

**LA RADIOACTIVITÉ, SOURCE
INÉPUISABLE DE PROGRÈS,
DE DANGERS ET DE SUPERSTITIONS**

GEORGES CHARPAK

KEYNOTE ADDRESS
PRIX LATSIS UNIVERSITAIRES 1999



FONDATION LATSIS
Internationale
N° 11

**LA RADIOACTIVITÉ, SOURCE
INÉPUISABLE DE PROGRÈS,
DE DANGERS ET DE SUPERSTITIONS**

GEORGES CHARPAK

PROFESSEUR

ACADÉMIE DES SCIENCES ET CERN

KEYNOTE ADDRESS

PRIX LATSIS UNIVERSITAIRES 1999



FONDATION LATSIS
Internationale

**LA RADIOACTIVITÉ, SOURCE
INÉPUISABLE DE PROGRÈS,
DE DANGERS ET DE SUPERSTITIONS**



GEORGES CHARPAK

PROFESSEUR

ACADÉMIE DES SCIENCES ET CERN

*Conférence prononcée à la Cérémonie
des Prix Latsis Universitaires le jeudi 7 octobre 1999*

Mesdames, Messieurs, chers amis,

Je vais vous parler du sujet dont j'avais donné le titre à Monsieur Latsis. Je sortais tout frais de la commémoration officielle du centième anniversaire de la découverte de la radioactivité et je trouvais que le plus facile était de continuer sur la lancée de mes propos. Je dois dire dès l'abord que je ne suis pas un spécialiste de certaines questions que je vais aborder, l'énergie nucléaire militaire par exemple où je dois mon expertise aux Suédois qui m'ont fait un cadeau qui a entraîné des conséquences que je ne soupçonnais pas.

Le premier comité auquel je fus invité, a été le comité qui prétendait choisir Miss France et cela marque bien la variété des tâches auxquelles on m'a convié - mais j'ai refusé, pour des raisons peut-être futiles. J'ai accepté par contre d'entrer dans un comité qui devait examiner le futur des armes stratégiques en France. J'y ai rencontré plus d'amiraux et de généraux que pendant le reste de ma vie, et également des représentants de lobbies, des intellectuels et des journalistes, familiers des allées du pouvoir. Les gens les plus rationnels étaient, au fond, les généraux et les amiraux. Parce qu'eux avaient la lourde responsabilité de faire tomber les bombes et par conséquent ils se posaient des questions sérieuses : à quoi cela sert-il et dans quelles conditions réelles allait-on le faire ? Les gens qui étaient des lobbyistes purs, par exemple ceux des milieux constructeurs de bombes, me semblaient moins soucieux de réalisme.

Certains d'entre eux étaient un peu de grands enfants dont on avait interrompu un jeu passionnant. On était arrivé à moins de 500 bombes nucléaires, ils en avaient prévu 1000, et ils en avaient un certain regret. Comme si l'ennemi soviétique les avait trahis, en s'effondrant un peu trop tôt. La discussion était : où faut-il s'arrêter, jusqu'où faut-il reculer et moi,

sans doute un peu irresponsable, je disais qu'il fallait diminuer massivement le nombre d'armes nucléaires puisque les Soviétiques avaient eu le mauvais goût de disparaître. Alors un jour, un ingénieur m'a dit, Monsieur Charpak, vous voulez diminuer le nombre d'armes au plutonium - nous avons je crois dans les 400 bombes à ce moment là - savez-vous que les Russes continuent de produire, chaque année, plus de plutonium militaire qu'il n'y en a dans tout notre arsenal, alors pourquoi voulez-vous que nous diminuions le nôtre ? Moi j'ai trouvé cela difficile à avaler parce que je savais qu'il y avait des discussions avec les Russes sur la façon de les débarrasser de leur plutonium et que les Américains devaient payer des dizaines de milliards de dollars pour leur acheter leurs tonnes de plutonium militaire dont ils n'avaient que faire.

Cela me semblait contradictoire, j'ai donc téléphoné aux Etats-Unis, je ne savais pas si c'était très régulier, à un de mes amis qui s'appelle Garwin avec lequel j'avais travaillé au CERN et qui était expert en ces matières, en lui demandant de m'expliquer pourquoi diable les Russes continuaient à produire du plutonium ? Il m'a dit que c'était simple : nos barres de combustibles dans les centrales nucléaires sont gainées soit dans l'acier inoxydable, soit dans du zirconium et quand nous les sortons après quelques années des réacteurs et que nous ne voulons pas les traiter pour sortir le plutonium, nous les mettons dans une piscine, par exemple pour cinquante ans et nous laissons décroître la radioactivité.

Les Russes ne le peuvent pas. Etant pauvres ils les ont gainées dans de l'aluminium. Et l'aluminium au bout de deux ans, eh bien, à cause des radiations il se délite et le plutonium sort. Il faut donc traiter vite et c'est cela qui fait la grosse différence : ou vous traitez vos barres parce que vous voulez faire du plutonium militaire ou c'est simplement parce qu'il vous arrive dessus et que vous ne savez pas comment vous en débarrasser.

Et là, j'ai eu le sentiment qu'il était regrettable que l'ingénieur ne donne pas cette information, car c'était alors aux politiques de décider quelle attitude à avoir à l'égard des Russes, en leur disant par exemple : vous ne pouvez pas vous débarrasser de votre plutonium, on va vous aider. Ce n'était certainement pas une raison pour dire qu'il faut garder notre plutonium même s'il est inutile.

C'est alors que j'ai souhaité écrire un livre avec Garwin qui s'appellerait « Feux follets et champignons nucléaires ». Les « feux follets », c'était

par rapport aux fantasmes qui font que quelque chose peut être extrêmement craint par des gens superstitieux alors que ce n'est rien du tout et les « champignons nucléaires », cela parle de soi même.

Le but était de rassembler le maximum d'informations avec quelqu'un qui avait été un artiste dans la production des armes nucléaires. Pour des raisons que j'ignore, après avoir été un très, très brillant physicien des hautes énergies et le principal meneur du groupe dans lequel je suis entré au CERN, il s'est reconverti. Il était entré chez IBM et passait une partie notable de son temps à imaginer des systèmes d'armes. De façon paradoxale il est devenu par la suite une sorte de pacifiste et c'était, me disait-on, l'homme le plus haï des généraux du Pentagone bien qu'il ait eu le grand prix de la CIA il y a 3 ans et qu'il ait fêté gaiement le prix Nobel de la Paix octroyé au mouvement PUGWASH dont il était un militant fidèle. C'est une de ces contradictions qu'on ne peut trouver qu'aux Etats-Unis. C'est-à-dire quelqu'un dans le système et qui néanmoins peut aller trouver les parlementaires ou le président en disant, qu'il n'était pas d'accord avec les options choisies par les états-majors et qui est écouté en raison de contributions majeures à la défense nationale. Cela manque un peu dans beaucoup de pays.

J'ai appris alors un certain nombre de choses et j'ai été content d'avoir fait ce travail qui me donnait une expertise qui était égale à celle qu'aurait dû avoir tout homme politique responsable. Malgré tout, j'en suis resté là.

J'ai été très frappé du fait que en ce qui concernait l'énergie nucléaire civile, lorsque j'essayais de comprendre quelle était la position des uns et des autres, j'assistais à une cacophonie, j'observais des positions qui étaient dominées soit par la pression de lobbies soit par du sentiment, soit par des superstitions et là j'ai développé certaines opinions dont je sûr que vous ne les partagez pas toutes mais je suis prêt à changer d'opinion, il suffit de me convaincre que j'ai tort.

Nous vivons actuellement à un moment extraordinaire: la science est une activité qui est pratiquée par un nombre restreint d'individus sur terre mais elle est en train de bouleverser la vie de tous les habitants de la planète qu'il soient Zoulous dans la brousse ou qu'ils vivent dans des mégapoles. Il y a là quelque chose d'absolument nouveau et à cette intrusion de la science notre société n'est pas préparée.

La science a mûri pendant des siècles et des dizaines de siècles. Les noms de Pythagore et d'Archimède sont connus de tous les écoliers. Les prophètes et les philosophes ont joué leur rôle, certes, et ce n'est sans doute pas un hasard si la science est née dans une certaine société, dominée par une certaine religion et pas n'importe où. Je crois qu'elle avait peut-être plus de mal à se développer dans des sociétés où la religion affirmait que la réalité est quelque chose qui n'est qu'apparence et qu'il fallait attendre patiemment qu'on aille dans un autre monde, plutôt que dans les pays où la religion disait que la recherche scientifique avait pour objectif de découvrir quels étaient les desseins de Dieu, dans sa création du monde.

L'évolution de la science s'est donc étendue sur des millénaires. On attribue à Galilée le démarrage de la méthode scientifique qui est à la base de la science moderne, le mariage de la science expérimentale et la physique théorique, la science expérimentale et les mathématiques. Galilée est un personnage important. On sait que le saint Père, en même temps que d'autres mesures de grande importance, a décidé en 1992 qu'il fallait officiellement dire pourquoi l'Église avait eu tort avec Galilée. À l'Académie des Sciences, quelques uns de mes confrères catholiques me disaient que Galilée avait fait des erreurs, qu'il se trompait et qu'il n'avait pas vraiment, rigoureusement, prouvé que la terre tournait sur elle-même. Je trouvais cela un petit peu étrange parce que le vrai problème était – et le pape me semblait plus avancé qu'eux – que l'Église ne devait pas se mêler de la question qui avait valu condamnation à Galilée. Je les écoutais d'une oreille distraite.

Puis, la vénérable « Revue des deux mondes » m'a demandé d'écrire un article sur les intolérances dans les sciences. Et je suis revenu à Galilée et j'ai découvert quelque chose que tout homme cultivé sait sans doute mais pas des gens comme moi qui vivent dans les cavernes du CERN à faire une recherche spécialisée depuis 50 ans. J'ai découvert que Galilée était arrogant, très fier, sûr de lui. Il était ingrat, par exemple avec les Jésuites qui pendant 25 ans l'ont aidé à développer son entreprise de recherche scientifique. Mais les Jésuites étaient des hommes beaucoup plus habiles que lui politiquement. Ils disaient: « C'est vrai que la terre ne tourne pas sur elle-même et c'est vrai que tout ce que dit Galilée n'est pas juste mais le but de la recherche est de prouver qu'il a tort et que les

écritures ont raison ». On reconnaît là une habileté casuistique consommée et qui dans le contexte dans lequel on vivait, était tout à fait justifiée.

Les Jésuites avaient développé une lunette qui était la copie de sa lunette à lui, avec laquelle ils avaient fait des travaux superbes sur les taches solaires et sur les comètes. Et lui minimisait ces découvertes. Il avait développé une théorie sur les marées totalement fausse, dans laquelle il traitait mal l'interaction entre le soleil, la lune et la mer et il ne voulait absolument pas en démordre, même si les collègues lui prouvaient que c'était faux.

Alors quelque chose m'a frappé. Galilée ressemblait à mes collègues italiens du CERN, tout au moins les meilleurs. J'ai vu une fois, pendant une nuit au CERN où justement je travaillais avec Garwin, deux profcsseurs américains se regarder à trois heures du matin dans le blanc des yeux en disant : « tu n'aurais jamais dû faire de physique car tu n'y comprends rien du tout », or c'étaient deux personnes tout à fait remarquables.

J'ai découvert autre chose, c'est que dans toutes les branches de la science où les gens sont en compétition, les hommes sont pareils et qu'ils reflétaient simplement le fait que ce sont des hommes fraîchement issus des cavernes. Depuis l'âge des cavernes, le capital génétique des hommes n'a pas changé et il ressemble à celui qui dotait ceux qui avec leur massue défendaient l'entrée de la caverne dans laquelle leur famille était réfugiée. Il y avait certes une solidarité de clan mais aussi des valeurs respectables. Je ne voudrais pas que vous soyez offensés parce que ces hommes des cavernes aux quels vous ressemblez, ont aussi inventé l'amour. Au-delà de l'amour de leurs propres enfants, ils sont allés un peu plus loin, l'amour des enfants du clan, puis de leurs prochain. Ils ont inventé des outils, des moyens de communication, l'art. En un mot, être homme des cavernes ce n'est pas irrémédiablement accablant, mais peut être le meilleur et le pire, tout dépend des circonstances dans lesquelles vous plonge la vie dans la société.

Quelqu'un comme moi qui a vécu une existence plus bariolée, plus variée que celle d'un petit bourgeois français, qui est parti de l'Ukraine et qui s'est baladé un petit peu partout pour atterrir en France en passant par un camp de concentration en Allemagne, sait que si on place des hommes qui semblent civilisés dans certaines circonstances, ils peuvent

devenir comme des bêtes sauvages et qu'il ne suffit donc pas, pour définir l'homme, de dire qu'il est issu des cavernes. Mais ce qui est sûr, c'est qu'il n'était pas préparé au cadeau du ciel qu'était la science.

Elle s'est soudain développée depuis Galilée jusqu'au début de ce siècle, de façon exponentielle, d'abord tout doucement puis elle a atteint en ce moment une vigueur telle qu'elle bouscule nos habitudes, notre façon de vivre, brouille notre futur et qu'on a l'impression, qu'elle est capable même de changer un certain nombre de données fondamentales non seulement de la vie sur notre planète, mais aussi des paramètres physiques qui concernent la planète elle-même comme sa température, et que le moment est venu de réfléchir sur ce qu'elle nous prépare pour l'avenir, ses avantages et ses menaces.

Dans ce démarrage de la science, l'année 1896, date de la découverte de la radioactivité, est une date clé. En 1895, Röntgen a observé les rayons X. Cela a provoqué une émotion considérable. Le roi de Prusse a demandé à ce que l'on répète l'expérience à Berlin dans la semaine. Ils avaient de la chance, on pouvait répéter des expériences fondamentales en l'espace d'une semaine, à cette époque-là. La reine d'Italie est accourue, elle a voulu voir, personne ne comprenait, c'est pour cela que ça s'appelait X. On ne savait rien du mécanisme de production des rayons X. C'est l'année d'après, que le tube produisant les rayons X a permis de découvrir l'existence d'un électron avant que fut démontrée l'existence de l'atome. En 1896, la découverte des rayons X fut annoncée au début janvier à l'Académie des Sciences française par Poincaré qui suggéra qu'ils étaient créés par la fluorescence du tube de Crooks, qui s'illuminait quand on lui appliquait la tension. Il fut écouté par un jeune homme de bonne famille, Henri Becquerel - le grand père, le père et lui-même étaient académiciens. C'était un spécialiste de la fluorescence. Il a écouté Poincaré, il fit des expériences et il eut beaucoup de chance. Il a trouvé effectivement que quand il mettait un film photographique à l'abri de la lumière et le couvrait avec des sels d'uranium qui devenaient fluorescents au soleil, il trouvait une tâche noire sur le film, comme celle produite par les rayons X de Röntgen. C'était un bon scientifique. Il a répété l'expérience quinze jours plus tard, et, par manque de chance, ou par chance il pleuvait sur Brest et le ciel était couvert à Paris. Il s'est donc dit, on va attendre quelques jours, il a mis dans un tiroir la source et le

film. Quand il est revenu - est-ce que c'était un homme génial pour avoir fait ça, est-ce qu'il était simplement étourdi, est-ce qu'il était prudent et maniaque, je ne sais pas - il a développé d'abord le film avant de faire l'expérience avec un film neuf et il a trouvé que l'image était plus noire que si les sels fluorescents avaient été exposés au soleil. Celui-ci ne jouait donc aucun rôle, ni la fluorescence qu'il induisait. Il avait découvert un phénomène nouveau.

C'était quelque chose d'absolument formidable, parce que là, il y avait un phénomène inattendu qui n'a d'ailleurs intéressé personne, contrairement aux rayons X. C'était un phénomène dans lequel on observait un effet mystérieux dû à des rayons surgis du cœur du noyau des atomes d'uranium. Ils avaient une énergie 1 million de fois plus grande que celle des rayons X, mais on ne connaissait alors même pas l'existence et la structure d'un atome. On découvre aussi qu'il s'est fait insulter - il a été couvert de lettres l'injuriant disant : on a vu ça avant vous il y a 15 ans il y a 10 ans, il y a 3 ans etc. Il est souvent impossible de découvrir quelque chose dans les sciences sans que quelqu'un ne dise qu'il l'a trouvé avant vous. Et lui il s'est découragé, il a arrêté de travailler sur ce problème, quand on regarde les notes qu'il a écrites en 1896, 7 notes, 1897, 2 notes et en 1898, 0, il n'a repris qu'un petit peu plus tard, tandis que Pierre et Marie Curie se jetaient avec passion sur ce problème.

En 1898, ils ont trouvé le polonium et le radium qui étaient un million de fois plus actif et tous les trois eurent le prix Nobel en 1903 et c'est cela que nous avons fêté en décembre 1998 à la Sorbonne. Ce fut une commémoration au cours de laquelle les chercheurs ont parlé de grandes découvertes faites grâce à la radioactivité naturelle, puis artificielle.

C'était la fête mais en réalité pas pour tout le monde. Il y avait des journalistes, il y avait tout les médias. Le président Chirac a parlé, mais il y eut un silence poli sur les ondes. Il y a eut peu de lignes dans les journaux. Certains se sont étonnés, mais la raison est simple. Comme l'a dit une dame de mes amies : Comment osez-vous fêter quelque chose d'aussi épouvantable que la découverte de la radioactivité ? Je la regardais, elle avait 45 ans, elle avait l'âge qui correspondait à l'espérance de vie en 1900, l'espérance de vie a doublé ou presque, et il est évident que la recherche scientifique en matière médicale, en particulier celle exploitant la radioactivité, a quand même joué un rôle dans le progrès de la

médecine et dans le fait qu'elle pouvait vivre à un âge plus avancé. Mais ça ne fait rien, elle n'en avait aucune reconnaissance parce qu'elle avait peur du futur. L'énergie nucléaire et tous les phénomènes liés à la radioactivité avaient créé une angoisse qui allait de pair avec celle qui nimbe désormais toute la science. Inutile de vous dire qu'elle n'avait pas une reconnaissance spéciale envers les armes nucléaires, qui au dire de militaires, ou de politiques, avaient sans doute exercé une dissuasion salutaire à une époque critique pour le monde, illustrée par le stock d'armes nucléaires atteint au sommet de la guerre froide: 35.000 pour les Américains, 45.000 pour les Russes, armes dont la plupart avaient 10 fois la puissance d'Hiroshima. Je présente cela pour dire que nous avons quand même à gérer un héritage mental effrayant où nous avons frôlé un échange d'armes qui aurait détruit notre civilisation.

Il y en a qui ne veulent pas le croire aujourd'hui, mais 86% des Français croyaient en la dissuasion si on en croit les sondages. Maintenant, il n'y a plus de Soviétiques mais on a les armes nucléaires. On a les nôtres et on a également celles des Soviétiques. Et c'est quand même une «bonne» nouvelle que je peux vous annoncer: grâce aux efforts des Américains, grâce aux efforts des Russes, en l'an 2003, il n'y aura plus que 20'000 têtes nucléaires. C'est quand même un progrès et évidemment des gens censés pourraient se dire qu'on pourrait faire mieux, aller plus loin, mais c'est un problème sur lequel règne un grand silence.

Pourtant il y a des raisons d'avoir peur. En ex-URSS vous pouviez trouver que dans certaines parties de l'armée en extrême Orient qui sont chargées de garder les armes nucléaires, les officiers ne sont plus payés depuis six mois. Vous trouvez à Mourmansk 70 sous-marins nucléaires qui sont à port. Les réacteurs qui sont refroidis par des pompes marchent à l'électricité et comme les Russes ont privatisé la firme qui produit l'électricité, avec une centrale nucléaire du plus mauvais genre, comme celle de Tchernobyl, eh bien, à un moment donné, comme personne ne payait plus les factures, l'électricité a été coupée et les gens des sous-marins sont allés à la compagnie d'électricité l'arme au poing, il l'ont mise sur la tempe du directeur, ils ont dit: vous redémarrez le courant électrique ou on vous fait sauter la cervelle. Depuis, le gouvernement paie les factures.

Alors, une autre légation de ces explosions, et nous approchons du coeur du sujet, est la radioactivité produite par les essais nucléaires. Il y a eu près d'un millier d'explosions nucléaires dans l'atmosphère. Et il est intéressant de discuter avec les gens sur l'effet de ces explosions, sur l'effet de la radioactivité résiduelle? Vous pouvez considérer, si vous vous fiez aux estimations les plus pessimistes, qu'elle a produit 350'000 morts du cancer en 50 ans. Certains vous diront que ce n'est pas payé cher pour le fait qu'on n'a pas eu la guerre. Cela dépend du point de vue, 350'000 en 50 ans, il faut le comparer au fait que 25% de la population des pays civilisés meurt naturellement du cancer. On nous dit qu'il y a 460'000 morts par an dûs aux pots d'échappement, aux petites particules qui sortent de nos délicieuses voitures, si j'en crois une étude faite à l'Ecole Polytechnique de Zurich. Ces morts-là ne sont pas pareils à ces morts-ci. Les seconds ont pour source le plaisir, la richesse et les premiers ont quelque chose de diabolique.

Est-ce que cela va suffire pour marquer désormais la coupure entre les gens qui sont pro-nucléaires ou antinucléaires. Nous sommes condamnés à regarder de sang froid les conséquences des radiations sur la vie humaine et celles de toutes les autres activités humaines qui conduisent au même effet, à savoir la cancer.

Il est intéressant de regarder la planète vue de Sirius. Elle a un coeur de quelques milliers de kilomètres qui est en fusion - entouré d'une partie qui est sous haute pression et à haute température, mais qui n'est pas liquide. D'où vient la haute température? Elle vient des corps radioactifs qu'il y a dans le coeur: surtout l'uranium, le Thorium et le potassium. Le potassium que vous avez dans votre corps - c'est un désastre si vous n'en avez pas, c'est une maladie très grave - a une vie de 1,3 milliards d'années. Il contribue pour environ 6000 becquerels, c'est-à-dire 6000 désintégrations par seconde à votre capital radioactif et vous en avez 4 ou 5000 qui viennent du carbone 14 produit dans l'air par les rayons cosmiques. C'est-à-dire que vous êtes vous même en permanence des sources radioactives d'une dizaine de milliers de becquerels. Ce n'est pas une raison, si vous êtes mariés, pour faire lit à part, car moins de 5% des rayons sortent du corps, les rayons émis étant des électrons, en majorité de faibles parcours dans les chairs. Cette chaleur du coeur de la terre, si mes calculs sont exacts - ce sont des calculs d'amateur - est la

même que celle produite par 40'000 centrales nucléaires d'un gigawatt chacune, c'est-à-dire qu'on a vraiment une planète radioactive. Alors revenons à notre habitant de Sirius. Je n'ai pas voulu, permettez-moi une digression, prendre un extraterrestre ordinaire, parce que comme vous le savez il y a des milliers de gens qui croient qu'il y a des extraterrestres sur terre. Quand on descend à la gare de Genève on apprend qu'il y a même ici des Raéliens qui ont une ambassade qui se prépare à les recevoir. Et à la télévision de temps en temps il y a des gens très graves et très sérieux qui disent qu'ils ont vu des choses qui ne peuvent être expliquées que par des extraterrestres vagabonds. Vous voyez parfois 10 gendarmes qui en témoignent et jc me suis posé la question, quelle est la chance pour qu'ils aient été ivres morts à ce moment là? Elle est très faible, elle est la même que celle d'avoir 10 physiciens ivres morts, mais la probabilité d'avoir un extraterrestre espion qui joue des tours en apparaissant et en disparaissant est encore beaucoup, beaucoup plus faible. C'est pour cela que je n'y crois pas trop mais je vous laisse croire ce que vous voulez sur ce sujet grave.

Notre homme de Sirius, s'il regarde la terre découvre une chose effarante qui peut expliquer pourquoi il est naturel que nous puissions prendre peur. La terre rayonne maintenant autant de chaleur, à un facteur moins de 2 près que ce que rayonnent les 40'000 centrales nucléaires qui chauffent la terre. Ce ne sont évidemment pas des centrales nucléaires, mais simplement la radioactivité alpha ou bêta des sources radioactives naturelles. Et c'est donc énorme.

J'ai lu avec effarement - il n'est pas inutile parfois de sortir de sa coquille - que chaque habitant de la planète consomme une quantité d'énergie qui est équivalente à 38 kilo de charbon par jour. Inutile de dire que les Américains dans ce domaine se taillent la part du lion. On peut constater que nous sommes en train de consommer les ressources naturelles d'énergies fossiles d'une façon extraordinaire depuis la révolution industrielle. C'est un spasme affolant, car au temps d'Homère c'était zéro. Il y eut une montée régulière pendant 1 millions d'années, avant la révolution industrielle puis, en 1 ou 2 siècles cela grimpe et ensuite cela redescendra. Dans 1000 ans, il n'y aura plus rien. On aura, au musée d'histoire naturelle des fioles de charbon, de pétrole comme souvenir de ce qui existait jadis sur terre. Malgré tout, c'est quelque chose

qui interpelle et on peut se poser la question, avec quoi vont se chauffer, avec quoi vont produire de l'électricité les gens qui vont vivre sur notre planète et on sait qu'en l'an 2050 ils seront 9 milliards ?

On ne peut pas se laisser simplement aller à des considérations sentimentales et il faut garder son sang froid. Nous disposons d'un certain nombre d'autres sources renouvelables. Il y a l'hydraulique, il y a le photo voltaïque, il y a la biomasse, il y a le solaire, mais dans quelle proportion pourrons nous remplacer le pétrole et le charbon qui vont disparaître par le solaire ? Dans le meilleur des cas, semble-t-il, et je suis obligé d'écouter les spécialistes qui se basent sur des données difficilement contestables sur la surface de la terre, sur la quantité des terres sur lesquelles on peut mettre des cellules solaires, eh bien, ce sera de l'ordre de 10%. Evidemment, il y a un énorme gisement d'économique surtout aux Etats-Unis, mais néanmoins, on ne pourra pas éviter d'utiliser d'autres sources d'énergie et c'est pourquoi un certain nombre de gens pensent que l'énergie nucléaire est incontournable et il s'agit là d'un débat capital.

Il y a 25 ans, avant que les surgénérateurs ne soient décidés, on trouvait sur la table des décideurs, l'estimation de la quantité de charbon, associée avec les réserves connues et les réserves à trouver de pétrole et de gaz naturel ou d'uranium. Vous savez que dans l'uranium, on n'exploite qu'une composante de l'uranium, l'Uranium 235, qui n'existe qu'à moins de 1% dans l'uranium naturel tandis que les surgénérateurs permettent d'utiliser la totalité de l'uranium, qui est surtout l'uranium 238.

Ceci explique le pas fait par les décideurs français qui ont décidé de se lancer dans les surgénérateurs. Ils ont fait plusieurs erreurs. Une, fut de croire que le prix du pétrole allait augmenter, en pensant que dans 30 ou 40 ans il n'y en aura plus et, en fait, pour des raisons que je ne connais pas, la rareté dans le futur ne joue aucun rôle sur le prix. Celui-ci est allé en diminuant mais maintenant il est en train de remonter fortement. Une autre raison est qu'ils ont sous-estimé la quantité d'uranium sur le globe. Il faut se rendre compte que quand vous prenez un mètre cube d'eau de mer il y a là dedans 20'000 becquerels de radioactivité et que vous pouvez extraire de l'Uranium de l'eau de mer à un prix qui est 15 plus élevé que celui des gisements riches qu'on exploite. Ceci indique que dans 1 million, 10 millions, 100 millions d'années, il y aura une source

d'énergie qui sera encore de l'Uranium. Et vous pouvez imaginer très bien que dans 1 million d'années vous aurez des villes délicieuses dans lesquelles on ne roule qu'en voiture électrique, qui ne pollue pas du tout, l'électricité étant fournie par des centrales nucléaires, avec de temps en temps des accidents. Je ne veux pas éliminer l'accident parce que c'est lui qui est la source légitime des doutes. Mais il ne faut pas sombrer dans une peur mystique. Le Japon a vécu un accident de faible ampleur, il y a une dizaine de jours à Tokaimura. Il a reçu pendant deux mois une couverture médiatique dix mille fois plus grande qu'un accident de même gravité dû au gaz ou au charbon.

Mais nous ne sommes peut-être pas condamnés à l'eau de mer pour le combustible puisque au CERN notre ami Rubbia prétend introduire un nouveau type de réacteur qui combine la technologie des accélérateurs qui ont fait l'objet d'énormes progrès, avec celle des réacteurs. Je tire de son travail des perspectives évidemment favorables à son appareil. On y voit les réserves pour le futur, 45 années pour le pétrole, 63 années pour le gaz naturel, 230 pour le charbon, 54 pour les réacteurs nucléaires du type existant et une durée quasi illimitée pour son réacteur. Je peux vous décrire comment ça marche - je ne serai pas plus obscur au fond que certains des jeunes lauréats qui ont parlé -.

Dans le réacteur de Rubbia, il y a un accélérateur de protons de 1 GeV dont le faisceau entre dans un fluide de refroidissement constitué de plomb fondu où il produit des neutrons rapides qui frappent un cœur qui est composé de thorium ou d'autres corps, à peu près tout ce qui est fissile est acceptable, et on arrive comme cela à obtenir de l'énergie dont il prétend qu'elle est moins coûteuse que l'énergie nucléaire produite par les techniques actuelles.

Il n'a d'abord pas été pris au sérieux pour beaucoup de raisons. Il est du CERN, c'est un physicien, les ingénieurs détestent que les physiciens viennent prétendre leur dire comment il faut faire. Ils pensent qu'il y a 35 ans ou 40 ans ils étaient utiles mais maintenant on sait tout. Ils ont eu tort parce que maintenant, Rubbia est pris au sérieux et il y a une étude de grande envergure envisagée à l'échelle européenne pour voir si c'est vrai ou non. Puis Carlo Rubbia a du punch, il est à peu près irrésistible et il prétend que d'ici 10 ou 12 ans il peut avoir un prototype de son appareil. Alors est-ce que ceci remplit d'enthousiasme les adversaires du

nucléaire? Non, bien qu'il prétende que la quantité de déchets qu'il produira est mille fois plus petite que celle d'une centrale nucléaire classique. Parce qu'évidemment, les déchets c'est le problème. Ils sont la source du désastre de Tchernobyl, car ils ont été projetés dans le monde entier. Les déchets, on doit les enterrer et les gens en ont soudainement peur, ils ne veulent pas en entendre parler. Ont-ils raison ou ont-ils tort? Il s'est développé une véritable psychose à l'égard de la radioactivité.

A la télévision, on a entendu quelqu'un, je l'ai entendu moi même, et j'en suis tombé de ma chaise, dire qu'à Saint-Gobain dans une usine toute neuve ils ont produit de la laine de verre qui était deux fois plus radioactive que la laine de verre ordinaire. Et la contamination, elle ne venait pas de centrales nucléaires mais simplement du fait qu'il existe des minerais ou des céramiques plus radioactifs que d'autres. L'action a chuté de 7% dans la nuit. Saint-Gobain était déjà en chute à ce moment là mais elle a chuté plus vite et a remonté après, ça fait quand même beaucoup d'argent, et je me suis amusé à regarder de près. Qu'est-ce que c'est que cette histoire là, pourquoi est-ce que les gens ont-ils peur?

J'ai calculé que si vous vous taillez une veste de pyjama dans cette laine de verre et que vous en tapissiez votre hutte, en un an, vous récoltez la même chose que ce que vous donnait le potassium de votre propre chair, ah non, pas la même chose, deux cent fois moins. C'est-à-dire que cela vous faisait le même effet que de grossir de 500 grammes car toute viande est radioactive. C'était le même effet au point de vue de la radioactivité, ce qui est une aberration, une absurdité. La raison pour laquelle les gens ont peur est simple, ils ne savent pas qu'ils sont radioactifs et n'ont aucune comparaison pour estimer la gravité des microsieverts par mètre cube de laine de verre dont les propagandistes sans scrupules les abreuvent.

Le nombre de gens qui savent qu'ils ont, nichés en eux, un potassium et un carbone radioactifs et que cette radioactivité représente un vingtième de la radioactivité naturelle qui leur vient du sol ou qui leur vient des cieux, est très rare. S'ils savaient cela, peut-être qu'ils prendraient en riant les affirmations devant les cameras de télévision, d'un Monsieur qui est le directeur de la CRIRAD, laboratoire soi-disant indépendant de mesure de la radioactivité. Il roulait des yeux, il faisait peur et je dois dire que d'avoir vu cela m'a conduit à proposer une

nouvelle unité de mesure de la radioactivité. Un becquerel, vous savez peut-être tous que c'est une désintégration par seconde. Cela ne doit quand même pas vous dire grand chose quant à l'intensité de radioactivité que cela représente si vous ne connaissez pas le nombre d'atomes qu'il y a dans un gramme de matière. Si vous saviez que ce sont des milliards de milliards de milliards, vous diriez que, un par seconde, ce n'est pas grand chose. Mais quand on vous parle de Sieverts, vous devez vous boucher instinctivement les oreilles, car même quand vous êtes un physicien, c'est peu intuitif. Vous devez passer par le gray qui dépose un joule par kilo de chair, et ensuite moduler son effet suivant l'endroit du corps où il agit. Et quand cet expert disait à la télévision que cette laine de verre fait 4 microsievert au lieu de 2 microsievert et qu'il serait juste de mettre une étiquette, vous vous dites, mais il a raison ce brave homme: il est scandaleux qu'on nous vende de la laine de verre radioactive!

J'ai donc proposé une unité, qui s'appelle le DARI. Ce n'est pas un nom de physicien, ça ne rappelle ni un Becquerel, ni un Sievert. Ça s'appelle le DARI pour Dose Annuelle de Radiation Interne, pour un humain de 70 kilos. C'est quelque chose de très concret: en un an voilà ce que je déguste et à partir de là c'est très facile, vous caressez votre chien qui pèse 35 kilos, vous savez qu'il subit 1/2 DARI. La radiation externe due au granit ou aux roches quelconques du macadam engendre une vingtaine de DARIS et si quelqu'un vous dit que vous avez reçu par accident un centième de DARI, vous souriez. Eh bien, je compte beaucoup sur cette unité pour ramener le bon sens dans ces débats. Elle arrivera à convaincre les médecins, je ne sais pas si elle convaincra les pseudo écologistes. En tout cas, je suis arrivé à convaincre quelques experts.

Dans « Le Monde » on lisait: La Hague est-elle mortelle? Parce qu'il y a un professeur Viel qui avait trouvé dans une zone du canton de La Hague 4 leucémies en 15 ans au lieu de 1,5. N'importe qui a joué à la belote avec son petit fils sait que ça ne veut rien dire du tout. Mais néanmoins Le Monde y a consacré une page. En 1998, quand par manque de chance on n'a pas trouvé de leucémie dans ce canton pendant 3 années - on avait 4 leucémies au lieu de 3,5 attendues - c'est-à-dire zéro, eh! bien, il y a eu 4 lignes dans « Le Monde » en quatrième page. C'est-à-dire

qu'un certain nombre de journalistes et de journaux ne font pas leur travail d'information.

En réalité, il y a des sources d'irradiation qui sont naturelles avec lesquelles nous vivons et il n'est pas raisonnable d'exciter les gens avec des irradiations qui n'ont pas d'effet sur notre vie alors que de vrais problèmes nous interpellent. Est-ce que l'énergie nucléaire est un bienfait, présente-t-elle des dangers, est-ce que je peux l'améliorer, est-ce que je peux la remplacer par d'autres sources d'énergie ? C'est quelque chose qui mérite quand même qu'on aborde cela autrement qu'avec des superstitions alors que nous avons à envisager 4 milliards d'humains en plus d'ici cinquante années. Et les hommes politiques sont paralysés par le fait que des groupes marginaux dont le fond de commerce est l'exploitation de peurs, peuvent jouer un rôle dans leur élection ou dans leur échec.

Nous avons besoin en fait d'une race nouvelle d'hommes politiques qui serait une variété transgénique entre Clinton qui pense en échéances de deux années, et Dominique Voynet qui pense en échéances de 1 million d'années, la durée de vie des déchets nucléaires, 50 ans serait l'idéal.

Mais je vais m'arrêter là pour passer au sujet qui me tient à coeur et qui est l'éducation scientifique des enfants. Il n'est nullement déconnecté car je suis persuadé qu'il est plus difficile de noyer dans les fausses informations et les propagandes une population éduquée. J'ai été en Corse où une amie m'a agacée, en me disant qu'à cause du nuage de Tchernobyl, il y avait là une augmentation du nombre de cancers de la thyroïde. Avec une population de 250.000 habitants, la Corse peut difficilement escompter plus d'un cas d'augmentation de cancer de la thyroïde en un siècle. Mais néanmoins, cette angoisse la pénètre alors qu'elle a d'autres raisons pour être angoissée – en Corse en particulier où un magnifique granite très répandu, donne une irradiation trois fois plus grande qu'à Paris et cela sans danger digne d'être mentionné. Alors est-ce qu'il faut être étonné de cela ? Non, il ne faut pas être étonné de cela parce que, en Suisse comme en France, nous vivons dans des pays où le stock de superstitions est étonnant.

En France, si j'en crois un professeur de physique de Nice, 60% des Français qui ont un diplôme d'études supérieures non scientifiques croient dans les phénomènes paranormaux, les extraterrestres, les tables qui bougent, etc. Mon professeur de Nice, M. Broch, a une chaire à Nice,

et il a d'ailleurs lancé un prix de 200'000 Euros à toute personne qui lui ferait la preuve d'un phénomène paranormal quel qu'il soit, c'est quand même intéressant pour les chasseurs de primes. Si vous connaissez des gens qui sont sûrs d'eux, il a un site Internet, ils peuvent gagner 200'000 Euros. Ce même professeur a demandé à ses élèves, au moment où Uri Geller faisait tordre des clés dans la poche des gens en leur parlant à la télévision: « est-ce que d'après vous le fait qu'il fasse tordre des clés dans la poche ou arrêter les montres, est un fait scientifiquement établi? » 62% répondirent: oui, c'est scientifiquement établi. Et il leur a demandé: « est-ce que d'après vous la relativité d'Einstein est un fait scientifiquement établi ou une hypothèse? » 18% ont dit que c'était un fait scientifiquement établi. Dans ces conditions évidemment, il ne faut pas être surpris s'il y a une clientèle pour toute propagande obscurantiste. C'est quelque chose d'asscz ennuyeux parce que nous vivons dans un monde dangereux et cela reflète les mauvais aspects qui restent de l'homme des cavernes primitif dont nous descendons. Il est vrai cependant qu'on n'aurait jamais soupçonné que nous descendons de l'homme des cavernes en écoutant les 5 jeunes gens qui nous ont présenté leur prix. Je dois même dire qu'ils n'en présentaient que des caractères très atténués, mais il y a d'autres endroits de la planète qui sont absolument terrifiants.

Nous vivons dans un monde dans lequel il y a des poches de haine et nous savons, en regardant les événements de ces dernières années, qu'elles peuvent durer des siècles et des siècles. Et ce monde est très dangereux parce que contrairement à ce que beaucoup de gens croient, ce ne sont sans doute pas les armes nucléaires qui sont le danger, la science ne s'arrête pas et si j'en crois mes amis biologistes, il y a des armes moins chères, plus faciles à utiliser et beaucoup plus dévastatrices en matière de destruction de vie humaine qui sont possibles et qui sont en préparation. Et si on a des poches de haine elles peuvent être copieusement alimentées par de l'argent. Cet argent peut venir du pétrole, il peut venir de la drogue, je suis persuadé que dans les banques anglo-normandes on trouverait sans difficulté des milliards de dollars qui sont entre les mains de gens douteux. Eh bien, il y aura un jour des accidents. Et comme je suis pessimiste, je crains qu'il faille un accident pour que l'humanité se dise qu'on ne peut pas continuer comme cela. Et cet avènement de la science va aussi se traduire aussi par le fait que des

choses comme cela peuvent arriver. Fabriquer des petits avions drones , vendus comme jouets pour les enfants, qui font 50 km sans difficulté et qui peuvent transporter des armes bactériologiques qui peuvent se déverser sur les réservoirs, ça doit être justement un jeu d'enfant. Il n'y a pas besoin de milliards de dollars pour cela.

Par conséquent, je crois que nous allons aller vers un monde dans lequel il faudra des shérifs, qu'on le veuille ou non, ou des gens qui s'attribueront le titre de shérif et le droit d'être des shérifs, parce qu'ils auront été menacés et que si on veut éviter cela, il faut peut-être prendre en main notre destinée en se disant, nous devons faire en sorte que ces poches de haine ne se développent pas de façon incontrôlée. Pour cela, il faut exploiter une autre veine qui existe chez les hommes des cavernes qui est l'amour, la solidarité, la compassion et un sens de la responsabilité à l'égard de ceux que l'on trouve sur le bord du chemin et qui n'ont pas suivi, qui ont été incapables d'engranger les avantages de développement économique et scientifique et culturel.

Si un pays comme la France passe de 5% de fermiers à 1% comme aux Etats-Unis, ce n'est pas vrai que ces 4% aujourd'hui vont trouver du travail, si on ne fait rien. Une partie sera clochardisée et Dieu sait ce que des masses de gens clochardisés peuvent faire. Il n'y a qu'à regarder à quel point d'irrationalité peuvent sombrer certaines populations. Je ne vois qu'un rempart à cela. C'est un progrès colossal dans l'éducation basée sur les sciences, sur les arts et sur toutes les activités qui tissent des liens entre les humains.

Les sciences je les mets à part et je vais vous dire pourquoi. Il existe un moyen d'utiliser les sciences non pas pour apprendre aux enfants à devenir des bons mécaniciens ou des bons scientifiques, mais pour leur apprendre à raisonner, pour leur apprendre à communiquer et pour leur apprendre à être bien dans leur peau et pour leur apprendre à être simplement heureux d'être eux-mêmes. Et de ne pas être frustrés. Je l'ai découvert un peu par accident, grâce à mon ami Léon Ledermann dans le ghetto de Chicago, où il m'a emmené presque de force voir une école, dans laquelle 99,9% des enfants étaient noirs où j'ai vu la méthode en action. C'étaient des enfants de 5 à 11 ans et on les traitait comme des jeunes chercheurs scientifiques. Un chercheur scientifique a beaucoup de traits similaires à ceux des enfants et si vous en connaissez quelques

uns, vous ne me contredirez pas, mais il y a certains traits qui se rapportent directement à son activité. Il veut découvrir les lois de la nature. Il s'interroge, sans cela il ne ferait pas de la recherche. Et les enfants sont comme cela aussi si on leur donne un matériel qui a été soigneusement étudié pour qu'ils prennent contact avec le monde à travers ce matériel et qu'on ne se contente pas de les faire jouer comme dans une visite dans un musée. Ils doivent faire une hypothèse: qu'est-ce qui va se passer? Ils doivent faire des expériences. Ils dessinent l'expérience, ils écrivent, ils apprennent à écrire des mots nouveaux. Je l'ai vu en action. Ces programmes étaient extrêmement excitants et les enfants étaient tellement heureux, mais vraiment à tous les niveaux des classes que j'ai visitées. Le problème du professeur était simplement devant cet intérêt des enfants, de les maîtriser. Et de plus les enfants apprenaient des choses intelligentes.

Quand j'ai vu cela je me suis dit qu'il fallait qu'on introduise cela en France. On essaiera même de faire mieux! Les Américains ont dépensé des centaines de millions de dollars, pour forger les outils nécessaires à cette éducation. Les outils sont par exemple 17 manuels et tout le matériel qui va avec, à un prix qui est calculé pour que cela coûte 10 dollars par enfant par an. En France, un enfant dans l'enseignement primaire coûte 13'000 francs par an. C'est donc négligeable. Cela vaut la peine d'être entrepris et en France c'est en train de se répandre de façon satisfaisante. En trois ans, 4000 instituteurs, en un siècle et demi on devrait y arriver. Mais nous arriverons beaucoup plus vite grâce au fait qu'il y a actuellement un mouvement de réforme de l'éducation nationale en France, impulsé par un ministre énergique, Claude Allègre, en exploitant le désir des instituteurs de se joindre à cette aventure, en exploitant le fait que la France est un pays centralisé, ce qui est une catastrophe d'un certain point de vue, mais beaucoup moins que la décentralisation des Américains du point de vue de l'enseignement. La constitution interdit à l'état fédéral de s'occuper d'éducation en Amérique. Ce qui fait que les milliards qu'ils donnent, ils sont obligés de le faire par le biais d'organisations nationales et non fédérales. Alors en France, les instituts de formation des maîtres vont s'y mettre tous. Ils forment 10'000 instituteurs par an et ils donnent une formation continue à 20'000 instituteurs par an. Je pense, j'espère qu'on décrochera les crédits pour ces outils qui

existent maintenant ou qui vont exister dans le commerce et je pense qu'en 5 ou 10 ans on devrait arriver à faire cette réforme et je vous invite à vous y joindre, d'autant mieux j'ai pu vérifier que dans beaucoup de pays du monde, c'est un souci général et qu'il y a beaucoup de pays dans lesquelles il y a des expériences très riches qui se sont engagées. Il y en a sûrement en Suisse et je crois que nous devons mettre nos ressources en commun.

Je dois aussi souligner une des raisons pour laquelle en France cela a bien démarré. C'est que nous sommes arrivés à mobiliser les élèves de certaines grandes écoles ou de milieux scientifiques qui aident les instituteurs qui sont parfois intimidés. Les plus belles leçons de science que j'ai vu faire étaient données par des littéraires qui sont heureux d'apprendre et enseigner les sciences, heureux d'apprendre comment le monde marche et il y a là un gisement pédagogique extraordinaire.

Je crois que cet enseignement nous permettra d'avoir une génération d'enfants qui seront réconciliés avec la société. Je n'ai pas envie de vivre dans une société dans laquelle on doit se protéger comme au Moyen Age dans des châteaux forts. Or nous allons vers cela si nous avons un système qui est trop injuste et que se développent des masses de jeunes qui n'ont accès ni à l'éducation ni à la production. Je ne prendrais pas exemple sur les Etats-Unis. Après tout aux Etats-Unis, il y a 2 millions de personnes en prison. C'est beaucoup. En France il n'y en a que 50'000 je crois, c'est 40 fois moins. Je ne pense pas que la prison soit la solution du problème des populations marginales. Il faut porter l'effort du côté des enfants c'est une tâche primordiale, nous les aiderons également à ne pas suivre les gourous si nous les instruisons. Ils écouteront d'une oreille sceptique ceux qui leur raconteront des bobards. Je crois que l'éducation est le seul antidote.

Je me promène beaucoup dans les villes de France et je regarde les expériences de la main à la pâte. Je fais un peu un métier de lobbyiste en ayant la chance de m'appuyer sur des confrères de l'Académie des Sciences, des membres d'institutions éducatives, des cadres situés aux divers étages de l'Education Nationale et sur un riche vivier de militants éducateurs qui adorent leur métier. Et j'ai toute confiance que nous allons prospérer.