

# La physique nucléaire

RICHARD GRATTON

Au début du 5e siècle avant Jésus-Christ, **Empedocles** émit une théorie atomistique qui demeura la base de la théorie chimique pour près de 2000 années.

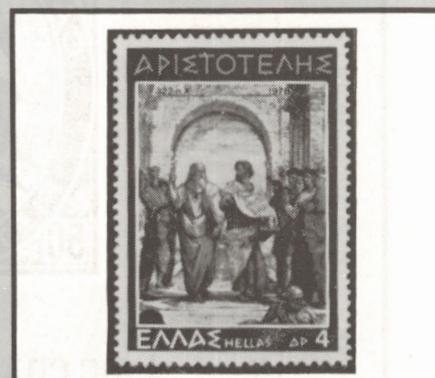
Jusqu'à cette date, plusieurs philosophes avaient eu des idées sur la composition de la matière: selon **Thales**, l'élément de base était l'eau, selon **Anaximenes** cet élément était l'air, selon **Héraclite**, le feu et d'après **Xénophane** la terre. Empedocles fit un coup de maître, si je puis m'exprimer ainsi, en affirmant que la matière était constituée de diverses combinaisons et arrangements de l'air, de l'eau, du feu et de la terre! Empedocles était très imbu de sa supériorité et il crut qu'il était devenu un dieu: afin de le prouver à ses concitoyens il se jeta dans le cratère de l'Etna et ce fut la dernière chose qu'il fit.

**Leucippe** et son disciple **Démocrite** émirent une théorie afin de réconcilier la réalité perçue par l'homme, avec leur vision philosophique du monde. Ils prirent comme base de la matière, les atomes (atomos signifie indivisible). Selon eux, tous les atomes étaient faits à partir du même composé et ce qui donnait l'aspect différent aux choses c'était la forme, la grosseur et le mouvement de ces mêmes atomes. Les substances changeaient en nature lorsque les atomes se réarrangeaient et se recombiendaient entre eux.

**Platon** et son disciple **Aristote** croyaient aussi à la théorie des quatre éléments de base, cependant Platon croyait que cette théorie était valable pour l'univers tout entier tandis qu'**Aristote** ne la croyait valable que pour la planète uniquement. Le système philosophique qu'**Aristote** mis au point fut reconnu par l'Église catholique comme étant le seul à être valable jusqu'à la Révolution Scientifique (16-17e siècle).



Émis par la Grèce le 31 juillet 1961, afin de commémorer l'inauguration du centre de Recherches Nucléaires Démocrite à Aghia Paraskevi. Le timbre de 4.50 drachmes montre Démocrite et un atome.



Peinture de Raphaël intitulé "L'école d'Athènes" (en partie) montrant à gauche Platon pointant le ciel pour signifier que sa théorie est bonne pour l'univers et Aristote à droite pointant la terre (voir texte). Émis le 10 juillet 1978 par la Grèce, pour commémorer Aristote.

**René Descartes** et **Robert Boyle** se firent les défenseurs de la philosophie corpusculaire au 17e siècle. Cette philosophie se basait sur un système mécanique expliquant l'univers et selon Boyle, elle était plus complète, rationnelle, simple et intelligible et se prouvait en laboratoire.



Ce timbre fut émis en juin 1937; il montre René Descartes et son livre intitulé "Discours de la méthode". Il commémore le 300e anniversaire de la publication du livre. Il est intéressant de noter que la République Française avait émis le timbre avec l'inscription "Discours sur la méthode" et fit la correction qui s'imposait.



Émis par l'Irlande en 1981 en l'honneur de Boyle pour sa découverte de la pompe à air.

Dans son livre "Principia", **Isaac Newton** donne les bases mathématiques rigides à la théorie corpusculaire. Ce livre devint la base même qui incorpora les forces de la nature aux Sciences physiques telles que nous les connaissons aujourd'hui.



La Hongrie a émis le 31 mars 1977 un feuillet montrant Isaac Newton et une lentille convexe pour commémorer le 250e anniversaire du grand philosophe et mathématicien. Sur la bande adhérente aux timbres on voit une fusée russe et l'inscription "Principia Mathematica".



La Suède a émis le 6 septembre 1979 un timbre pour commémorer le bicentenaire de la naissance de Jöns Jacob Berzelius qui fut un des grands pionniers de la chimie moderne.

Avec la fameuse hypothèse d'Avogadro selon laquelle "des volumes égaux de tous les gaz à la même température et à la même pression, contiennent le même nombre de molécules", les chimistes purent dès lors adopter des poids atomiques standards.



Le 8 septembre 1956, l'Italie émit un timbre pour commémorer le centenaire de la mort d'Amadeo Avogadro; on le voit ici avec son hypothèse.

J.J. Thompson, qui dès l'âge de 28 ans devint professeur de physique à l'Université de Cambridge et responsable du fameux laboratoire Cavendish, découvrit l'électron en 1897. Pour cette découverte majeure, il reçut le prix Nobel de physique de 1906 et fut fait chevalier en 1908.



La Suède dans sa série annuelle sur les prix Nobel a émis le 10 décembre 1966 un timbre représentant Joseph John Thompson.

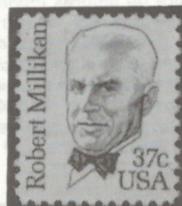
Ce fut Dalton qui démontre aux chimistes de l'époque comment la théorie atomique pouvait leur être utile, en associant le côté physique théorique avec les éléments chimiques qui avaient été popularisés par le chimiste français Antoine Laurent Lavoisier. C'est grâce à cette corrélation entre les deux domaines scientifiques que l'on put publier une liste avec des poids atomiques relatifs (en posant l'hydrogène comme ayant une masse relative de 1). Dalton put donc déduire à l'aide d'expériences faites en laboratoire d'autres poids atomiques.



Le 5 juillet 1943, la France a émis ce timbre pour commémorer le 200e anniversaire du père de la chimie moderne (Lavoisier). On voit ici une paire imperforée.

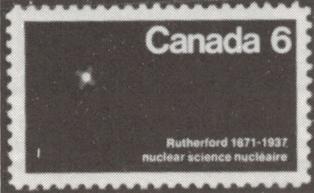
Cette théorie fut acceptée par J.J. Berzelius qui était alors professeur à l'Université de Stockholm ainsi que le secrétaire de l'Académie des Sciences de Suède.

Robert Millikan détermina en 1906 la quantité de charge électrique sur un seul électron. Cette détermination prouva que la nature du phénomène électrique était du domaine de la particule, ce que Faraday avait essayé de prouver, sans aucun résultat, il y avait de cela 100 ans. Millikan reçut le prix Nobel de physique de 1923 pour cette série d'expériences ainsi que pour ses études relatives à l'effet photoélectrique qui avait été découvert par Albert Einstein. Millikan put déterminer la masse de l'électron:  $0.91 \times 10^{-30}$  Kg et ses résultats concordaient avec ceux de J.J. Thompson.



Émis par les Etats-Unis, dans sa série sur les grands Américains, ce timbre montre le physicien Robert Millikan.

Ernest Rutherford qui travaillait dans les laboratoires de Thompson en Grande-Bretagne fut envoyé à Montréal pour occuper la chaire de physique de l'Université McGill. Il y travailla avec Soddy et fit des recherches en radioactivité, phénomène découvert par Becquerel en 1896 qui amena les Curie à découvrir le radium et le polonium. Rutherford trouva que les déflections subies par les particules alpha, en passant à travers la matière, pouvaient être expliquées si chaque atome



Émis le 24 mars 1971 par le Canada ce timbre commémore le centenaire de naissance de Rutherford.



La Nouvelle-Zélande a émis le 1 décembre 1971 une paire de timbres montrant Ernest Rutherford (celui-ci est né en Nouvelle-Zélande). Le timbre de 1 cent montre des particules alpha, entrant en collision avec un noyau, qui sont déviées. Le timbre de 7 cents montre la formule de la désintégration de l'atome d'azote. Les deux figurines montrent le portrait d'Ernest Rutherford peint par Oswald Birley.



Émis par la Suède dans sa série annuelle des prix Nobel de 1981, on y montre Frédéric Soddy.

comporte un noyau chargé positivement entouré par des électrons circulant autour du noyau à une assez grande distance. On doit donc à Rutherford, la découverte des protons. En 1903, il devint "Fellow" de la Royal Society et des étudiants accoururent de partout pour venir travailler avec lui à Montréal, dont un certain Allemand du nom d'Otto Hahn. Soddy suggère l'existence des isotopes, soit des atomes d'un même élément possédant des masses différentes. Le pavillon de physique de l'Université McGill a été baptisé "Rutherford Building" et une plaque commémorative honore Frédéric Soddy au département de chimie de cette université prestigieuse.

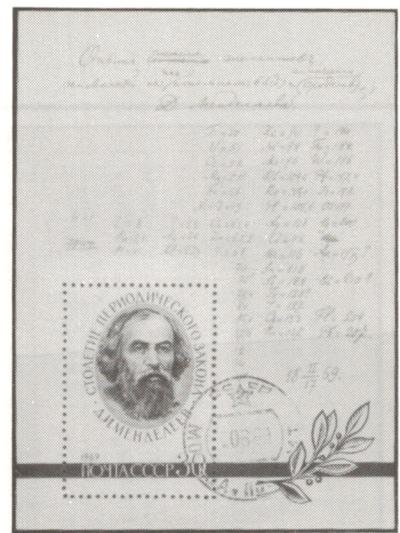
La relation entre le nombre atomique et la charge du noyau fut élucidée en 1913-14 par **H. Moseley**. Les découvertes de **Max Planck**, indiquant que la lumière ou une radiation consiste en un quantum d'énergie selon la formule  $E=hO$  où  $O$  est la fréquence et  $h$  une constante universelle, amenèrent **Niels Bohr** en 1913 à faire une corrélation entre le modèle de Rutherford et le spectre des éléments ainsi que leur position dans le tableau périodique des éléments élaboré par **Dimitri Mendeléev**.



L'Allemagne de l'Est a émis le 23 avril 1958 une série de deux timbres pour commémorer le centenaire de la naissance de Max Planck. Le timbre de 20 pfennigs nous montre Planck et celui de 10 pfennigs nous montre la constante de Planck.



La République de Côte-d'Ivoire a émis le 27 mars 1978 une série de timbres sur les récipiendaires de prix Nobel. Sur le feuillet souvenir de cette série est illustré sur le timbre de 500 francs le fameux physicien Max Planck (physique 1914). On voit à droite du feuillet la figure d'Alfred Nobel.



Le 20 juin 1969, la Russie a émis un feuillet pour commémorer le centenaire de la loi périodique des éléments qui fut formulée par Dimitri Mendeleev.

Le modèle de Bohr fut une plaque tournante pour les physiciens modernes et c'est à partir de ce modèle que l'on élabora la théorie actuelle.



Le 21 novembre 1963, le Danemark a émis une série de deux timbres montrant N. Bohr et un atome, afin de commémorer le 50ème anniversaire de la théorie atomique.



La Suède a émis en 1982 un carnet contenant 5 timbres différents montrant des réalisations de physiciens atomistes, qui ont reçu un prix Nobel (voir les figures 19 à 23). On voit ici le couvert du carnet.



Ce timbre honore Niels Bohr (physique 1922); on y voit sa signature et un modèle atomique.

**Louis de Broglie** ne se contenta pas de la relation d'Einstein qui reliait la masse à l'énergie, ni de celle de Planck qui reliait la fréquence à l'énergie. Il démontra en 1923 qu'avec toute particule, il devrait y avoir une onde associée; et la longueur d'onde d'une telle onde est inversement reliée au momentum de la particule qui, elle, dépend de sa masse et de sa vitesse. Il reçut le prix Nobel de physique en 1929 pour cette importante découverte.



Honorant Louis de Broglie (physique 1929); on y voit une onde.

**Erwin Schrödinger** s'intéressa à la théorie des ondes postulée par de Broglie et réussit à les intégrer dans le modèle de Niels Bohr. Il émit son équation d'onde qui est considérée comme une des merveilles de l'intelligence humaine et il reçut le prix Nobel de physique en 1933 pour ses recherches en mécanique ondulatoire.



Honorant Erwin Schrödinger (physique 1933); on y voit un nuage électronique et un noyau au centre.

**Paul Dirac** était un physicien anglais quiaida Schrödinger lors de ses études. Dirac formula en plus une théorie sur les antiparticules et reçut une part du prix Nobel de physique de 1933 pour ses travaux.



Honorant Paul Dirac (physique 1933) pour sa théorie sur les anti-particules.

**Werner Karl Heisenberg** émit son principe d'incertitude en 1927 qui postule qu'il est impossible de déterminer simultanément la position et le momentum (la masse multipliée par la vitesse) d'une particule. Heisenberg reçut le prix Nobel de physique de 1932 pour l'énoncé de ce fameux principe.



Honorant Werner Heisenberg (physique 1932) pour son principe d'incertitude.

**J. Chadwick** découvrit le neutron en 1932 et reçut le prix Nobel de physique en 1935. Presque toutes les connaissances furent présentes pour la découverte de la fission nucléaire, ce que fera en 1934 **Enrico Fermi** alors que celui-ci tentait de reproduire la radioactivité artificielle découverte par **Joliot Curie**.



Le 2 décembre 1967 l'Italie a émis un timbre pour commémorer le 25ème anniversaire de la première réaction atomique en chaîne sous la direction d'Enrico Fermi. On le voit sur le timbre à Los Alamos avec le modèle de son premier réacteur nucléaire (voir aussi figure 29).



Cuba a émis en 1974 un timbre montrant Frédéric Joliot Curie afin de commémorer le 25ème anniversaire du premier congrès mondial de la paix. Joliot Curie en fut le premier président. Plusieurs autres pays ont émis des timbres montrant Joliot Curie, dont la France en 1982.



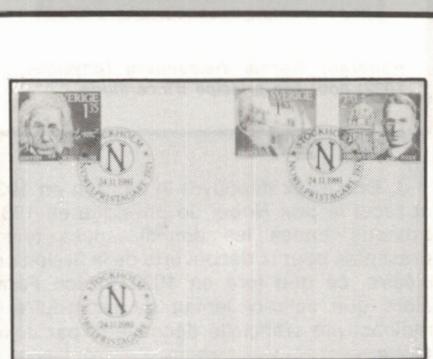
Le 7 novembre 1978, l'Autriche a émis un timbre pour commémorer le centenaire de la naissance de Lise Meitner.



Le 9 août 1979, l'Allemagne de l'Ouest a émis une série de 3 timbres honorant des Allemands qui ont reçu des prix Nobel. Une figurine de 60 pfennigs montre un atome d'uranium se fissurant. Hahn reçut le prix Nobel de chimie de 1944 pour cette découverte.

Le 6 janvier 1939, à l'Institut de chimie du Kaiser Wilhelm, à seulement quelques kilomètres de la chancellerie d'Adolf Hitler, à Berlin, trois chercheurs répétaient les expériences de Fermi sur la fission nucléaire. **Lise Meitner, Otto Hahn et Fritz Strassman** découvrirent que le bombardement nucléaire de l'uranium produisait deux noyaux avec approximativement la demi-masse et la demi-chARGE de leurs parents.

La réaction  $U^{235} \rightarrow Ba^{136} + Kr^{36}$  dégagée selon leur oscilloscope, 200,000,000 d'électrons volts! Les trois savants étaient tout à fait éberlués et ne pouvaient pas donner d'explication sur ce qui venait de se produire. Alors que Lise Meitner, physicienne douée en mathématiques, étudiait le phénomène, elle dut quitter l'Allemagne car Hitler ne voulait que des Ariens dans les instituts et laboratoires allemands! Ce qu'Hitler ignorait c'est que Meitner avait trouvé une explication au phénomène: la fission atomique était accompagnée d'un dégagement subit d'énergie nucléaire résultant de la conversion d'une partie de la masse de l'uranium en énergie selon la célèbre équation masse-énergie qu'Albert Einstein avait énoncée en 1905 soit  $E=mc^2$  (voir article précédent).



Ce pli premier jour montre à gauche Albert Einstein et sa fameuse formule. Il est honoré ici comme récipiendaire du prix Nobel de physique en 1921. On voit à droite F. Soddy qui reçut le prix Nobel de chimie en 1921 pour son travail sur les isotopes.

Cette très grave erreur d'Hitler lui coûta peut-être la victoire, car si les Allemands avaient réalisé plus tôt ce qu'ils avaient découvert, ils auraient pu fabriquer la première bombe atomique et anéantir n'importe lequel de leurs ennemis, si puissants eussent-ils été! Pour donner une idée au lecteur de la puissance de l'énergie nucléaire, je me permettrai d'ouvrir ici une parenthèse pour donner un exemple. Prenons une livre de charbon et si nous la transformons toute en énergie nucléaire, nous nous retrouvons avec 11,000,000,000 de Kilowatts-heures. Si nous

décidons de brûler cette même livre de charbon au lieu de la transformer en énergie nucléaire nous nous retrouvons avec 8 kilowatts-heures soit 1.4 milliard fois moins d'énergie! On voit donc ici assez aisément les possibilités énormes que peut nous amener l'énergie nucléaire.

#### La bombe atomique

Lise Meitner communiqua ses idées sur la fission nucléaire à Robert Frisch qui était associé avec Niels Bohr. Lorsque Bohr apprit la nouvelle, il la communiqua à Albert Einstein et à Enrico Fermi ainsi qu'à d'autres éminents physiciens. Le 25 janvier 1939, on répéta l'expérience d'Otto Hahn à l'Université de Columbia aux États-Unis et on put enregistrer le dégagement énergétique de la réaction qui avait été annoncé par Lise Meitner. Fermi comprit que si l'on pouvait faire une réaction en chaîne, la quantité d'énergie libérée serait colossale; selon ses calculs, l'énergie libérée par une seule livre d'uranium pourrait être égale à 40,000,000 livres de T.N.T.!



À l'occasion de l'exposition internationale sur l'énergie qui s'est tenue à Knoxville au Tennessee (États-Unis d'Amérique) en 1982, l'Italie a émis cet entier postal montrant la pile d'Enrico Fermi (voir aussi figure 34).

Léo Szilard avait lui aussi quitté l'Allemagne nazie pour venir aux États-Unis d'Amérique et il savait qu'en Allemagne un groupe de chercheurs faisait des travaux sur la fission nucléaire et qu'ils n'étaient pas encore parvenus à comprendre le phénomène entièrement. Szilard connaissait la grande influence qu'Einstein avait sur le président américain (F.D. Roosevelt) et il lui demanda d'écrire une lettre à celui-ci pour l'avertir du danger imminent. Voici donc une traduction (libre) de cette fameuse lettre:

*"Durant les quatre derniers mois il fut rendu possible, grâce aux travaux de Joliot, Fermi et Szilard, de provoquer une réaction nucléaire en chaîne dans une grande masse d'uranium, de par laquelle de très vastes quantités d'énergie et de grandes quantités d'éléments semblables au radium seraient*

générés. Il semblerait qu'on pourrait faire ceci dans un futur assez rapproché. Ce nouveau phénomène pourrait amener la fabrication de bombes et c'est concevable, même si c'est incertain, que des bombes d'une force gigantesque soient construites.

Une telle bombe mise sur un bateau et dirigée sur un port pourrait faire exploser celui-ci en entier ainsi qu'une partie du territoire ennemi. Cependant, de telles bombes seraient certainement trop lourdes pour être transportées par la voie des airs."

Einstein faisait ici une erreur, mais personne à ce stade ne pouvait prévoir ce qui allait se passer dans le futur.

Le président américain agit assez rapidement et demanda que l'on forme un comité sur la question (Fig. 30). En 1941, les Anglais



En 1945-6, les États-Unis ont émis une série de 4 timbres montrant Franklin Delano Roosevelt, le président qui autorisa le projet Manhattan permettant la fabrication de la première bombe atomique.

étaient persuadés qu'une bombe était possible et que les Allemands étaient déjà avancés dans la fabrication de la bombe atomique: on savait qu'Hersenberg, Hahn et Geiger travaillaient ardemment sur le sujet. En 1942, les Allemands et les Américains savaient tous les deux comment la faire théoriquement et cela prendrait entre 3 et 4 années selon eux pour la réaliser!

Le 2 décembre 1942, Fermi réussit à faire la première réaction contrôlée en chaîne. On découvrit que le neptunium et le plutonium pouvaient être séparés beaucoup plus facilement de l'uranium naturel que l'uranium 235 qui avait jusqu'alors été utilisé. Le plutonium pouvait être séparé par des voies chimiques relativement simples au lieu de voies physiques très ardues. Le Canada étant un des plus grand producteur d'uranium, on put dès lors fabriquer assez de plutonium pour le projet Manhattan.

On réussit à capturer cinq espions nazis qui étaient venus aux États-Unis afin de découvrir où les Américains en étaient rendus avec leur projet. On fit sauter une usine d'eau lourde en Norvège (l'eau lourde est le modérateur de la réaction) qui était contrôlée par les Allemands. On put faire échapper Niels Bohr de justesse du Danemark, car Hitler voulait le capturer.



Le Canada a émis le 3 septembre 1980 un timbre pour commémorer le 80ème anniversaire de la découverte d'uranium sur son territoire.

Le projet Manhattan avançait à grands pas, plus de 125,000 personnes y travaillaient dont près de 12,000 hommes de science.

Robert Oppenheimer était le grand responsable des laboratoires de physique nucléaire installés à Los Alamos au Nouveau Mexique. (R. Oppenheimer est représenté sur un timbre de Cuba émis en 1967). Il devait coordonner l'activité scientifique des plus grands cerveaux scientifiques de l'époque dont: C. Anderson, R. Bacher, A. Bethe, N. Bohr, J. Chadwick, A. Compton, J. Davisson, A. Einstein, E. Fermi, G. Kistiakowski, J. Langmuir, E. Lawrence, R. Millikan, J. Rabi, O. Stern, H. Urey, etc...

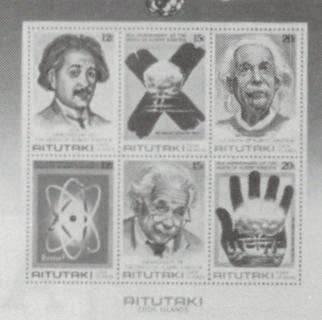
La première explosion expérimentale de la bombe atomique eut lieu le 16 juillet 1945 à 5 heures 30 minutes, à la base aéronautique d'Alamogordo dans un désert du Nouveau Mexique. La bombe contenait entre 4 et 22 livres de plutonium et d'uranium 235 et fit un cratère de près d'un kilomètre de diamètre; on estima qu'une température de près de cent millions de degrés fut atteinte au centre de l'explosion.

Lorsque Léo Szilard vit la chose il demanda que l'on montre aux Japonais la force de cette bombe afin qu'ils capitulent; mais, comme on le sait, ses demandes furent refusées et plusieurs milliers de Japonais moururent.

Jamais plus la guerre ne serait la même. Pourrait-il y avoir d'autres conflits majeurs entre les grandes puissances détentrices de la technologie atomique? D'un côté comme de l'autre on a élaboré des bombes cent fois plus puissantes que celle qui a explosé à Hiroshima et tué 50,000 humains d'un coup.

Heureusement la physique nucléaire, c'est plus que la fabrication de bombes, c'est tout le domaine énergétique du futur. Mais là aussi les gens ont peur des centrales nucléaires à cause de quelques accidents qui se sont produits ou ont failli se produire. Plusieurs découvertes en physique nucléaire ont permis à la médecine de progresser (domaine de la médecine nucléaire), et je suis certain que ce n'est qu'un début et que les progrès qui seront enregistrés par cette science dans les années à venir seront très marquants pour la survie de l'humanité toute entière.

Les commentaires sur mes articles sont les bienvenus via la revue. Dans les mois qui vont suivre, je parlerai de la biochimie et de la chimie moléculaire. ●



Le 21 juillet 1980, Aitutaki a émis un feuillet de 6 timbres pour commémorer le 25ème anniversaire de la mort d'Albert Einstein. On voit le savant à des périodes différentes de sa vie; l'on y voit aussi des explosions de bombes atomiques.



Le Canada a émis le 27 juillet 1966 un timbre pour publiciser les utilisations pacifiques de l'énergie atomique. On y voit la station nucléaire de Douglas Point, Lac Huron en Ontario (vue stylisée).



Les États-Unis ont émis en 1982 un bloc de 4 timbres pour la foire internationale de Knoxville. Sur un des timbres on y voit une vue stylisée d'un réacteur nucléaire.



Le 18 novembre 1977, le service postal de l'organisation des Nations-Unies a émis une série de 4 timbres (2 à New-York, 2 à Genève) sur l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.



Le 28 juillet 1955 les États-Unis ont émis un timbre montrant les deux hémisphères entourés par l'énergie atomique. Il est inscrit sur 3 côtés: "Afin de trouver la façon par laquelle le génie de l'homme puisse être consacré à sa vie" (traduction libre).