

**INTERVIEW DE
GEORGES CHARPAK****INTERVIEW WITH
GEORGES CHARPAK**

On peut beaucoup réduire à certains patients et faire gagner du temps aux biologistes utilisant des radioéléments.

One can greatly reduce the radiation dose given to certain patients and gain time for biologists using radioactive tracers.



F. Francia: Depuis la mise au point de la chambre à fils proportionnelle, conçue pour la physique fondamentale, cet instrument a trouvé de nombreuses applications dans différents domaines. Comment en est-on arrivé là et quelles ont été les motivations qui vous ont poussé à poursuivre votre travail après le départ à la retraite?

F. Francia: Since the development of the proportional wire chamber, designed for use in fundamental physics, this instrument has found many applications in other domains. Could you tell us how this happened and what motivation incited you to continue to work on them after your retirement?

La physique des hautes énergies offre de beaux enjeux à l'imagination des physiciens**The high energy physics offers attractive challenges to physicists' imagination**

Georges Charpak : A partir du moment où un détecteur de particules nouveau est mis au point, il est naturel qu'il y ait des applications dans tous les domaines de l'imagerie de rayonnement. Ce qui, pour moi, donne de l'intérêt à la recherche sur les particules, ce n'est pas la technique. En elle-même, celle-ci m'a peu intéressé. Ce sont les hautes énergies qui offrent de beaux enjeux pour l'imagination.

Georges Charpak : From the moment when a new particle detector is developed, it is natural that there are applications in all areas of imaging of rays or particles. What interests me in particle research is not the techniques as such which in themselves did not interest me much, but the fact that the high energies used offers challenges to the imagination.

Quand on devient physicien des hautes énergies, cela n'est pas pour faire des détecteurs, c'est pour résoudre des problèmes fascinants. Les détecteurs faisant partie de la vie quotidienne de l'expérimentateur en physique des particules, je suis devenu un peu expert dans ce domaine.

When one becomes a high-energy particle physicist, it is not to build detectors but to resolve fascinating problems. However, as the detectors are a part of life of an experimental physicist, I became somewhat expert in their domain. Having said that, I have also thought with interest of other applications for them.

CERN LIBRARIES, GENEVA



PRS00001123

Cela dit, j'ai toujours pensé avec intérêt aux autres applications.

Les difficultés des applications industrielles

Parfois, j'ai eu l'illusion qu'il était facile de trouver des applications, mais ce n'était qu'une illusion. Dans un laboratoire comme le CERN, quand une expérience est terminée, on peut mettre à la casse le détecteur, même s'il a coûté cent millions de francs. Quand on s'attaque aux applications industrielles, par contre, on entre dans un domaine où il faut tenir compte des facteurs économiques. Si vous faites un appareil qui coûte deux fois plus cher qu'un certain seuil, il n'est pas utilisable. La sécurité sociale refusera, par exemple, de rembourser des examens effectués avec cet appareil. Les appareils médicaux nouveaux ont toujours de grandes difficultés à s'imposer.

Des radios avec dix fois moins de dose

Je pense que nous sommes actuellement sur une voie qui va conduire à imposer un autre style dans la radiographie. Nous démontrons que l'on peut donner dix fois moins de radiations en exploitant les détecteurs de rayonnement imaginés pour la physique des particules.

Quand je me suis intéressé aux applications, le débouché économique des instruments que nous avions en vue n'était pas évident, mais il était clair qu'on pouvait aborder, grâce à eux, d'importants problèmes.

Cent fois plus de sensibilité pour le positionnement des molécules porteuses d'isotopes

En biologie, les techniques de routine, comme l'électrophorèse, utilisant le film photographique pour localiser les isotopes radioactifs, ne sont pas assez sensibles. Lorsqu'on fait des coupes d'animaux et que la radioactivité marque un certain nombre de molécules privilégiées, si l'on veut savoir où se trouvent les sites de fixation, les chambres à fils peuvent permettre de gagner un facteur 100 sur la sensibilité de détection.

J'ai commencé avec l'équipe du Prof. J. J. Dreifuss au Centre Médical de l'Université de Genève. A partir d'un détecteur que nous avons construit, dans lequel il y avait émission de lumière, on photographiait les avalanches. Quand vous prenez une publication de biologie moderne, comme les "Proceedings of the National Academy of

Difficulties of industrial applications

At one time, I had the illusion that it would be easy to find applications but that was really just an illusion. In a laboratory such as CERN, once an experiment is finished, one can scrap the detector, even if it did cost millions of francs. However, once one starts to look at industrial applications, one enters another domain where it is necessary to take economic factors into account. If one makes an apparatus which costs twice a certain level, it is useless as the social security would refuse to repay examinations made with this machine. New medical apparatuses always have great difficulty to break through.

X-ray imaging with ten times less dose

I think we are on a path which will lead to the implantation of a new style of X-ray imaging machine. We have shown that, in exploiting particle detectors conceived for particle physics, it is possible to use ten times less radiation dose.

When I became interested in applications, the economic market of the instruments we were considering was not evident, but it was clear that through their use, we would be able to attack and resolve important medical problems.

One hundred times more sensitivity to the position of molecules which are doped with radioactive isotopes

In biology, routine techniques such as electrophoresis, using photographic films to localise radioactive isotopes, are not very sensitive. When one wishes to analyse slices of animal samples in which one has used radioactive markers to fix the positions of certain molecules in which one is interested, the use of wire chambers can give a factor of 100 in sensitivity of detection.

I started with the team of Prof. J.J. Dreifuss at the Medical Centre of the University of Geneva. Using a detector which we had built, which produced sparks and light, we photographed the spark avalanches.

If you look at a modern biological publication such as "Proceedings of the National Academy of Science", one article in three shows bad photographic images, too dark or too light, of large radioactive objects. However, image quality is essential and hence it is important if one can offer a possibility to gain a factor of a hundred in

Science", un article sur trois présente une mauvaise image sur film, trop noire ou trop claire, d'un corps radioactif distribué. La qualité de l'image a une importance capitale. Par conséquent, offrir une technique qui gagne un facteur cent en temps et une meilleure information quantitative, c'est important.

La fondation de la firme "Biospace"

Quand, avec quelques physiciens parisiens, j'ai fondé la firme "Biospace", dans laquelle je suis d'ailleurs actionnaire minoritaire, je pensais que c'était une courte étape intermédiaire pour voir clairement les problèmes et les débouchés. Il ne s'agissait pas d'une grande firme, mais d'une multinationale avec une demi-douzaine de personnes.

J'ai découvert rapidement les difficultés du métier d'industriel ! Il faut faire face à la compétition qui surgit très vite, même là où on ne l'attend pas, il faut assurer des ressources pour payer un personnel hautement qualifié, il faut dépanner rapidement les appareils, mais surtout, il faut résister avec force au plaisir de faire des appareils nouveaux, lorsqu'on rencontre de nouveaux problèmes passionnants avec presque chaque biologiste.

Si "Biospace" n'a pas coulé, c'est parce qu'il existe en France des canaux d'aide à la recherche appliquée et parce qu'un certain nombre de gens comme moi n'étaient pas payés. Mais évidemment, cela ne peut durer qu'un temps et nous avons fini par convaincre des industriels sérieux qu'une aventure rentable était possible. Pour notre part, cela nous permet de nous lancer avec des moyens convenables dans des axes de recherche cohérents où nous pouvons utiliser l'expérience acquise dans la détection des rayonnements, aussi bien en physique des particules que dans les applications que nous avons développées.

On peut résumer en disant que nous sommes en mesure d'apporter des solutions qui permettent de réduire les doses de radiation ou de réduire les temps de mesure dans tous les domaines où il faut localiser des rayonnements ionisants: la radiologie humaine, la radiologie industrielle, l'imagerie des rayons bêta en biologie et l'imagerie des rayons gamma en médecine nucléaire.

Ma motivation? Le plaisir de contribuer à de beaux travaux effectués par des chercheurs travaillant dans des domaines variés

time coupled with a better quantitative information content.

The founding of the firm "Biospace"

When, with some physicists from Paris, I founded the firm "Biospace" in which incidentally I am a minority shareholder, I thought it would be a short intermediate stage to see clearly the problems and their solutions. It was not a large firm but a multinational one with half a dozen people.

I rapidly discovered the difficulties of an industrialist's job ! One has to stand up to competition which sprouts up very quickly even where one expects it least; to ensure resources to pay the highly qualified staff; to be ready to repair equipment rapidly; but most of all, one must resist the pleasure to build new equipment to reply to new problems and challenges fetched in by almost each new biologist.

If Biospace hasn't sunk, it is because there are channels of support for applied research in France and because a certain number of persons involved, such as myself, were working without payment. Evidently that can not go on for long and we finished by convincing some serious industrialists that a financially productive venture was possible. On our part, this venture permits us to advance along coherent lines of research with reasonable funding and using the experience we have acquired in the detection of rays and particles in particle physics itself as well as in the applications which we have developed.

One can summarise by saying that we are able to fetch solutions which permit a reduction in the dose or the time of measurement in all areas where it is necessary to localise the sources of ionising radiation: human radiology, imaging using beta rays in biology and imaging with gamma rays in nuclear medicine techniques.

**My motivation?
My pleasure in being able to contribute to good work being carried out by researchers in many varied disciplines**

My personal interest is to develop prototypes as I did in CERN. I collaborate with the research faculty of the Pasteur Institute. They always have ambitious objectives in areas such as Mad Cow Disease, cancer detection or on fundamental problems in neurophysiology. I enjoy watching

Ce qui m'intéresse, c'est de développer des prototypes comme je le faisais au CERN. Je collabore avec des chercheurs de l'Institut Pasteur. Ils ont toujours des objectifs ambitieux qui portent par exemple sur la maladie de la vache folle, ou sur la détection du cancer, ou sur des problèmes fondamentaux en neurophysiologie. Je les vois, avec plaisir, utiliser mon appareil. Quand les biologistes vous disent : *"si vous me donnez tel instrument, dans six mois je peux faire un truc extraordinaire"*, on est satisfait. C'est cette stimulation que j'aime bien. D'ailleurs, je dois dire qu'un des grands plaisirs que l'on éprouve, quand on travaille avec les biologistes, c'est de les voir entrer chez vous pour une analyse et repartir une demi-heure après en exprimant leur plaisir. Normalement, il leur faut trois mois pour avoir la réponse. Quand ils arrivent, ils sont incroyables, ils disent "je ne vais rien voir du tout, il n'y a pas de radioactivité". Pour un physicien, c'est gratifiant.

them use my detectors. When a biologist tells you: *"if you can provide that and that detector, in six months I will be able to do something fantastic"*, I am satisfied. It is the stimulation that I enjoy. I must say that one of the greatest joys of working with biologists is to see them come in to us to make a measurement and go away half an hour later expressing their contentment and pleasure at the result which it could normally take three months for them to get. When they come they are incredulous and say "I bet you are not going to see anything because there is no radioactivity". For a physicist it is gratifying.

Which detector was used for this?

The detector was developed in Siberia. The people of Novosibirsk were the first to exploit wire chambers to detect X-rays in human radiology.



"Ceci est une radio des poumons faite à l'hôpital Saint Vincent de Paul à Paris. On voit en même temps le poumon et l'os. La richesse de l'information récoltée est si grande qu'on ne peut pas la mettre sur une seule photo. Ceci permet de donner des doses 5 à 100 fois plus petites à des enfants."

"This is a lung X-ray made at the Saint Vincent de Paul hospital. One can see the lung and the bones at the same time. The quantity and quality of the information obtained is so large that one cannot put it on a single photo. This method allows reduction of doses by 5 to 100 times, especially important in the case of children."

Quel appareil avez-vous utilisé pour ces radiographies?

The Novosibirsk physicists were the first to exploit wire chambers

L'appareil qui avait été mis au point en Sibérie. Ce sont les gens de Novosibirsk qui les premiers ont exploité les chambres à fils pour faire un détecteur

The Siberians had enormous problems to get acceptance as the USSR was such a bureaucratic

de rayons X pour la radiologie humaine.

Les physiciens de Novosibirsk ont été les premiers à exploiter les chambres à fils

Les Sibériens ont eu énormément de mal à s'imposer en URSS parce que c'était un pays tellement bureaucratique que les choses neuves ne pouvaient pas se développer. Il y avait une structure sociale qui s'opposait à la nouveauté, sauf si elle était de nature militaire et qu'elle avait une priorité absolue.

Cela fait combien de temps que les Sibériens ont commencé ce développement?

Cela fait dix ans. Nous collaborons avec eux; ce sont des amis avec qui nous avons de bonnes relations.

Avez-vous commercialisé un appareil de ce genre?

Nous sommes en train d'essayer, mais cela n'a pas encore décollé. Pour décoller, il ne suffit pas que l'appareil soit avantageux, il doit s'insérer dans un monde dans lequel vous avez General Electric, Siemens, et beaucoup d'autres grands "athlètes". Puis il y a des lois: si la loi autorise de donner une certaine dose, pourquoi donner dix fois moins?

Les radiographies de certains hôpitaux sont plus dangereuses que le nuage de Tchernobyl

Nous sommes terrorisés par les radiations de Tchernobyl, mais quand on découvre que, dans un hôpital parisien, des enfants qui ont des scolioles ou des luxations, reçoivent beaucoup plus de radiations que les enfants de Tchernobyl par une centaine de radios sur deux ans de suivi, on se demande pourquoi cela se passe dans l'indifférence. On serait prêt à hurler, dix ans après, sur le nuage de Tchernobyl qui est passé au sud de la France sans se rendre compte que, dans les hôpitaux du sud de la France, comme dans tous les hôpitaux, on donne à beaucoup de patients une dose de radiations très supérieure à celle apportée par Tchernobyl. C'est accepté parce que c'est fait pour le bénéfice du patient. Mais, dans plus de la moitié des cas, l'appareil des Sibériens aurait fait l'affaire avec 10 fois moins de dose.

Les détecteurs qui sont développés au CERN pour la physique des hautes énergies contiennent, en germe, une amélioration encore plus grande pour

country that nothing new could be developed. There was a structure which opposed any novelty unless it was in the military area and had absolute priority.

How long ago was it since the Siberians started this development work?

Ten years ago. We are collaborating with them and they are friends with whom we have good relations.

Have you marketed such an apparatus?

We are trying to do so but it has not yet taken off as it is not only necessary that the apparatus is advantageous but you have to wedge yourself into a world which has big players such as General Electric, Siemens and others. If there is a law which allows a certain dose, why try to reduce it by a factor of ten?

The X-rays given by some hospitals are more dangerous than the clouds of radioactivity from Chernobyl

We are still petrified by the radiation from Chernobyl but when one finds out that in one Parisian hospital, children who suffer from scoliosis or dislocations, receive a lot more radiation from repeated radiographs than did the children of Chernobyl, one might ask why this happens in general indifference.

We are ready to shout and complain, ten years after the event, about the cloud from Chernobyl which passed over and contaminated the South of France whereas we do not realise that in hospitals in that same South of France, as in all hospitals, we expose many patients to a dose well superior that received from the Chernobyl accident. We accept it because it is for the good of the patient in the end but in more than half the cases, the Siberians would have done the same job with ten time less dose.

The detectors which are developed at CERN for high energy physics promise in essence an even greater improvement for the future and our group is active in this area.

What developments are you building on at the present time ?

An apparatus to better diagnose heart illnesses

le futur et notre groupe est actif dans ce domaine.

Quels sont les développements que vous avez en chantier actuellement?

Un appareil pour mieux diagnostiquer les maladies cardiaques

En ce moment nous développons, au CERN, dans un labo, mis généreusement à ma disposition par Pio Picchi, un appareil destiné à montrer qu'avec des chambres à fils remplies avec du xénon sous pression, nous pouvons, pour certaines applications en médecine nucléaire, faire des examens avec une dose de radiations dix fois moins importante. La personne qui travaille sur cette idée est Giovanni Carugno, jeune physicien italien de l'INFN-Padova. L'idée de cette application revient à des Américains qui travaillaient pour la NASA.

Quels sont les bénéfices que l'on peut espérer de l'appareil que vous développez au CERN?

Les bénéfices qu'on peut en tirer sont les suivants. L'appareil de base qui est utilisé en médecine nucléaire est un scintillateur au iodure de sodium qui est regardé par des photomultiplicateurs. Cela a été inventé à Berkeley en 1956. Il s'est amélioré au cours du temps, mais néanmoins il a des limites: son taux de comptage maximum est relativement faible.

L'analyse du coeur

Lorsqu'on veut étudier le coeur, on injecte un corps radioactif et on observe le début de la pénétration du produit dans le coeur. Les appareils existants ne sont pas assez rapides, alors qu'avec des chambres à fils on arrive à faire des appareils plus précis et plus rapides.

Le produit qu'on injecte n'investit pas seulement le coeur mais tout le corps du patient!

Cela ne fait rien, ce qui compte c'est le début, c'est à dire la première passe lorsqu'elle rentre dans le coeur. Cette première passe ne se voit pas avec les appareils de routine.

Que peut-on espérer améliorer dans la technique du diagnostic?

Quand on a des problèmes de coeur, on fait des examens en injectant un corps radioactif qui irradie le corps du patient pendant quelques jours. Cela représente une dose qui peut être dangereuse,

At the moment we are developing in a laboratory at CERN, generously put at our disposal by Pio Picchi, an apparatus to show that with a wire chamber filled with pressurised Xenon, we can make certain nuclear medicine examinations with a radiation dose ten time less than today. The person working on this idea is a young Italian physicist, Giovanni Carugno, from INFN-Padova and the initial idea for the application comes from some Americans who worked for NASA.

What will be the benefits one can expect from this apparatus which you are developing at CERN?

The benefits which one hopes to get are as following. The basic detectors used at present in nuclear medicine are Sodium Iodide scintillators connected to photo multipliers, as invented at Berkeley in 1956. They have been improved over time, but nevertheless they have limitations, one of which is the relatively low maximum rate of counting.

Analysis of the heart

When one wants to study heart action, one injects into the blood stream a radioactive substance which can then be detected as it enters the heart. The existing detectors are not fast enough for this whereas wire chambers are much more rapid and precise.

The injected substance is not limited to the heart but spreads through the whole body

That does not matter as what is really important is the first time at which the substance passes through the heart. This first pass cannot be seen with the normal detection apparatus.

What can we expect from improving the diagnostic apparatus?

When a person has heart problems one makes investigations by injecting a radioactive substance which irradiates the body of the patient for several days. That can represent a dose which may be dangerous, especially for children.

We plan to utilise a technique which allows the use of a radioisotope with a lifetime of only 9 minutes. This isotope has a parent with a lifetime of a month and it is necessary to extract the short-lived isotope from this soup when needed.

People have learned the chemical techniques suited to the rapid examinations which one wants to make. One can put into the patient a very high

spécialement pour des enfants.

Nous voulons appliquer une technique qui permet d'utiliser un isotope qui ne vit que 9 minutes. Cet isotope a évidemment "un père ou une mère" qui dure un mois; il faut sortir l' isotope de la soupe productrice.

On pourra suivre sur écran l'évolution du fluide pendant qu'il entre dans le coeur

Les gens ont appris à effectuer très rapidement une chimie adaptée à l'examen qu'ils veulent faire. On peut donc mettre une très forte intensité pendant un temps très court - de quelques secondes - mais cela implique un appareil capable de subir un fort taux de comptage. Notre appareil sera capable de cela. C'est pourquoi nous sommes entrés dans la compétition. On pourra suivre l'évolution du fluide, alors qu'il entre dans le coeur. Nous étudions cela, c'est un de nos projets, mais en réalité je ne vous cache pas que les détecteurs remplis avec le xénon sous pression pourront avoir d'autres applications, en cristallographie, par exemple.

Le CERN est-il favorable à ce genre de collaboration?

Oui, absolument, je n'ai aucune raison de me plaindre du CERN. Il n'a pas le droit de me donner de l'argent parce que les Etats Membres pourraient ne pas être d'accord, l'argent vient de la Communauté Européenne. Par contre, il me donne la possibilité, par exemple, de discuter avec un ingénieur qui sait faire du vide poussé et d'avoir accès à sa culture technique.

En tout cas, c'est un domaine très prometteur pour les pays industrialisés.

C'est prometteur dans la mesure où il faut savoir exploiter rapidement les découvertes scientifiques. Aux Etats-Unis, il y a une culture dans ce domaine. A Boston, près de MIT, il y a une route célèbre, la route 208, pleine de sociétés qui sont nées à côté de ce grand laboratoire.

Il faudrait un Institut pour les applications des détecteurs

Si j'étais libre et disposais de beaucoup de moyens, je travaillerais dans un institut avec une trentaine de physiciens et techniciens et j'étudierais toutes les applications des détecteurs. Il y en a énormément. Par exemple, je m'intéresse à des détecteurs ultra rapides pour la radiothérapie. La radiothérapie

intensity but only for a short time of a few seconds, hence keeping the total dose low, but one then needs a detector capable of a high counting rate. Our detector can achieve this and that is why we have entered the competition. We should be able to study the movement of the fluid as it enters the heart. We are studying this as one of our projects but there will be other areas of use for pressurised Xenon detectors, in crystallography for example.

Does CERN favour this sort of collaboration?

Yes, absolutely, and I have no reason for complaining about CERN. It cannot invest money itself as the Member States may not be in agreement but the funds used come from the European Union. On the other hand, CERN does allow access, for example, for discussions with high vacuum engineers and in general to its technical know-how.

It is an area which is very promising the our industrialised countries

It is promising in the sense that these countries must know how to exploit scientific discoveries rapidly. In the USA, there is a well developed culture in this area. In Boston near MIT there is the highway 208 which is full of such firms born around this great laboratory.

One should have an Institute for applications of these detectors

If I was free and had plenty of means, I would work in such an Institute with about thirty physicists and technicians to study all the possible applications of the detectors, of which there are very many. For example, I am interested in very high speed detectors for use in radiotherapy.

The machines with which we treat cancer are "linacs" which have problems because they have a terrible duty cycle and one must make measurements in very short bursts of time. This in turn means that the detection methods must be extremely flexible but the problems can be solved. Such problems are interesting but one must have large teams to follow them up and as I do not, I work with Saclay, with the School of Physics and Chemistry of the City of Paris, with BIOSPACE, with CERN and with the devil if it were necessary.

A revolutionary detector will supplant many others even in the field of high energy physics

pose des problèmes parce que les machines avec lesquelles on soigne nos cancers sont des "linacs" qui ont des cycles utiles effroyables, donc, il faut qu'on puisse faire des mesures pendant des laps de temps brefs. Cela pose des problèmes de détection extrêmement athlétiques mais solubles. C'est intéressant, mais il faudrait avoir de grandes équipes. Comme je ne les ai pas, je travaille avec Saclay, avec l'École de Physique et Chimie de la Ville de Paris, avec Biospace, avec le CERN et avec le diable si nécessaire.

Un détecteur révolutionnaire va en supplanter beaucoup d'autres, même dans la physique des hautes énergies

La recherche sur les détecteurs est quelque chose de très fécond, elle a des applications partout, même en physique des particules! Je n'ai pas arrêté de faire de la recherche indépendamment des applications. Je la fais surtout à Saclay où je collabore avec un jeune physicien, Ioanis Giomataris, qui a travaillé avec moi au CERN pendant des années. Nous étions intéressés uniquement par les détecteurs pour la physique des hautes énergies. Nous avons imaginé un détecteur qui a vu le jour à Saclay et qui s'appelle microméga. A Saclay, il y a des techniciens de très haute qualité, spécialisés dans les détecteurs très variés et dont l'expérience a été précieuse, et également, des jeunes physiciens doués, très motivés par la recherche sur les détecteurs.

En quoi consiste ce détecteur révolutionnaire?

Permettez-moi une prédiction que certains considéreront comme imprudente: *Nous pensons que nous allons balayer beaucoup d'autres détecteurs dans l'année qui vient!* Nous y croyons et à la fin de l'été une équipe de Saclay viendra mettre six détecteurs sur un faisceau du CERN. Notre objectif est de remplacer les détecteurs comme les multistrip et une partie des détecteurs solides. C'est un détecteur tellement simple que je ne vous le décrirai pas.

Il résiste aux radiations du LHC

Soumis aux essais de vieillissement aux radiations, il n'a montré aucun changement après une exposition équivalente à sept ans de vie dans le faisceau du LHC. Il a des taux de comptage fabuleux sans aucun problème et beaucoup moins de matière que les détecteurs qui sont envisagés jusqu'à présent.

Nous allons entrer dans la compétition et, comme

Research on detectors as such is something which is very productive and has applications everywhere, even in particle physics! I have never stopped making such research independent of such application. I carry it out mostly in Saclay where I work with a young physicist, Ioanis Giomataris, who worked with me in CERN for many years. We were interested only in detectors for high energy physics. We imagined a detector which has seen the light of day at Saclay and is called microméga. Saclay has technicians of high quality who are specialists on many varied detectors and also have young dedicated physicists who are very motivated by research on such detectors.

What does this revolutionary detector consist of?

Please let me make a prediction which many will consider imprudent: *We think that it will sweep away many other detectors in the year to come!* We believe in it and at the end of summer a team from Saclay will come to put six detectors in a beam at CERN. Our objective is to replace detectors such as multistrips and a part of the solid [state] detectors. It is such a simple detector that I won't even describe it to you.

It resists the radiation levels of LHC

Subjected to radiation ageing tests, it has not shown any change after a dose equivalent to seven years of use in the LHC beam. It has a fabulous counting rate without any problems and has much less matter than the detectors which are presently foreseen.

We are going to enter into competition and like all people who do so, we are necessarily a bit arrogant, otherwise we would flee frightened by the reticence of others. When we are told that decisions on detectors must be taken at latest in a year's time and that by then all such detectors must have been proven, and that for a system which will only run in 2003, one may be forgiven for giving up. However, we shall not as the game is worth the winning.

Dr. Ioanis Giomataris's team is one of the best in Europe

The detectors study team in Saclay is actually one of the best in Europe and without doubt in the World. It is led by Ioanis Giomataris, a really exceptional physicist. He makes detectors because he wants to do high energy physics. Nature has a place for all tastes! For my part, the role I have

tous les gens qui entrent dans la compétition, on est forcément un peu arrogant, autrement, on s'enfuirait épouvantés devant les réticences. Quand on nous dit qu'il faut prendre la décision au plus tard dans un an et que d'ici là il faut avoir tout prouvé pour employer le détecteur dans un système qui marchera en l'an 2003, il y a de quoi s'enfuir. Mais nous ne fuyons pas, le jeu en vaut la chandelle!

L'équipe du Dr. Ioanis Giomataris est une des meilleures d'Europe

L'équipe qui étudie les détecteurs à Saclay est actuellement une des meilleures équipes en Europe et sans doute dans le monde. Elle est dirigée par Ioanis Giomataris, un physicien grec assez exceptionnel. Il fait des détecteurs parce qu'il veut faire de la physique des hautes énergies. Tous les goûts sont dans la nature! Le rôle que je me suis fixé c'est celui de regarder les autres applications possibles.

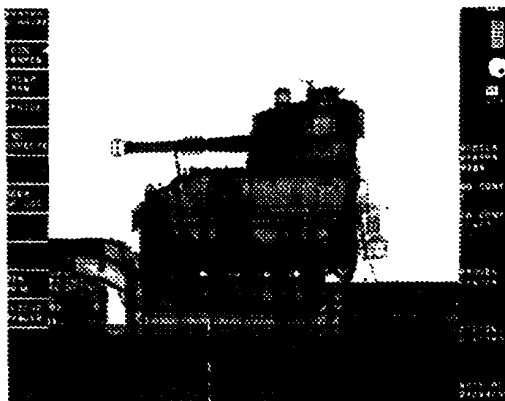
fixed myself is to look into all the other possible applications.

The sycoscan

Could you tell us about the sophisticated apparatus of which you are said to be the originator, used by the customs at Le Havre and about which the Press recently made reports?

I am not directly implicated in the design of this apparatus. The engineers who developed it came to CERN to see how we built wire chambers before they themselves fabricated the fifty chambers necessary for their detector. This apparatus allows them to detect, for example, an ivory statue hidden in a boat or materials which are hidden inside large containers.

Does the sycoscan distinguish between ivory or another material?



"Ici par exemple ils observent un char d'assaut". Mon interprétation, strictement non prouvée, est que le char d'assaut servait probablement à transporter des sabres de collection! C'est évidemment très astucieux de transporter des sabres de collection, qui valent une fortune, dans un char d'assaut" !!

Le sycoscan

La presse a parlé d'un appareil sophistiqué, utilisé au port du Havre par les douaniers, à l'origine duquel vous ne seriez pas étranger. Qu'en est-il?

Je ne suis pas directement impliqué dans la conception de cet appareil. Les ingénieurs qui l'ont réalisé sont venus au CERN voir comment on faisait les chambres à fils avant d'entreprendre eux mêmes la fabrication des cinquante chambres

"Here for example is a tank. My interpretation, strictly without proof, is that the tank was probably being used to transport a collection of swords! It is evidently very astute to transport a sword collection which is worth a fortune, in a tank" !!

No but with this one can see the shape and can go in and investigate more closely. The customs officials now look like particle physicists — they are seated behind a computer but evidently they are only looking at lorries.

At the moment, 15 % of the traffic at Le Havre is passed through the Sycoscan. All the ports should be equipped with such detectors but it is not said that wire chambers will win as there is a competition between many various methods.

nécessaires à leur détecteur. Ce système permet, par exemple, de voir une statue en ivoire cachée dans un bateau, ou des matériaux cachés dans les grands containers.

Le sycoscan permet-il de distinguer si c'est de l'ivoire ou une autre matière?

Non, mais cela permet de voir la forme et d'aller vérifier de plus près. Les douaniers maintenant ressemblent à des physiciens des particules: ils sont assis derrière un ordinateur, mais évidemment ce qu'ils examinent, c'est un camion.

Actuellement, 15 % du trafic du port du Havre passe par le sycoscan. Tous les ports devront être équipés, mais il n'est pas dit que ce soient les chambres à fils qui l'emportent. Il y a une très belle compétition entre diverses méthodes. La difficulté est de faire la radiographie d'un objet de grandes dimensions de 10 m sur 6 m. Cela ressemble à une petite expérience de la physique des hautes énergies.

En réalité, les détecteurs gazeux ont un champ d'application immense. Ils pourraient être utilisés assez massivement. Pour les gens qui aiment la recherche, comme moi, c'est une très grande stimulation.

Le CERN est-il une école qui dure toute une vie professionnelle?

Il me semble qu'au CERN il se passe quelque chose de nouveau, plusieurs scientifiques, au bout d'une trentaine d'années d'activité, se mettent à travailler sur des applications très difficiles. Ne s'agit-il pas d'un phénomène qu'il serait intéressant d'analyser et de comprendre? Peut-on dire que, maintenant, il faut trente ans d'expérience dans la recherche fondamentale pour enfin entrer dans les productions qui impliquent une énorme accumulation de compétences?

Le CERN a été une très grande réussite pour un but bien déterminé. La justification de son financement est l'excellence dans son domaine. Le jour où on ne produira plus rien d'excitant dans la physique des particules, les gens diront: il n'y a pas de raison de passer par la physique des particules pour que les chercheurs s'intéressent à l'énergie ou à la radiologie.

L'important est de ne pas édicter des règles rigides

A partir du moment où il y a un centre d'excellence qui conduit à des retombées dans

The difficult problem is to make a radiograph of an object with large dimensions of 10 m by 6 m and this looks a bit like a high energy physics experiment.

In reality, gas detectors have an enormous field of application and they could be used massively. For people like me who like research, it is a great stimulant.

Is CERN a school which lasts a lifetime?

It seems to me that something new is happening at CERN. Many scientists start to apply themselves to resolve very difficult applications after some thirty years of work. Isn't that a very interesting phenomenon that it would be interesting to analyse and understand? Could one say that now one needs thirty years of experience before at last starting to attack problems which need an enormous accumulation of skills or know-

CERN has been a very great success in achieving its defined aims and the justification for financing it has been the excellence in its field of work. The day that nothing more exciting is produced in particle physics, people will say: there is no reason to pass via particle physics research in order that researchers become interested in energy or radiology.

What is important is not to fix rigid rules

From the moment when there is a centre of excellence which leads to spin off in other areas, one should reflect on how to quickly reap the benefits of such developments. Evidently that requires intuition and one cannot regulate for it. It is difficult to imagine that an engineer who was employed to build an accelerator says to himself: "the accelerator doesn't interest me any more, I will go off and work with the people from the Pasteur Institute because they have an interesting problem".

Is there an interest in conserving a sort of barrier between professional life and the involvement of certain scientists in applications which are of interest to society?

It is evidently absurd to automatically pension off people who reach 65 years of age and one should not make it a general rule. It is perfectly normal that somebody whose job is not very thrilling goes

d'autres domaines, cela mérite une réflexion pour voir comment obtenir rapidement des bénéfices de ces développements.

Il est évident que cela demande de l'intuition. On ne peut pas édicter des règles. Il est difficile d'imaginer qu'un ingénieur qui a été embauché pour faire un accélérateur se dise: "l'accélérateur ne m'intéresse plus, j'aimerais travailler avec des gens de l'institut Pasteur, car ils ont un problème intéressant".

Y a-t-il un intérêt à conserver une sorte de transition entre la vie professionnelle et l'implication de certains scientifiques dans des applications intéressantes pour la société?

Evidemment, on découvre que c'est une assez grande absurdité de mettre automatiquement à la retraite des gens qui ont 65 ans. Il ne faut pas en faire une règle générale. Un type qui faisait un travail peu passionnant et qui va dans sa maison en Provence pour s'investir dans sa vie de famille, sa vie de citoyen, cultiver son jardin, c'est parfaitement normal.

Il faut profiter des grands névrosés qui ne peuvent pas arrêter de faire de la recherche

Par contre, les grands névrosés qui aiment la recherche à tel point qu'ils ne peuvent pas faire autre chose, pourquoi ne pas en profiter s'ils ont des idées valables. Est-ce que le CERN doit les vider? A mon avis, non, c'est une erreur. Les Américains ont une politique plus souple dans ce domaine, tandis qu'ici la tendance est de les mettre à la porte.

De toute façon, il ne faut pas avoir des règles trop rigides. Si l'on fait des règles rigides on se rendra compte que cela va contredire toutes sortes d'autres règles. Il faut une certaine souplesse.

Par exemple, il y avait beaucoup de gens qui étaient réfractaires au fait que Carlo Rubbia travaille sur l'énergie nucléaire. Aujourd'hui, il est peut-être en train de révolutionner la recherche en énergie dans le monde entier. En France, où l'investissement relatif pour l'énergie nucléaire est le plus grand du monde, on avait accueilli avec une certaine réserve le projet de Carlo, qui au début n'était pas très élaboré. Aujourd'hui il y a un programme de recherche qui implique l'investissement de dizaines de millions de francs pour vérifier, avec lui, ses théories. Ça c'est impossible à codifier, vous ne pouvez pas codifier Carlo.

to his house in "Provence" and invests in his family's life, his life as a citizen and his garden.

One should profit from the neurotics who are unable to stop doing research

On the other hand, why not profit from those neurotics who like doing research to such an extent that they can't do anything else, as long as they are still producing valid ideas. Should CERN toss them out? In my opinion it is an error to do so. The Americans have a more flexible policy in this area whereas here we have a tendency to just throw them out.

In any case, one should not have too rigid rules. If one does, one sooner or later realises that they will contradict all sorts of other rules. One should maintain a certain flexibility. For example, there were many people who bridled at Carlo Rubbia starting to work in the field of nuclear energy yet today it could be that he is revolutionising energy research across the world. In France, which, relatively speaking, has the highest investment of any country in the world in nuclear energy, the project of Carlo was received with a certain reticence even though at the beginning it was not very well defined. Today there is a research programme implying the investment of tens of millions of francs to verify, with him, his theories. That sort of thing is impossible to legislate rules for as Carlo cannot be classified.

Who is going to invest money to verify the work of Carlo Rubbia?

The investment is being made by the [French] Commissariat à l'Energie Atomique and by the European Union and the research will be carried out in various centres of the CEA. It has been suggested that SUPERPHENIX be used to test certain fundamental points of Rubbia's project such as the resistance of steels to the lead coolant under intense neutron irradiation.

Carlo has produced something serious in the scientific community in an area which was the preserve of highly qualified and specialised engineers and physicists, an area where other physicists didn't stick their noses in because they did not know very much about it.

Today, I see that in France, Carlo's work has been embraced enthusiastically by the scientists of the CNRS and by the Direction of IN2P3. There are all sorts of people who want to invest in this sector

Qui va investir de l'argent pour vérifier les travaux de Carlo Rubbia?

L'investissement est fait par le Commissariat à l'Energie Atomique et par la Communauté Européenne et ça va avoir lieu dans les différents centres que gère le C.E.A. Il a été suggéré que SUPERPHENIX soit utilisé pour tester certains points fondamentaux du projet de Rubbia, comme la résistance des aciers au caloporteur de plomb en présence d'une irradiation intense de neutrons.

Carlo a généré quelque chose de sérieux au sein de la communauté scientifique dans un domaine qui était réservé aux grands ingénieurs et physiciens spécialisés, où les autres physiciens ne mettaient pas leur nez parce qu'ils n'y connaissaient rien en général.

Actuellement, je constate qu'en France, les travaux de Carlo sont pris avec enthousiasme par les chercheurs du CNRS et par la direction de l'IN2P3. Il y a des tas de gens qui veulent s'investir dans ce secteur et qui sont très intéressés. Ça leur permet d'exploiter leurs connaissances en physique nucléaire pour des applications passionnantes. Rien que pour cela, je dis qu'on pourra lui tresser une couronne de fleurs alors qu'il a été accueilli avec un certain scepticisme au début de son entreprise.

Interview réalisée par Franco Francia, avec la collaboration de Anne Dirat et traduit en anglais par Harry Atherton.

and who are very interested. This permits them to exploit their knowledge in nuclear physics for exciting applications. Only for that, I say that today he could be given a laurel crown whereas at the beginning of his efforts the idea was received with a certain scepticism.

Interviewer Franco Francia, with the collaboration of Anne Dirat and translated by Harry Atherton.