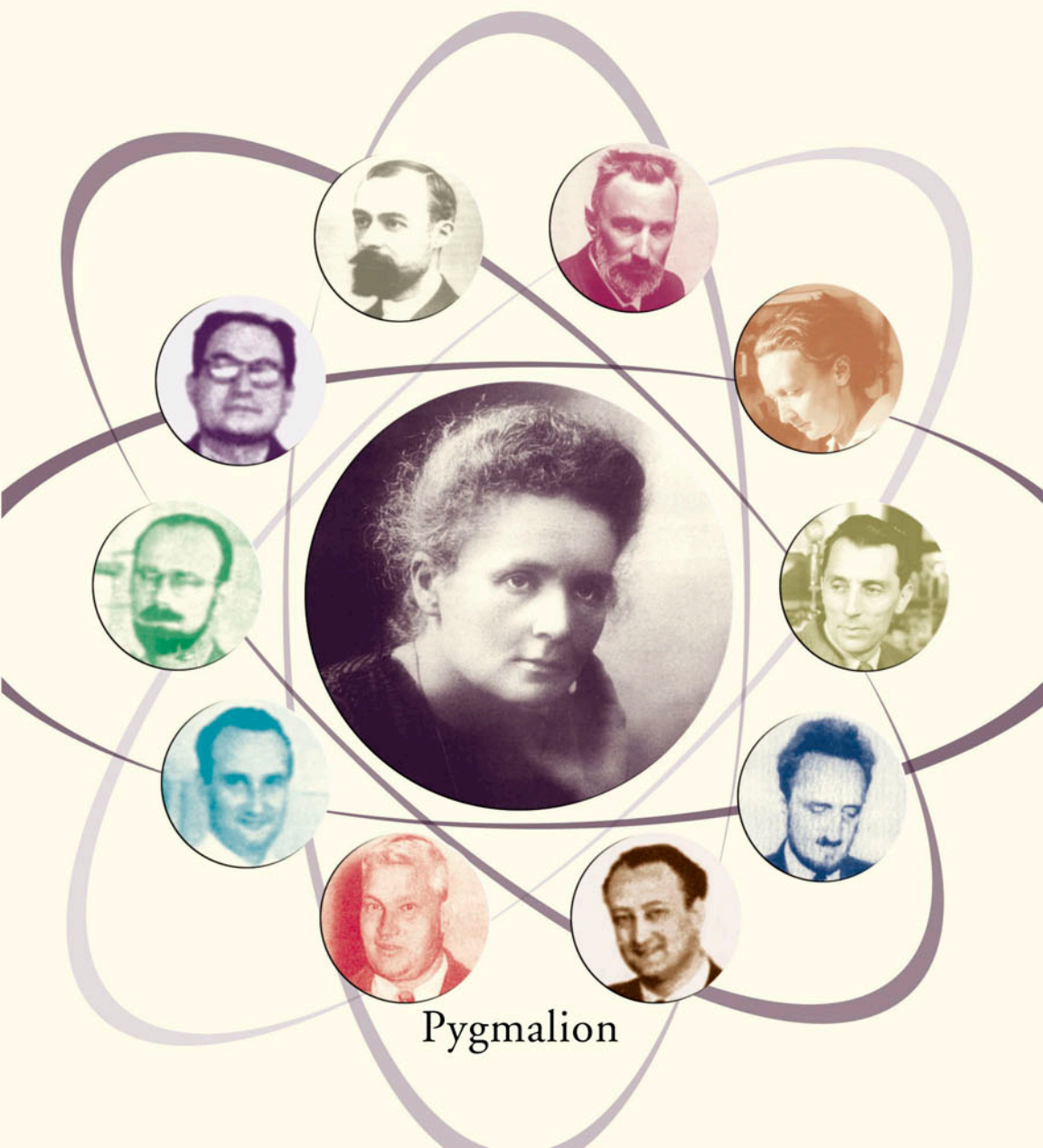


Jean-Pierre Poirier

Marie Curie

et les conquérants de l'atome

1896-2006



Pygmalion

Marie Curie

et les conquérants de l'atome

1896-2006

À travers documents d'époque, correspondances, témoignages et études savantes, Jean-Pierre Poirier raconte, dans un langage accessible à tous, l'une des plus extraordinaires et passionnantes sagas du xx^e siècle.

Elle commence en 1898, lorsqu'une jeune Polonaise, Marie Sklodowska, mariée à un chercheur français, Pierre Curie, précise la notion de radioactivité naturelle et découvre le radium. Récompensée par deux prix Nobel, Marie Curie crée à Paris, en 1911, l'Institut du Radium, où va naître l'école française de chimie-physique nucléaire, ouverte aux chercheurs de toute l'Europe.

C'est là que sa fille Irène et son gendre, Frédéric Joliot, découvrent, en 1934, la radioactivité artificielle, succès récompensé par un troisième prix Nobel.

En 1939, Frédéric Joliot apporte la preuve physique de la fission du noyau de l'uranium sous l'action des neutrons, montre qu'elle s'accompagne d'un dégagement d'énergie et de la libération de neutrons supplémentaires, capables d'amorcer une réaction en chaîne. Le principe du réacteur nucléaire producteur d'énergie est énoncé.

Une politique d'indépendance énergétique débute alors en France, dont quelques étapes seront la bataille de l'eau lourde, la création du Commissariat à l'Énergie Atomique, la construction de la première pile atomique, ZOÉ. En 2006, grâce au nucléaire, le pays assure 80 % de ses besoins en énergie électrique tout en réduisant la production de gaz à effet de serre.

La même double ambition guide les récentes décisions de construire E.P.R., nouveau type de réacteur à fission nucléaire, d'implanter à Cadarache le réacteur à fusion nucléaire I.T.E.R, et de participer au projet A.B.R., réacteur à neutrons rapides capable de recycler les déchets radioactifs.

Jean-Pierre Poirier, docteur en médecine et en sciences économiques, directeur de la recherche dans trois grands laboratoires pharmaceutiques français, a publié de nombreuses biographies : Turgot, Marat, Lavoisier, Madame Lavoisier, Ambroise Paré ainsi qu'une passionnante Histoire des Femmes de Science en France.

Festival de la
correspondance
GRIGNAN

Pygmalion

Ouvrage réalisé à l'initiative
du Festival de la Correspondance de Grignan

MARIE CURIE
ET LES CONQUÉRANTS
DE L' ATOME
(1896-2006)

DU MÊME AUTEUR

Antoine Laurent Lavoisier, théoricien et praticien de l'économie, Thèse pour l'obtention du doctorat en Sciences Économiques, Université Panthéon-Assas, Paris II, 16 décembre 1992. Lille, Éditions de l'Atelier national de reproduction des thèses.

Antoine Laurent Lavoisier. 1743-1794. Paris, Éditions Pygmalion- Gérard Watelet, 1993.

Marat, homme de science ? En collaboration avec J.-F. Lemaire, sous la direction de Jean Bernard. Paris, Les Empêcheurs de Penser en Rond, 1993.

Lavoisier, Chemist, Biologist, Economist. Traduit par Rebecca Balinski. Philadelphia : University of Pennsylvania Press, 1996.

De la situation du Trésor public au 1^{er} juin 1791, par les Commissaires de la Trésorerie nationale (Condorcet, Lavoisier, de Vaines, Dutremblay, Rouillé de l'Étang, Cornut de la Fontaine). Paris, Éditions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques (C.T.H.S.), 1997.

Turgot, Laissez-faire et progrès social, Paris, Éditions Perrin, 1999.

Histoire des Femmes de Science, en France, du Moyen Âge à la Révolution, Paris, Pygmalion, 2002.

La Science et l'Amour, Madame Lavoisier, Paris, Pygmalion, 2004.

Comar et Cie, Histoire d'une famille de pharmaciens (1887-1981), Paris, Éditions Philippe Rey, 2004.

La véritable Jacqueline Auriol, Paris, Pygmalion, 2005.

Ambroise Paré (1510-1590), Paris, Pygmalion, 2005.

JEAN-PIERRE POIRIER

MARIE CURIE
ET LES CONQUÉRANTS
DE L'ATOME

(1896-2006)



Pygmalion

Illustrations de couverture :

Autour de Marie Curie, au centre, on reconnaît, de haut en bas et de gauche à droite, Henri Becquerel, Pierre Curie, Irène Curie, Frédéric Joliot, Hans Halban, Lew Kowarski, Jules Guéron, Bertrand Goldschmidt, Pierre Auger, Francis Perrin.

Sur simple demande adressée à
Pygmalion, département de Flammarion,
87 quai Panhard et Levassor 75647 Paris cedex 13,
vous recevrez gratuitement notre catalogue
qui vous tiendra au courant de nos dernières publications.

© 2006 Pygmalion, département de Flammarion
ISBN : 2-7564-0052-1

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5 (2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

*« La recherche scientifique ne peut s'épanouir
que dans un climat de liberté : liberté de douter,
liberté de s'informer, liberté de découvrir. »*

Sir Ben Lockspeiser,
Président du conseil du C.E.R.N., 1954.

LETTRE À MA NIÈCE ESTHER, EN GUISE D'AVANT-PROPOS

C hère Esther,
Tu étais charmante l'autre soir, chez ton père, auréolée du prestige d'une carrière théâtrale débutante et prête à interpréter le rôle de Clytemnestre dans l'*Agamemnon* d'Eschyle. Je ne doute pas que tu sois capable de séduire Égisthe, mais j'ai un peu de mal à t'imaginer, gracieuse et frêle, assassinant à coups de hache l'infidèle Agamemnon et la triste Cassandre.

Mon propos n'est pourtant pas d'intervenir dans tes choix artistiques. Il est de te parler du problème auquel tu vas être confrontée pendant les cinquante prochaines années, celui de l'énergie électrique. Tu vas me dire que tu t'en moques. Pas si sûr !

As-tu songé que tu vas avoir besoin d'électricité pour éclairer les petites ampoules blanches et rondes qui entourent le miroir de ta loge, pour éclairer la scène du théâtre où tu te produis, pour alimenter le gros projecteur qui te suit dans tes déplacements sur scène et qu'on appelle une *poursuite*, pour amplifier tes paroles grâce au micro dissimulé sur ta joue droite sous la forme d'un discret fil couleur chair, pour diffuser la bande sonore préenregistrée qui marque les moments dramatiques de la pièce. Or, de l'électricité, il n'y en aura bientôt plus assez pour assurer toutes ces fonctions, et quelques autres, si on ne fait pas quelque chose, et vite.

Sais-tu qu'un enfant qui naît aujourd'hui verra s'éteindre une grande part des ressources énergétiques naturelles de la planète ?

Les réserves de charbon seront épuisées dans 250 ans, celles de gaz naturel dans 70 ans, et celles de pétrole dans 45 ans. Or, dans 45 ans, en 2050, la population mondiale atteindra 9 milliards d'habitants, contre les 6,5 milliards d'aujourd'hui, et la consommation annuelle d'énergie aura doublé. Imagine le jour où chaque Chinois aura remplacé sa bicyclette par un quatre-quatre !

« Face aux problèmes à résoudre avec l'augmentation attendue de la population mondiale, écrit Georges Charpak, prix Nobel de Physique 1992, nous n'avons pas d'alternative à la production d'énergie nucléaire. En partant de la réalité du monde tel qu'il est, le nucléaire existe, et il va falloir vivre avec, car on ne le *désinventera* pas, pas plus qu'on ne saurait *désinventer* le feu, très dangereux lui aussi. Il est impérieux d'en atténuer les dangers, qui ne seront jamais nuls. Bien sûr, il va falloir investir massivement dans la recherche. Ainsi, un projet comme I.T.E.R. – dont le coût pour la communauté mondiale est celui d'un porte-avions nucléaire – vaut l'effort consenti, et il y a bien d'autres projets passionnants dans les cerveaux des chercheurs. »¹

Or, dans la course aux nouvelles énergies qui va s'emparer du monde entier, les Français ne sont pas mal placés. Ils le doivent au fait que, n'ayant pas de pétrole, ils cherchent depuis des décennies des formules de remplacement. Ils le doivent surtout à ceux qui ont ouvert la voie vers la domestication de l'énergie nucléaire, au premier rang desquels Marie Curie et Pierre Curie, son mari, puis leur fille Irène et son mari, Frédéric Joliot, puis tous leurs élèves, et les savants « nucléocrates » aujourd'hui responsables des nouveaux projets.

L'acquisition de cette compétence nationale s'est faite au cours d'un peu plus d'un siècle : de 1896, date de la découverte de la radioactivité par Henri Becquerel et des premières études de Pierre et Marie Curie sur le sujet, jusqu'à aujourd'hui. C'est cette saga de 110 ans que raconte ce livre, plein de révélations étonnantes sur la nature de la matière, sur le caractère des hommes et des femmes, sur la conquête laborieuse de l'énergie nucléaire. Elle est reconstituée ici à partir des écrits – rapports scientifiques, mémoires et souvenirs, correspondances privées ou publiques – et des témoignages de ses principaux acteurs.

1. G. Charpak, « Faut-il diaboliser le nucléaire ? » *Le Nouvel Observateur*, n° 2134, 29 septembre 2005, p. 48.

J'espère, chère Esther, que tu prendras plaisir à en lire le récit, et que, bien impressionnée par les prouesses des pionniers nationaux, tu augureras favorablement de notre contribution future à ces projets de dimension planétaire.

Maintenant, il faut que tu fasses un grand effort d'attention si tu veux comprendre la suite de l'histoire. Je vais m'efforcer de t'expliquer en une ou deux pages tout ce que tu dois savoir de physique nucléaire pour revivre sans ennui et sans effort le parcours des chercheurs pendant ce siècle de découvertes.

Je sais bien que cela va te paraître fastidieux et je devine entre tes deux sourcils un froncement inquiet. Frédéric Soddy, un grand scientifique anglais, réagissait déjà comme toi en 1954 : « Il est à peu près impossible aujourd'hui, disait-il, de lire un exposé sur le sujet de la radioactivité qui ne commence pas par la fin au lieu du début. De sorte que le malheureux profane est d'emblée noyé dans un déluge de mots dépourvus de sens pour lui : negatons, positons, neutrons, protons, nucléons, neutrinos, mesons et autres mots en *on*, et Dieu sait quoi encore, avant d'être autorisé à apprendre ce que c'est que la radioactivité. Pour dissimuler encore un peu plus ses origines réelles et faire croire qu'elle est née dans le cerveau tirebouchonné des physiciens mathématiciens son nom même de *radioactivité* a été remplacé par celui de *physique nucléaire*. »¹

Soddy oubliait qu'il connaissait, lui, tous ces mots en *on* et qu'il n'avait pas besoin qu'on les lui présente. En dépit de sa protestation amusée, je crois que tu liras avec plus de plaisir la suite si tu adoptes le vocabulaire des scientifiques. Connaissant les réponses aux questions qu'ils se posaient, tu souriras de leurs erreurs, de leurs hypothèses fausses, de leurs hésitations devant des phénomènes qui sont pour nous des évidences. Je vais essayer d'être bref et léger, et de ne pas dépasser deux pages, mais il faut que tu les lises.

Comme l'objet de ce récit est de raconter le cheminement au cours d'un siècle d'une idée simple mais géniale – la domestication de la formidable énergie contenue dans le noyau des atomes pour la mettre au service de l'homme –, je laisserai de côté tout ce qui concerne les applications militaires, c'est-à-dire les bombes et les

1. F. Soddy, *The Wider Aspects of the Discovery of Atomic Desintegration. Contrasting the Experimental Facts with the Mathematical Theories*, cité par Soraya Boudia, p. 22.

incessantes querelles géostratégiques qu'elles occasionnent depuis 60 ans.

Revenons aux notions de base et définissons ensemble ce que sont la *fission* et la *fusion* nucléaires.

Tu sais que toute matière sur cette terre est composée de molécules. Toi-même, tu es composée de molécules, tout à fait gracieuses, certes, mais molécules quand même. Et tu sais que les molécules sont elles-mêmes des assemblages d'atomes. Chaque atome enfin est constitué de deux parties : un *noyau*, cent mille fois plus petit que l'atome, et une couronne d'*électrons*. Frédéric Joliot, que nous retrouverons un peu plus loin, a un jour comparé le noyau d'un atome entouré de ses électrons à « un pépin d'orange placé sur l'obélisque de la Concorde, avec des poussières tournant autour à la distance de l'Hôtel Crillon ».

Ce n'est pas fini : ce noyau lui-même, si petit, est constitué de particules, les *nucléons*, qui sont des assemblages de *protons* et de *neutrons*. Chaque atome possède dans son noyau autant de protons chargés d'électricité positive que sa couronne possède d'électrons chargés d'électricité négative. Quant aux neutrons, ils sont dépourvus de charge électrique, et jouent un rôle négligeable dans les propriétés physico-chimiques de l'atome. Pour chaque élément, ces propriétés sont déterminées par le nombre d'électrons que comportent ses atomes, nombre lui-même déterminé par celui des protons de ses noyaux. Ce nombre correspond au rang de l'élément dans la classification établie en 1875 par le savant russe Dimitri Mendeleïev et qui va des éléments les plus légers, l'hydrogène et l'hélium, aux plus lourds, le thorium et l'uranium.

Une dernière notion, celle d'*isotope*, vient compliquer les choses, mais elle est essentielle et joue un rôle central dans la suite de notre histoire. On appelle *isotopes* d'une même substance des éléments dont les atomes contiennent dans leur noyau le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons.

Ainsi, l'*hydrogène* possède seulement un proton et un électron ; son isotope, le *deutérium*, possède, en plus de ce proton et de cet électron, un neutron ; le *tritium*, autre isotope, possède, en plus du proton et de l'électron, deux neutrons.

De même, l'uranium, quatre-vingt-douzième et dernier de la classification des éléments naturels, existe sous la forme de deux isotopes importants, l'*uranium 235*, dont le noyau possède 92 protons et 143 neutrons (total 235) et l'*uranium 238*, dont le

noyau contient, lui aussi, 92 protons mais avec 146 neutrons (total 238).

Lorsqu'un isotope a beaucoup plus de neutrons que de protons, son noyau devient instable. S'il est trop instable, il peut se transformer, se désintégrer plus radicalement, et donner naissance à de nouveaux éléments. Ainsi, l'uranium se transforme en thorium, le thorium en radium, le radium en radon, le radon en polonium et le polonium en plomb. En même temps qu'il se transforme, le noyau libère son énergie en émettant un rayonnement. C'est la *radioactivité naturelle*, décrite par Pierre et Marie Curie.

Le fait essentiel dans ce phénomène, c'est la libération d'énergie sous forme de rayonnement. C'est le mérite de Pierre Curie d'avoir signalé le premier la production de chaleur qui accompagne ce rayonnement et d'avoir compris qu'elle traduit une transformation atomique. Et c'est celui d'Albert Einstein d'avoir montré que cette libération d'énergie (E) était liée à une variation de masse (M) par une loi universelle simple qu'exprime l'équation la plus célèbre au monde, $E = Mc^2$, où c est la vitesse de la lumière dans le vide.¹

Ce que dit Einstein, c'est que l'énergie au repos d'une particule libre est égale à sa masse multipliée par le carré de la vitesse de la lumière dans le vide. Et en montrant que la masse est une forme d'énergie – tout comme le sont la chaleur, le travail ou l'énergie cinétique –, son équation explique l'énergie liée à la radioactivité naturelle.

Mais cette énergie est inutilisable sur le plan industriel en raison de la lenteur de son débit : il faut 1600 ans pour que la moitié d'un gramme de radium se transmute en plomb en dégageant une chaleur égale à celle que produit la combustion de 300 kilos de charbon. D'autre part, on ne trouve le radium dans les minerais d'uranium que dans la proportion d'un gramme pour trois tonnes d'uranium.

Cette énergie est pourtant utilisée dans les conditions naturelles, puisque la température interne de la Terre est due à ce dégagement de chaleur : et c'est le principe de la géothermie que de l'extraire du sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou d'électricité.

Pour que l'énergie contenue dans les noyaux de la matière

1. On exprime couramment E en joules, M en kilogrammes et c en mètres/seconde. c étant égal à 3×10^8 m/s, et c^2 à 9×10^{16} m/s, on obtient $E = 9 \times 10^{16}$ joules pour l'énergie équivalente d'une masse de 1 kilogramme, soit une énergie électrique théorique de 25 milliards de kilowatts-heure.

devienne utilisable industriellement, il a fallu une série de découvertes, qui ont été autant de coups de théâtre. La pièce est maintenant écrite et la représentation peut commencer. Au générique, les vedettes sont nombreuses et il n'y a pas de seconds rôles :

HENRI BECQUEREL, directeur du laboratoire de physique du Muséum d'Histoire naturelle, est le pionnier. Ce petit homme fluet, chauve, portant lorgnons, barbe et moustache, sanglé dans son uniforme d'Académicien des Sciences, met en évidence en 1896 le rayonnement invisible émis par l'uranium. Il découvre ainsi le phénomène que Marie Curie appellera la *radioactivité*.

MARIE CURIE, tu sais qui elle est. La jeune, pauvre et savante Maria Sklodowska, Polonaise devenue Française en épousant Pierre Curie, est l'archétype en France de la femme de science. Cherchant à identifier d'autres substances possédant la même *radioactivité* que l'uranium, elle met en évidence en 1898 celle du thorium, et prouve que le phénomène n'est pas limité à l'uranium, mais qu'il a un caractère général. Puis elle identifie, avec Pierre Curie, deux nouveaux éléments radioactifs, le polonium et le radium. Elle réussit ensuite, au prix de mille difficultés, à préparer du radium pur et à déterminer son poids atomique. Elle formule enfin, la première, l'hypothèse de l'origine atomique de la radioactivité. Une unité de mesure, le *curie*, une méthode de traitement du cancer, la *curiothérapie*, une rue de Paris, un Institut, d'innombrables écoles, hôpitaux et cliniques, deux prix Nobel et une tombe au Panthéon, sont autant de monuments élevés à sa gloire.

IRÈNE CURIE, sa fille, et son génial mari, FRÉDÉRIC JOLIOT, enrichissent considérablement ce patrimoine scientifique en 1934 en découvrant la *radioactivité artificielle*. Ils montrent qu'il est possible de créer par des moyens artificiels des éléments radioactifs qui n'existent pas à l'état naturel.

En mars 1939, JOLIOT et ses deux assistants au Collège de France, HANS HALBAN et LEW KOWARSKI, établissent la réalité du phénomène de la *fission nucléaire*. Il avait été annoncé par Otto Hahn et Fritz Strassman, puis par Otto Frisch et Lise Meitner. Mais les Français démontrent un fait essentiel : cette fission s'accompagne d'une libération d'énergie et de l'émission de neutrons secondaires ;

à leur tour, ceux-ci provoquent la fission d'autres noyaux et la libération d'autres neutrons. Ainsi, chaque fission en entraîne 2, qui en entraînent 4, puis 8, puis 16, puis 32... Cette *réaction en chaîne* donne accès au réservoir immense de l'énergie nucléaire, qui est, à masse égale, trois millions de fois plus puissante que celle obtenue par combustion du charbon. L'équipe conçoit alors le projet d'un réacteur utilisant ce phénomène pour produire de l'énergie, mais la guerre l'empêche de le réaliser en France.

En 1948, les mêmes hommes, avec d'autres pionniers du Commissariat à l'Énergie Atomique, ou C.E.A. – FRANCIS PERRIN, PIERRE AUGER, JULES GUÉRON, BERTRAND GOLDSCHMIDT –, mettent en service Z.O.E., première pile atomique française et première pile construite en Europe.

Au début des années 50, le monde découvre que cette énergie peut être exploitée de différentes façons :

Dans un *réacteur nucléaire*, la réaction en chaîne est contrôlée grâce à un agent modérateur, mais la libération d'énergie est considérable. La fission d'un atome d'uranium-235 libère une énergie de 200 millions d'électronvolts, soit 33 millions de fois l'énergie libérée par la combustion d'un atome de carbone. Cette énergie, récupérée sous forme de chaleur, peut ensuite être transformée en électricité. On sait aujourd'hui qu'elle a l'énorme avantage de ne pas émettre de gaz à effet de serre et donc de ne pas contribuer à l'échauffement de la planète. Son inconvénient, que soulignent les opposants au nucléaire, est en revanche de produire des déchets radioactifs ; les uns, déchets à vie courte de faible et moyenne activité, posent peu de problèmes ; ils représentent 90 % du total ; pour les autres, déchets à vie longue et/ou de haute activité, soit 10 % du total, des solutions sont à l'étude pour les stocker durablement. Nous y reviendrons.

Dans une *bombe nucléaire*, au contraire, on recherche une croissance exponentielle de l'énergie, en confinant la matière jusqu'à la masse critique qui entraîne l'explosion. Depuis Hiroshima, tout le monde connaît les effets de cette application de la *fission* nucléaire. Les dangers pour la planète de sa prolifération incontrôlée malgré les efforts de l'A.I.E.A. (Agence Internationale de l'Énergie Atomique) sont un autre souci légitime.

De 1955 à 1970, la France se dote d'une filière de réacteurs dits de première génération, les réacteurs U.N.G.G, (Uranium Naturel-Graphite-Gaz), qui fournissent les premiers kilowatts électriques en même temps que du plutonium destiné aux applications militaires.

De 1970 à 1995, la deuxième génération, celle des R.E.P. (Réacteurs à Eau Pressurisée), est mise en place au moment des premières tensions importantes sur le marché des énergies fossiles. Les 58 R.E.P. actuellement en service en France fournissent 80 % de notre énergie électrique, assurant notre indépendance énergétique.

En 2006, le *casting* de notre représentation théâtrale s'élargit à trois nouveaux candidats aux noms étranges : E.P.R., I.T.E.R., A.B.R.

E.P.R., qui signifie European Pressurized Water Reactor, sera le premier acteur à entrer en scène. Ce réacteur nucléaire de troisième génération utilisera, comme les R.E.P., l'énergie libérée par la *fission* de noyaux atomiques lourds et la transformera en électricité. E.P.R. n'apporte pas de changement conceptuel majeur par rapport aux réacteurs actuels, mais de solides avancées en matière de radioprotection et de sécurité pour l'environnement, de simplification de la maintenance et d'économie de production. Il devrait être mis en service entre 2012 et 2015. Ensuite, E.D.F. compte remplacer la majorité des tranches nucléaires actuelles par l'E.P.R. au rythme d'une tranche par an.

I.T.E.R., ce qui veut dire International Thermonuclear Experimental Reactor, est un autre acteur destiné en principe à une belle carrière. Mais il est encore bien jeune et je crains fort, chère Esther, que tu ne le connaisses pas très bien. Au début de l'été 2005, l'échec de la candidature de Paris à l'organisation des Jeux Olympiques de 2012 a rejeté dans l'ombre le succès d'une autre candidature : celle de Cadarache, petite ville des Bouches-du-Rhône et principal site du C.E.A., comme lieu d'installation d'I.T.E.R.

L'Union Européenne, la Russie, la Chine, les États-Unis, le Japon et la Corée du Sud ont fait ce choix ensemble. Les journaux eux-mêmes en ont peu parlé et la proximité des vacances a occulté cette étape essentielle vers l'utilisation industrielle d'une nouvelle

forme d'énergie : non plus celle produite par la *fission* nucléaire, mais celle de la *fusion* nucléaire.

L'objectif est de réaliser sur terre quelque chose d'analogue à ce qui se produit dans les étoiles, et en particulier dans notre étoile, le soleil : la fusion des noyaux très légers des deux isotopes de l'hydrogène – le deutérium et le tritium – pour former un noyau d'hélium. La fusion du proton et du neutron du deutérium avec le proton et les deux neutrons du tritium produira un noyau d'hélium, doté de deux protons et deux neutrons ; et le neutron excédentaire sera libéré.

Tout l'intérêt de l'opération réside dans son bilan énergétique, qui est très positif : si on attribue une valeur de 1 à l'énergie de l'atome de deutérium et aussi une valeur de 1 à l'énergie de l'atome de tritium, celle de l'atome d'hélium sera de 37 et celle du neutron libre de 140. Mais, pour obtenir la fusion des deux noyaux, il faut réaliser un tour de force : vaincre la force électrique qui les oppose, puisqu'ils sont tous deux chargés positivement par leurs protons. Cette difficulté et quelques autres expliquent qu'on ne soit pas encore parvenu à entretenir une réaction de fusion nucléaire plus de quelques secondes.

A.B.R. enfin, ou Advanced Burner Reactor, est un autre domaine d'expertise du C.E.A. La France pourrait fort bien jouer un rôle important dans la carrière de ce candidat au vedettariat. Dès le début des années 60, en effet, elle s'est intéressée à ce type de réacteur, appelé aussi surgénérateur à neutrons rapides. L'ancêtre, *Rhapsodie*, a été suivi par *Phénix* en 1974 et *Superphénix* en 1986. Ces réacteurs utilisent un combustible nucléaire recyclé et consomment plus d'éléments transuraniens qu'ils n'en génèrent, tout en produisant de l'électricité. L'essentiel de l'énergie y est produit par la fission d'atomes de plutonium, ce qui permet d'utiliser au mieux la capacité énergétique de ce matériau fissile et d'éviter son accumulation ; en même temps, ils transforment petit à petit l'uranium 238 – qui représente 99,3 % de l'uranium naturel – et refabriquent ainsi le plutonium, matière fissile productrice d'énergie.

Associer dans un parc nucléaire ces A.B.R. à des réacteurs classiques permettrait à la fois de résoudre les problèmes de sécurité et de stockage du plutonium pendant des centaines de milliers d'années si on ne le recyclait pas, et aussi de produire, avec la même quantité d'uranium, jusqu'à 100 fois plus d'électricité que

dans un parc constitué uniquement de centrales nucléaires classiques.¹ C'est pourquoi le chef de l'État l'a récemment appelé de ses vœux comme l'ont proposé aussi les Américains dans le cadre du G.N.E.P.

Voilà. Tu sais tout, chère Esther. Tu le vois, ces trois projets constituent des étapes essentielles de l'aventure énergétique nucléaire, ininterrompue depuis un siècle en France. Ils semblent bien être notre meilleure chance de pourvoir à nos besoins en énergie sans pour autant laisser à nos descendants une planète vidée de ses réserves en combustibles fossiles et une atmosphère encombrée de CO₂.

« Si la France n'avait pas opté pour un vaste plan d'électricité nucléaire, elle aurait dû acheter une quantité colossale de pétrole et de gaz qui aurait accru la pollution et l'effet de serre. »

Elle aurait ainsi contribué à l'augmentation du pouvoir destructeur des cyclones tropicaux. Pendant la décennie 1970, on comptait une moyenne annuelle d'une dizaine d'ouragans de catégorie 4 ou 5 dans le monde ; depuis 1990, le chiffre est passé à 18 par an. L'année 2005, avec les cyclones Katrina, Rita, Wilma, vient de nous fournir de convaincantes confirmations de cette évolution.

Marie Curie, en se lançant dans l'étude de la radioactivité, n'imaginait pas toutes les conséquences de l'aventure dans laquelle elle engageait pour un siècle la planète tout entière. C'est cette aventure, celle de la maîtrise de l'énergie nucléaire, qui offre à l'homme des potentialités immenses et lui impose en même temps de contrôler des risques bien réels, que je vais te raconter. Elle commence à Varsovie, en 1867.

1. United States Department of Energy, *The Global Nuclear Energy Partnership (GNEP)*, 6 février 2006.

I

MARIE SKLODOWSKA À VARSOVIE 1867-1891

La vie à Varsovie, en 1867, n'est facile pour personne. La Pologne, qui a été la plus vaste nation d'Europe, est rayée des cartes. À la chute de Napoléon, en 1815, le Congrès de Vienne a procédé pour la quatrième fois à son partage entre la Russie, la Prusse et l'Autriche. Seule la Pologne autrichienne a conservé un semblant d'autonomie. En revanche, la partie acquise par la Prusse est soumise à une germanisation intensive et celle que contrôle la Russie subit l'oppression tsariste. À Varsovie, une première insurrection en 1830 a été réprimée dans le sang, provoquant une émigration massive vers la France. Une seconde révolte en 1863 a encore durci la politique de russification et le tsar Alexandre II règne désormais sans partage sur ce qu'il appelle la *Province de la Vistule*. La langue russe est la seule officielle ; l'enseignement dans les écoles publiques est donné en russe et les fonctionnaires polonais sont progressivement remplacés par des Russes ou des Polonais pro-russes.

Un jeune couple d'enseignants, Wladislaw et Bronislawa Sklodowski, tente, malgré la dureté des temps, de conserver l'espoir. Tous deux issus de la petite noblesse terrienne, sans fortune, ils n'ont pour vivre que leurs modestes salaires d'enseignants. Lui est professeur de physique et de mathématiques dans un lycée de garçons. Elle, Bronislawa, née Boguska, dirige une petite école primaire pour filles, rue Freta, dans la vieille ville. Cultivés et

N° d'édition : FD087801
Dépôt légal : mai 2006

