en géologie

UN PEU D'HISTOIRE

Le développement de la géologie aux XVIII^e et XIX^e siècles a permis une chronologie relative, basée en grande partie sur la superposition des couches sédimentaires caractérisées par les fossiles qu'elles contiennent, ainsi que sur les épisodes orogéniques (formant les chaînes de montagne) qui ont affecté ces terrains. Le résultat majeur de ces travaux a été l'établissement d'une échelle chronologique où l'histoire de la Terre est divisée en grandes ères géologiques (elles-mêmes subdivisées en systèmes, séries et étages). Cependant, les géologues de cette époque ne possédaient aucun moyen précis de mesurer le temps et donc d'estimer la durée des phénomènes géologiques. Il fallut attendre la découverte de la radioactivité et le début du XX^e siècle pour qu'enfin, ils disposent d'un moyen fiable de datation et que naisse une discipline nouvelle : la radiochronologie.

Pour illustrer son apport fondamental à la géologie, il n'est peut-être pas de meilleur exemple que celui de l'âge de la Terre. Il est bon de rappeler que, avant l'essor de la géologie aux XVIII^e et XIX^e siècles, la seule estimation de l'âge de la Terre était

M. CONDOMINES



La géologie est par définition une science historique. Reconstituer l'histoire de la Terre, d'une région donnée ou d'une roche exige de démêler les événements qui les ont affectées dans le passé et d'établir leur succession chronologique.

basée sur une interprétation littérale des textes bibliques. En comptant le nombre de générations humaines depuis la Création, les théologiens faisaient remonter la formation de la Terre à environ 4000 avant Jésus Christ. Le développement des observations géologiques amena assez rapidement à penser que la Terre était beaucoup plus vieille. Néanmoins les géologues de la première moitié du XIX^e siècle, tout en reconnaissant la nécessité d'une durée extrêmement longue depuis la formation de la Terre, ne pouvaient fournir aucune estimation. Vers la fin du XIX^e siècle, à la suite des calculs du physicien Lord Kelvin (basés sur une hypothèse de refroidissement continu de la Terre à partir d'un état initial fondu) et des observations ou hypothèses de plusieurs géologues portant sur les taux d'érosion ou de sédimentation, l'âge de la Terre était estimé à environ 100 millions d'années. Mais il fallut attendre la découverte de la radioactivité (en 1896 par H. Becquerel) et les premières années de notre siècle pour voir enfin apparaître des méthodes quantitatives de datation des minéraux et des roches.

Dès les premiers travaux de pionniers comme le physicien anglais Rutherford ou le chimiste américain

Boltwood, il fut clair que la Terre avait plus de 1 milliard d'années. Cependant, ces nouvelles méthodes pour dater les matériaux terrestres ne furent pas tout de suite acceptées par les géologues, et il fallut toute la combativité d'un petit nombre d'entre eux, comme l'anglais Arthur Holmes pour les convaincre que la radioactivité naturelle fournissait le seul moyen précis de mesure du temps en géologie. Cela fut définitivement admis dans les années 1930 et les méthodes de datation n'ont cessé ensuite de s'affiner et de se diversifier. En 1955, l'américain Clair Patterson en datant une série de météorites put déterminer l'âge de ces roches, contemporaines de la formation du système solaire et de la Terre, et donc l'âge de la Terre. La valeur de 4,55 milliards d'années (ou 4,55 Ga, giga-années) qu'il trouva, fut confirmée par la suite, et reste aujourd'hui l'âge universellement admis de notre planète.

LA RADIOACTIVITE ET LES HORLOGES GEOLOGIQUES

Certains éléments chimiques, comme l'uranium ou le thorium sont naturellement radioactifs, c'est-à-dire que leurs noyaux atomiques sont instables et se désintègrent en donnant naissance à des noyaux d'autres éléments chimiques.

La vitesse à laquelle se produit la désintégration est caractéristique d'un élément donné. On définit ainsi la période radioactive d'un élément comme le temps nécessaire à la désintégration de la moitié des atomes présents initialement (voir fig. 1). Chaque noyau de l'élément père radioactif P qui se désintègre donne bien sûr naissance à un noyau fils d'un autre élément, dit radiogénique F. C'est en mesurant les quantités respectives des éléments P et F, la période radioactive T étant connue, que l'on peut calculer l'âge d'un minéral ou d'une roche.

En réalité, on doit parler d'isotope radioactif plutôt que d'élément radioactif. Un même élément chimique E

possède en effet souvent plusieurs isotopes : noyaux ayant le même nombre de protons (Z) mais des nombres de neutrons (N) différents et donc des masses atomiques (A) différentes. Ils sont notés ${}^A_Z\text{E}$. Tous les isotopes d'un élément chimique radioactif ne sont pas forcément radioactifs. Par exemple, le carbone possède 3 isotopes ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_6\text{C}$ dont seul ${}^{14}_6\text{C}$ est radioactif. De même, parmi les trois isotopes du potassium (${}^{39}_{19}\text{K}$, ${}^{40}_{19}\text{K}$, ${}^{41}_{19}\text{K}$) seul le ${}^{40}_{19}\text{K}$ est radioactif. Les deux isotopes principaux de l'uranium, ${}^{238}_{92}\text{U}$ et ${}^{235}_{92}\text{U}$ sont tous deux radioactifs mais avec des périodes différentes.

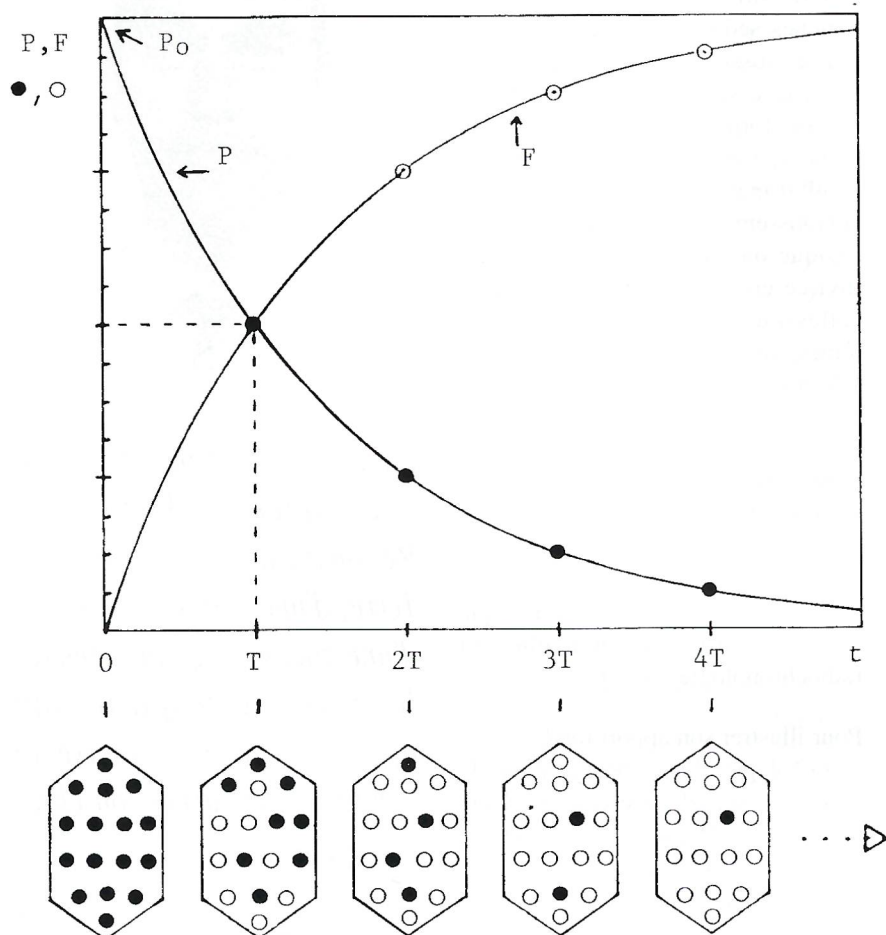
Les désintégrations radioactives naturelles sont de deux types principaux : la désintégration α où la particule émise correspond à un noyau d'hélium (2 protons et 2 neutrons). L'isotope ${}^A_Z\text{E}$ de l'élément E est transformé en un isotope ${}^{A-4}_{Z-2}\text{C}$ d'un autre élément chimique C. Et la désintégration β où la particule émise est un électron (β^-) ou un positron (β^+). L'isotope ${}^A_Z\text{E}$ est transformé

dans ce cas en un isotope ${}^A_{Z+1}\text{F}$ (désintégration β^-) de l'élément F ou en un isotope ${}^A_{Z-1}\text{D}$ de l'élément D (désintégration β^+). Les désintégrations α ou β sont souvent accompagnées de l'émission de rayons γ (photons d'énergie égale ou supérieure à celle des rayons X).

La loi fondamentale de la radioactivité indique que le nombre d'atomes d'un isotope radioactif qui se désintègrent par unité de temps ($\frac{dN}{dt}$) est proportionnel au nombre d'atomes présents N : $\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N$; λ est appelé la constante radioactive. Si N_0 est le nombre d'atomes présents initialement, le nombre N d'atomes restant à un instant donné t est donc $N = N_0 \exp(-\lambda \cdot t)$. Et la période radioactive T, temps au bout duquel $N = \frac{N_0}{2}$, est égale à $\frac{\ln 2}{\lambda}$.

Le nombre d'atomes de l'isotope père au temps t est donc : $P = P_0 e^{-\lambda t}$ [1].

Figure 1 - Désintégration radioactive $P \rightarrow F$ et évolution des nombres d'atomes correspondants.



Le nombre d'atomes de l'isotope fils F est donné par $F = P_0 - P + F_0$. $P_0 - P$ représente le nombre d'atomes de P qui ont disparu, et donc le nombre d'atomes de F créés par la désintégration de P, F_0 est le nombre d'atomes de F qui ont pu être incorporés initialement dans le minéral. En tenant compte de l'équation de désintégration radioactive [1], on obtient $F = P(e^{\lambda t} - 1) + F_0$ [2].

La plupart des méthodes de radiochronologie sont basées sur l'équation [2]. Elles impliquent bien sûr que le minéral ou la roche soit resté, après sa formation, en milieu clos (ni perte ni gain de P ou F). Le cas le plus simple est celui où le minéral ou la roche n'incorpore pas d'élément fils lorsqu'il cristallise ($F_0 = 0$). C'est le cas pour la méthode potassium argon ($^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$) appliquée aux roches volcaniques. L'argon qui est un gaz s'échappe facilement d'une lave en fusion qui s'épanche à la surface. Lorsque la lave se solidifie et se transforme en roche volcanique, elle ne contient plus d'argon. Au cours du temps, la désintégration du potassium (^{40}K) va produire des atomes d'argon (^{40}Ar) qui vont rester dans la roche solide. La mesure des teneurs en K et Ar de la roche permettra de calculer le temps écoulé depuis sa consolidation et donc l'âge de l'éruption.

F_0 peut également être négligé lorsque l'on utilise des minéraux suffisamment riches en élément radioactif P pour que le nombre d'atomes fils F produits par désintégration soit beaucoup plus grand que le nombre d'atomes initial F_0 . Tel est le cas avec les méthodes uranium-plomb ($^{238}\text{U} - ^{206}\text{Pb}$; $^{235}\text{U} - ^{207}\text{Pb}$) appliquées à des minéraux riches en U comme les zircons. Ce minéral (silicate de zirconium) peu abondant, est néanmoins présent dans tous les granites.

Lorsque le terme F_0 ne peut être négligé, le problème est résolu en analysant plusieurs minéraux d'une même roche (ou plusieurs roches d'un même massif plutonique), ayant

L'ÂGE DES DERNIÈRES ÉRUPTIONS DE LA CHAÎNE DES PUYs

De nombreuses datations ont permis de déterminer l'âge du volcanisme de la Chaîne des Puy's; Pour l'essentiel, la chaîne s'est édiflée entre 70 000 et 6 000 ans B.P. (suivant la convention adoptée pour les datations ^{14}C , B.P. signifie "before present", avant le présent, par convention l'année de référence 1950). Dans cette gamme d'âge, plusieurs méthodes sont utilisables : le potassium argon (K-Ar) qui permet maintenant de dater des coulées d'une dizaine de milliers d'années seulement, les déséquilibres $^{238}\text{U} - ^{230}\text{Th}$ (de quelques milliers d'années jusqu'à 300 000 ans), le ^{14}C (de 0 à 50 000 ans au maximum) et de la thermoluminescence (TL, jusqu'à plus de 100 000 ans). Cette dernière méthode, en partie développée et appliquée par une équipe de l'Université Blaise Pascal (J. Fain, D. Miallier) est basée sur les effets de la radioactivité sur les minéraux (apparition d'un phénomène de luminescence lorsque le minéral est chauffé ; l'intensité du phénomène étant proportionnelle à l'irradiation reçue par le minéral et donc à l'âge de celui-ci, il est possible de calculer ce dernier si l'on connaît les teneurs en éléments radioactifs du minéral et / ou de la roche environnante). Elle a permis par exemple de dater le trachyte du Puy de Dôme à environ 10 000 ans.

Dans la Chaîne des Puy's au sens strict, la coulée basaltique la plus jeune est celle issue des célèbres Puy's de la Vache et de Lassolas : 7 650 ans B.P. : cette datation obtenue sur des bois carbonisés découverts sous la coulée à St-Saturnin (H. Pelletier, 1959) constitue d'ailleurs la première application de la méthode ^{14}C à la volcanologie. Cependant, dans le prolongement de la Chaîne des Puy's, mais à la limite Monts Dore - Cézallier, les volcans du groupe Pavin - Montchal - Montcineyre sont plus récents (aux alentours de 6 000 ans B.P.). Et certaines retombées de cendres volcaniques retrouvées dans des tourbières, et datées grâce à des mesures du ^{14}C sur les niveaux de tourbes qui les entourent, pourraient être encore plus jeunes ! Le lecteur pourra trouver une chronologie détaillée et les références correspondantes dans le livret et la carte "Volcanologie de la Chaîne des Puy's" (A. De Goër, G. Camus et coll., 3^e édition, 1991, Guide du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne).



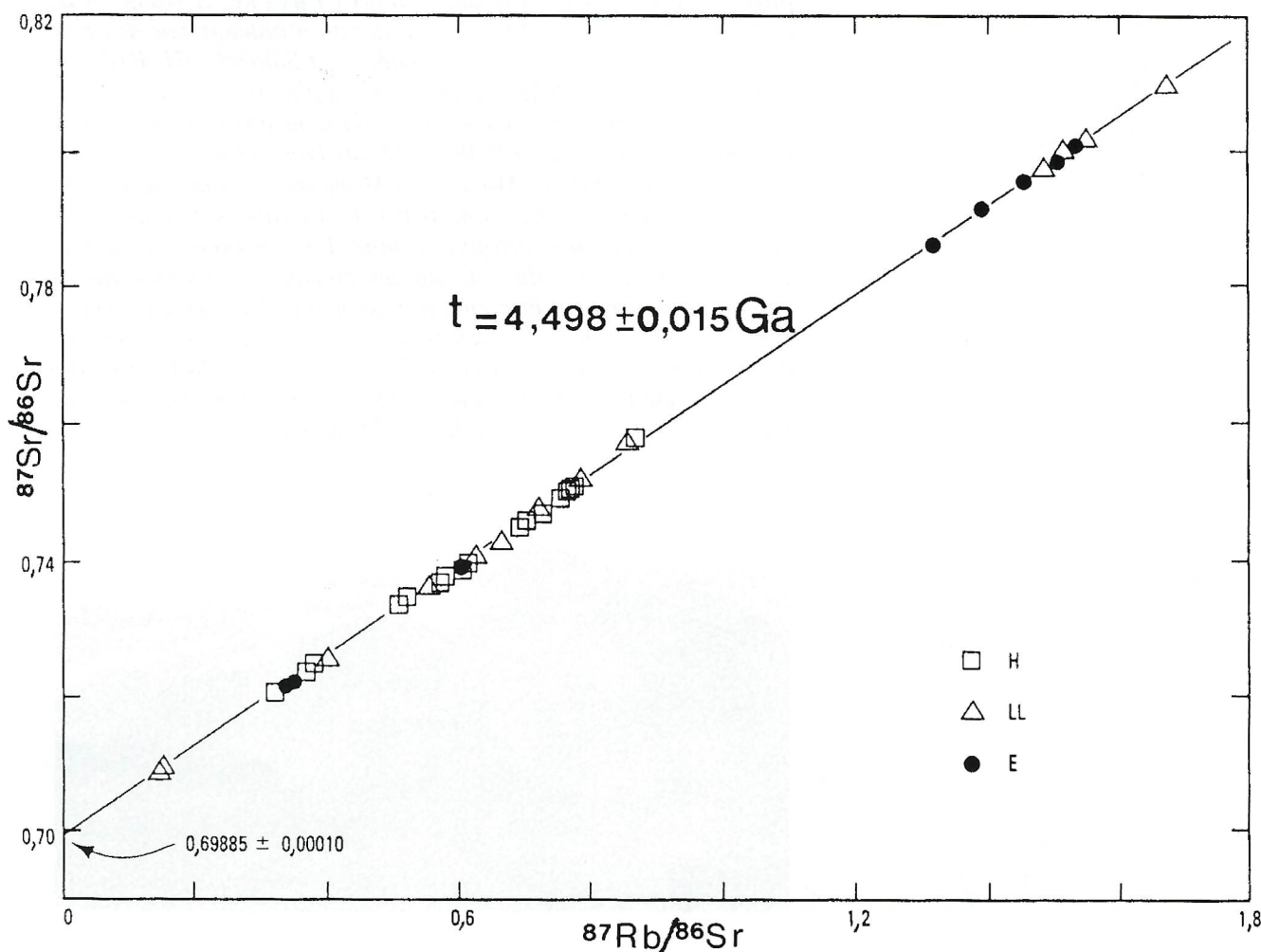
le même âge, et en utilisant un diagramme appelé diagramme isochrone, comme dans la méthode rubidium-strontium ($^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$). Chaque membre de l'équation [2], où F et P représentent respectivement le ^{87}Sr et le ^{87}Rb , est alors divisé par le nombre d'atomes de ^{86}Sr , un isotope stable du Sr, dont la quantité n'a donc pas varié depuis l'instant initial. Les rapports $\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$ et $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$ actuels sont mesurés ; l'âge t peut être calculé si le rapport $(\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}})_0$ est connu. Or ce rapport doit être le même dans tous les minéraux qui cristallisent à partir d'un magma pour donner une roche plutonique, puisque ^{87}Sr et ^{86}Sr , étant isotopes du même élément, auront le même comportement chimique. Les rapports $\frac{\text{Rb}}{\text{Sr}}$ des divers minéraux seront eux différents, en fonction de la capacité particulière de chaque minéral d'incorporer le Rb ou le Sr dans son réseau cristallin. Il est alors aisé de voir que les points représentatifs des minéraux vont

s'aligner, dans un diagramme $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}} - \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$, sur une droite de pente $p = e^{\lambda t} - 1$ et d'ordonnée à l'origine $(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}})_0$. La pente permet ainsi de calculer l'âge de la roche. D'autres méthodes, comme le samarium-néodyme ($^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Nd}$) s'appuient sur des diagrammes isochrones du même type.

Toutes les méthodes radiochronologiques dont nous venons de parler utilisent des isotopes radioactifs naturels de très longue période (de l'ordre du milliard d'années). Elles permettent de dater des roches vieilles de quelques millions à quelques milliards d'années. Il existe aussi des isotopes radioactifs naturels de beaucoup plus courte période. Ceux-ci doivent bien-sûr être continuellement produits sur terre, car sinon leur courte période aurait entraîné depuis longtemps leur disparition. Certains sont produits dans les chaînes de désintégration naturelles

de l' ^{238}U , ^{235}U et du ^{232}Th , où les désintégrations en cascade sont constamment entretenues par la radioactivité de longue période des isotopes têtes de chaînes cités ci-dessus : c'est le cas par exemple du thorium 230 (^{230}Th , $T = 75200$ ans) ou du plomb 210 (^{210}Pb , $T = 22$ ans). D'autres isotopes radioactifs de courte période sont formés par des réactions nucléaires naturelles provoquées par exemple par le rayonnement cosmique (flux de particules, essentiellement des protons, en provenance de l'espace et qui irradie continuellement l'atmosphère et la surface de la terre). C'est ainsi qu'est produit le carbone 14 (^{14}C) de période $T = 5730$ ans, à partir de l'azote de l'atmosphère.

Figure 2 - Isochrone Rb-Sr de 38 météorites (chondrites des classes H, LL et E) donnant un âge de 4,5 milliards d'années (d'après Minster et al., 1982).



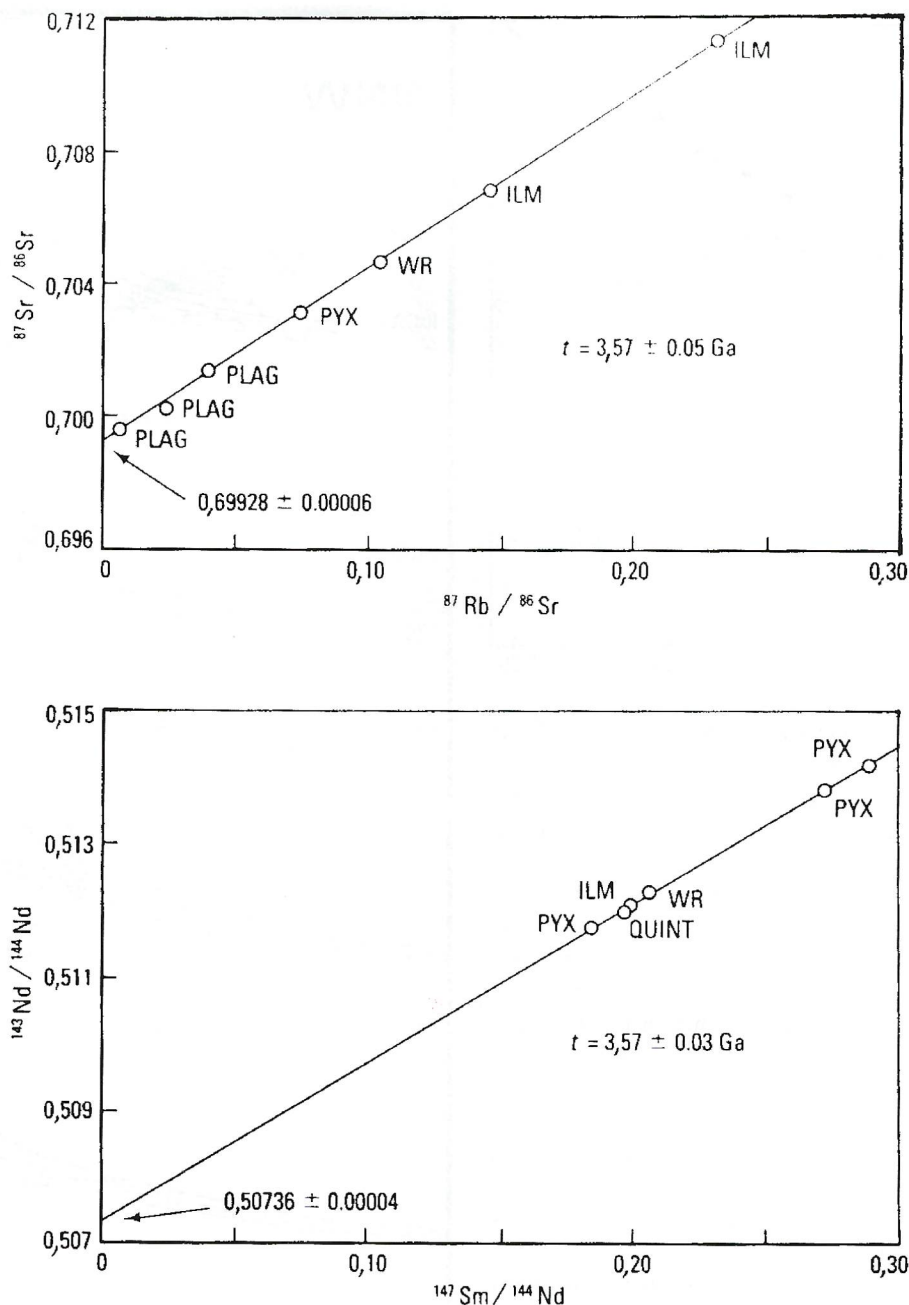


Figure 3 - Isochrones Rb-Sr et Sm-Nd obtenues grâce aux minéraux extraits d'un basalte de "mer lunaire" (PLAG = plagioclase ; Pyx = pyroxène ; WR = roche totale ; ILM = ilménite ; QUINT = "quintessence" : mélange de minéraux très fins). Les deux méthodes donnent le même âge de 3,57 milliards d'années (d'après Papanastassiou et al., 1977).

La méthode du ^{14}C , à coup sûr la méthode la plus connue du grand public, est basée sur l'équation [1]. Elle permet de dater les matériaux carbonés (bois et diverses matières organiques végétales ou animales, et

parfois le carbonate de calcium des coquilles de mollusques ou des coraux) jusqu'à un âge maximum de 50 000 ans. L'instant initial pour cette méthode est celui où cessent les échanges avec le carbone atmosphérique. Si la concentration initiale du matériau en ^{14}C est identique à la concentration actuelle dans le même type de matériau (concentration que l'on peut déterminer), alors, la mesure de la teneur résiduelle en ^{14}C permettra de calculer directement, à partir de l'équation [1], l'âge de ce matériau. L'hypothèse de base de la méthode du ^{14}C est que la concentration du ^{14}C dans l'atmosphère est restée constante au cours du temps.

On sait maintenant que ce n'est pas le cas et que des variations de plusieurs pourcents se sont produites dans le passé. Malgré ces incertitudes, cette méthode reste très utile pour l'archéologie et la géologie du quaternaire récent.

L'éventail des techniques radiochronologiques n'a cessé de s'étendre depuis la découverte de la radioactivité naturelle. Nous n'avons cité ci-dessus que les plus connues d'entre elles, et nous allons donner maintenant quelques exemples de leurs applications en géologie.

QUELQUES EXPLICATIONS

Nous avons déjà évoqué au début de cet article l'une des applications les plus spectaculaires de la radiochronologie, celle qui a permis de déterminer l'âge des météorites, du système solaire et de la Terre. De nombreuses datations de météorites récoltées à la surface terrestre ont montré que les plus primitives appelées chondrites, ont toutes un âge voisin de 4,55 Ga, avec, entre elles, des différences d'âge de quelques dizaines de millions d'années au maximum (fig. 2). L'âge de la Terre est obtenu indirectement en utilisant, à la suite de Patterson la méthode dite Pb - Pb. Celle-ci dérivée des méthodes ^{238}U - ^{206}Pb et ^{235}U - ^{207}Pb , permet d'obtenir un âge à partir de la seule mesure des rapports $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ et $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Dans un diagramme où ces 2 rapports sont reportés en abscisse et ordonnée, les chondrites définissent une isochrone dont la pente fournit l'âge de 4,55 Ga. Or, sur cette même isochrone se placent les points représentatifs des sédiments océaniques terrestres et de minerais de plomb (galènes) récents, ces deux types de matériaux étant supposés fournir la composition isotopique moyenne du plomb terrestre. La Terre a donc un âge identique à celui des météorites.

Toute la chronologie de l'archéen (plus de 2,5 Ga) et du Protérozoïque

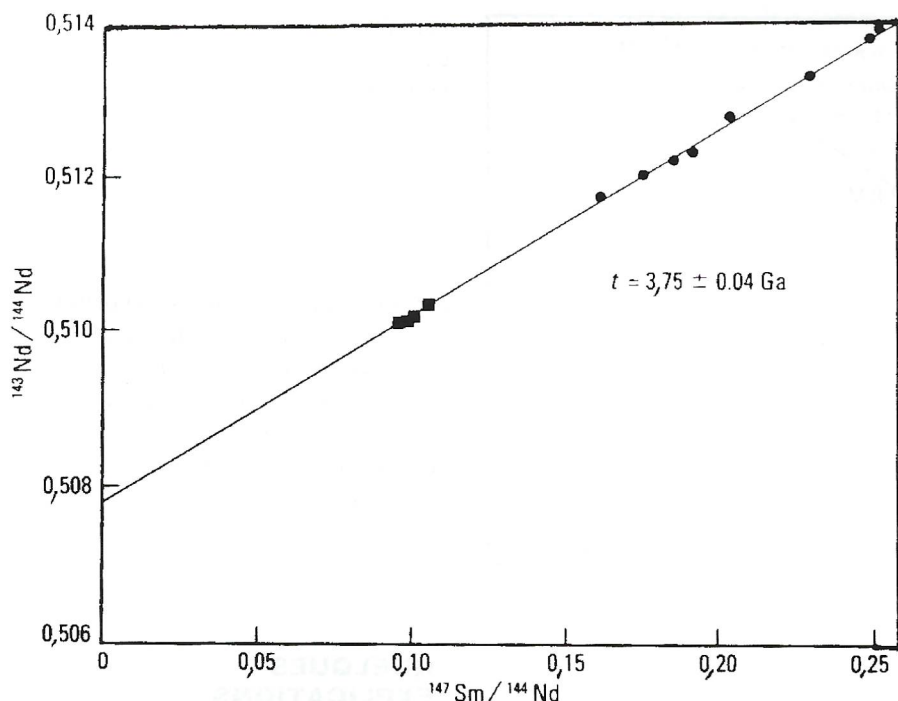
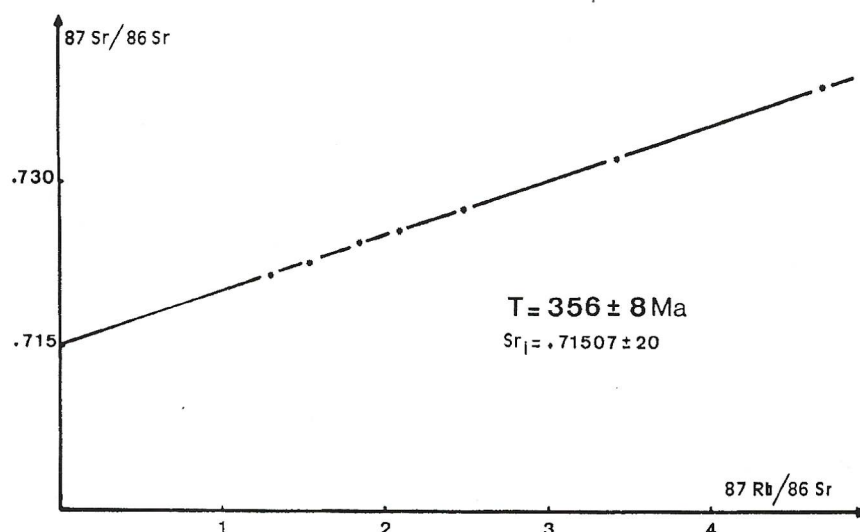


Figure 4 - Isochrone Sm-Nd des roches d'Isua (Groënland) qui sont parmi les plus vieilles connues sur terre (d'après Hamilton et al., 1978, 1983).

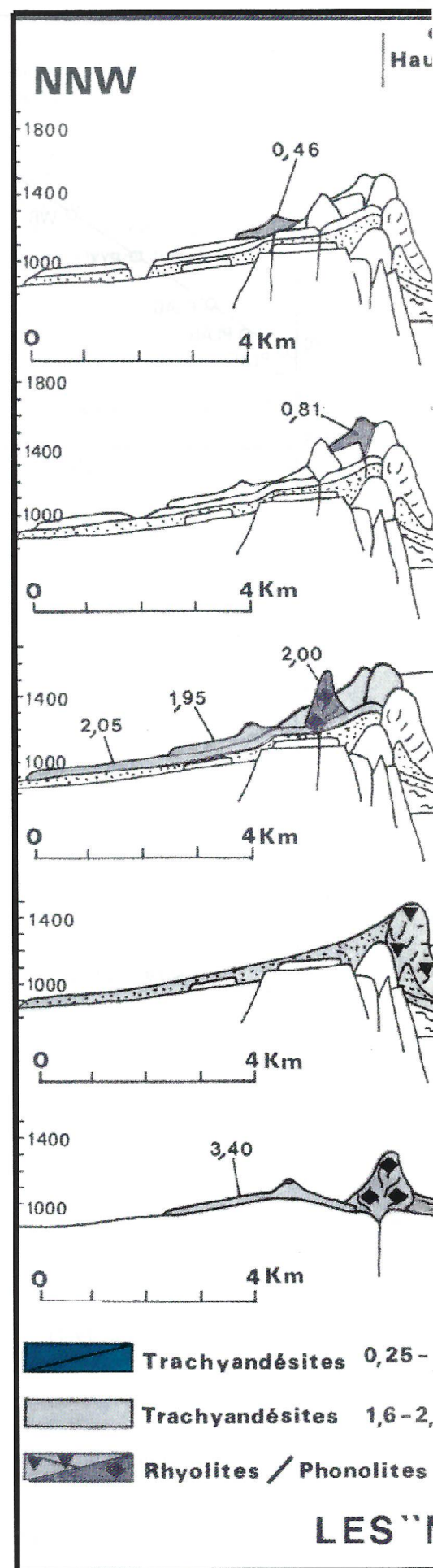
(de 540 Ma à 2,5 Ga) n'a pu être établie que grâce à des milliers de datations radiochronologiques sur des roches de tous les continents, ne contenant pratiquement jamais de fossiles.

Les âges de roches lunaires rapportées par les missions Luna et Apollo successives ont pu être mesurés grâce aux

Figure 5 - Isochrone Rb-Sr du granite de Guéret dans le Massif Central (d'après Berthier et Duthou, 1979).



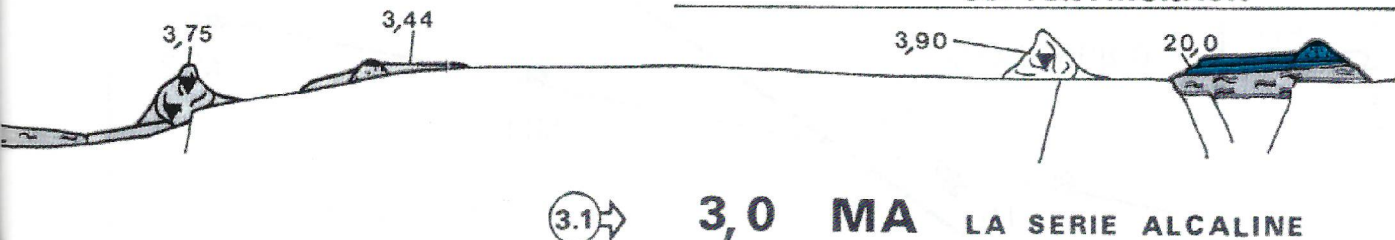
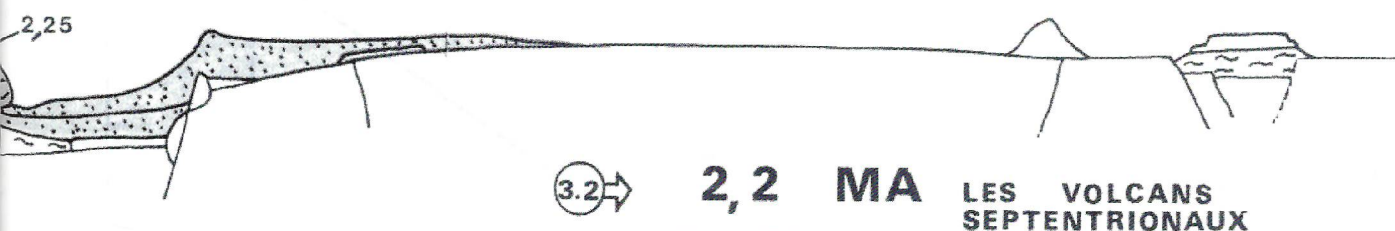
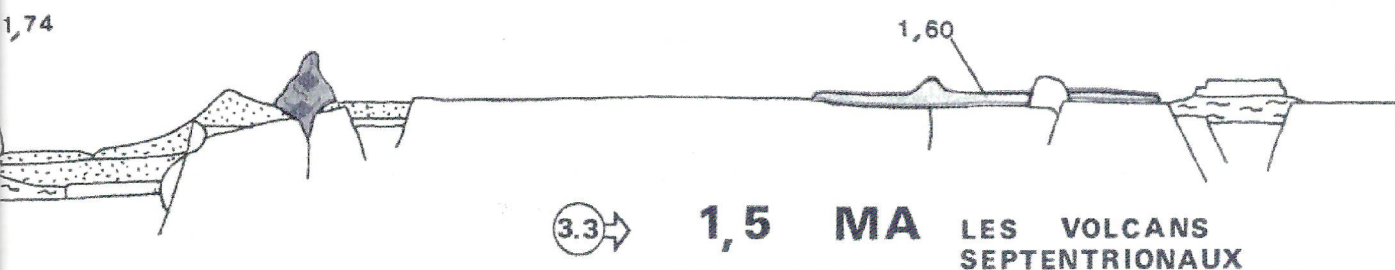
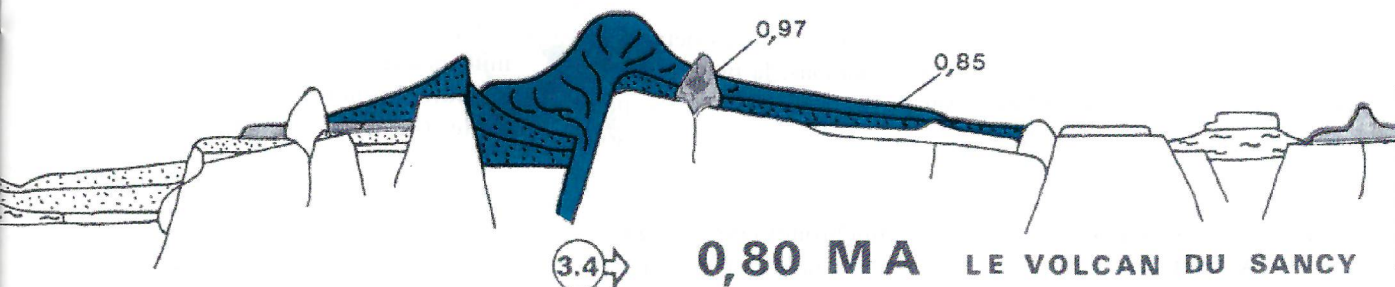
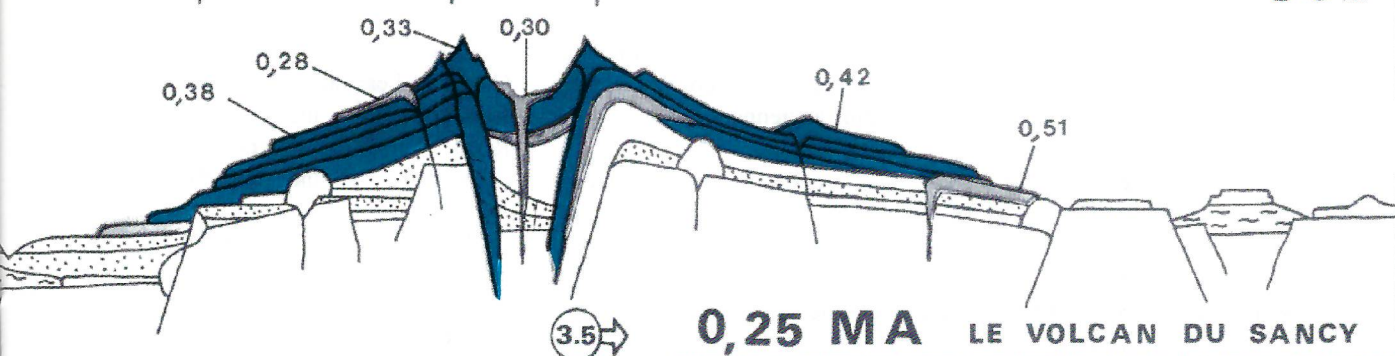
méthodes Rb-Sr, Sm-Nd et ^{39}Ar - ^{40}Ar (une variante de la méthode K-Ar). Ces datations ont permis de mieux comprendre l'histoire géologique de la Lune. Quelques roches lunaires ont été datées entre 4,4 et 4,5 Ga : elles fournissent l'âge de formation de la croûte lunaire. Entre 4,5 et 3,8 Ga, la lune a subi un intense bombardement par des météorites de tailles variées produisant les cratères d'impact bien connus et de grands bassins, résultant du choc avec de très gros astéroïdes de plusieurs dizaines de km de diamètre. Ces bassins furent ensuite partiellement comblés par des coulées de basalte (de 3,9 à 3,1 Ga pour l'essentiel), donnant naissance aux "mers" lunaire (fig. 3).



caldéra
te Dordogne

caldéra
Sancy

SSE



0,50/0,50-0,85 MA

6 MA

 Basaltes /Téphrites

 Pyroclastites

 Sédiments

MONTS -DORE'' - coupes synthétiques

Figure 6 - Evolution chronologique du volcanisme des Monts Dore établie grâce à de multiples datations K-Ar des roches volcaniques du massif (d'après Cantagrel et Baubron, 1983).

Le volcanisme a pu se poursuivre, avec de moins en moins d'intensité, jusque vers 1 Ga, date à laquelle toute activité interne de la lune a cessé.

Sur notre Terre, planète active géologiquement depuis l'origine jusqu'à nos jours, il n'est pas possible de trouver des roches remontant à l'époque même de sa formation. Cependant, les méthodes radiochronologiques (Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb...) ont permis de dater des roches ou des minéraux très anciens. Ainsi des roches métamorphiques et plutoniques de 3,7 - 3,8 Ga affleurent à l'ouest du Groënland (fig. 4) ; elles sont les témoins d'une croûte continentale très vieille. D'autres roches de plus de 3,5 Ga ont été trouvées aux Etats-Unis, en Australie, en Afrique, en Antarctique... Des zircons de granites métamorphisés et transformés en gneiss dans le bouclier canadien ont fourni un âge de cristallisation des granites de $3,962 \pm$

0,003 Ga. Ces granites sont jusqu'à présent les roches les plus vieilles connues sur Terre, mais la découverte de zircons de 4,0 à 4,3 Ga dans des roches sédimentaires d'Australie suggère l'existence d'une croûte terrestre encore plus ancienne.

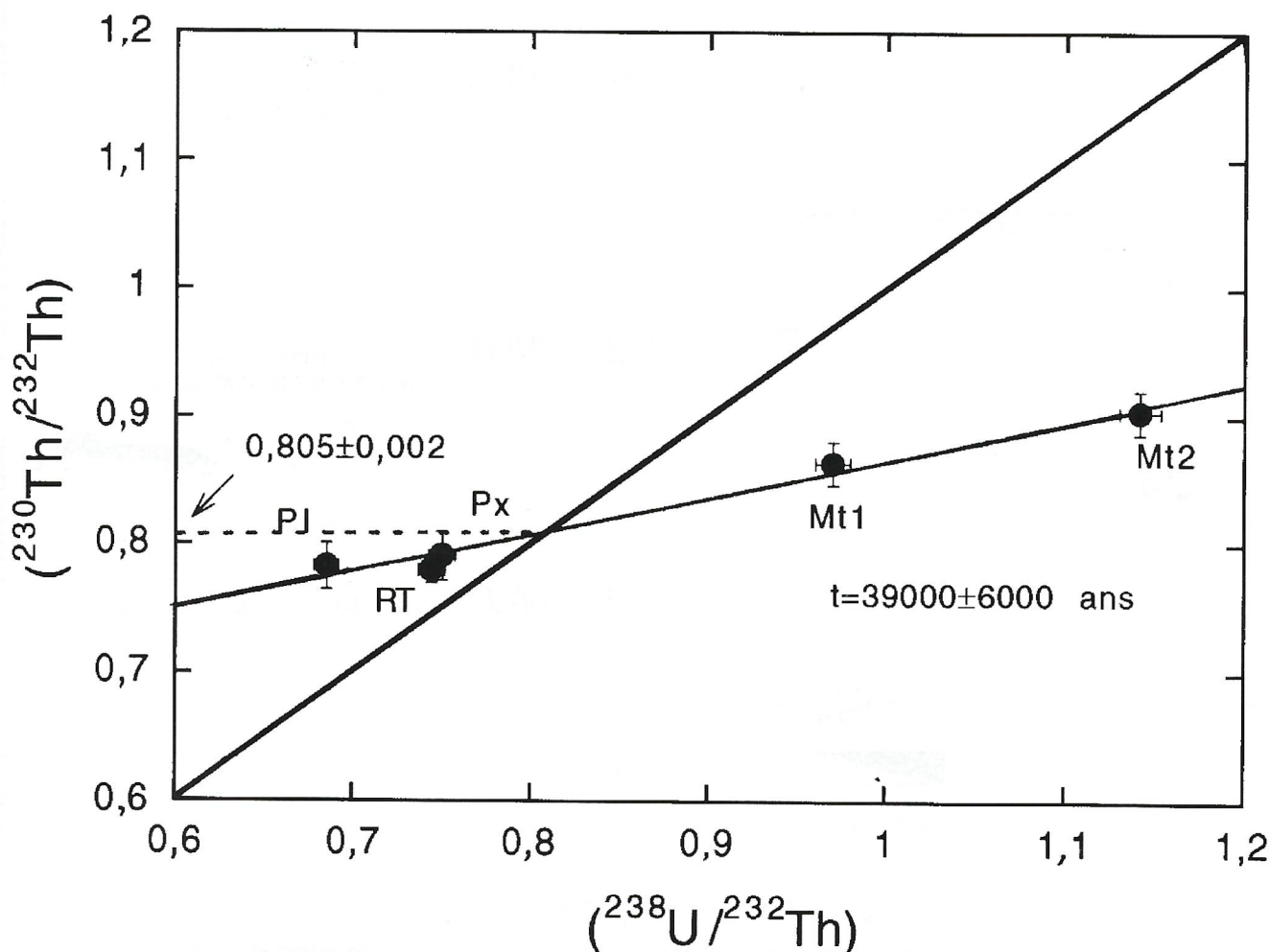
L'échelle stratigraphique du phanérozoïque (les "temps fossilifères" qui débutent avec l'ère primaire, il y a 540 millions d'années), depuis longtemps établie grâce aux fossiles des roches sédimentaires a pu être calibrée en millions d'années et les âges des principales limites définies, grâce à des datations, la plupart du temps sur des roches plutoniques, parfois sur les roches sédimentaires elles mêmes.

La radiochronologie joue aussi un rôle majeur dans la reconstitution de l'histoire géologique des chaînes de montagnes anciennes. C'est ainsi que l'étude de la chaîne hercynienne d'Europe (il y a environ 300 millions

d'années) n'aurait pas été possible sans de multiples datations précises de ses granites et roches métamorphiques (en particulier dans le Massif Central que les chercheurs de Clermont-Ferrand ont étudié en détail, sous l'impulsion initiale de Maurice Roques, un des pionniers de la radiochronologie en France) (fig. 5).

Mais la radiochronologie n'est pas seulement utile dans les périodes anciennes de l'histoire de la Terre. Pour étudier par exemple la construction d'un grand stratovolcan, qui peut s'étendre sur quelques centaines de milliers à quelques millions d'années, la radiochronologie est irremplaçable. C'est, par exemple, grâce à

Figure 7 - Isochrone ^{238}U - ^{230}Th obtenue grâce aux minéraux d'une coulée de lave de la Chaîne des Puys : la coulée d'Olby (39 000 ans - Pl = plagioclase ; Px = pyroxène ; Mt1, Mt2 = magnétites ; RT = roche totale) (d'après Condomines, 1978).



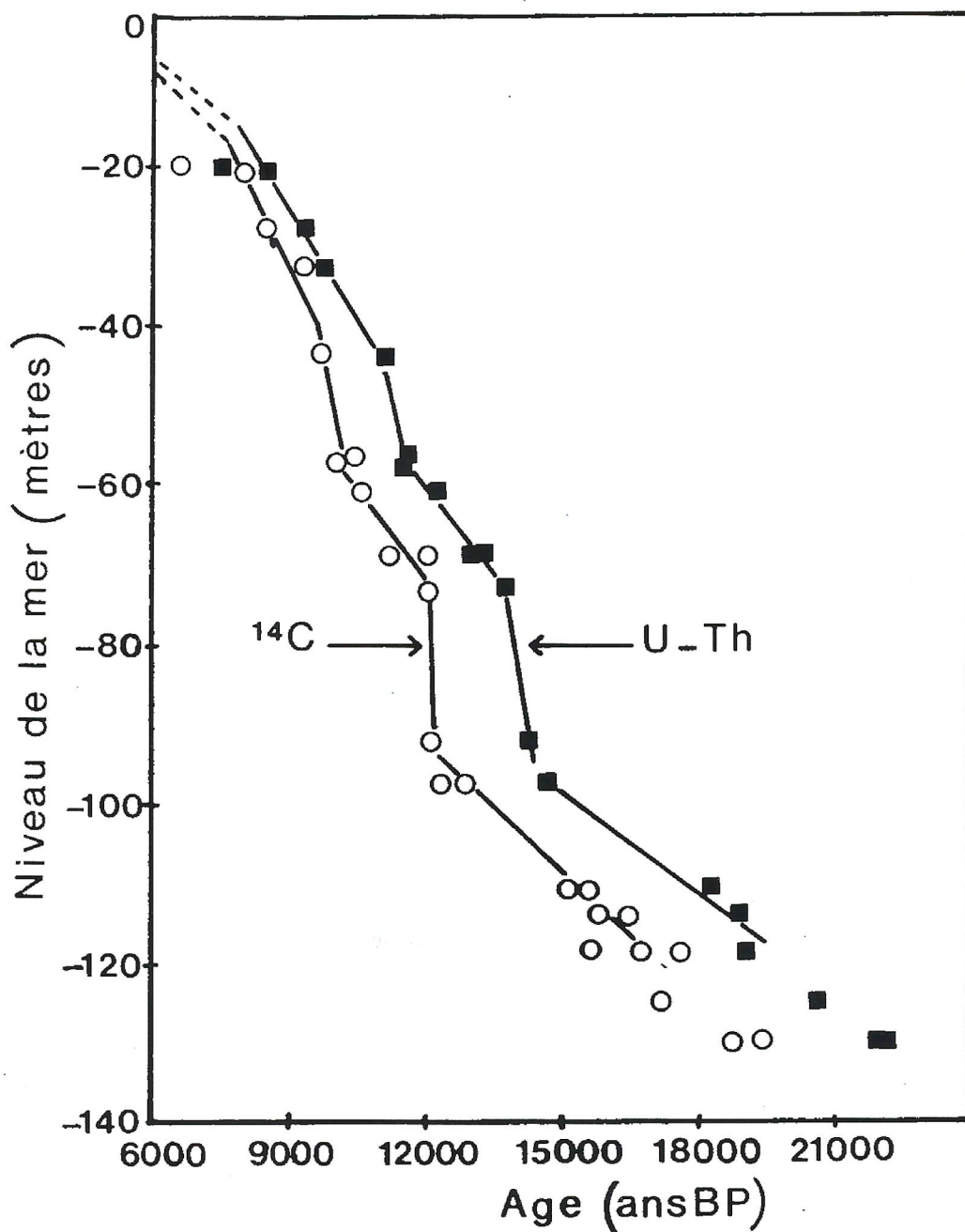


Figure 8 - Datations par les méthodes ^{238}U - ^{230}Th et ^{14}C de coraux submergés de la Barbade (Petites Antilles). Ces données permettent de reconstituer l'évolution du niveau de la mer (par rapport au niveau actuel) au cours de la dernière déglaciation. Elles mettent en outre en évidence la différence systématique des âges obtenus par les deux méthodes. Les âges ^{14}C sont trop jeunes au-delà de 9 000 ans (d'après Bard et al., 1990).

plus d'une centaine de datations par la méthode K-Ar que l'histoire et l'évolution du Massif volcanique des Monts Dore ont pu être reconstituées, depuis environ 3 Ma jusqu'à 250 000 ans, date des dernières éruptions du Sancy (fig. 6).

L'utilisation des isotopes de plus courte période (^{14}C , ^{230}Th) a permis d'obtenir une chronologie précise des événements quaternaires. On sait ainsi mesurer l'âge de sédiments prélevés par carottage au fond des océans et déterminer les vitesses de sédimentation (méthode ^{238}U - ^{230}Th). Cette même méthode peut être appli-

quée à la datation de roches volcaniques (fig. 7), de carbonates marins (coraux) (fig. 8), ou continentaux (concrétions stalagmitiques dans les grottes). L'ensemble des données acquises sur tous ces matériaux a permis d'établir une chronologie précise des variations climatiques (et de celle du niveau des océans qui en découle) au cours du quaternaire. C'est ainsi que l'on a pu montrer que la succession des dernières périodes glaciaires et inter-glaciaires (avec une périodicité d'environ 120 000 ans) pouvait être expliquée par des causes externes : les variations dans les paramètres astronomiques qui régissent la rotation et le

mouvement orbital de la Terre autour du soleil (théorie de Milankovitch).

Les horloges radioactives peuvent même servir aux géologues pour dater des phénomènes de moins de 100 ans. Le ^{210}Pb , par exemple, sert à mesurer le taux d'accumulation des glaces prélevées dans des glaciers ou sur les calottes polaires (fig. 9), mais aussi la vitesse de sédimentation dans certains lacs ou bassins côtiers où celle-ci est très rapide. On peut ainsi, grâce à la datation précise des différents niveaux d'une carotte (de glace ou de sédiments) suivre l'évolution de la pollution au cours du dernier siècle.

EN GUISE DE CONCLUSION

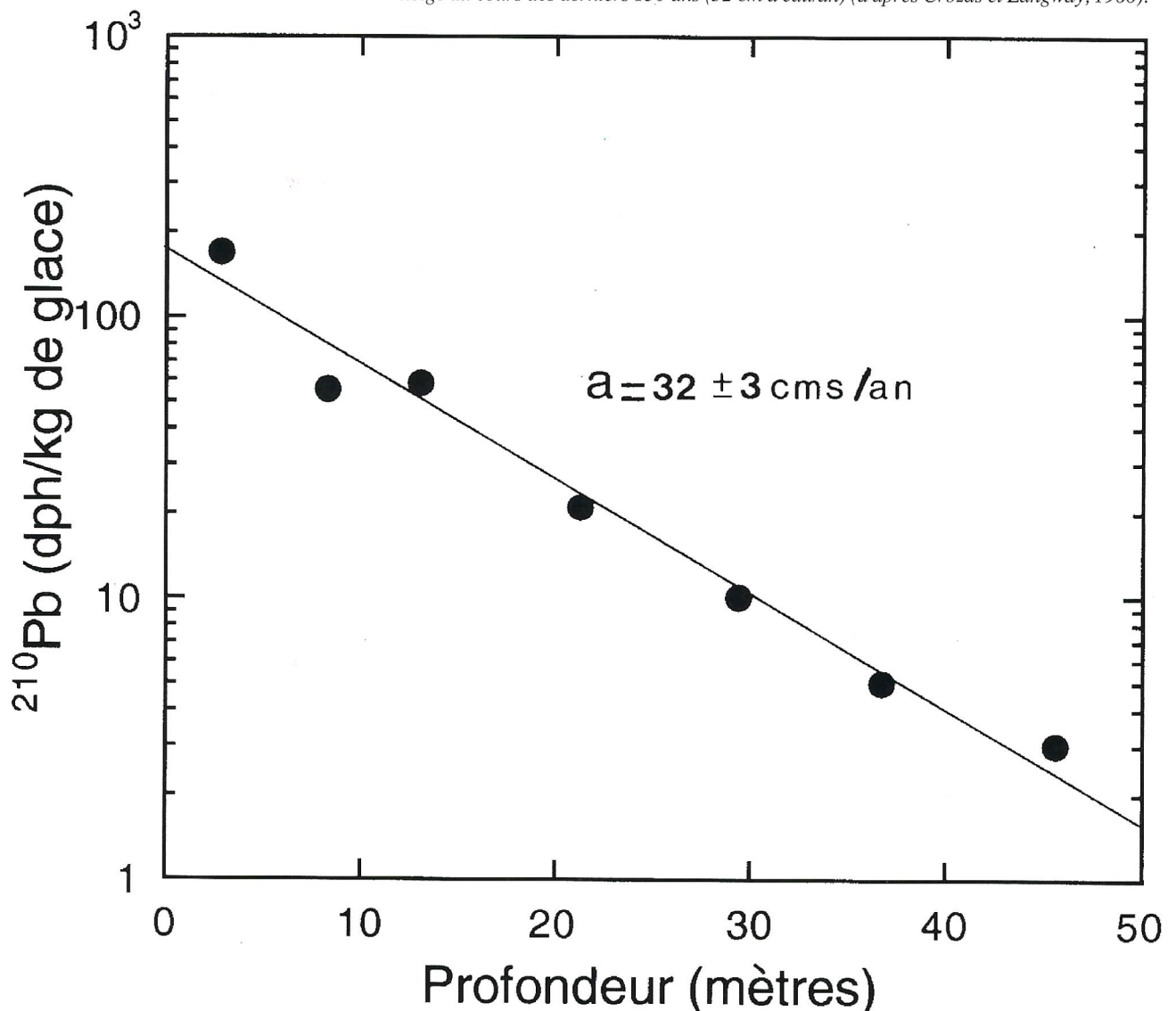
Nous n'avons abordé ici que l'un des aspects des liens entre radioactivité et géologie. Il ne faudrait pas oublier cependant que l'énergie apportée par la désintégration des éléments radioactifs naturels au sein de notre planète contribue à son flux de chaleur et assure le maintien de son activité interne. L'âge de la Terre calculé par Lord Kelvin était faux car il ne pouvait précisément pas prendre en compte l'énergie radioactive.

D'autre part les rapports isotopiques utilisés dans plusieurs méthodes radiochronologiques, comme les rapports $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$ peuvent servir de traceurs de l'évolution de la croûte et du manteau terrestre et de leurs interactions : c'est le vaste domaine de la géochimie isotopique.

Le géologue moderne n'est plus seulement un homme de terrain, il travaille aussi dans des laboratoires équipés d'instruments complexes de physique et de chimie, et les liens entre ces trois sciences ne cessent de se développer. La radiochronologie reste un des meilleurs exemples de cette nécessaire collaboration. Elle a permis des avancées fondamentales et elle est maintenant un outil indispensable dans la plupart des domaines des Sciences de la Terre et pour toutes les périodes de l'histoire géologique. La radioactivité naturelle a, en quelque sorte, fourni aux géologues les moyens de devenir les "maîtres du temps" !

M. Condomines a fait ses études supérieures de géologie à Montpellier puis à Paris où il a préparé sa thèse de Doctorat au laboratoire de Géochimie et Cosmochimie de l'Institut de Physique du Globe. Assistant à l'Université de Paris VII de 1971 à 1982, il est ensuite nommé physicien à l'OPGC de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Fd. M. Condomines est spécialisé dans l'étude des nuclides naturels de courte période qui sont utilisés comme traceurs de la dynamique des magmas volcaniques. Il est responsable du groupe volcanologie nucléaire des magmas.

Figure 9 - Décroissance de l'activité du ^{210}Pb (en désintégrations par heure et par kg de glace) en fonction de la profondeur (en mètres d'équivalent-eau) dans une carotte de glace du Groënland. Ces mesures permettent de calculer un taux moyen d'accumulation de la neige au cours des derniers 150 ans (32 cm d'eau/an) (d'après Crozas et Langway, 1966).



Le bout du Tunnel

(Suite)

Mais sommes nous bien sûr que, techniquement, cette gigantesque entreprise aurait pu aboutir ? Les ingénieurs de l'époque, encouragés par de nombreuses réalisations de génie civil (ponts, viaducs, tunnels), liées en particulier au développement des chemins de fer, et portés par un courant d'opinion confiant dans les possibilités de la science, faisaient preuve d'un optimisme qui nous étonne...

Mais revenons à l'histoire où nous l'avons laissée en 1882.

LE PONT REFAIT SURFACE

Après l'échec d'un projet la solution alternative reprend fatalement de la vigueur. A défaut de tunnel pourquoi pas un pont, d'autant plus que la technique a fait des progrès dans ce domaine. Les portées sont devenues considérablement plus grandes et les fondations sous l'eau sont mieux maîtrisées. Un avant projet s'inspirant des travaux de Vérard, puis de Henry d'Aulnois est déposé en 1884, bientôt suivi de la création de la "Channel Bridge & Railway Company" en vue d'obtenir une concession. Le pont reliera le Cap Gris-Nez à Folkestone en passant par les bancs de Colbart et de Varne. On utilisera des travées métalliques de 400 mètres. En 1885 on envisage des

Dans un article précédent (Auvergne-Sciences n° 29), nous avons relaté les principales péripéties qui ont jalonné près d'un siècle de projets de tunnels sous la Manche. La première tentative de percement a échoué en 1882 par la faute des Anglais qui n'étaient pas encore prêts psychologiquement à renoncer à leur insularité.

portées de 600 mètres. On a également prévu le moyen de détruire le pont en cas de besoin !

D'autre part, Hildevert Hersent, expert en constructions maritimes, préconise un pont de chemin de fer à deux voies qui bénéficie des expériences acquises lors de la construction du pont suspendu de Brooklyn, du viaduc de Garabit et du pont sur le Firth of Forth en Ecosse. Seule véritable inquiétude, la possibilité de

travailler à 50 mètres au-dessous du niveau de la mer pour la construction des piles. Le coût est également à prendre en compte : le pont est 4 ou 5 fois plus cher que le tunnel.

Le projet, auquel s'est associé entre temps l'entreprise Schneider, prend corps, grâce à la caution apportée par les réalisateurs du pont de Forth ; il est présenté à l'exposition universelle de 1889 où se dresse la Tour Eiffel. Le pont aura 37,65 km de long et pèsera 100 fois plus que la célèbre Tour ! Gladstone ne s'embarrasse pas de circonlocutions pour affirmer : "Par le Tunnel ou par le Pont, la paix du Monde est assurée" ! Bref, le projet est bien accueilli et la concession demandée. Alors le cycle de compléments d'étude recommence. Finalement le nombre de piles passe de 120 à 75 puis à 66. Tout est prévu dans les moindres détails, y compris le nombre de rivets qu'il faudra changer tous les 25 ans !

On prévoit aussi que les entraves à la navigation ne seront pas négligeables ni les risques d'accidents contre les piles. Des incidents diplomatiques ne manqueront pas de se produire. Aussi le Ministère de la Marine Française est hostile au pont. On reparle du tube immergé. Cette solution est même soutenue par Eiffel. Puis on en vient à la solution mixte préconisée par Philippe Brunau

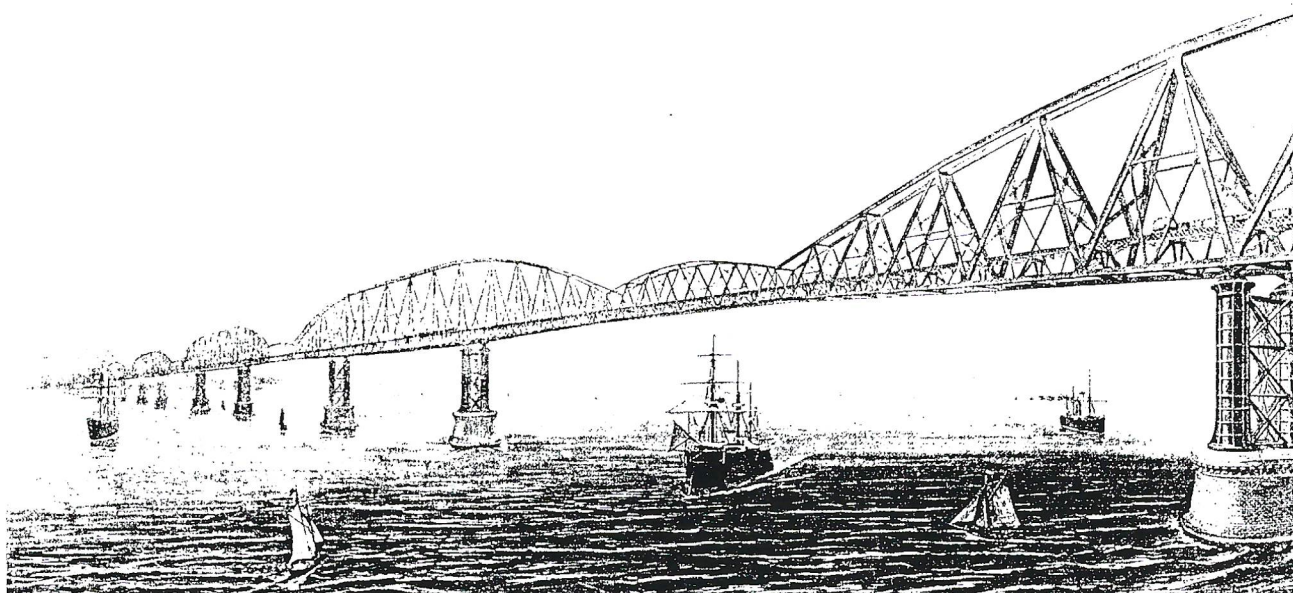


Figure 1 - Le projet du pont Hersent-Schneider de 1889

Varilla (qui a dirigé les travaux du Canal de Panama). De chaque côté, grâce à un viaduc métallique, situé dans les eaux territoriales, on accèdera à un tunnel dont la longueur sera ainsi réduite.

Le projet Brunau-Varilla va rester pendant une vingtaine d'années une alternative crédible sans toutefois être en mesure de vaincre les réticences britanniques.

LES PROJETS DU DEBUT DU XX^e SIECLE

En 1906 le tunnel est à nouveau à l'ordre du jour. Au cours du percement du Simplon les techniques tunnelières ont fait d'incontestables progrès. D'autre part les relations franco-britanniques s'améliorent devant la menace allemande et se concrétisent par une "entente cordiale" en 1904. Un projet remanié est à nouveau présenté par la Compagnie des chemins de fer du Nord. Pour tenir compte des craintes britanniques on prévoit même d'aménager à Douvres les voies d'accès de manière à les exposer aux canons de la citadelle ! Enfin la traction électrique permet de résoudre plusieurs problèmes en autorisant de plus fortes pentes ; elle simplifie également la ventilation.

On s'aperçoit enfin que le tunnel serait utile en temps de guerre pour faciliter les échanges entre les deux pays.

Les circonstances paraissent donc favorables pour obtenir l'agrément du Parlement britannique mais l'opinion publique et les militaires sont toujours hostiles. Le projet est finalement retiré en 1907.

WAIT AND SEE

Commence alors une période riche en événements dont la grande guerre de 1914 n'est pas le moindre. Les partisans et adversaires du tunnel continuent à échanger leurs arguments. Après la guerre on cherche à établir les bases d'une entente économique qui prolongerait l'alliance militaire, mais les Anglais souhaitent monnayer leur adhésion au tunnel contre le renoncement par les Français à militariser la rive droite du Rhin. Ce sont dès lors les Français qui vont se montrer moins enthousiastes pour le projet.

Cependant les différents projets évoluent en tenant compte des perfectionnements techniques qui apparaissent sans cesse, telle la machine à forer de Whitaker, à moteur électrique, qui évacue des déblais à l'aide

de deux vis sans fin. En 1922 on creuse à Abbot's Cliff une galerie d'essai de 128 m à une vitesse comparable à celle des tunneliers actuels.

En Angleterre l'opinion est partagée et les opposants montent une garde vigilante. Le ministère des affaires étrangères va jusqu'à affirmer que la France est un "pays historiquement et naturellement hostile par sa langue, sa mentalité et ses caractéristiques nationales". En 1924, les travaillistes plutôt favorables au projet, arrivent au pouvoir, mais ne font rien, au contraire, pour le faire aboutir.

Un autre élément va compliquer le problème : le développement de l'automobile dans les années 20. Alors que jusque là tous les projets étaient ferroviaires, on commence à se poser le problème de la continuité du réseau routier. En 1930 un nouveau projet prévoit un pont comprenant deux voies de chemin de fer et quatre routières. Des projets de digues sont également envisagés avec passage pour les navires, ainsi qu'un projet de pont sous-marin convenablement lesté, formé d'un double tube de 5 m de diamètre posé sur des piles. Pendant ce temps on prévoit des trains à grande vitesse pouvant atteindre 190 km/h.

1929 : la crise économique fait passer le projet de tunnel au second rang des préoccupations ; bientôt des menaces d'ordre politique et la perspective d'une nouvelle guerre se précisent en Europe. Après un nouveau vote négatif au Parlement l'idée du tunnel est abandonnée. Les promoteurs disparaissent de la scène ou renoncent. Sur le terrain, les installations de Sangatte et Shakespeare Cliff tombent progressivement en ruine.

Les compagnies ferroviaires s'organisent pour faire face au trafic en créant des trains ferrys. En 1936 une ligne de trains directs Londres Paris est ouverte.

Cependant on voit reparaître de temps à autre un nouveau projet. En 1937 on envisage un tunnel routier qui pourrait transporter des troupes. Un autre projet plus ambitieux voit le jour en 1939 : il prévoit deux galeries cylindriques de 12 m de diamètre, avec dans chacune, une chaussée à trois voies, une voie de chemin de fer, un tube pour le transport du courrier par petit chemin de fer... et

une piste cyclable ! En 1944 ce projet, jugé trop coûteux, ne comprendra plus qu'un seul tunnel.

L'APRES-GUERRE

La seconde guerre mondiale a considérablement modifié les données du problème. En particulier la bataille d'Angleterre a montré l'importance de l'aviation.

La paix revenue, les britanniques se tournent vers les Etats-Unis et le Commonwealth plutôt que vers l'Europe. Il faut attendre 1955 pour que le Ministère de la Défense s'aperçoive que le tunnel aurait un intérêt stratégique dans le cadre de l'OTAN.

Alors, progressivement, le projet de tunnel va de nouveau s'imposer. Sous l'impulsion de Louis Armand, président de la SNCF (les chemins de fer français ont été nationalisés en 1937 et les anglais en 1948), un groupe d'étude est constitué en 1957. Ce groupe comprend la Channel Tunnel Company, l'Association Française du

Tunnel sous la Manche, la Compagnie du Canal de Suez (le canal a été nationalisé en 1956) et une société américaine, avec l'appui de la banque Rothschild. Le groupe d'études du Tunnel sous la Manche (GETM) ainsi constitué dispose d'atouts importants pour faire aboutir le dossier : un demi-siècle d'études techniques et une puissance financière non négligeable. Il faudra cependant 10 ans pour le mener à bien. Le GETM va se doter d'un volumineux dossier qui sera à la base du projet retenu en 1985. Mais nous n'en sommes pas encore là !

Le projet du GETM consiste en deux tunnels principaux à voie unique d'un diamètre de 6,58 m et d'un tunnel de service de 3,84 m. Celui-ci sera creusé en avance sur les autres afin de reconnaître le terrain. Des liaisons seront assurées pour la sécurité et les équipements techniques. La nouveauté essentielle est que ce tunnel ferroviaire pourra embarquer des véhicules routiers. Les terminaux seront donc aménagés en conséquence. Le temps total de transfert ne dépassera guère une heure. Le coût est estimé à 1 500 MF.

Figure 2 - Caricature de 1882 :

"Je ne voyagerai plus jamais sur la ligne de la South Eastern avec un Français !"



En même temps un projet crédible de pont est proposé en 1961 par la Société d'Etudes du Pont sur la Manche, présidée par Jules Moch. Ce pont ressemble à celui de 1889 : il comporte des travées courantes de 225 m et 10 grandes travées suspendues de 600 m avec une hauteur libre de 70 m. Son prix est le double de celui du tunnel, mais il permettra d'écouler davantage de trafic (y compris par des pistes cyclables !). Son financement sera privé.

Les deux projets sont également crédibles ! Lequel va l'emporter ?

LE TUNNEL GAGNE

La commission franco-britannique examine les projets et choisit en 1963 le tunnel foré : les techniques de construction sont désormais bien au point. Bien que les risques d'accidents des sous-sols soient jugés très

faibles, la commission recommande de faire réaliser de nouvelles études géologiques et sismiques. Le pont est également jugé réalisable mais présente des risques, compte tenu de la navigation dans la Manche (500 bateaux par jour). De plus il coûte environ deux fois plus cher. Les gouvernements prennent alors une décision de principe en faveur du tunnel en février 1964, en précisant que l'exploitation sera confiée à un organisme public.

Le 8 juillet 1966 Harold Wilson et Georges Pompidou approuvent solennellement le projet. Comme on peut s'en douter beaucoup de temps

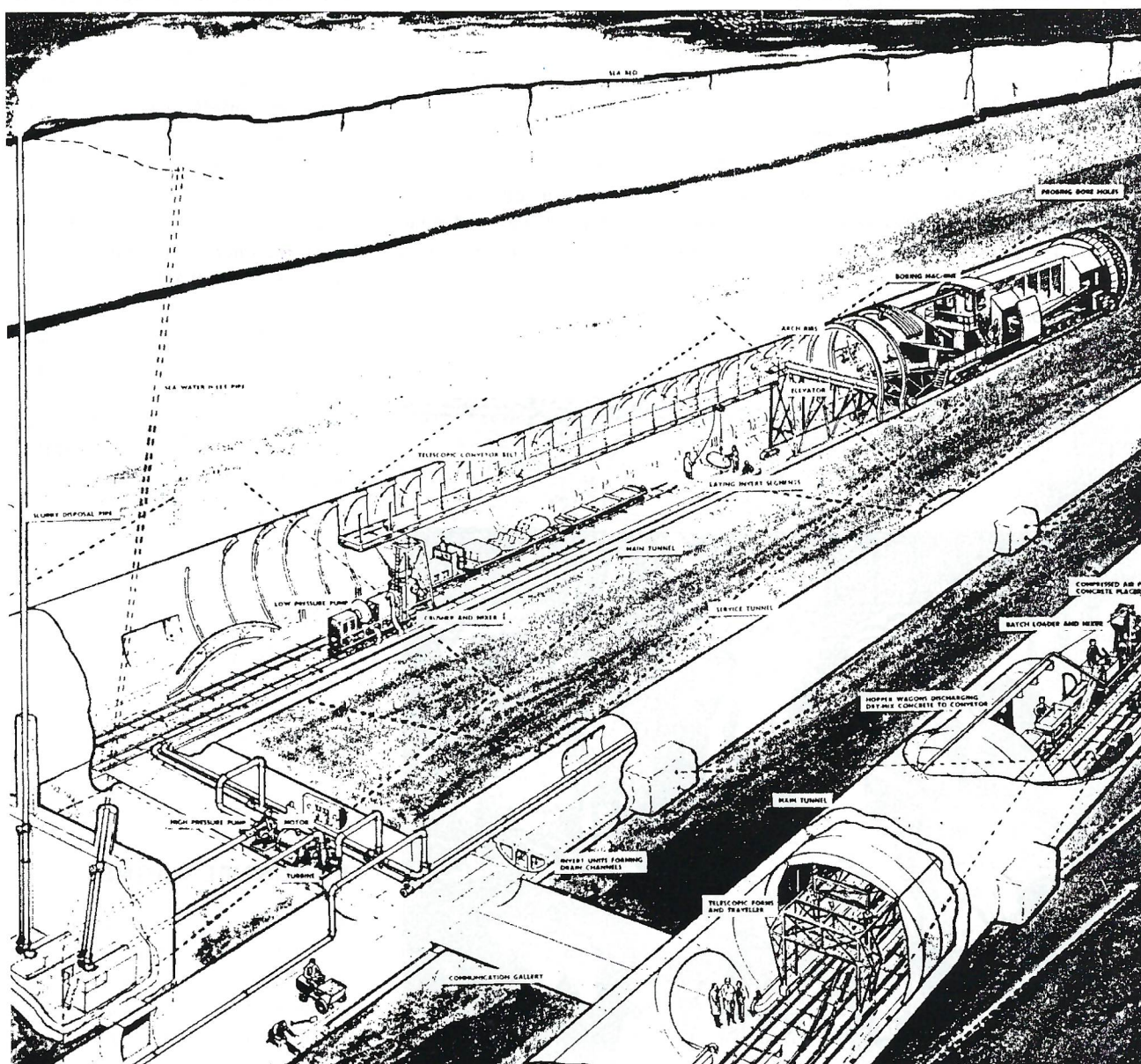
sera encore perdu dans les années suivantes, et pas toujours pour des raisons techniques. Les combats d'arrière garde se multiplient à l'approche du but, d'autant plus que de Gaulle s'oppose à l'entrée de la Grande Bretagne dans le Marché Commun.

Un appel d'offre est cependant lancé en 1967. Le coût est estimé à 1,65 milliards de francs, soit environ le prix du boulevard périphérique de Paris. Trois groupes sont sur les rangs et notamment le GETM. Ces trois groupes fusionnent vers 1970 : le groupe du tunnel sous la Manche est maître d'ouvrage ; il est scindé en

deux sociétés concessionnaires : la Société Française du Tunnel sous la Manche et la British Channel Tunnel Company qui entreprennent en 1972 de nouvelles études préliminaires (!) et estiment le coût, frais financiers compris, à 9,5 milliards de francs. Trois conventions entre sociétés et gouvernements sont alors signées pour l'échelonnement des travaux jusqu'en 1980.

Le tunnel, long de 52 km dont 36 sous la mer aura des rayons de courbure et des pentes qui permettront aux trains de circuler à 200 km/h. Il sera en mesure d'écouler 4500 véhicules par heure, comme une autorou-

Figure 3 - Le projet GETM de 1960 qui préfigure le projet définitif



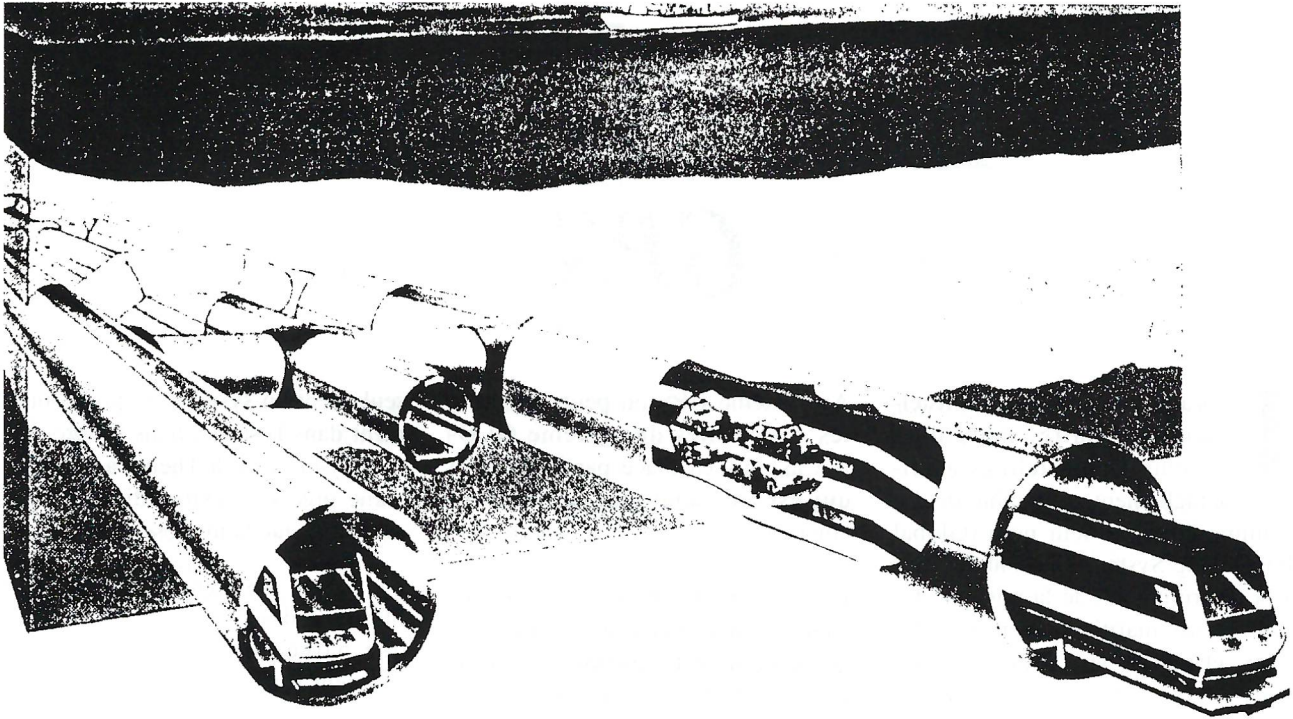


Figure 4 - Le projet de 1985 qui va enfin aboutir

te à 3 voies. Cependant de nombreux détails devront être résolus : les écartements des voies françaises et anglaises sont les mêmes, mais il n'en est pas de même du gabarit des trains. De plus le réseau anglais est vétuste et devrait être amélioré pour permettre la circulation des TGV que la SNCF envisage de mettre en service. Les anglais se montrent à nouveau hostiles à ce projet qui implique des contraintes importantes dans une région fortement urbanisée. Les travaux vont cependant commencer vers 1973 pour s'arrêter bientôt...

En effet l'année 1974 s'annonce mal sur le plan politique en Angleterre. De plus la flambée du prix du pétrole annonce une crise économique. Les Anglais refusent de financer une ligne de TGV et en profitent pour abandonner le projet une nouvelle fois. Le Ministre des transports, Mrs Castle se sent soulagée : "une île est une île et ne doit pas être violée !" Bien sûr, c'est la consternation côté Français.

LE BOUT DU TUNNEL

Le renoncement n'est que provisoire, trop d'intérêts sont en jeu, trop d'efforts ont été faits pour qu'on s'arrête brusquement. Des solutions de rechange, moins coûteuses, sont proposées. Finalement en 1980 le Premier Ministre, Mrs Thatcher annonce que le gouvernement britannique ne verrait aucune objection à la construction d'un tunnel entièrement privé. Une nouvelle commission bilatérale se remet au travail pour examiner les différents projets. Les experts se prononcent en 1982 par un double tunnel ferroviaire permettant le transbordement des véhicules routiers.

Désormais l'affaire est bien engagée et un appel d'offres est lancé en 1985. Les projets correspondants au cahier des charges sont examinés : un tunnel foré, Euroroute qui comprend un tunnel ferroviaire et un tunnel autoroutier immergé sur la partie centrale du détroit, Europont et enfin un projet avec 2 tunnels ferroviaires et 2 tunnels routiers.

Le choix final se porte sur le premier cité qui présente le meilleur compromis entre le coût de l'ouvrage et les perspectives de rentabilité. On perce donc un tunnel ferroviaire qui permettra la circulation de navettes transportant des véhicules routiers. Ce projet qui a pris le nom d'Eurotunnel est l'aboutissement du projet de 1868 et de celui de 1966.

Enfin ! Les gouvernements sont décidés à aller vite. Les dernières craintes concernant l'impact sur l'environnement au niveau du terminal et la sécurité (incendies, attentats) sont soigneusement prises en considération. Les craintes du siècle dernier concernant une éventuelle invasion armée de l'île ne sont plus crédibles. Les adversaires du projet en sont réduits à brandir la menace des renards enragés et des pucerons dévoreurs de roses qui vont s'engouffrer dans le tunnel !

Place désormais aux ingénieurs et aux techniciens pour une réalisation exceptionnelle.

R.J.

La constellation GPS

Il s'agit non pas d'une constellation stellaire, mais d'un ensemble de satellites artificiels, actuellement au nombre de 30. Comme l'indique leur nom (Global Positioning System), ils sont destinés à la détermination de la position des navigateurs maritimes, aériens, spatiaux, et même terrestres. Sa précision, sa disponibilité permanente en tous lieux, sa commodité d'emploi, le placent très au-dessus des précédents systèmes de navigation par satellites, des multiples systèmes de radionavigation, et bien sûr de la très archaïque navigation astronomique. Il est en mesure de devenir bientôt le système de navigation universel.

Ces satellites décrivent des orbites de rayon 26500 km, avec une période de 12 heures sidérales. La disposition de ces orbites dans l'espace est très particulière, ce qui fait de cette constellation de satellites un objet astronomique d'un grand intérêt.

Ce système a été étudié et mis en place par l'armée américaine, et par l'OTAN, auxquels il appartient. Il est mis gratuitement à la disposition du public, mais avec certaines restrictions d'accès qui le rendent, pour les utilisateurs non privilégiés, un peu moins précis qu'il ne pourrait l'être. La précision de positionnement reste néanmoins meilleure que 100 mètres, à peu près en permanence. En moyenne elle est plusieurs fois meilleure. Par recours à des procédés de mesure différentiels, cette précision atteint facilement quelques mètres, voire même 1 décimètre.

Au système GPS on peut adjoindre les 6 satellites du système GLO-NASS, mis en place par l'URSS, et qui est très analogue au système américain.

Le principe des mesures est le suivant : l'utilisateur détermine la distance qui le sépare d'un satellite, à partir de la durée de propagation de signaux émis par celui-ci. Connaissant à tout moment la position exacte du satellite, il se positionne donc sur une sphère ayant le satellite pour centre. Opérant de même avec deux autres satellites, il se trouve à l'intersection de 3 sphères, ce qui en principe détermine sa position. Mais il convient d'ajouter une quatrième observation, de manière à déterminer en même temps l'heure (toujours inconnue de l'utilisateur, à la précision requise). Le positionnement est ainsi obtenu dans l'espace-temps quadridimensionnel, par intersection de 4 hypersphères. Le GPS est non

seulement un système de positionnement dans l'espace, mais un procédé de transmission de l'heure à distance, d'une précision extraordinaire (bien meilleure que la microseconde).

L'émission des signaux par les satellites pose des problèmes, ne serait-ce que parce que tous les satellites émettent sur des porteuses de même fréquence, et qu'il n'est pas évident de démêler les signaux provenant des divers satellites. La solution consiste en l'adoption de codes pseudo-aléatoires, qui sont parfaitement déterministes pour le satellite que l'on est en train de traiter, mais qui se comportent comme du bruit de fond s'ils proviennent des autres satellites.

On voit que le système GPS présente une multitude de facettes, issues de disciplines assez diverses. Toutes vont être étudiées, en privilégiant celles qui relèvent de l'astronomie.

Pierre Bacchus



MATERIEL ELECTRONIQUE PROFESSIONNEL

Composants - Mesure - Outillage
Réalisation circuits imprimés

63000 CLERMONT-FERRAND

22, rue Saint-Adjutor
Rél. 73 31 13 76 - Fax 73 31 09 34

87000 LIMOGES

17, rue des Arènes
Tél. 55 32 47 96 - Fax 55 32 42 83

3^e Forum de la Création d'Entreprises

Du 7 au 9 avril s'est tenu à Expace-Aulnat le 3^e forum de la création d'entreprises qui a réuni 58 exposants et près de 1 500 visiteurs. Professionnels et futurs créateurs se sont retrouvés sur les stands d'exposition, dans divers ateliers et conférences.

Ce forum est piloté par la Mission Régionale pour la Création d'Entreprises d'Auvergne, la Direction Régionale de l'Industrie, de

la Recherche et de l'Environnement, l'Agence Régionale de Développement et l'Agence Nationale pour la Création d'Entreprises et divers autres organismes régionaux.

La création d'entreprises est une vocation. Encore faut-il faciliter la tâche des candidats. L'objectif de ce forum est justement de les mettre en relation avec des partenaires compétents pour les aider dans leurs démarches. Ainsi des ateliers de for-

mation ont été proposés sur des thèmes tels que le diagnostic préalable à une reprise, l'évaluation du marché, les comptes prévisionnels.

A noter également une cellule d'accueil "Spéciales Jeunes" et trois conférences.

Enfin, à l'occasion du forum, a eu lieu la remise des prix du concours **"Réussissez votre création d'Entreprises"**. Vingt Lauréats se sont partagés 250 000 F de prix.

Echanges scolaires internationaux

Le Lycée d'Enseignement Général Technologique Agricole et Agro-Alimentaire de Marmilhat (LEGTA) près de Clermont-Ferrand a inscrit dans son projet d'établissement la possibilité, pour ses étudiants des 3 sections de BTSA, de réaliser des voyages d'études à l'étranger, afin de compléter leur formation en s'ouvrant sur le monde extérieur, et d'allier, sur la base d'un travail d'équipe sérieux, pédagogie, technique, économie et culture, avec un maximum d'amitié.

Dans ce cadre, en plus de quelques voyages d'études en Europe (Pays-Bas, Pologne, Suède, Danemark, Italie), des échanges durables se sont

développés avec l'I.T.A. de St-Hyacinthe, le plus grand établissement d'enseignement agricole du Québec, au sein du plus important pôle agro-alimentaire du Canada, à 50 km de Montréal.

Depuis mai 1988, date du jumelage des 2 établissements, 5 classes d'étudiants de Marmilhat se sont rendues au Québec, alors que le LEGTA a accueilli 5 groupes d'étudiants Québécois.

Actuellement, une classe du secteur agro-alimentaire de l'I.T.A. de St-Hyacinthe prépare un 6^e voyage en France pour mai 1995.

Dans l'esprit qui régit l'organisation de ces voyages d'études, la priorité a toujours été donnée à la pédagogie :

- lors de la préparation, par la participation des étudiants à la recherche de partenaires financiers et à l'organisation de diverses activités ;
- lors du voyage lui-même, par leurs interventions au cours des visites et réceptions, et par leur comportement.
- lors de la restitution, par la réalisation d'un rapport et d'un montage audiovisuel.

Au-delà des échanges pédagogiques, mais aussi grâce à eux, des relations économiques, scientifiques, culturelles et amicales se sont nouées entre les 2 régions.



Les étudiants de TS IAA ont guidé M. REEVES lors de la visite de leur établissement le jeudi 19 mai.

Ils n'oublieront pas sa simplicité, sa gentillesse et la passion avec laquelle il leur a fait découvrir "son univers" tant au cours des deux conférences du 18 mai que lors des discussions à bâtons rompus.

4 organismes ou instances ont été en relation avec leurs homologues et ont échangé des responsables
Mairie de Lempdes et Mairie de St-Hyacinthe

ADIV et Laboratoire Fédéral de Recherche sur les Aliments
GEN'EUROP et Centre d'Insémination Artificielle du Québec
DOMAGRI et Coopérative COMAX.

7 enseignants et non-enseignants du LEGTAA ont réalisé, dans le cadre de leur activité professionnelle, des échanges de 2 semaines avec leurs collègues de l'I.T.A.

une dizaine d'étudiants a pu effectuer le stage de 1^{re} année de BTSA au Québec.

un certain nombre d'anciens étudiants vont pouvoir prétendre à un stage de pré-installation, en qualité de futur agriculteur en France.

les liens amicaux tissés lors des différentes rencontres ont permis des échanges, à titre personnel, entre 4 familles, pendant les vacances.

Il apparaît donc, qu'en plus des classiques échanges scolaires, c'est aussi l'extension aux personnels des deux établissements, et aux responsables agricoles et agro-alimentaires des deux régions, qui explique le succès et la durée dans le temps de ces échanges ;

Environ 400 personnes ont, à ce jour, fait le voyage dans un sens ou dans l'autre.

Aujourd'hui, les ministères de l'Agriculture et des Affaires Etrangères financent, respectivement et en partie, les échanges de personnels et les échanges technico-écono-

miques, alors que les échanges d'étudiants sont entièrement auto-financés, avec une participation individuelle de 30 %.

A l'origine, le jumelage a été mis en place avec l'appui financier de diverses organisations professionnelles et la confiance des administrations et gouvernements respectifs, à l'initiative de quelques enseignants de Marmilhat, selon la devise "l'aventure n'existe que si on la crée...". De nombreux jeunes et adultes ont déjà prouvé qu'ils étaient prêts à suivre cette voie, en particulier en s'investissant dans de nombreuses activités et en justifiant la confiance qui leur était accordée.

Ainsi la promotion 92-94 des BTSA Agro-Alimentaire a-t-elle su convaincre Monsieur **Hubert Reeves** de l'importance de ces relations entre l'Auvergne et le Québec.

Ces étudiants ont pris en charge, avec l'aide de l'ADASTA, l'organisation de sa conférence du **Mercredi 18 mai 1994**, sur "**Les Premiers Instants de l'Univers**" à Clermont-Ferrand. Le bénéfice de cette journée contribue au financement des voyages d'études de la classe de BTSA Agro-Alimentaire et particulièrement à l'organisation du 6^e échange entre le LEGTAA de Marmilhat et l'I.T.A. de St-Hyacinthe, au Québec.

L'équipe pédagogique
de la classe de BTSA
Industries Agro-Alimentaires

Les régions qui en veulent !

Au palmarès des régions, l'Auvergne est celle qui dépense le plus pour l'action économique ; la Picardie pour la recherche et développement, les transferts de technologie ; les Pays-de-la-Loire pour la formation professionnelle et l'apprentissage.

Les conseillers régionaux ne savent

plus quoi inventer pour encourager l'activité de leur région !

C'est l'Auvergne qui dépense proportionnellement le plus pour les entreprises et l'action économique (11,67 % du budget total en 1994). Elle est suivie de près par le Limousin et la Bourgogne. En queue de peloton l'Ile-de-France et la région Provence-

Alpes-Côte d'Azur (respectivement 1,02 % et 1,29 %).

Pour la formation professionnelle et l'apprentissage, l'Auvergne occupe la deuxième place avec 15,6 % derrière les Pays-de-la-Loire 17,63%.

(Industrie et Techniques n° 747, mars 94)

Riom, Capitale de l'Industrie du Sport en juin 1994

LE RENDEZ-VOUS DES POLYMERES ET DU SPORT EN AUVERGNE

Pendant trois jours, les 2, 3 et 4 juin, Riom a été la capitale du sport puisqu'elle a accueilli à la fois un colloque européen "Sports et Polymères" et un salon de l'équipement et de l'aménagement sportif des collectivités et associations, le SEQUIP.

A l'origine de ces deux manifestations, quatre partenaires régionaux : l'Agence Régionale de Développement (ARD), le Centre National d'Evaluation de la Photoprotection (CNEP), la ville de Riom et le Crédit Agricole Centre France.

POURQUOI POLYMERES ET SPORT ?

Les matières plastiques, appelées aujourd'hui plus volontiers "matériaux polymères", jouent un rôle de premier plan dans l'élaboration d'équipements sportifs tant au niveau de l'environnement (pistes pelouses artificielles, sièges, parois transparentes de protection, sol...) qu'au niveau du matériel (sports d'hiver,

golf, voile, aviron, mononautisme, cyclisme, parachutisme, escalade, etc...). Ils touchent également toutes les activités de loisirs à caractère sportif : randonnée, canoë, plongée, VTT, alpinisme, camping, etc...

UN COLLOQUE EUROPEEN

Depuis 1986, le Centre National d'Evaluation de la Photoprotection (CNEP), installé à Clermont-Ferrand, assure le lien entre la recherche fondamentale et l'industrie en matière d'études sur la durabilité des matériaux. Première Société Anonyme filiale d'Université agréée en France, cette structure originale regroupe à ce jour 65 industriels de taille européenne et mondiale. Ceux-ci représentent plus de 60 % de l'activité européenne de production et de transformation des "matériaux polymères".

Ces journées ont été animées par des spécialistes de sociétés de transformation plastiques ou des concepteurs de systèmes : ADIDAS, MICHELIN, HUTCHINSON, WICHARD, W.M. CORPORATION, DECATHLON,

REX COMPOSITES, SALOMON, TERAFLEX, FERRARI. Des sociétés de production de Polymères sont également intervenues : ELF ATOCHEM, HOECHST, DUPONT DE NEMOURS...

Une table ronde animée par Philippe ABITEBOUL, journaliste de France Inter, a permis de faire le point sur les apports de la filière "Polymères" à l'équipement sportif et aux performances athlétiques.

UN SALON DE L'EQUIPEMENT ET DE L'AMENAGEMENT SPORTIF : LE SEQUIP

Parallèlement au Colloque "Sports et Polymères", l'ARD et la ville de Riom ont organisé un Salon de l'Equipement et de l'Aménagement Sportif des collectivités et des associations, les 3 et 4 juin.

Le SEQUIP, qui regroupe un grand nombre de professionnels des sports et loisirs, s'adresse particulièrement aux Collectivités Locales, aux Fédérations et Associations sportives.

La Science en Fête

Selon un sondage, 57 % des Français ont déjà visité un grand musée scientifique national. Le Muséum d'Histoire Naturelle, le Palais de la Découverte et depuis quelques années la Cité des Sciences et de l'Industrie et le Futuroscope de Poitiers offrent de nombreuses occasions au visiteur de

satisfaire sa curiosité dans ce domaine. Moins connus sont les centres culturels et musées de province.

Les musées d'histoire naturelle, en particulier, sont nombreux et souvent bien aménagés. Un effort a été fait pour les moderniser et les rendre attrayants. Il existe d'autre part un

nombre considérable de structures à travers notre pays où l'on peut s'initier à la science : musées historiques, conservatoires, écomusées, centrales nucléaires, musées de l'eau, etc...

Une mention spéciale doit être accordée aux centres culturels scientifiques, techniques et industriels

(CCSTI) de création récente, et particuliers à la France et qui, après des débuts difficiles tentent de s'imposer à travers le pays. Parmi ceux qui jouent actuellement pleinement le rôle qui leur a été assigné, notons les centres de Grenoble, de Lille, de Rennes, de Poitiers, de Marseille.

Pour attirer l'attention du public sur l'importance de la diffusion de la science et de la technique dans notre vie quotidienne et susciter chez les jeunes des vocations, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche a décidé de créer une fête de la Science.

"La Science en fête" s'est déroulée cette année les 27, 28 et 29 mai 1994. Une quarantaine de villes ont accueilli des "villages des Sciences". Certaines régions ont choisi un thème : l'archéologie en Aquitaine, l'agroalimentaire en Corse, la communication et l'informatique en Haute Normandie, l'eau et l'environnement en Lorraine...

A Paris la Science a donné rendez-vous au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (dans les anciens locaux de l'Ecole Polytechnique, rue Descartes). De nombreuses animations et conférences (notamment par Hubert Reeves et P.G. de Gennes) ont marqué ces journées présidées par le Ministre François Fillon.

Notons que l'ADASTA était présente à cette manifestation où nous avons montré notre valise pédagogique sur la synthèse des couleurs à un nombreux public.

En Auvergne, on a noté la participation de plusieurs dizaines d'organismes, écoles et musées, sur des sujets les plus variés, allant de l'astronomie aux dinosaures en passant par les bijoux. A signaler également que le public a pu visiter différents laboratoires de recherche des Universités de Clermont-Ferrand. Pour sa part l'ADASTA s'était associée au laboratoire de Physique

Corpusculaire pour présenter une exposition aux Cégeaux sur les Prix Nobel français.

A l'occasion de la Science en Fête 1994, l'éditeur Hachette a publié "Le Guide de la Science en France". Ce petit ouvrage de 256 pages donne des informations sur 400 sites scientifiques, techniques et industriels, répartis par Régions. Regrettons que ce guide, visiblement rédigé à la hâte dans le style journalistique des guides du "Routard", ("à ne manquer sous aucun prétexte", "à voir si on a le temps...") n'apporte que fort peu d'informations utiles. On est surpris de constater que le musée du vin à Paris y occupe plus de place que le Conservatoire des Arts et Métiers, qu'il n'existe pas le moindre répertoire par thèmes ni de carte digne de ce nom...

Décidément un véritable guide des musées scientifiques reste à faire.

R.J.

Concours "Jeunes, créez en Auvergne"

Le Club des Entrepreneurs d'Auvergne a organisé, durant l'année scolaire 1993-1994, un concours "Jeunes, créez en Auvergne" destiné aux classes de troisième et seconde des établissements publics et privés d'Auvergne. Ce concours a été réalisé avec l'appui du Rectorat, de la Mission Régionale pour la Création d'Entreprises, du Conseil Régional des Jeunes, de la DRAF et d'Electricité de France.

Les dossiers présentés devaient tenir compte des atouts de l'Auvergne.

La soutenance a eu lieu le mercredi 25 mai et a été suivie de la remise

des prix, à savoir des bourses attribuées par Electricité de France.

Les primés sont :

1^{er} prix : Collège Pompidou à Murat (15) : **Élevage et vente d'écrevisses** - Enseignant : Jean-Paul DELCROS.

2^e prix : Lycée Blaise Pascal à Clermont-Ferrand (63) : **Label Auvergne, "SOS vert"** - Enseignant : Jacqueline ASTIER.

2^e prix ex-æquo : Lycée Professionnel Raymond Cortat à Aurillac (15) : **Catalogue "Terroir - Tourisme - Tradition", le catalogue touristique et artisanal de l'Auvergne** - Enseignant : Joseph VALLS DE GOMIS.

3^e prix : Lycée de Presles à Vichy (03) : **La découverte de l'Auvergne par un circuit touristique** - Enseignant : Josiane DASSONNEVILLE.

3^e prix ex-æquo : Collège Privé Saint-Joseph à Maringues (63) : **"Baby Box", la boîte à musique pour enfants** - Enseignant : Isabelle MARTEL.

Pour tout renseignements concernant le Club des Entrepreneurs d'Auvergne s'adresser à :
Mme Patricia BEAUJARD
(Tél. 73 31 84 45) ou
M. ARNAUD Serge
(Tél. 73 28 13 13).

Expositions au Musée Crozatier au Puy-en-Velay

MAI 1994

Inauguration des nouvelles salles "Pierre et Alexandre Clair"

Trois salles sont désormais consacrées aux collections de mécanique. La nouvelle présentation permettra une nouvelle découverte et une meilleure compréhension des formidables avancées de la science et des techniques durant le XIX^e siècle, notamment grâce aux prototypes (machine à coudre, praxinoscope) ou aux modèles réduits réalisés par Pierre et Alexandre Clair, deux ingénieurs parisiens originaires des Vastres en Haute-Loire.

27, 28 ET 29 MAI

La Science en fête :

Le musée Crozatier s'associe à la manifestation nationale par la valorisation des collections de Science Naturelle, notamment par l'intermédiaire d'articles dans la presse, de livrets-guides des collections et l'acquisition d'une borne interactive sur les oiseaux d'Europe.

15 JUIN - 15 SEPTEMBRE

"Histoire du téléphone"

A l'occasion du 100 000^e abonné au téléphone en Haute-Loire et de l'électronisation complète du réseau départemental cet été, les Amis de l'Histoire des PTT en Haute-Loire organisent une exposition retraçant un siècle d'histoire du téléphone au Puy-en-Velay et dans le département de la Haute-Loire. FranceTélécom et le Musée Crozatier présenteront l'exposition à partir d'objets de collections publiques et privées. Des animations seront prévues : visites, conférences, manipulations...

3 JUIN - 15 SEPTEMBRE

Bijoux des régions de France

Cette exposition qui rassemble près de 400 bijoux associés à des tableaux, des estampes et des photos, illustre la diversité des parures et des costumes des régions françaises ainsi que le changement de leurs fonctions sociales et leurs transformations du XVIII^e siècle à nos jours.

13 OCTOBRE - 26 NOVEMBRE

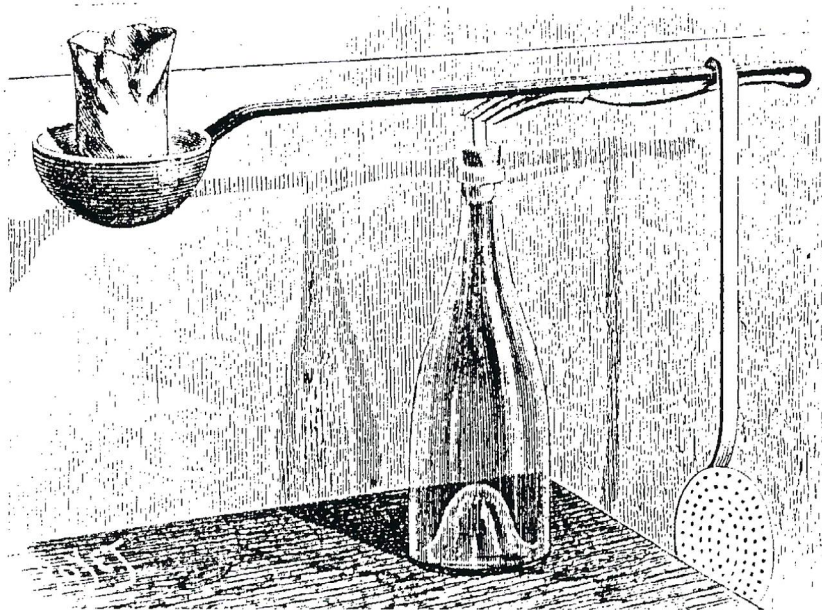
La Magie "La physique amusante"

A mi-chemin entre magie et démonstration scientifique, la physique amusante est une présentation spectaculaire de phénomènes physiques, optiques, acoustiques... C'est la mise en application amusante des découvertes scientifiques.

L'exposition présentera des "machines" et des "trucages" utilisés, soit par des illusionnistes au cours de leurs tours de magie, soit par des professeurs pour leurs démonstrations scientifiques.

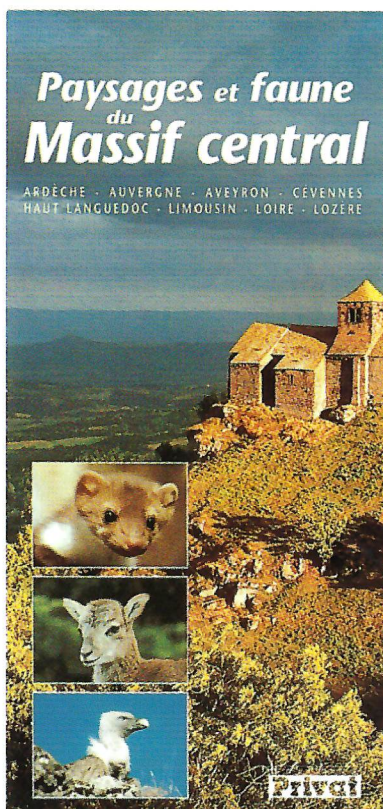
La Science Amusante - Extrait de l'Illustration n° 2362 du 2/06/1888.

Le public du XIX^e siècle manifestait beaucoup d'intérêt pour les expériences scientifiques réalisées avec peu de moyens...



MUSÉE CROZATIER,
Jardin Henri Vinay
43000 Le Puy-en-Velay - Tél. 71 09 38 90

Paysage et Faune du Massif Central



Christian BOUCHARDY se dépense sans compter pour communiquer sa passion pour la nature. Les spectateurs de FR3 de notre région ainsi que ceux de la région Rhône-Alpes suivent attentivement depuis plusieurs années ses chroniques. Aujourd'hui Christian BOUCHARDY nous propose plusieurs documents remarquables qui intéresseront à la fois le grand public et les enseignants pour illustrer leurs cours : il s'agit de deux films vidéo et de deux livres :

"Animaux des Jardins" vous permettra de découvrir, au fil des saisons la vie des petits animaux sauvages qui vivent près de chez vous

mais que vous connaissez peut-être mal comme le lérot, le rouge-gorge ou la fouine...

Ce film a obtenu le Prix de la passion aux 5^e Rencontres du Cinéma-Nature.

"Migrateurs sans Frontière" fait le point sur quelques questions qui se posent à propos des oiseaux migrants : les hirondelles, la cigogne, les rapaces, l'étourneau ou le coucou.

Ce film a obtenu le Prix de la protection de la nature au Festival International de Ménigoute.

Martine et Christian BOUCHARDY ont écrit également deux ouvrages : "Observer la vie sauvage chez soi" et "Paysages et Faune du Massif Central" qui viennent en complément des films.

Cassettes vidéo : "Animaux des Jardins" et "Migrateurs sans frontière", films VHS de 40 minutes sont vendus 169 F. S'adresser à Catiche productions, 19, rue de Bellevue, 63830 Nohanent.

Livres : "Observer la Nature chez soi", ed. Bordas, 139 F. "Paysages et Faune du Massif Central", 298 F. Ces ouvrages sont disponibles à Catiche Productions et en librairie.

*Lu dans
la presse technique
et économique*

PROTECTION DES CULTURES :

*Alternative ou
complément des traitements*

LES INSECTICIDES BIOLOGIQUES PASSENT A L'ATTAQUE

Le marché des bio-insecticides croît de plus de 20 % l'an, quand celui des insecticides chimiques chute de près de 10 %.

A base de bactéries, de champignons, de virus ou même d'insectes, les bio-insecticides ont actuellement la cote. Des solutions existent aujourd'hui pour protéger les principales cultures à haute valeur ajoutée (fruits et légumes), certaines céréales et les fleurs.

La coccinelle, sympathique coléoptère est maintenant élevée en France comme insecticide contre le puceron du rosier.

Les insecticides biologiques présentent l'avantage, par rapport aux produits chimiques, d'être ultra sélectifs et de préserver l'essentiel des insectes utiles. Non toxiques, ils n'entraînent normalement pas d'allergie chez le personnel de l'exploitation ou son environnement.

De surcroît, le problème des résidus de traitement est réglé de facto car le bio-insecticide disparaît dès qu'il n'a plus son ravageur de culture favori à se mettre sous la dent.

(INDUSTRIES ET TECHNIQUES
N° 749 Mai 94)



**Lyonnaise
de Banque**

Agence CLERMONT JAUDE
38, place de Jaude
63000 CLERMONT-FERRAND
Tél. : 73 34 47 47