

ZAPI		décédé en 2016
Nom de famille	BAREYRE Pierre	
Adresse	16 Rue des Grès 91190 GIF SUR YVETTE	
Tel perso	01-69-07-25-82	
Email perso	bareyre@cdf.in2p3.fr	
FAMILLE		
Épouse	Liliane	
Enfants	Lucie ingénieur Agro	
	Julien ingénieur électronicien	
HOBBIES		
Arts et Métiers, Conseiller scientifique au collège de France, Vélo, Jardinage		
GRANDES ÉTAPES PROFESSIONNELLES		
Société	Fonction	Dates
CEA	Responsable de recherche au CEA en physique des particules	
Collège de France	Directeur du laboratoire de physique corpusculaire et cosmologie du Collège de France	1995

Président du groupe professionnel Recherche et technologie Arts et Métiers
Conseiller scientifique au Collège de France
Membre du conseil d'administration de la Fondation Arts et Métiers

Hommage à Pierre Bareyre

Pierre vient de nous quitter après une maladie éprouvante pour lui et les siens. Il n'était plus lui-même depuis quatre ans mais sa personnalité a été tellement généreuse dans le passé qu'il a continué et continuera de rayonner par ses exceptionnelles qualités d'intelligence et de cœur.

Pierre est né en 1934 à Fargues sur Ourbis dans le Lot-et-Garonne, dans une famille d'artisans. Il fait ses études secondaires au collège d'Agen. Brillant élève il prépara les Arts et Métiers dans la célèbre ENP de Tarbes, ces Ecoles Nationales Professionnelles qui ont permis de tisser une vraie démarche d'échelle sociale et de réaliser l'épanouissement d'intelligences à la fois conceptuelles et pratiques. Pierre comme ses camarades dits « les tarbais » poursuivit sa formation à l'Ecole d'ingénieurs Arts et Métiers d'Aix. Dans un contexte de transmission de valeurs et de vie communautaire, les amitiés acquises demeurent impérissables. La présence de nombreux camarades à son enterrement en est un profond témoignage.

....(quelques anecdotes...)

Toujours passionné de recherche Pierre entre au CEA et prépare une thèse de physique. Il se spécialise, entre autres, dans le rayonnement fossile et sur les supernovas. Nous avons souvenir de Pierre nous parlant de la compétition des équipes du CEA avec les américains et des expériences réalisées dans la galerie de Modane qui permettaient de tenter de mesurer certains rayonnements cosmiques jusqu'alors introuvables...

Remarqué pour ses qualités scientifiques et humaines, Pierre fut appelé en 1990 à prendre en association avec le professeur Froissard la direction du laboratoire de physique de l'espace. Le poste d'administrateur au conseil de la Fondation Arts et Métiers, dévolu à l'époque au Collège de France, était à pourvoir et Gilbert Dragon administrateur du Collège de France désigna Pierre pour l'occuper. Il remplit cette fonction avec le sérieux que nous lui connaissons défendant en particulier l'enseignement technologique. Il fut présent au cours inaugural de Jean-Paul Clozel démarrant sa chaire d'innovation technologique au Collège de France et lui proposa une visite au laboratoire de biomécanique de l'Ensam.

Il eut par ailleurs des contacts amicaux avec Robert Desbrandes CI41 sur l'intrication et rédigea pour le conseil de la Fondation une note très pédagogique sur l'intrication et la physique quantique.

Il accepta surtout de prendre la présidence du groupe professionnel Recherche et Technologie qu'il anima pendant 4 ans. Il rédigea aussi des articles pour le Magazine et en particulier en avril 2004 un excellent article sur le réchauffement climatique dans lequel il montrait que *l'influence du soleil est indéniable au cours du siècle dernier, mais ajoutant qu'il ne s'agit pour autant de négliger les conséquences néfastes humaines sur le climat notamment concernant le CO2 et l'ozone.*

Parti à la retraite en 1999 il termina son mandat à la Fondation Arts et métiers en 2011 mais déjà des signes de sa maladie apparaissaient. Liliane et ses enfants Lucie et Julien ont pu trouver un établissement près de Melun de qualité, adapté et humain. Pierre apparaissait dans un autre monde mais serein et cela était important pour tous les siens, sachant que, lucide et profondément fraternel, il avait foi dans une éternité d'amour qui nous dépasse.

Jean Carayon (A154)

Hommage à Pierre BAREYRE

1954-1955 : 13 ans à peine, dans le Collège Technique d'AGEN – ne demandez pas à un jeune de cet âge ce qu'il fera plus tard, en général il ne le sait pas, et moi non plus bien sûr !

Mais à la fin du 1^{er} trimestre, nous avons eu la visite d'un groupe d'anciens qui avaient intégré les « grandes écoles » et parmi lesquels il y avait un grand, élégant et sportif qui va tout de suite devenir ma référence, mon idole et m'aider à définir d'abord mon **orientation d'étudiant**, puis choisir mon métier : c'était **Pierre Bareyre**.

Et bien oui Pierre, après Agen, prépa à Tarbes, puis les Arts et Métiers à Aix en Provence et bien sûr je me devais de pratiquer le rugby, comme toi !

Au cours de ma dernière année d'études, à Paris, quelle surprise et quel plaisir de retrouver le même Pierre, sur les terrains de rugby puis portant le même maillot que moi. Que de bons souvenirs pendant cette période et au cours des 3^{èmes} mi-temps. Nous étions déjà devenus des inséparables, à tel point que nous avons eu le nez cassé, le même jour s'il vous plaît !

Enfin, en **Février 1964**, au cours d'une visite du centre de Saclay, dans le cadre de la recherche d'un emploi, 3^{ème} rencontre décisive avec Pierre Bareyre, sur son expérience GOLIATH à Saturne. Il était évident que moi aussi je travaillerai au CEA, bien sûr au LPCHE, qui deviendra plus-tard DPHE, puis DAPNIA, aujourd'hui Irfu.

C'est ainsi que j'ai pu côtoyer Pierre Bareyre pendant de nombreuses années et apprécier ses qualités de scientifique, son sens des contacts humains, ses capacités en matière de direction scientifique et surtout son implication dans la recherche et le développement de détecteurs nouveaux puis dans l'étude, la conception et la construction de très grands projets de physique des particules et d'astroparticules. Sa formation de base d'Ingénieur Arts et Métiers lui permettait d'être très bien intégré dans les bureaux d'études et très bien perçu par les techniciens et Ingénieurs du STIPE.

J'ai eu l'occasion de travailler directement avec Pierre au moins sur 2 grands projets et je reste en admiration devant l'ingéniosité, la persévérance et l'enthousiasme de Pierre :

- Tout d'abord sur le détecteur central pour UA2 au CERN qui fut le 1^{er} détecteur de grande taille au monde utilisant des fibres optiques scintillantes. Pierre suivit directement toutes les études et développements puis participa personnellement au contrôle des 500 km de fibres étirées dans les laboratoires du STIPE avant d'être placées sur le détecteur.
- Ensuite, avec Roland Barloutaud, Pierre a été l'un des pères fondateurs de l'expérience TAUP dans le laboratoire souterrain de Modane pour mesurer la Durée de Vie du Proton. Le détecteur de plus de 1000 tonnes, suspendu et accessible sur toute sa périphérie, avait nécessité le développement de près de 3 ha de panneaux alvéolaires plastiques. Je me souviens encore des longs week-end passés ensemble à Colmar, à l'usine de production des panneaux, avant de rejoindre Modane dans la nuit pour les réunions de chantier du lundi matin, pendant la construction du laboratoire à plus de 6km de l'entrée du tunnel puis revenir enfin à Saclay par le train du lundi soir.

Sa longue et riche carrière scientifique de Chercheur Polyvalent au CEA a été couronnée par le « Prix Robin » 1995 de la Société Française de Physique.

A la prise de retraite du CEA, Pierre a assuré la Direction du Laboratoire de Physique Corpusculaire du Collège de France, qu'il a profondément et courageusement transformé, dans des conditions parfois difficiles. A son départ, en 1999, Pierre a laissé à son successeur un laboratoire apaisé, le principal noyau d'Astroparticules et de Cosmologie (APC) de l'Université Paris-Diderot.

Enfin, fidèle à son école d'Ingénieur d'origine, Pierre Bareyre (promotion Aix 1954) deviendra Administrateur de la Fondation Arts et Métiers de 1999 à 2011, puis Président du Groupe Professionnel Recherche et Technologie de 2010 à 2014. Il recevra la Médaille de Bronze de la Société des Arts & Métiers

Pour terminer, au nom de toute la communauté scientifique nationale et internationale, je voudrais m'associer, nous associer, à la douleur de Liliane son épouse, à celle de ses enfants Lucie et Julien ainsi qu'à celle des petits-enfants qui, de façon indéfectible ont toujours accompagné Pierre et lui ont permis d'assumer pleinement sa vie professionnelle, associative et familiale.

Je reste à votre disposition pour toutes les démarches à suivre.

Serge Palanque *Aigo*

HOMMAGE à Pierre BAREYRE

3

Pierre vient de nous quitter au terme d'une maladie éprouvante pour lui-même et les siens. Sa personnalité fut si généreuse qu'il continue de rayonner en nous par ses exceptionnelles qualités d'intelligence et de cœur.

Pierre, ingénieur des Arts et Métiers, de tous temps passionné par la recherche, entre au CEA, prépare une thèse de physique et se spécialise dans le rayonnement fossile et les supernovas. Nous gardons tous le souvenir d'un homme qui nous faisait partager sa passion pour le monde merveilleux des étoiles. Il savait nous faire rêver.

Mais si Pierre donna beaucoup de lui-même à la science et au monde scientifique il apporta aussi énormément à l'école qui lui avait permis d'y occuper une place enviable et au rayonnement de laquelle il participa avec tout son engagement.

La direction du laboratoire de physique de l'espace du Collège de France lui donna l'occasion de défendre l'enseignement technique dans des organismes d'influence nationale par exemple comme administrateur de la Fondation Arts et Métiers.

Le Magazine des Ingénieurs Arts et Métiers lui doit de nombreux articles, tous modèles d'une vulgarisation lumineuse dont il avait le secret.

Un prophète disait : « Si tu veux que ton sillon soit droit, accroche ta charrue à une étoile » Je crois que Pierre avait choisi son étoile très tôt dans sa vie, et il n'avait bien sûr que l'embarras du choix, mais je suis persuadé que durant toute son existence il lui resta fidèle.

Liliane, Lucie et Julien.

Acceptez toute notre admiration pour le courage et le dévouement admirables que vous avez manifestés pour accompagner Pierre jusqu'au bout, malgré les souffrances, les difficultés et aussi parfois la détresse devant la cruauté de la vie.

Et c'est au nom de notre amitié que nous voudrions, Liliane, te demander la faveur de considérer qu'avec sa disparition, c'est comme si c'était un frère qui nous avait quitté.

(collègue du Collège de France)

Le 16 décembre 2006,

Chers Président et Administrateurs de la fondation AM,

Lors de notre réunion du 24 novembre dernier, la discussion relative à des applications de la Mécanique Quantique (MQ) étudiées par notre camarade Robert Desbrandes (CI 41) a entraîné parmi nous une sorte de confusion que j'avoue avoir entretenue. Robert étudie en ce moment des moyens nouveaux de communication à partir du concept **d'intrication**, appellation récente de l'un des plus anciens postulats de la MQ, la **non séparabilité**.

Permettez-moi de tenter ici une explication de ce phénomène si particulier par rapport à la physique classique. La formulation de la MQ est un monument incontournable de la science du vingtième siècle dont les fondements si novateurs ont posé au cours du temps de multiples interrogations, certaines possédant encore quelques zones d'ombre. Des particules élémentaires à l'univers du big bang, et dans ses applications technologiques: semi et supraconducteurs, magnétisme, lasers, superfluidité,... la MQ est omniprésente, produisant 1/3 du PNB des pays industrialisés.

Le début du vingtième siècle voit l'apparition de faits expérimentaux impossibles à décrire dans le cadre du bel édifice de la mécanique classique, confirmé jusque-là par l'expérience. Le rayonnement du corps noir et l'effet photoélectrique où interviennent des échanges entre matière et rayonnement sont décrits au moyen de l'hypothèse des **quanta**, sortes de paquets microscopiques indivisibles (Planck, Einstein) considérés au début comme des artifices mathématiques. Un peu plus tard, la stabilité des atomes et la quantification de leurs niveaux d'énergie reçoivent la justification qui leur faisait défaut. Plusieurs génies présents au même moment évoquent les aspects heuristiques de la MQ et formulent une solide théorie mathématique: (superposition linéaire, espace vectoriel, opérateurs, fonction d'onde, ...). En 1924, Louis Broglie émet la proposition révolutionnaire d'associer une onde aux particules de matière. Les fameuses **relations de Heisenberg**, dites d'incertitude, limitent la détermination précise et simultanée des positions, impulsions et moment angulaire d'un système physique. Les conséquences les plus marquantes sont de deux ordres: - les mesures au moyen d'un appareil provoquent des perturbations non négligeables au niveau microscopique, - l'étalement des résultats de mesures entraîne des prédictions en termes de **probabilités**.

Et voici qu'en 1935, surgit une formidable controverse entre l'Ecole de Copenhague menée par Niels Bohr et le trio Einstein, Podolski, Rosen (**EPR**), auteurs d'une publication célèbre où sont posés de sérieux problèmes à propos de la nature

du monde physique. Einstein se révolte à propos de la notion de déterminisme (les mêmes causes produisent les mêmes effets), quelque peu secouée par les relations probabilistes d'Heisenberg, qui lui fera prononcer la phrase bien connue: « Dieu ne joue pas aux dés! ». Pour EPR, la formulation probabiliste de la MQ reflèterait une certaine ignorance, et ne serait qu'une étape incomplète vers une théorie sous-jacente. Bohr rejette ce postulat, et précise que l'interprétation probabiliste fournit avec simplicité et efficacité la description physique du monde la plus complète. Le postulat fondamental est l'association, qui constitue un tout, d'un dispositif expérimental macroscopique (constitué de milliards d'objets quantiques) et d'un système quantique. Le tout indivise en interaction obéit au principe de **non séparabilité** ou **intrication**. L'objet du débat est donc incompatible avec les formulations classiques familières à la pensée. En vue d'apporter une clarification, EPR proposent de décrire une expérience de pensée. Nous proposons ici une variante améliorée par Bohm.

Soit une particule de spin 0 (moment angulaire intrinsèque) qui se désintègre au temps $t=0$ en 2 particules A et B, chacune de spin $1/2$. Ces dernières qui ont été en interaction s'éloignent dans des directions opposées (conservation de l'impulsion). L'expérimentateur Pierre décide qu'à l'instant t_2 il mesurera sur un axe la composante du spin de B. Entre-temps, l'expérimentateur Paul mesure à l'instant t_1 antérieur à t_2 la composante sur le même axe du spin de A. Paul peut alors prédire instantanément et sans perturber B la valeur que Pierre trouvera puisque, le spin total égal à zéro étant conservé, les valeurs des composantes des spin de A et B sont nécessairement opposées. Le raisonnement du paradoxe EPR se résume ainsi: avant l'instant t_1 , mesure du spin de A par Paul, la composante du spin de B avait déjà une valeur bien définie. Or, la vacité de cette affirmation ne peut dépendre de ce qui se passera à l'instant t_1 (principe de causalité relativiste: l'avenir ne peut réagir avant le passé). La composante du spin de B est donc un élément de la réalité physique ; les deux mesures éloignées, sur A et B, ne peuvent s'influencer mutuellement. EPR en déduisent qu'il serait alors préférable d'envisager séparément les éléments physiques propres à chacune des particules A, B, localisables dans l'espace-temps, soit une conception de la MQ locale, réaliste, **séparable**.

Bohr rétorquera que, le système microscopique mesuré et l'appareil ayant interagi, doivent se comporter comme un objet quantique unique obéissant au principe de **non séparabilité**. Par exemple, si les trois particules de l'exemple EPR sont décrites par un état de non séparabilité, les principes de la MQ s'opposent à l'argument EPR que l'on ne touche pas à B quand on réalise une mesure sur A; Ainsi, les systèmes qui proviennent d'une source lointaine, même dans le temps et dans l'espace présentent de fortes **corrélations** et doivent être prises comme non séparables.

Les deux géants (Einstein et Bohr) disparaîtront avant que le débat ne

soit tranché. Beaucoup d'encre aura coulé jusqu'en 1964 où John Bell, physicien au CERN, formule des hypothèses (**inégalités de Bell**), réalisant une percée théorique fondamentale qui fait passer le débat d'idées à des éléments quantitatifs aptes à des mesures expérimentales. Les expériences menées dans les années 70 où les risques d'erreurs sont importants ne donnent pas de résultats probants. De meilleurs résultats sont publiés en 1976 (Fry Univ. Texas) et dans les années 80 où l'équipe d'Alain Aspect (Univ. Orsay) réalise une série d'expériences basées sur des corrélations de photons dont les résultats sont favorables à la non séparabilité quantique. Le résultat a déçu pas mal de physiciens qui s'attendaient à trouver une super théorie nouvelle et globale à la Einstein, qui éviterait entre autres que des interactions se propagent instantanément et à distance. Pour pas mal de physiciens, la question se pose de savoir si la nouvelle situation a été au fond bien comprise. Pour d'autres, seul comptent les résultats du moment.

Nous concluons avec le Professeur Albert Messiah, auteur d'un traité de MQ faisant toujours autorité après cinquante ans d'existence, qui percevait ainsi la physique quantique: « je suis noire et pourtant je suis belle...(*le cantique des cantiques*) ».

(1)*: Une expérience réelle et compréhensible !

Pour ceux qui parmi nous auraient été surpris par des arguments plutôt filandreux avancés dans l'exposé de l'expérience EPR, nous résumons ici une mesure ancienne du comportement ondulatoire des particules de matière. L'expérience bien connue des **trous d'Young** en physique classique se retrouve en MQ, faisant apparaître des faits non conformes au bon sens. Soit un dispositif formé, en série, d'une source, d'une paroi percée de 2 trous et d'un écran récepteur. La source émet des ondes lumineuses de fréquence donnée occupant l'espace, qui diffractent au passage dans chacun des trous, et forment sur l'écran une belle figure bien connue de franges d'interférences. Remplaçons la source lumineuse par une source d'électrons. Surprise, les impacts des électrons sur l'écran dessinent également une figure similaire d'interférences. Mais alors, les électrons seraient passés par un trou, par l'autre, se seraient-ils coupés en deux (classiquement absurde, l'électron est ponctuel) ? Essayons de vérifier ces hypothèses en plaçant un petit détecteur non encombrant au voisinage de chacun des deux trous. Une fois les 2 détecteurs mis en action, voilà que la figure d'interférences disparaît de l'écran; les impacts se distribuent en une distribution monotone . C'est-là où la MQ nous demande d'abandonner d'anciennes croyances:- il faut se persuader que **la mesure perturbe le système**. Après celle-ci, les électrons sont dans un état autre qu'avant où ils n'interfèrent plus. D'autre part, savoir par quel trou est passé un objet microscopique n'a pas de sens physique puisqu'il n'y a

pas de trajectoire au sens classique, mais une probabilité de présence. On sait où et quand l'électron a été émis, et observé, mais on ne peut dire par où il est passé à chaque instant entre les deux positions, alors que, en physique classique, la trajectoire est reproductible, mesurable avec précision à chaque instant, avec un instrument raffiné; c'est ce comportement qui est mis en défaut par la physique microscopique.

(2)*: Une théorie mathématique, fondement de la Mécanique Quantique.

Poursuivons avec l'expérience des trous d'Young où se pose la question: comment définir les ondes associées aux particules matérielles par rapport aux ondes classiques: électromagnétiques, acoustiques, ... dont les amplitudes s'ajoutent, le carré de leur module mesurant les intensités. Les ondes quantiques sont définies comme des amplitudes de probabilité (Φ), nombres complexes associés à un état initial et un état final donnés. Le carré de la norme de Φ donne la probabilité de réalisation de l'état final par rapport à l'état initial. Ainsi, le trou 2 étant fermé et le trou 1 ouvert, la probabilité pour l'électron de passer dans le trou 1 est $P_1 = |\Phi_1|^2$, et $P_2 = |\Phi_2|^2$ pour la situation symétrique (trou 1 fermé, 2 ouvert) Les 2 trous ouverts, on peut penser que P_{12} est égale à $P_1 + P_2$. Mais non, il faut s'y faire: le calcul donne une distribution des impacts d'électrons monotone (pas d'interférences). Et voilà que le **principe de superposition** (additivité des amplitudes de probabilité) qui prévaut en MQ impose $P_{12} = |\Phi_1 + \Phi_2|^2$, soit l'expression de la figure d'interférences. La solution mathématique se trouve être simple et exacte !

L'information quantique:

Ne connaissant pas le sujet en profondeur, je référerai à Alain Aspect et à Robert si ce dernier nous donne plus de détails sur ses travaux du moment ; je n'ai pu le joindre jusque-là. L'idée de l'information quantique est que, en utilisant la MQ, il est possible de communiquer et de calculer au moyen de nouvelles méthodes. La **cryptographie quantique** utilise le fait que, en MQ, une mesure perturbe l'état du système, notamment sur les états intriqués. Ce ne serait pas un message qui serait transmis, mais une suite de nombres aléatoires corrélés, une clé secrète dirions-nous, qui permettrait de crypter un message sans risque qu'un espion ne l'intercepte et le décode. Actuellement, des distances de l'ordre de 10 kilomètres sont franchies entre l'émission d'une onde dans des fibres optiques, et sa détection par des photodiodes à avalanches. La **téléportation quantique** ne consiste pas à téléporter un organisme vivant, ou même un objet matériel, mais

plutôt de transférer un état quantique d'un système à un autre. La téléportation requiert la disparition du système originel et permet de reproduire à distance son état (sans jamais le connaître explicitement affirme Alain Aspect !). Une ingénierie des objets quantiques, qui n'existe pas a priori dans la nature bien que permise par les lois de la physique, pourrait se développer

Avec mes sincères sentiments, et mes excuses pour la lourdeur du pavé!

Pierre Bareyre (Ai 54)