



POWER FROM RADIOISOTOPES

L'ÉNERGIE D'ORIGINE RADIO-ISOTOPIQUE

PROCEEDINGS COMPTE RENDU

Jointly organised by
the OECD Nuclear Energy Agency
and the Junta de Energia Nuclear of Spain

MADRID, 29TH MAY- 1ST JUNE 1972

Organisé conjointement par
l'Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire
et la Junta de Energia Nuclear d'Espagne

MADRID, 29 MAI-1 JUIN 1972

SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER FROM RADIOISOTOPES

DEUXIÈME SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR L'ÉNERGIE D'ORIGINE RADIO-ISOTOPIQUE

PROCEEDINGS COMPTE RENDU

Jointly organised by
the OECD Nuclear Energy Agency
and the Junta de Energia Nuclear of Spain

MADRID, 29TH MAY- 1ST JUNE 1972

Organisé conjointement par
l'Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire
et la Junta de Energia Nuclear d'Espagne

MADRID, 29 MAI- 1 JUIN 1972

The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), which was set up under a Convention signed in Paris on 14th December, 1960, provides that the OECD shall promote policies designed:

- to achieve the highest sustainable economic growth and employment and a rising standard of living in Member countries, while maintaining financial stability, and thus to contribute to the development of the world economy;
- to contribute to sound economic expansion in Member as well as non-member countries in the process of economic development;
- to contribute to the expansion of world trade on a multilateral, non-discriminatory basis in accordance with international obligations.

The Members of OECD are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Denmark, Finland, France, the Federal Republic of Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States.

The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) was established on 20th April 1972, replacing OECD's European Nuclear Energy Agency (ENEA) on the admission of Japan as a full Member. NEA thus groups eighteen European Member countries of OECD and Japan, with Canada and the United States as Associated countries. The Commission of the European Communities takes part in the work of the Agency.

The objectives of NEA remain substantially those of ENEA, namely the orderly development of the uses of nuclear energy for peaceful purposes. This is achieved by:

- assessing the future role of nuclear energy as a contributor to economic progress, and encouraging co-operation between governments towards its optimum development;
- encouraging harmonisation of governments' regulatory policies and practices in the nuclear field, with particular reference to health and safety, radioactive waste management and nuclear third party liability and insurance;
- forecasts of uranium resources, production and demand;
- operation of common services and encouragement of co-operation in the field of nuclear energy information;
- sponsorship of research and development undertakings jointly organised and operated by OECD countries.

In these tasks NEA works in close collaboration with the International Atomic Energy Agency, with which it has concluded a Co-operation Agreement, as well as with other international organisations in the nuclear field.

L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE), qui a été instituée par une Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion possible de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire, conformément aux obligations internationales.

Les Membres de l'OCDE sont : la République Fédérale d'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie.

L'Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire (AEN) a été instituée le 20 avril 1972, en remplacement de l'Agence Européenne pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE (ENEA) par suite de l'adhésion du Japon en tant que Membre de plein exercice. L'AEN groupe ainsi dix-huit pays européens, Membres de l'OCDE et le Japon ; le Canada et les États-Unis y participent en tant que Membres associés. En outre, la Commission des Communautés Européennes participe également aux travaux de l'Agence.

Les objectifs de l'AEN restent pour la plupart les mêmes que ceux de l'ENEA et concernent la promotion du développement harmonieux des utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire. Elle entreprend à cet effet :

- d'évaluer le rôle futur de l'énergie nucléaire dans la réalisation du progrès économique et d'encourager la coopération entre les gouvernements en vue de son développement optimal ;
- de promouvoir une harmonisation des politiques et pratiques réglementaires des gouvernements dans le domaine nucléaire, en particulier pour la protection de la santé et la sécurité, la gestion des déchets radioactifs, la responsabilité civile et l'assurance en matière nucléaire ;
- d'établir des prévisions sur les ressources, la production et la demande d'uranium ;
- d'assurer le fonctionnement de services communs et d'encourager la coopération dans le domaine de l'information nucléaire ;
- de patronner des entreprises de recherche et de développement organisées et exploitées en commun par des pays Membres de l'OCDE.

Pour remplir ces fonctions, l'AEN travaille en étroite collaboration avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (avec laquelle elle a conclu un accord de coopération) ainsi qu'en liaison avec d'autres organisations internationales dans le domaine nucléaire.

© Organisation for Economic Co-operation and Development, 1972.

Queries concerning permissions or translation rights should be addressed to :

Director of Information, O.E.C.D.

2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

© Organisation de Coopération et de Développement Économiques, 1972.

Les demandes de reproduction ou de traduction doivent être adressées à :

M. le Directeur de l'Information, O.C.D.E.

2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

TABLE OF CONTENTS

OPENING SESSION	7
Chapter I - ASSESSMENT OF CANDIDATE ELEMENTS - PRODUCTION AND PURIFICATION OF RADIOISOTOPES - DEMAND FORECAST	27
Chapter II - ADVANCES IN CONVERSION AND SYSTEM TECHNOLOGY ...	185
Chapter III - SPACE AND TERRESTRIAL APPLICATIONS	497
Chapter IV - PANEL THE FUTURE OF RADIOISOTOPIC POWER APPLICATION (EXCLUDING MEDICAL APPLICATION)	623
Chapter V - APPLICATION IN MEDICINE	641
Chapter VI - SAFETY	773
Technical Aspects on Non-Medical Application	
Technical Aspects on Medical Application	
Administrative and Legal Aspects	
Chapter VII - PANEL RADIOISOTOPIC POWER APPLICATION IN MEDICINE (WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE FUTURE PROSPECTS OF CIRCULATORY SUPPORT SYSTEMS)	943
LIST OF PARTICIPANTS	963
AUTHORS AND SPEAKERS INDEX	977

Several series of texts were discussed ; the discussions are set out following the relevant texts.

TABLE DES MATIÈRES

SEANCE D'OUVERTURE	7
Chapitre I - EVALUATION DES ELEMENTS PROPOSES - PRODUCTION ET PURIFICATION DES RADIO-ISOTOPES - PREVISION DE LA DEMANDE	27
Chapitre II - PROGRES REALISES DANS LES TECHNIQUES ET LES SYSTEMES DE CONVERSION DE L'ENERGIE	185
Chapitre III - APPLICATIONS SPATIALES ET TERRESTRES	497
Chapitre IV - TABLE RONDE PERSPECTIVES D'AVENIR DES APPLICATIONS DE L'ENERGIE D'ORIGINE RADIO-ISOTOPIQUE (A L'EXCLUSION DES APPLICATIONS MEDICALES)	623
Chapitre V - APPLICATIONS MEDICALES	641
Chapitre VI - SECURITE	773
Aspects techniques des applications non médicales	
Aspects techniques des applications médicales	
Aspects administratifs et juridiques	
Chapitre VII - TABLE RONDE APPLICATIONS DE L'ENERGIE D'ORIGINE RADIO- ISOTOPIQUE EN MEDECINE (PARTICULIEREMENT POUR LES TECHNIQUES DE COEUR ARTIFICIEL)	943
LISTE DES PARTICIPANTS	963
INDEX DES AUTEURS ET DES ORATEURS	977

Les discussions se rapportent généralement à plusieurs communications ;
vous les trouverez après la série de textes auxquels elles ont trait.

SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER FROM RADIOISOTOPES

DEUXIÈME SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR L'ÉNERGIE D'ORIGINE RADIO-ISOTOPIQUE

PROCEEDINGS COMPTE RENDU

Jointly organised by
the OECD Nuclear Energy Agency
and the Junta de Energia Nuclear of Spain

MADRID, 29TH MAY- 1ST JUNE 1972

Organisé conjointement par
l'Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire
et la Junta de Energia Nuclear d'Espagne

MADRID, 29 MAI- 1 JUIN 1972

The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), which was set up under a Convention signed in Paris on 14th December, 1960, provides that the OECD shall promote policies designed:

- to achieve the highest sustainable economic growth and employment and a rising standard of living in Member countries, while maintaining financial stability, and thus to contribute to the development of the world economy;
- to contribute to sound economic expansion in Member as well as non-member countries in the process of economic development;
- to contribute to the expansion of world trade on a multilateral, non-discriminatory basis in accordance with international obligations.

The Members of OECD are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Denmark, Finland, France, the Federal Republic of Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States.

The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) was established on 20th April 1972, replacing OECD's European Nuclear Energy Agency (ENEA) on the admission of Japan as a full Member. NEA thus groups eighteen European Member countries of OECD and Japan, with Canada and the United States as Associated countries. The Commission of the European Communities takes part in the work of the Agency.

The objectives of NEA remain substantially those of ENEA, namely the orderly development of the uses of nuclear energy for peaceful purposes. This is achieved by:

- assessing the future role of nuclear energy as a contributor to economic progress, and encouraging co-operation between governments towards its optimum development;
- encouraging harmonisation of governments' regulatory policies and practices in the nuclear field, with particular reference to health and safety, radioactive waste management and nuclear third party liability and insurance;
- forecasts of uranium resources, production and demand;
- operation of common services and encouragement of co-operation in the field of nuclear energy information;
- sponsorship of research and development undertakings jointly organised and operated by OECD countries.

In these tasks NEA works in close collaboration with the International Atomic Energy Agency, with which it has concluded a Co-operation Agreement, as well as with other international organisations in the nuclear field.

L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE), qui a été instituée par une Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion possible de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire, conformément aux obligations internationales.

Les Membres de l'OCDE sont : la République Fédérale d'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie.

L'Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire (AEN) a été instituée le 20 avril 1972, en remplacement de l'Agence Européenne pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE (ENEA) par suite de l'adhésion du Japon en tant que Membre de plein exercice. L'AEN groupe ainsi dix-huit pays européens, Membres de l'OCDE et le Japon ; le Canada et les États-Unis y participent en tant que Membres associés. En outre, la Commission des Communautés Européennes participe également aux travaux de l'Agence.

Les objectifs de l'AEN restent pour la plupart les mêmes que ceux de l'ENEA et concernent la promotion du développement harmonieux des utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire. Elle entreprend à cet effet :

- d'évaluer le rôle futur de l'énergie nucléaire dans la réalisation du progrès économique et d'encourager la coopération entre les gouvernements en vue de son développement optimal ;
- de promouvoir une harmonisation des politiques et pratiques réglementaires des gouvernements dans le domaine nucléaire, en particulier pour la protection de la santé et la sécurité, la gestion des déchets radioactifs, la responsabilité civile et l'assurance en matière nucléaire ;
- d'établir des prévisions sur les ressources, la production et la demande d'uranium ;
- d'assurer le fonctionnement de services communs et d'encourager la coopération dans le domaine de l'information nucléaire ;
- de patronner des entreprises de recherche et de développement organisées et exploitées en commun par des pays Membres de l'OCDE.

Pour remplir ces fonctions, l'AEN travaille en étroite collaboration avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (avec laquelle elle a conclu un accord de coopération) ainsi qu'en liaison avec d'autres organisations internationales dans le domaine nucléaire.

© Organisation for Economic Co-operation and Development, 1972.

Queries concerning permissions or translation rights should be addressed to:

Director of Information, O.E.C.D.

2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

© Organisation de Coopération et de Développement Économiques, 1972.

Les demandes de reproduction ou de traduction doivent être adressées à :

M. le Directeur de l'Information, O.C.D.E.

2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

PROGRAMME COMMITTEE MEMBERS

MEMBRES DU COMITÉ DU PROGRAMME

Chairman - Président

R.F. CELLINI Spain
 Espagne

Members - Membres

J.L. BOUTAINE France

G. CARLSON Sweden
 Suède

G. DOMINGUEZ Spain
 Espagne

J. PICTET Switzerland
 Suisse

M.J. POOLE United Kingdom
 Royaume-Uni

S. SABBADINI Italy
 Italie

K.B. STADIE NEA
 AEN

A. de TROYER Belgium
 Belgique

P. ZAHN F.R. of Germany
 R.F. d'Allemagne

The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), which was set up under a Convention signed in Paris on 14th December, 1960, provides that the OECD shall promote policies designed:

- to achieve the highest sustainable economic growth and employment and a rising standard of living in Member countries, while maintaining financial stability, and thus to contribute to the development of the world economy;
- to contribute to sound economic expansion in Member as well as non-member countries in the process of economic development;
- to contribute to the expansion of world trade on a multilateral, non-discriminatory basis in accordance with international obligations.

The Members of OECD are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Denmark, Finland, France, the Federal Republic of Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States.

The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) was established on 20th April 1972, replacing OECD's European Nuclear Energy Agency (ENEA) on the admission of Japan as a full Member. NEA thus groups eighteen European Member countries of OECD and Japan, with Canada and the United States as Associated countries. The Commission of the European Communities takes part in the work of the Agency.

The objectives of NEA remain substantially those of ENEA, namely the orderly development of the uses of nuclear energy for peaceful purposes. This is achieved by:

- assessing the future role of nuclear energy as a contributor to economic progress, and encouraging co-operation between governments towards its optimum development;
- encouraging harmonisation of governments' regulatory policies and practices in the nuclear field, with particular reference to health and safety, radioactive waste management and nuclear third party liability and insurance;
- forecasts of uranium resources, production and demand;
- operation of common services and encouragement of co-operation in the field of nuclear energy information;
- sponsorship of research and development undertakings jointly organised and operated by OECD countries.

In these tasks NEA works in close collaboration with the International Atomic Energy Agency, with which it has concluded a Co-operation Agreement, as well as with other international organisations in the nuclear field.

L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE), qui a été instituée par une Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion possible de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire, conformément aux obligations internationales.

Les Membres de l'OCDE sont : la République Fédérale d'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie.

L'Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire (AEN) a été instituée le 20 avril 1972, en remplacement de l'Agence Européenne pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE (ENEA) par suite de l'adhésion du Japon en tant que Membre de plein exercice. L'AEN groupe ainsi dix-huit pays européens, Membres de l'OCDE et le Japon ; le Canada et les États-Unis y participent en tant que Membres associés. En outre, la Commission des Communautés Européennes participe également aux travaux de l'Agence.

Les objectifs de l'AEN restent pour la plupart les mêmes que ceux de l'ENEA et concernent la promotion du développement harmonieux des utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire. Elle entreprend à cet effet :

- d'évaluer le rôle futur de l'énergie nucléaire dans la réalisation du progrès économique et d'encourager la coopération entre les gouvernements en vue de son développement optimal ;
- de promouvoir une harmonisation des politiques et pratiques réglementaires des gouvernements dans le domaine nucléaire, en particulier pour la protection de la santé et la sécurité, la gestion des déchets radioactifs, la responsabilité civile et l'assurance en matière nucléaire ;
- d'établir des prévisions sur les ressources, la production et la demande d'uranium ;
- d'assurer le fonctionnement de services communs et d'encourager la coopération dans le domaine de l'information nucléaire ;
- de patronner des entreprises de recherche et de développement organisées et exploitées en commun par des pays Membres de l'OCDE.

Pour remplir ces fonctions, l'AEN travaille en étroite collaboration avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (avec laquelle elle a conclu un accord de coopération) ainsi qu'en liaison avec d'autres organisations internationales dans le domaine nucléaire.

© Organisation for Economic Co-operation and Development, 1972.

Queries concerning permissions or translation rights should be addressed to :

Director of Information, O.E.C.D.

2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

© Organisation de Coopération et de Développement Économiques, 1972.

Les demandes de reproduction ou de traduction doivent être adressées à :

M. le Directeur de l'Information, O.C.D.E.

2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

TABLE DES MATIÈRES

SEANCE D'OUVERTURE	7
Chapitre I - EVALUATION DES ELEMENTS PROPOSES - PRODUCTION ET PURIFICATION DES RADIO-ISOTOPES - PREVISION DE LA DEMANDE	27
Chapitre II - PROGRES REALISES DANS LES TECHNIQUES ET LES SYSTEMES DE CONVERSION DE L'ENERGIE	185
Chapitre III - APPLICATIONS SPATIALES ET TERRESTRES	497
Chapitre IV - TABLE RONDE PERSPECTIVES D'AVENIR DES APPLICATIONS DE L'ENERGIE D'ORIGINE RADIO-ISOTOPIQUE (A L'EXCLUSION DES APPLICATIONS MEDICALES)	623
Chapitre V - APPLICATIONS MEDICALES	641
Chapitre VI - SECURITE	773
Aspects techniques des applications non médicales	
Aspects techniques des applications médicales	
Aspects administratifs et juridiques	
Chapitre VII - TABLE RONDE APPLICATIONS DE L'ENERGIE D'ORIGINE RADIO- ISOTOPIQUE EN MEDECINE (PARTICULIEREMENT POUR LES TECHNIQUES DE COEUR ARTIFICIEL)	943
LISTE DES PARTICIPANTS	963
INDEX DES AUTEURS ET DES ORATEURS	977

Les discussions se rapportent généralement à plusieurs communications ;
vous les trouverez après la série de textes auxquels elles ont trait.

TABLE OF CONTENTS

OPENING SESSION	7
Chapter I - ASSESSMENT OF CANDIDATE ELEMENTS - PRODUCTION AND PURIFICATION OF RADIOISOTOPES - DEMAND FORECAST	27
Chapter II - ADVANCES IN CONVERSION AND SYSTEM TECHNOLOGY ...	185
Chapter III - SPACE AND TERRESTRIAL APPLICATIONS	497
Chapter IV - PANEL THE FUTURE OF RADIOISOTOPIC POWER APPLICATION (EXCLUDING MEDICAL APPLICATION)	623
Chapter V - APPLICATION IN MEDICINE	641
Chapter VI - SAFETY	773
Technical Aspects on Non-Medical Application	
Technical Aspects on Medical Application	
Administrative and Legal Aspects	
Chapter VII - PANEL RADIOISOTOPIC POWER APPLICATION IN MEDICINE (WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE FUTURE PROSPECTS OF CIRCULATORY SUPPORT SYSTEMS)	943
LIST OF PARTICIPANTS	963
AUTHORS AND SPEAKERS INDEX	977

Several series of texts were discussed ; the discussions are set out following the relevant texts.

OPENING SESSION

SÉANCE D'OUVERTURE

His Royal Highness the Prince of Spain
presided over the inauguration of the Symposium.

In his opening address His Royal Highness spoke
of the great potential of radioisotopic power applications
and wished the participants every success in their work.

Le Symposium a été inauguré sous la
présidence de Son Altesse Royale, le Prince d'Espagne.
Dans son allocution d'ouverture, Son Altesse Royale a
évoqué les possibilités multiples d'application
de l'énergie d'origine radio-isotopique et a formulé
ses meilleurs voeux pour la réussite de ces travaux.

Prof. J.M. OTERO Y DE NAVASCUES
President
Junta de Energia Nuclear

His Highness, Excellencies, Ladies and Gentlemen,

Under the auspices of the Nuclear Energy Agency, the branch of OECD devoted to this field, and the Junta de Energia Nuclear of the Spanish Ministry of Industry, many distinguished people from 19 countries are meeting here on the occasion of a Symposium which may be an important event for the development of radioisotopic power. Through its sessions, all that has been done since the First Symposium held in the United Kingdom in 1966 will be reported and, consequently, the basis for future progress within the frame of a wide international collaboration will be laid.

Utilisation of radioactive decay energy has for many years been regarded as a laboratory curiosity or a topic for science-fiction speculations. Scientists and engineers, acknowledging its possibilities as a compact, lasting and autonomous power source, could not take it into consideration with realistic criteria, since the available quantities of adequate radioactive materials, even in Centres fitted with the best facilities in this field, were not so big that macroscopic effects profitable for practical purposes were noticed.

However, the situation changed dramatically in the fifties. The inception of the American space programme and its acceleration under the spur of Soviet achievements raised the peremptory need of sources for powering the inboard instrumentation of future satellites for periods of time much beyond the capabilities of conventional batteries and with a so far unimaginable reliability. The survey of the whole circumstances concurring showed that only a few radioisotopes could become the fuel adequate for this purpose. Fortunately, large quantities of these radioisotopes were available at that time at least in some countries, as well as the required knowledge and materials to develop systems for the conversion of the radioactive decay energy into the form needed in equipment and instrumentation. Therefore, after the feasibility study completed in 1952, the United States Atomic Energy Commission started the SNAP programme which covered different projects aimed to supply future satellites

with suitable power sources ; even numbers were given when the source was a reactor, and odd numbers when the required power level made advisable the use of an isotopic fuel. Although cerium 144, an abundant and cheap fission product was taken into consideration initially, the first operational generator, a demonstration device, used polonium 210 with a thermoelectric conversion system in 1954.

In the following years, many efforts in several fields were reported that crystallized in 1961 with the installation of a generator fuelled by strontium 90 in an automatic meteorological station in the Arctic Ocean, as well as the orbiting of two communication satellites for the U.S. Navy, both fitted with generators using plutonium 238 as their fuel.

Space was indeed the starting point. But closer to us there are places where problems of accessibility and environmental stress also exist, so that it is only possible to get into them by means of long-lived power sources with total autonomy and high reliability. Of these places the nearest to us is our own human body whose malfunction can, in a lot of cases, be compensated or substituted by self-powered prostheses. We are coming to a field where even the less delusive mind is driven to dream of the possibilities offered by the devices that will be the subject of your working sessions during these four days, as they have been the subject of your work through the years that most of you have devoted to such interesting, transcending tasks.

This field of terrestrial applications which covers not only those of interest in medicine but also those related to hostile geophysical ambients, has so far been the one that has raised the highest interest in European countries, some of which, Spain among them, have joined a Study Group under the auspices of NEA.

In our country, the need for a hasty socio-economic development, harmonized in three successive Plans, has set forth priorities to the Government and private enterprises that have prevented them from paying the attention merited by the subject of this meeting in other circumstances. At present our country is restricted in its collaboration with the NEA. Study Group on those matters which, in addition to supplying us with information on advances in this field, are of general interest, as is the case of those related to safety studies concerning the population and the development of methods for the strict quality control of the materials handled.

However, I can tell you that the level reached in our development, noticeable through the high qualitative level of our home market needs and our products, both from the industries and from the technological research Centres, enables me to promise to you a wider future contribution of Spain in this field, which will also cover more tasks.

It is an honour for me to welcome you to this Symposium where you will demonstrate that nuclear energy, today through fission and tomorrow through fusion, can support human activities in those macroeconomic fields where the consumption unit is the megawatt, but also, through radioactive decay, is likewise able to support it when the consumption unit is the watt and even tiny fractions of it.