

Mardi 7 Mai 1985

Einstein ; sa vie, son oeuvre,  
son influence scientifique

Le mardi 7 mai, Monsieur LOCHAK est venu nous parler de l'oeuvre d'Einstein à travers sa vie (photo 1).

Monsieur Lochak est Maître de recherche au C.N.R.S. et Directeur de la Fondation Louis de Broglie. Il a successivement travaillé à l'Institut Henri Poincaré, au Laboratoire Joliot-Curie de Physique Nucléaire d'Orsay et, plus récemment, au sein de l'équipe de recherche de l'Académie des Sciences sur "Les Fondements de la Physique Quantique", dirigée par Monsieur Louis de Broglie.

EINSTEIN PARMIS LES GRANDS  
PHYSICIENS.-

Einstein s'inscrit dans la continuité des six plus grands physiciens de tous les temps :

- PYTHAGORE, vivait au VI<sup>e</sup> siècle avant J.C. Il fit deux découvertes qui ont sans doute le plus marqué le démarrage de toute l'idée de la description du monde physique :

. l'harmonie des sphères. Une espèce de musique secrète pensait-il émane des corps célestes et règle l'harmonie de leurs mouvements.

. lorsqu'on tend une corde, il existe des rapports mathématiques simples entre les longueurs de la corde qui donnent les notes de la gamme. Une corde de longueur P donnant une



Photo 1.- Albert Einstein (1879-1955)

note dont la hauteur est prise comme référence, les rapports les plus simples sont donnés par la corde de longueur 2-1 (octave inférieure) et 3-1 (douzième inférieure). Le rapport 2 est considéré comme "infécond" puisque n'étant capable que de reproduire toujours la même note à des octaves différentes.

En revanche, le rapport 3, étant à l'origine de ce qu'on appelle maintenant le cycle des quintes, permet d'obtenir toutes les notes de la gamme par quintes successives : si, mi, la, ré, sol, ut, fa.

- ARISTOTELE vivait au IV<sup>e</sup> s. av. J.C. Il a construit une description rationnelle des lois de la nature.
- GALILEE (1564-1643). Il est l'inventeur de la méthode scientifique, il a le premier énoncé le principe de relativité, et a prononcé cette phrase célèbre : "Le livre de la nature est écrit en langage mathématique". Il avait remarqué qu'une lyre "sonne" l'accord parfait (do, mi, sol) lorsque les trois cordes en vibration avaient des longueurs proportionnelles à 3, 4, 5.
- NEWTON (1643-1727) (photo 2). Il a le premier établi une théorie achevée (mécanique), a décrit le premier le monde composé de particules, et a créé la méthode expérimentale de la physique moderne.



Photo 2.- Isaac NEWTON.

- MAXWELL (1831-1879) (photo 3). Il a décrit une conception du monde parcouru d'ondes et de champs. Il découvrit la contradiction entre la description corpusculaire et la description ondulatoire.

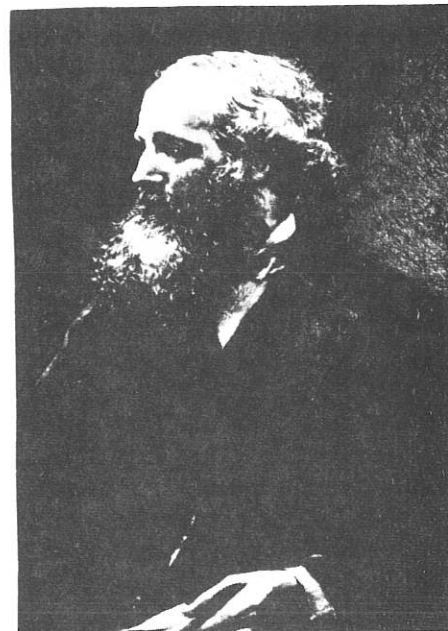


Photo 3.- James MAXWELL.

- EINSTEIN (1879-1955). Il représente trois victoires :

- . celle de l'atomisme,
- . celle du dualisme des ondes et des corpuscules,
- . celle du principe général de la relativité.

Pour qu'un génie se révèle il ne suffit pas qu'il soit un génie, mais il faut qu'il naisse au bon moment.

"S'il n'y a pas de guerre, le plus génial des stratèges fera une carrière à l'ancienneté", dit en boutade Monsieur Lochak.

Einstein est arrivé au moment d'une crise.

### LA PHYSIQUE A SON EPOQUE.-

La physique à l'époque reposait sur 4 grands piliers :

- la mécanique de Newton,
- la théorie ondulatoire de la lumière (Young, Fresnel, Maxwell),
- l'électromagnétisme de Maxwell,
- les théories atomiques créées par Maxwell, développées par Boltzmann.

Ces piliers, en fait, ne se complétaient pas entre eux. Ils ne supportaient pas du tout un édifice unique et, en plus, cet édifice, s'il existait, se lézardait d'une façon très inquiétante :

- les théories atomiques étaient controversées,
- la théorie des ondes ne marchait pas si bien,
- l'électromagnétisme de Maxwell prévoyait que dans n'importe quel four que l'on chauffe, il y aurait une énergie infinie. L'absurdité de cette déduction apparaissait et personne ne parvenait à se débarrasser de cette conclusion insolite de la théorie.

- si l'on essayait de comprendre les lois de l'électricité et du magnétisme pour des observateurs en mouvement les uns par rapport aux autres, on trouvait des résultats contradictoires.

C'est à cette époque qu'Einstein est arrivé.

### Qui était Einstein ?

Il est né à Ulm en 1879. Il vient d'une famille de petits industriels sans fortune, Juifs incroyants. Il va dans une école catholique sans raison religieuse, plutôt par commodité.

A l'encontre de sa famille il est profondément religieux jusqu'à l'âge de 12 ans :

"Bien que je fusse le fils de parents juifs totalement incroyants, j'éprouvais une profonde religiosité qui cependant a pris fin brusquement à l'â-

"ge de 12 ans. Par la lecture d'ouvrages de vulgarisation scientifique, j'obtins bientôt la conviction que nombre des histoires de la Bible ne pouvaient être vraies. La conséquence en fut un scepticisme vraiment fanatique joint au sentiment que la jeunesse est intentionnellement déçue par des mensonges ; ce fut une impression oppressante. De cette expérience, je retirais une suspicion envers toute autorité, attitude sceptique à l'égard des convictions existant dans tout milieu social, qui ne m'a jamais quitté depuis lors" (1949, notes autobiographiques).

Il déteste l'école. L'école primaire lui est apparue, disait-il, comme dirigée par des sergents et ses espoirs avec l'école secondaire se sont soldés par une seule remarque : les sergents ont été remplacés par des lieutenants.

C'est un élève tout-à-fait ordinaire sauf en mathématiques et en physique ; il n'a pas beaucoup de mémoire, est mauvais en langues.

Il est d'une très grande lenteur d'esprit ; il a parlé à plus de 3 ans et même à partir de cet âge, il ne répondait que très lentement aux questions, à retardement.

Plus tard, on a compris que ce retard provenait d'une extrême concentration qu'il possédait dès son plus jeune âge et du fait qu'il réfléchissait tout simplement avant de répondre.

Quand Albert Einstein atteint l'âge de 15 ans, son père fait faillite et part à Milan. Einstein reste seul à Ulm, s'y ennue et fait une fugue pour rejoindre ses parents.

A 16 ans, il se présente sans préparation à l'Ecole Polytechnique de Zürich. Il échoue surtout à cause des langues, mais obtient la meilleure note en mathématiques et se fait ainsi remarquer par le directeur de l'école qui lui indique comment faire pour se préparer à ce concours. Il est reçu l'année suivante (1896).

A cette époque il rêve d'une mouette qui vole au-dessus de la mer dans le même sens que la houle. Elle voit la vague immobile sous elle puisqu'elle vole à la même vitesse que la vitesse de la propagation de la houle. Il se demande alors s'il est concevable qu'un observateur aille à la même vitesse "au-dessus" d'un rayon de lumière de façon telle qu'il puisse le voir immobile. Cette pensée le torture pendant un certain temps et il en arrive à la conclusion que cette idée est absurde. Cette remarque devait se concrétiser une dizaine d'années plus tard dans un des postulats de la relativité restreinte.

A l'Ecole Polytechnique, c'est un élève moyen. Même Minkowski, son professeur de mathématiques, avouera plus tard qu'il ne l'avait pas remarqué.

Il lit beaucoup les livres classiques au lieu des manuels et travaille seul. "Il paraît que je ne suis dans les bonnes grâces d'aucun de mes anciens professeurs. J'aurais déjà depuis longtemps un poste si Weber n'intriguait pas contre moi. En dépit de cela, je veille à ne pas laisser passer la moindre occasion et je n'ai pas perdu mon sens de l'humour ...  
"Quand Dieu a créé l'âne, il lui a donné une peau épaisse. C'est le prin-

"temps ici et c'est merveilleux. Le monde te regarde avec un sourire  
"si heureux que tu ne peux t'empêcher de balayer tout cafard. D'ail-  
"leurs, des réunions musicales me préservent de l'aigreur. Quant à la  
"science, j'ai d'excellentes idées mais il faudra un peu de temps pour  
"les couvrir". (lettre à Grossmann, 1902).

Il sort diplômé en 1900.

Sans appui à l'Université. Aucun patron ne le protège. Il essaie de passer une thèse et écrit son premier mémoire à 21 ans. Mais ses maîtres refusent ce mémoire comme thèse alors qu'il venait d'être accepté dans une revue allemande et avait passé le barrage du juge le plus impitoyable, le physicien Max Planck (photo 4).



Il rentre en 1902 à l'Office des brevets de Berne comme ingénieur et passe des années heureuses et fécondes.

Photo 4 : Max Planck.

En 1905, il publie des mémoires (photo 5) :

- Sur la viscosité de l'eau sucrée, qui touche le problème moléculaire.
- L'interprétation de l'effet photoélectrique fondée sur l'hypothèse des quanta de lumière. Cet effet remarquable qui reçoit aujourd'hui de multiples applications, depuis le simple posemètre des appareils photographiques jusqu'aux piles solaires, en passant par les caméras de télévision, avait été découvert par Hertz en 1887.
- La relativité restreinte qui modifie les lois de la mécanique newtonienne et introduit l'équivalence de la masse et de l'énergie  $E = mc^2$ .
- La théorie statistique du mouvement brownien.



Photo 5.- Albert Einstein à Berne en 1905.

A cette époque il essaie d'être nommé Privatdozent à l'Université de Zürich. Pour cela il doit donner un cours devant un jury. Il expose sa théorie sur la relativité restreinte encore inconnue. Cette leçon inaugurale est refusée.

Pourtant, à partir de ce moment, débute sa gloire et en même temps son drame car ses travaux sont aussitôt discutés, controversés passionnément, ou adulés par des admirateurs sans réserve ...

Il se retrouve du jour au lendemain au centre de la physique de son temps. Il a 26 ans.

Einstein n'a jamais cru sérieusement qu'il avait apporté quelque vérité. Il ne croyait pas que la théorie en général en soit capable. La physique est une science expérimentale, considérait-il, et la théorie ne peut guère que poser des questions. La position intelligente d'un savant est pour lui de poser une question et non de donner une réponse.

A propos de l'informatique, on rapporte plus tard de lui une remarque : "Je crois volontiers que l'on fera un jour des ordinateurs capables de résoudre des problèmes qu'aucun homme n'est capable de résoudre, mais ne ferez-vous jamais un ordinateur qui posera une seule question ?".

Malgré les difficultés, Henri Poincaré, Max Planck le soutiennent.

En 1910, il est nommé professeur à l'Université de Prague puis en 1911 il revient à Zürich.

Il y est élu avec des lettres de recommandation de Poincaré et de Marie-Curie.

"Monsieur Einstein est un des esprits les plus originaux que j'ai connus ; malgré sa jeunesse, il a déjà pris un rang très honorable parmi les premiers savants de son temps. Ce que nous devons surtout admirer en lui, c'est la facilité avec laquelle il s'adapte aux conceptions nouvelles et sait en tirer toutes les conséquences. Il ne reste pas attaché aux principes classiques et, en présence d'un problème de physique, est prompt à envisager toutes les possibilités. Cela se traduit immédiatement dans son esprit par la prévision de phénomènes nouveaux, susceptibles d'être un jour vérifiés par l'expérience. Je ne veux pas dire que toutes ces prévisions résisteront au contrôle de l'expérience le jour où ce contrôle deviendra possible. Comme il cherche dans toutes les directions, on doit au contraire s'attendre à ce que la plupart des voies dans lesquelles il s'engage soient des impasses ; mais on doit en même temps espérer que l'une des directions qu'il a indiquées soit la bonne, et cela suffit. C'est bien ainsi qu'on doit procéder. Le rôle de la physique mathématique est de bien poser les questions, ce n'est que l'expérience qui peut les résoudre.

"L'avenir montrera de plus en plus quelle est la valeur de Monsieur Einstein, et l'Université qui saura s'attacher ce jeune maître est assurée d'en retirer beaucoup d'honneur".

(1911 - Lettre d'Henri Poincaré à Weiss, professeur au Polytechnicum de Zürich)

Poincaré dans cette lettre faisait une erreur : il n'y a eu aucune direction erronée dans toutes les recherches entreprises par Einstein.

En 1911, il participe au 1er congrès Solvay à Bruxelles aux côtés de sommités de son temps.

En 1913, lui qui est Juif, qui a abandonné la nationalité allemande, qui est Suisse, reçoit la visite de Planck et Nernst qui lui proposent de devenir membre de l'Académie de Prusse, Directeur de l'Institut Kaiser Wilhelm et Professeur à l'Université de Berlin, sans obligation d'enseigner ou le droit d'enseigner ce qu'il veut. On lui demande uniquement de reprendre la nationalité allemande, ce qu'Einstein refuse. On accepte alors qu'il garde la nationalité suisse.

"Je suis inquiet, écrit-il, je pars avec la mentalité d'une poule qui est tenue de pondre et ne sait pas si elle y parviendra".

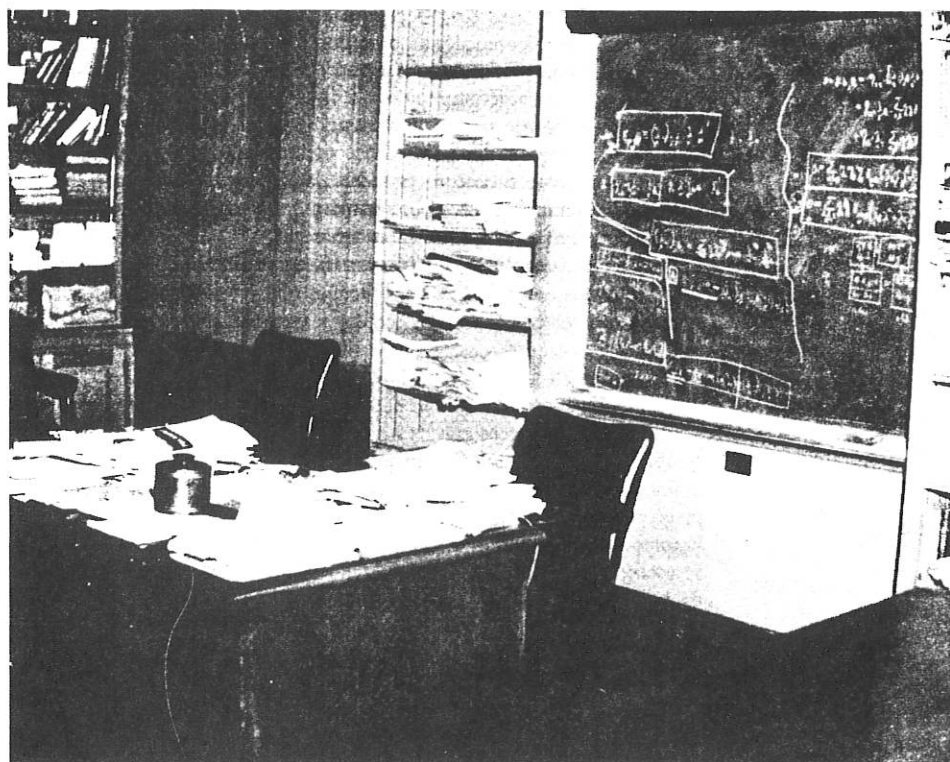
Il avait tort de s'inquiéter car à Berlin :

- il découvre la Relativité générale,
- il révolutionne la Physique statistique,
- il découvre l'émission stimulée de la lumière qui par la suite devait donner lieu à l'invention du laser,
- il écrit un article de mécanique classique qui fut l'une des bases de la mécanique ondulatoire pour De Broglie et Schrödinger.

En 1919, il écrit cette phrase :

"Aujourd'hui les Anglais me regardent comme un Juif Suisse et les Allemands comme un savant Allemand mais, que je devienne une bête noire et "je serai pour les Anglais un Allemand et pour les Allemands un Juif Suisse.

Hélas, cela n'allait pas tarder. Les Anglais ne changèrent pas d'avis sur lui, mais ses compatriotes oui, avec la montée du nazisme.



Il partit à Princeton (photo 6). Il était là-bas seul, enterré sous sa gloire, glorieux mais oublié.

Photo 6.- A Princeton, le tableau noir porte encore les derniers calculs laissés par Einstein avant sa mort.

Einstein était la plus pure incarnation d'une race d'hommes de science dont nous connaissons encore, vivant, l'un des plus grands représentants : Louis de Broglie (photo 7), les hommes de science philosophes, ceux pour qui la science est faite pour donner une image du monde et non pour expliquer et exploiter par le menu et au ras du sol les moindres effets physiques.

Il était profondément pénétré par l'idée qu'il existe une harmonie de l'univers. C'est en fait à cette harmonie qu'il identifiait Dieu et c'est en ce Dieu là qu'il croyait profondément. La physique pour lui, n'avait pas d'autre but que de chercher, peu à peu, à découvrir cette harmonie, le secret de Dieu.

Ce secret apparaît tortueux, dissimulé mais non pas impénétrable.

Il demandait pour critère premier d'une bonne théorie, la simplicité logique, critère autant esthétique que logique :

"Pour un esprit musicien, ceci est convainquant".  
"C'est si beau que Dieu ne peut y avoir manqué".  
"Je ne crois pas que Dieu joue aux dés avec le monde".

Cette idée d'un déterminisme qui domine l'ensemble des choses et celle que le premier critère de vérité est la simplicité logique s'est manifesté dans une boutade qu'on lui prête, apprenant la mort de Planck :

"C'était un des êtres les plus intelligents que j'aie jamais connus et un de mes meilleurs amis ; mais vous savez, il n'a jamais vraiment compris la physique" ...

Pourquoi ?

"Pendant l'éclipse de 1919, il est resté debout toute la nuit pour savoir si elle allait confirmer la déviation de la lumière dans le champ gravitationnel solaire. S'il avait vraiment compris la façon dont la théorie de la relativité générale explique l'équivalence de la masse inerte et de la masse gravifique, il serait allé se coucher comme moi".

Très peu de problèmes méritaient à ses yeux d'être examinés ; seuls, retenaient son attention :

- les ondes et les particules,
- le hasard et la nécessité,
- la géométrisation de l'Univers,
- qu'est-ce que la loi de Planck ? que sont les quanta ...

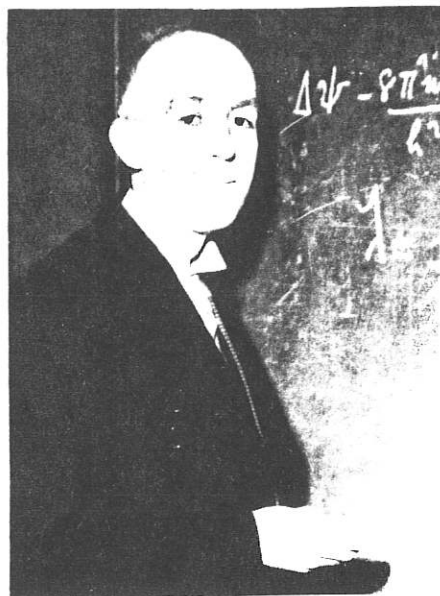


Photo 7.- Louis de Broglie (1892).



Il ne s'est donc jamais attaqué qu'à de tels problèmes fondamentaux sauf par jeu.

Il écrivit par exemple un mémoire pour expliquer pourquoi, lorsqu'on tourne une cuillère dans une tasse de thé, les parcelles des feuilles de thé se rassemblent au milieu de la tasse.

Il fut également l'inventeur du réfrigérateur sans moteur.

Pour lui une théorie part de principes très généraux qu'il est impossible d'établir à partir des faits mais que ceux-ci doivent se confirmer ensuite.

"Je pense que seule une spéculation hardie est à même de nous faire progresser et non pas une accumulation d'expériences. Du matériel empirique incompréhensible nous n'en avons que trop".

"Je n'aime pas beaucoup les scientifiques qui prennent une planche, cherchent où elle est la plus mince et font une grande quantité de trous là où ils sont faciles à faire".

Il aimait à citer le mot de Lessing :

"Le désir de vérité est plus précieux que l'assurance de sa possession".

Il a été capable de rester près de 10 ans quand il cherchait la relativité générale, sans obtenir de résultats sérieux (1907-1915), près de 30 ans sur la théorie du champ unitaire. Quelques jours avant sa mort, il y travaillait toujours.

"Dieu m'a donné l'entêtement d'une mule ... il est vrai qu'il m'a aussi donné du flair".

Le drame d'Einstein dans ses dernières années fut double :

- d'une part, il s'est trouvé en profond désaccord avec l'évolution de la théorie des quanta dans une voie indétermiste et formaliste sous l'influence de Niels Bohr et de l'Ecole de Copenhague.

- d'autre part, et beaucoup plus gravement, il s'est trouvé en désaccord avec le triomphe de l'empirisme, du pragmatisme en physique, avec le déferlement de l'appareillage de la technicité, des grands projets scientifico-techniques et l'oubli des idées générales.

L'empirisme, c'est le fait d'apprendre à se servir des formules des équations de la théorie parce qu'elles sont puissantes et efficaces, mais sans s'interroger sur leur signification profonde ; c'est admettre un monde entièrement statistique sans s'interroger sur ce qu'il y a derrière et même en niant qu'il puisse y avoir quelque chose. En fait, c'est là, une vision close de la physique, d'une théorie qui se proclame elle-même achevée. C'est une conception qui est faite pour une époque imbue de l'idée de progrès, de présent effaçant le passé, d'avenir effaçant le présent. Une conception faite pour l'action mais qui se coupe de ses bases culturelles et se trouve ainsi diminuée devant les difficultés.

Einstein n'a jamais cru avoir fait autre chose avec les quanta, que poser des questions.

Lui qui avait résolu tant de problèmes était avant tout un poseur de questions.

C'était la profondeur même de ces questions et la façon de les poser qui avaient si profondément influencé le cours de la science moderne.

Si l'on essaie de dresser une liste des laboratoires du C.N.R.S. qui utilisent les travaux d'Einstein, on s'aperçoit qu'il y a, bien sûr, les laboratoires de relativité et de mécanique quantique, mais aussi ceux de physique nucléaire, de spectroscopie, d'électronique, de photo-électricité, de laser, d'électromagnétisme, de physique des solides, de statistiques, de microscopie électronique, certains groupes de mathématiques ... Bref, il y a à peu près tout le C.N.R.S.

Mais Einstein lui n'était pas satisfait et ne l'a jamais été :

En 1918, quand il venait d'achever l'essentiel de la relativité générale, il a écrit à un de ses amis : "tout le restant de mes jours, je veux réfléchir sur ce qu'est la lumière".

"J'ai réfléchi un nombre incalculable d'heures, sur ce que sont les quanta de lumière. Bien entendu, sans résultat".

"J'ai réfléchi cent fois plus aux problèmes de mécanique quantique que je n'ai réfléchi à la théorie de la relativité générale".

"Si quelqu'un nous dit qu'il sait ce que  $E = h\nu$ \* veut dire, dites-lui "que c'est un menteur".

"50 années de réflexion ne m'ont pas rapproché de la réponse à la question : que sont les quanta de lumière. Je sais bien qu'aujourd'hui, n'importe quel pauvre type croit connaître la réponse, mais il se trompe".

Ce problème est en effet immense. Il est posé depuis 80 ans et demeurera posé pour des décennies encore sinon pour des siècles. La science avance lentement dans les problèmes fondamentaux.

Pour Einstein, la découverte de grands principes de la physique résulte d'une sorte d'harmonie divine, soudaine et mystérieuse entre les mathématiques et la réalité. Les grands hommes nous paraissent être plutôt les révélateurs que les acteurs de cette harmonie.

Des hommes comme Einstein apparaissent donc comme des poseurs de questions .

Quand Louis de Broglie a émis l'idée de la mécanique ondulatoire et que Paul Langevin avait envoyé la thèse de Broglie à Einstein, ce dernier a répondu par une lettre :

"Il a soulevé un coin du grand voile".

Cette appréciation qu'il portait sur quelqu'un d'autre doit être prise comme l'appréciation qu'il portait sur la science en général.

Il existait pour lui, quelque chose qui est l'Univers qui nous entoure créé, par un Dieu qui a insufflé son harmonie, tortueuse, difficile

---

\*  $h$  = constante de Planck  
 $\nu$  = fréquence

à déceler mais qui n'est pas irrémédiablement cachée aux hommes.

Sa complexité et son immensité seules nous empêchent de la saisir toute entière. Trouver un résultat en physique n'est rien d'autre que soulever un coin du voile que Dieu a jeté sur la complexité de l'Univers.

C'est dire qu'il n'avait aucune chance de s'entendre avec ceux qui croient à la toute puissance d'une science achevée.

°  
° °

Monsieur le Président,

"De récents travaux menés par Henri Fermi et L. Szilard m'ont été communiqués en manuscrits. Ils permettent de constater que l'uranium peut devenir une importante source d'énergie dans un très proche avenir.

.....  
"Ce phénomène pourrait permettre la construction de bombes d'un type nouveau, d'une puissance énorme. Une seule bombe, transportée par bateau dans un port pourrait détruire le port lui-même et une partie du territoire environnant".

Einstein remettra lui-même cette lettre au Président Roosevelt.

°  
° °

#### TABLEAU BIOGRAPHIQUE.-

- 1879 - Sa naissance à Ulm (Allemagne) dans une famille d'origine juive.
- 1905 - Exposé de la "Relativité restreinte".
- 1912 - Professeur à Zürich.
- 1913 - 1933 - Directeur de l'Institut de Physique Kaiser Wilhelm, malgré sa nationalité suisse.
- 1916 - Exposé de la "Relativité Généralisée".
- 1921 - Réception du Prix Nobel de Chimie.
- 1933 - Révocation par les nazis.  
Emigration aux Etats-Unis.  
Travaux à l'Université de Princeton.
- 1934 - Publication de ses réflexions : "Comment je vois le monde".
- 1939 - Lettre au Président Roosevelt sur les recherches des Allemands concernant la fission de l'uranium.
- 1940 - Einstein prend la nationalité américaine.
- 1955 - Sa mort à 76 ans aux U.S.A.