

V. U. Mme Claire Stievenart
Av. A. Huysmans 206, bte 10
1050 Bruxelles-Brussel

ISSN - 0250 - 5010

ANNALEN
VAN
DE BELGISCHE VERENIGING
VOOR
STRALINGSBESCHERMING

VOL. 38, N° 2, 2013

3^{ème} trim. 2013

**International Symposium
on the occasion of the 50th anniversary
of BVS-ABR**

Challenges for Radiological Protection for the next 50 Years



1963 - 2013

8-10 April 2013

PART 1

Driemaandelijkse periodiek
1050 Brussel 5

Périodique trimestriel
1050 Bruxelles 5

ANNALES
DE
L'ASSOCIATION BELGE
DE
RADIOPROTECTION

Hoofdredacteur

Mr C. Steinkuhler
Rue de la Station 39
B- 1325 Longueville

Rédacteur en chef

Redactiesecretariaat

Mme Cl. Stiévenart
Av. Armand Huysmans 206, bte 10
B- 1050 Bruxelles - Brussel

Secrétaire de Rédaction

Publikatie van teksten in de Annalen gebeurt onder volledige verantwoordelijkheid van de auteurs.

Nadruk, zelfs gedeeltelijk uit deze teksten, mag enkel met schriftelijke toestemming van de auteurs en van de Redactie.

Les textes publiés dans les Annales le sont sous l'entière responsabilité des auteurs.

Toute reproduction, même partielle, ne se fera qu'avec l'autorisation écrite des auteurs et de la Rédaction.

Ce numéro (Vol. 38/2) contient des
textes d'exposés présentés lors de

Dit nummer (Vol.38/2) bevat
teksten van uiteenzettingen
ter gelegenheid van

**International Symposium on the occasion of the 50th anniversary
of the Belgian Association for Radiological Protection BVS-ABR
Challenges for Radiological Protection for the next 50 Years**

SOMMAIRE

INHOUD

Academic Session:

Rétrospective de la radioprotection en Belgique dans le contexte international
et national p. 81

Een terugblik op de stralingsbescherming in België in een internationale
en nationale context p. 103

A look back at the radiation protection in Belgium in an international
and national context p. 125
Paul HUBLET (BVS-ABR)

From Session 1: Looking back and anticipating the future: setting the scene
Evolution of legislation in the near future p. 127
Augustin JANSSENS (EC-DG TREN))

**From Session 2: Societal aspects of Radiation Protection, including
perception of the radiation risk**
Perceived risk shapes human behavior but can be influenced p. 139
Hans VANMARCKE (SCK·CEN)

Risk perception of ionizing radiation among hospital personnel p. 145
Charlotte STIEVENART (ULB-Ecole Santé Publique), Catrinel
TURCANU(SCK·CEN)

From Session 3: Lessons learned from accidents - importance of maintaining competence

Post Fukushima improvement of the emergency plan for the Tihange and Doel nuclear power plants in Belgium - focus on the radiological aspect p. 159
 Benoit LANCE (Electrabel, GdF-Suez), Katja CAUWENBERGHS (Electrabel, GdF-Suez), Els THOELLEN (Electrabel, GdF-Suez - Doel), Sébastien BONTEMPS (Electrabel, GdF-Suez - Tihange)

A network to promote the interest of younger generations in radiation protection in radiological and nuclear engineering p. 167
 José RODENAS (Universidad Politécnica de Valencia), François TONDEUR (ISIB), Isabelle GERARDY (ISIB), Herwig JANSSENS (UHasselt)

Poster session

About actual challenge in nuclear education - Towards sustainability p. 177
 Andrejs DREIMANIS (State Environmental Service, Riga, Latvia)

SARA, safe application of radiation and radionuclides, an Erasmus intensive programme in radiation safety p. 189
 François TONDEUR (ISIB), Isabelle GERARDY (ISIB), Friedrich HOYLER (FH Aachen), Lenka THINOVA (Ceske Vysoke Uceni Technicke, Praha), Tomas CECHAK (Ceske Vysoke Uceni Technicke, Praha), Herwig JANSSENS (UHasselt), Isabel LOPES (Universidade de Coimbra)

RETROSPECTIVE DE LA RADIOPROTECTION EN BELGIQUE DANS LE CONTEXTE INTERNATIONAL ET NATIONAL

Professeur Paul Hublet

Membre fondateur, ancien président de l'ABR et membre fondateur
de l'IRPA

Directeur général honoraire au Ministère de l'Emploi et du Travail
Professeur honoraire à l'Université Libre de Bruxelles

Résumé

L'auteur a été à la fois le témoin et l'acteur des événements qu'il rappelle.

Pour l'ABR, les milieux industriels, financiers et les autorités de santé publique étaient convaincus de la nécessité de créer une société pluridisciplinaire indépendante des groupes de pression et cela dans un contexte lié à la crainte de l'énergie nucléaire (cf. les bombes larguées sur Hiroshima et Nagasaki).

Des repères liés aux développements de la connaissance de la matière sont cités. L'auteur souligne le fait que Röntgen, le découvreur des Rayons X, n'a jamais pris de brevet, considérant que ceux-ci devaient servir à améliorer le sort de l'humanité.

Il constate que le commerce s'est introduit dans la recherche et que des précurseurs de la protection radiologique des personnes et de l'environnement ont existé des deux côtés de l'océan Atlantique. Il souligne le rôle déterminant joué par les américains pour la reconstruction de l'Europe après la guerre mondiale 1939-1945.

Au niveau de l'IRPA, il insiste sur le rôle important de son premier président Karl Morgan (1907-1999). Avec son équipe de chercheurs et de techniciens il a mis au point à Oak Ridge (Tennessee, E-U), où furent réalisées les bombes atomiques, des procédures de travail pour la protection des populations et de l'environnement. Il a ensuite, consacré une partie de sa vie au combat pacifique pour la destruction de l'arsenal militaire des bombes atomiques dans les deux camps antagonistes durant la guerre froide et ultérieurement.

Quoi qu'il en fût, les mises en garde contre "les dangers de l'atome" étaient le fait d'utilisateurs, précurseurs de la mise en place de protection radiologique. La majorité de l'opinion approuvait l'utilisation d'une nouvelle source d'énergie devant fournir le bonheur et la prospérité. Les savants à la base de cette découverte étaient qualifiés de "Prométhée moderne". Ce dernier, selon la mythologie grecque, avait fourni aux hommes le feu, les métaux et l'usage de ceux-ci.

Au niveau européen, l'auteur relate que par les Traités de Rome (1957) furent créés un marché commun et une communauté de l'énergie atomique "Euratom" qui promulgua, en 1959, les premières "normes de base" pour tous les usagers et la population.

Les accidents nucléaires majeurs liés aux applications pacifiques de l'atome sont passés en revue ainsi que les aménagements de la radioprotection qui en ont résulté. Deux cas de radioprotection ayant posé problèmes sont décrits.

8 avril 2013 – 50 ans de l'ABR créée le 9 avril 1963

« On ne connaît pas complètement une science tant qu'on n'en sait pas l'histoire », Auguste Comte (Cours de Philosophie Positive, 1830-1842)

Cinquante ans déjà ! Un demi-siècle, c'est le temps d'un peu plus de deux générations dans l'espèce humaine (Par convention, la durée d'une génération est de 20 ans).

En ma qualité de membre fondateur et d'ancien président de notre Association, les membres du Bureau m'ont demandé de prendre la parole à cette séance commémorative. C'est un honneur auquel je suis sensible mais il est redoutable.

Après réflexion, je pense que je peux intéresser cette assemblée en décrivant la situation socio-économique au niveau international, européen et belge de l'époque et en évoquant deux anecdotes parmi d'autres.

C'est un très vaste sujet. Il me faut donc faire des choix parmi une foule d'informations, de données intéressantes. Voilà une des causes de mon embarras, car tout choix, fut-il judicieux contient par lui-même une dose d'arbitraire. Je me suis donc fixé des repères, mais il y en avait beaucoup d'autres.....

La littérature scientifique est d'ailleurs très abondante sur ce sujet. Comme certains membres le savent, j'ai été le témoin d'événements que je vais évoquer et aussi parfois un acteur par les fonctions que j'ai occupées pendant ma carrière professionnelle de fonctionnaire et/ou de professeur d'université.

Les 13 membres fondateurs de notre Association provenaient de l'industrie, de la recherche nucléaire, du Commissariat à l'Energie Atomique, d'autres étaient fonctionnaires ou professeurs d'université. Ils avaient des formations de base très différentes, physiciens, médecins, ingénieurs, chimistes, juristes. Ce qui les rassemblait, c'était la volonté de créer une association multidisciplinaire, de caractère scientifique et indépendante des groupes de pression où, dans une ambiance conviviale, il serait possible de confronter ses idées, mais aussi d'être mis au courant, entre autres, de mises au point de techniques et d'appareillages utiles à la radioprotection.

Il y avait, en outre, un appétit très grand pour le « savoir » et les besoins à satisfaire étaient immenses. Chacun s'est donc mis à l'ouvrage avec enthousiasme et avec la volonté de réussir.

Il s'est donc produit parmi nous, une impulsion, un élan qui n'a pas faibli au cours des ans.

Comme on le sait, la technologie dans les sciences nucléaires et dans les applications industrielles de l'atome s'est développée déjà avant la guerre de 1939-1945 mais surtout après celle-ci, dans les pays anglo-saxons de sorte que le vocabulaire en usage est l'anglais.

Les relations entre les universités et les administrations étaient très étroites et basées sur une grande considération réciproque et furent renforcées par la nécessité de créer de nouveaux enseignements pour répondre aux besoins causés par le développement des applications pacifiques de l'atome. Il existait une règle non écrite selon laquelle la création de centres ou de services spécialisés ne devait pas priver les installations existantes de leur personnel spécialisé. En particulier, en matière administrative un travail considérable devait être accompli, et il le fut, dans les divers ministères pour mettre au point des nouvelles réglementations pour ériger et faire fonctionner les installations nucléaires (centrales nucléaires, centres de recherche...).

Il fut créé « *ex nihilo* » un ensemble de procédures avec les exploitants, les dirigeants des centres, etc.

Par ailleurs, des lois cadres, existantes alors, ont dû être adaptées afin d'uniformiser les pénalités en cas d'infractions pour faciliter la tâche des magistrats.

En outre, l'élan dont je viens de parler s'est propagé parmi les fonctionnaires en place, chargés de faire appliquer les réglementations. Ils ont en effet éprouvé la nécessité d'avoir la même formation théorique et pratique que celle des personnes qu'ils étaient amenés à contrôler dans l'industrie ou dans les installations hospitalières. Or ils n'y étaient pas tenus. En effet, en droit administratif, la personne qui possède « l'autorité judiciaire » en vertu d'une réglementation est, par le fait même, « compétente ». Ce comportement est hautement bénéfique pour la protection de l'environnement et de la population : l'Etat prend les mesures appropriées indispensables pour assurer la sécurité et le bien-être des citoyens. Il se dégage ainsi une notion universelle de Droit qui est celle de la « Puissance publique ».

Au niveau européen, dans les années 1960, soit 15 ans après la fin de la deuxième guerre mondiale, il s'est produit un important développement de divers services de l'Euratom¹ et de l'Agence pour l'Energie Nucléaire² (centrales nucléaires pour la production d'énergie électrique, fabrication de radioisotopes pour des usages médicaux, industriels, agricoles, etc.)

En particulier, la médecine avait fait de très grands progrès dans le diagnostic d'affections sanguines et cancéreuses et dans leur traitement, grâce à l'utilisation de machines accélératrices de particules : cyclotrons, bêtatrons, etc et aux RIA³

Dans le domaine géopolitique, c'était la guerre froide depuis la guerre de Corée de 1950, où la bombe atomique faillit être utilisée.

Les grandes puissances développaient leur arsenal nucléaire militaire et la bombe à hydrogène, d'abord mise au point par les USA, avait une puissance de destruction de plus de 100 fois celles larguées sur Hiroshima le 8 août 1945 (la matière fissile était l'uranium 235) et sur Nagasaki le 9 août 1945 (la matière fissile était le plutonium métallique).

Des essais avaient lieu dans l'atmosphère, les retombées d'isotopes radioactifs étaient mesurées et enregistrées dans tous les pays de l'Europe de l'Ouest (comme on disait alors) de sorte que continuellement les populations étaient averties des dangers de l'atome. On contrôlait la radioactivité de l'air et du lait (Sr-90 et Cs-137). C'est donc dans un contexte émotionnel profond (on parlait d'équilibre de la terreur, de désastre planétaire en cas de conflit nucléaire) que s'est créée notre Association (1963).

L'association néerlandaise (NVS)⁴ avait été créée en 1960 et est donc notre sœur aînée.

Notre collègue néerlandais Boersma en a fait l'historique [6] en donnant des détails sur la situation des limites de doses en vigueur depuis 1927 aux Pays-Bas et il estime qu'il eut été plus opportun de parler d'hygiène (des rayonnements) plutôt que de santé car le mot hygiène a toujours signifié que

¹ Euratom : Communauté Européenne de l'Energie Atomique

² AEN (Agence pour l'Energie Nucléaire) dépendant de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique) Siège – Paris [4]

³ RIA (Radio-immunological Assays)

⁴ NVS (Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiene)

les aspects préventifs et curatifs étaient compris dans la signification du mot. Il détaille la vie d'un précurseur des normes de protection, l'ingénieur américain Elihu Thomson (1853-1937), un des premiers utilisateurs à dénoncer les dangers des rayons X. Dans ce domaine, il y a eu d'autres précurseurs au Royaume-Uni et en Allemagne mais la tendance majoritaire allait dans le sens de l'enthousiasme, voire d'une certaine euphorie et les découvreurs que je vais évoquer étaient considérés comme des Prométhée modernes. Rappelons nous que dans la mythologie grecque, Prométhée qui était un titan, c'est-à-dire un demi-dieu, avait donné aux hommes le feu et l'art de fabriquer et utiliser les métaux. Dans le cas présent, en démontrant que la matière pouvait être transformée en énergie (et réciproquement) les découvertes mettaient à la disposition de l'humanité une énergie que l'on disait inépuisable, faisant de ce fait le bonheur de l'humanité.

Pour la création de l'IRPA ⁵, l'année cruciale fut 1964. Trois membres fondateurs de notre association participèrent à l'importante réunion de Paris : le Professeur Samuel Halter, autorité influente jouissant d'un grand prestige international, notamment auprès de l'OMS ⁶, alors président de notre association, le Dr Alphonse Lafontaine, directeur de l'Institut (belge) d'Hygiène et d'Epidémiologie et moi-même, médecin inspecteur du travail. Il y avait aussi le Professeur Pierre Recht, directeur général de la protection sanitaire à l'Euratom. La présence de trois médecins belges ayant un statut de fonctionnaire s'explique par le fait de la définition de la santé de manière dynamique et positive (qui n'est pas uniquement la lutte contre les maladies) qui figure dans la Constitution de l'OMS : *« La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité... ..La santé de tous les peuples est une condition fondamentale de la paix du monde et de la sécurité ; elle dépend de la coopération la plus étroite des individus et des Etats... ..Les gouvernements ont la responsabilité de la santé de leurs peuples ; ils ne peuvent y faire face qu'en prenant les mesures sanitaires et sociales appropriées »*. Ces dispositions ont été renforcées quant au rôle des Etats.

Dans les discussions et les nombreux contacts que j'ai eus ultérieurement, j'ai rencontré des hommes et des femmes de conviction, défendant leur point

⁵ IRPA (International Radiation Protection Association)

⁶ OMS (Organisation Mondiale de la Santé)

de vue avec énergie mais sans agressivité et ayant constamment le « respect de l'autre ». Lorsqu'un compromis était établi, il y avait toujours eu le souci d'assurer un progrès dans la radioprotection. Certes des différences culturelles apparaissaient. Par exemple, les anglo-saxons préfèrent élaborer des normes de protection générales, souples permettant d'y intégrer des situations particulières rencontrées « in the field » (« les standards »). Les gréco-latins, par contre, défendent des règles précises, rigides.

Par ailleurs, soulignons que le fait de décrire avec minutie des appareils de mesure et de les imposer, entraîne un effet non désiré (effet pervers) qui est celui de stopper le progrès. Des deux côtés de l'Océan Atlantique, les préoccupations étaient les mêmes : protéger l'environnement et la santé des populations.

Finalement, l'IRPA signa sa constitution officielle en 1965 en regroupant 16 sociétés nationales déjà existantes, dont la nôtre. Notre Président de l'époque, Samuel Halter, figure sur la photo-témoin de cet événement.

Le premier président de l'IRPA, Karl Morgan (1907-1999) a consacré quelques articles à sa création dans la revue *Health Physics* donnant chaque fois des précisions. Sa dernière publication [8] est en fait une synthèse des articles précédents, complétée par des détails. Je souligne son action déterminante « sur le terrain » à l'usine d'Oak Ridge (dont je parlerai plus tard) pour assurer la santé des travailleurs, de la population avoisinante et de l'environnement. Lui et son équipe ont dû créer des instruments de mesure, élaborer des procédures d'intervention en cas d'incident. Il a consacré une partie importante de sa vie au combat pacifique pour la destruction des armes nucléaires, mais le TNP⁷ ne fut pas appliqué dans les 2 camps antagonistes. Petite anecdote : dans sa biographie, Karl Morgan se présente comme un physicien « spatial ». Il a étudié le rayonnement cosmique au début de sa vie professionnelle. Il était donc un chercheur contemporain d'Auguste Piccard, Paul Kipfer, Max Cosyns qui travaillèrent à Bruxelles et s'illustrèrent par des mesures de rayonnement dans la stratosphère par des ascensions (1931-1935) en ballon libre dont la nacelle(cabine pressurisée) se balança longtemps dans les couloirs de la Faculté Polytechnique de l'ULB⁸. Leurs études rejoignaient les

⁷ TNP (Traité de Non Prolifération des armes nucléaires)

⁸ ULB (Université Libre de Bruxelles)

préoccupations des physiciens de l'époque ; ils voulaient vérifier les hypothèses concernant la formation de l'univers, émises lors des différents Congrès Solvay dont le premier se tint ici même dans ces locaux prestigieux de l'hôtel Métropole en 1901.

Voici quelques repères :

- **1895** Wilhem Röntgen (1845-1895), professeur de physique à Würzburg, au cours de ses expériences sur les rayons cathodiques, découvre les Rayons de Röntgen ou Rayons X. Il fut le titulaire du 1^{er} Prix Nobel de Physique attribué par la Fondation Nobel en 1901. Röntgen n'a jamais déposé de brevet car il considérait que sa découverte appartenait à l'humanité toute entière, apportant un outil fabuleux pour l'étude des matériaux et pour la médecine. L'emploi des rayons X a permis de développer la cristallographie et de faire de grands progrès, notamment dans la métallurgie, en génétique, etc...
- **1898** Suite aux travaux de Röntgen, Pierre Curie et Marie Sklodowska Curie découvrent la radioactivité naturelle de l'uranium. Henri Becquerel étudie les rayonnements produits par l'uranium-238. Tous les trois obtinrent le prix Nobel de Physique en 1903 et isolèrent les premiers radioéléments dont le polonium et le radium. Très vite, physiciens, biologistes et médecins se rendirent compte de l'intérêt de ces découvertes et passèrent très rapidement aux applications pratiques dans leurs domaines respectifs. En voici un seul exemple : le radium a permis de guérir des cancers qui étaient auparavant incurables et la nécessité d'une radioprotection était inconnue de sorte que le premier quart du 20^e siècle qui a été la période des pionniers, a aussi été celle des martyrs. La mise au point des principes de radioprotection se situe entre 1920 et 1935. Au congrès international de radiologie de 1925, fut évoquée la nécessité de créer un système de normes de protection pour la radiologie et la radiographie et les premières recommandations à cet égard remontent à 1928. Comme on le sait, ces normes ont été régulièrement abaissées, notamment pour prendre en compte les effets génétiques sur les individus et leur descendance (effets stochastiques).

- **1919** Rutherford observe pour la première fois, la désintégration artificielle d'un élément stable (l'azote N_2) bombardé par des particules alpha du Radium. Au cours de la décennie suivante, en collaboration avec Chadwick, il étend ses observations à nombre d'éléments légers. C'est alors que l'attention des physiciens expérimentaux est attirée sur la possibilité de produire en laboratoire des ions à haute vitesse capables de modifier les noyaux des atomes
- **1931** Lawrence conçoit et réalise aux Etats-Unis, à Berkeley, le cyclotron (accélérateur de particules, utilisé notamment pour créer du fer de numéro atomique 55 qui est radioactif – il a servi à marquer le fer de l'hémoglobine des globules rouges, ce qui a été à la base de progrès significatifs en hématologie).
- **1932** Chadwick (Sir James) (1831-1974) découvre l'effet photoélectrique nucléaire obtenant la désintégration du deutérium par les rayons gamma et reconnaît en 1932 la nature du neutron. Prix Nobel de Physique en 1935.
- **1934** Frédéric Joliot et Irène Curie découvrent la radioactivité artificielle qui a permis de créer des radioisotopes aux nombreuses applications industrielles, médicales et agricoles.
- **1938** à l'Université de Göttingen, Otto Hahn (1879-1968) et Lise Meitner (1878-1968) réalisent la première fission nucléaire à partir d'Uranium-235. Cette découverte publiée avant la 2^e guerre mondiale déclencha une course contre la montre pour la mise au point de la bombe atomique. Ils obtinrent le prix Nobel de chimie en 1944, prix qui leur fut remis après la guerre par la Fondation Nobel à Stockholm.
- **1939** Frisch d'abord suivi de peu par F. Joliot, apporte la preuve physique de la fission de l'uranium 235 et peu après Joliot, Halban et Kowarsky montrent que plusieurs neutrons sont produits lors de la fission de cet uranium-235 provoquée par un neutron, d'où la possibilité d'une « réaction en chaîne », découverte confirmée par Fermi et Szilard. En août 1939, Albert Einstein envoie une lettre au Président Roosevelt pour attirer son attention sur l'éventualité d'applications militaires de l'énergie atomique. En octobre 1939 : le comité américain sur l'uranium est créé. Les

différents gouvernements imposent le secret sur les recherches nucléaires.

- **1941** Seaborg de l'Université de Berkeley et son équipe découvrent un métal de numéro atomique 94 dans le tableau de Mendeleïev (le plutonium) en utilisant un cyclotron du type de celui mis au point par Lawrence. Le plutonium est un émetteur de rayons alpha d'une demi-vie de 24.400 ans. C'est une matière fissile. Elle a été utilisée pour la bombe atomique qui a détruit Nagasaki, le 9 août 1945.
- **1942** Fermi et son équipe réalisent dans les locaux annexes d'un stade à Chicago, la première « pile atomique » qui divergea le 2 décembre, marquant ainsi le véritable début de « l'ère atomique ». Dès la fin de 1942, l'établissement d'Oak Ridge dans le Tennessee abrita des installations de séparation isotopique de l'uranium, une « pile expérimentale » au graphite pour produire du plutonium et une usine pilote d'extraction du plutonium du combustible irradié. A Hanford, dans l'Etat de Washington, furent érigées de grandes piles pour la production de plutonium et à Los Alamos dans le Nouveau Mexique, une équipe des plus éminents savants s'attacha à l'étude et à la fabrication des premières bombes atomiques

Il convient à présent de s'acquitter d'un devoir de gratitude et de mémoire à l'égard de nos amis et alliés américains. Celui-ci s'adresse au Général Eisenhower⁹ qui, en sa qualité de chef des armées alliées dirigea les forces qui libérèrent les pays occupés victimes de l'oppression de Mussolini et de Hitler, au Président Truman¹⁰ qui eut comme secrétaire d'Etat, George C. Marshall¹¹, militaire de haut rang, celui-là même qui le 5 juin 1947 proposa un plan pour la reconstruction de l'Europe à l'Université Harvard. Ce plan très généreux, fut refusé par Staline. Il est à la base de la création de l'OCDE¹² et dépendant de cette dernière, l'AEN¹³. En outre, des plans

⁹ Eisenhower, Dwight (1890-1969), 34^e Président des USA de 1953 à 1961

¹⁰ Truman, Harry (1884-1972) – 33^e Président des USA de 1945 à 1953 (il ordonna l'utilisation des deux bombes atomiques contre le Japon)

¹¹ George Marshall (1880-1959)

¹² OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique)

¹³ AEN (Agence de l'Energie Nucléaire)

particuliers d'aide furent élaborés au profit des états européens. George C. Marshall reçut le Prix Nobel de la Paix en 1953.

La mise à la disposition de l'uranium du Congo belge, évacué aux Etats-Unis en 1939, a mis la Belgique dans une situation privilégiée pour le développement pacifique de l'énergie nucléaire. Elle a reçu des autorités américaines des informations confidentielles, utiles et nécessaires, pour son programme nucléaire civil. C'est ainsi que le gouvernement belge créa en 1947, l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires pour la coordination de la recherche nucléaire à caractère fondamental.

La recherche fut orientée vers la production d'énergie électrique nucléaire. C'est pourquoi, le Commissariat à l'Energie atomique fut créé en 1950 auprès du Ministère des Affaires étrangères et, doté de pouvoirs étendus tels que la coordination de toutes les activités nucléaires, il mena des négociations avec les organismes étrangers qui s'occupaient d'énergie nucléaire. Le poste fut confié à Monsieur Pierre Ryckmans, gouverneur honoraire du Congo Belge.

Cette personnalité éminente jouissait de la confiance des milieux industriels et financiers. Il fut remplacé en 1959, par le Professeur Jacques Errera jusqu'en 1969. Monsieur Errera était un enseignant particulièrement bien introduit dans les milieux industriels et, par ailleurs, un chercheur.

En 1971, il fut mis fin à la fonction de Commissaire à l'Energie atomique et ses attributions furent confiées au Ministère des Affaires économiques¹⁴ qui était doté d'une direction générale de l'énergie et qui disposait d'un personnel technique très qualifié (notamment des ingénieurs,...). Au Ministère des Affaires étrangères, le service scientifique était dirigé par un directeur, en fait une directrice (Melle Simone Herpels) et dépendait de la direction générale de la politique. Ce service fut élevé au niveau d'une administration et son directeur fut élevé au grade de «directeur d'administration»¹⁵. Il persista cependant une ambiguïté dans les attributions des compétences au sujet des points de vue juridique et administratif, qui ne fut pas totalement aplani par la création de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN).

¹⁴ A.R. du 25 mars 1971, Moniteur Belge du 7 mai 1971

¹⁵ Dans la hiérarchie administrative, ce grade rentre dans la catégorie des fonctionnaires généraux

L'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire fut créée par la loi du 15 avril 1994 et entra en fonction en septembre 2001. Elle bénéficie d'une large autonomie et possède la personnalité juridique. Elle a des missions de contrôle de sûreté et de sécurité des installations nucléaires et exerce un pouvoir de police sur celles-ci. La protection de la population, des travailleurs et de l'environnement, y compris la gestion des déchets radioactifs relève toutefois du fédéral (loi spéciale du 8 août 1980). Je souligne que le parlement est associé aux travaux de l'AFCN et a donc un « droit de regard sur ses activités ». Cette disposition constitue une parade contre le lobbying intense pratiqué par les milieux industriels liés à l'atome et par les exploitants des centrales. Des fonctionnaires et agents appartenant à divers ministères qui avaient des compétences administratives en matière nucléaire y furent transférés.

Revenons aux années 1950 et à Pierre Ryckmans alors Commissaire à l'Energie Atomique.

Sous son impulsion les autorités belges créèrent en 1952, le Centre d'Etude pour les Applications de l'Energie Nucléaire (CEAEN), association sans but lucratif, qui devint en 1956 un établissement d'utilité publique « Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire/Studiecentrum voor Kernenergie » (CEN/SCK).

Ce Centre fut érigé à Mol et doté

- d'un réacteur de la filière gaz-graphite (le BR1) et
- d'un réacteur à haut flux de neutrons (le BR2) destiné à la recherche (irradiations de matériaux de construction pour connaître leur comportement *devant* diverses sources de rayonnements) ainsi que
- de divers laboratoires de recherche sur les éléments transuraniens dont le plutonium, laboratoire de métrologie nucléaire pour la mise au point d'appareils de mesures, laboratoire de biologie.
- et enfin du réacteur BR3 pour la production d'électricité. Le type de réacteur choisi fut le PWR¹⁶ de la firme Westinghouse, réacteur à eau pressurisée muni d'une double enceinte et intrinsèquement sûr car, lorsque la température à l'intérieur de la cuve s'élève, la réactivité diminue.

¹⁶ PWR (Pressurized Water Reactor)

La mise en service des réacteurs BR1 et BR2 au Centre Nucléaire de Mol (SCK/CEN) permettait la production de radioisotopes à très haute activité spécifique dont le Co-60 et l'Ir-192. Le développement rapide et considérable du marché mondial des radioisotopes justifia la création d'un centre indépendant. C'est ainsi que fut créé l'Institut national des Radioéléments¹⁷ implanté à Fleurus sur un site de 45 hectares. Ses statuts parurent au Moniteur du 16 décembre 1971 et le personnel du laboratoire des radioisotopes du Centre de Mol fut progressivement transféré à Fleurus. Pourvu d'irradiateurs et d'un cyclotron, l'IRE développa notamment des trousseaux d'analyses biomédicales pour le diagnostic « in vitro », progrès significatif pour la connaissance et le traitement des maladies auto-immunes¹⁸.

Au niveau européen, par les Traités de Rome (1957) furent créés un marché commun et une communauté de l'énergie atomique, « Euratom ».

En 1959, les premières « Normes de base » furent promulguées par l'Euratom.

Pour la production d'électricité, l'intention des autorités belges était de créer « un parc nucléaire » plutôt que d'acheter des centrales « clefs sur porte ». On envisageait donc le cycle du combustible dans sa totalité, c'est-à-dire depuis l'extraction d'uranium, la fabrication des barreaux d'éléments combustibles jusqu'au retraitement des déchets.

Une usine de traitement du combustible irradié de statut européen fut construite à Dessel dans la Province d'Anvers (« Eurochemic »). Elle fonctionna de 1966 à 1976¹⁹.

Voici à présent quelques dates marquantes concernant le « Nucléaire »

1957 – 29 septembre : accident de Mayak (URSS) (connu aussi sous le nom de « catastrophe de Kychtym) dans une usine de retraitement de combustible nucléaire ; une panne dans le système de refroidissement de cuves de déchets radioactifs provoque une explosion chimique qui projette dans l'atmosphère environ 2 millions de Curies de produits radioactifs.

¹⁷ IRE (Institut national des Radioéléments)

¹⁸ voir footnote 3

¹⁹ L'usine est en cours de démantèlement

1957 – 2 octobre : accident de Windscale (U.K. Royaume-Uni). Dans un réacteur de la filière gaz-graphite à usage militaire: combustion du graphite et rejet dans l'atmosphère de produits de fission dont de l'iode-131. L'étude des effets sur l'environnement (animaux, végétaux) et sur la chaîne alimentaire reste un modèle du genre.

1963 – 5 août : Traité de Moscou entre l'URSS et les Etats-Unis pour l'arrêt des essais nucléaires dans l'atmosphère.

1965 – 8 avril : Traité de fusion des exécutifs des trois communautés ²⁰ (ou traité signé à Bruxelles, par les 6 pays fondateurs de la communauté économique européenne ²¹). Traité entré en vigueur le 1^{er} juillet 1967.

1972 : découverte à l'usine d'enrichissement d'uranium de Pierrelatte (en France) du phénomène « Oklo ».

Oklo est une localité du Gabon situé près de Franceville. Le physicien français Francis Perrin et son équipe ont démontré qu'à Oklo, avait fonctionné durant plusieurs centaines de milliers d'années, un réacteur nucléaire naturel, spontané (donc sans intervention humaine). On y a trouvé des traces de produits de fission de l'uranium 235.

A Oklo, où le phénomène fut découvert, la mine d'uranium 238 fut exploitée depuis 1956 et pendant 40 ans[2]. Cette découverte fut présentée, à juste titre à mon avis, comme une contribution majeure de la science française.

On assista alors à une grande effervescence d'Haroun Tazieff et de ses collaborateurs. Ce dernier, géologue diplômé de l'Université de Liège, vulcanologue célèbre notamment par ses films d'éruption de volcans, exerça en France (de 1984 à 1986), dans le gouvernement de Mr. Laurent Fabius, la fonction de Secrétaire d'Etat en charge de la Prévention des Risques Technologiques et Naturels Majeurs ; ils souhaitaient recueillir le plus d'informations possibles sur les incidents et accidents nucléaires et sur les catastrophes naturelles survenant dans le monde.

1979 – 28 mars : accident de Three Mile Island, Pennsylvanie aux USA. Un dysfonctionnement du système de refroidissement a entraîné la fusion

²⁰ CEE (Communauté Economique européenne), CECA (Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier), Euratom

²¹ Belgique, Pays-Bas, Luxembourg, France, Italie, Allemagne de l'Ouest

partielle du cœur d'un réacteur de type PWR (eau pressurisée). Il s'en est suivi un rejet de Krypton 85 (50.000 curies).

Il en est résulté dans tous les pays concernés par l'exploitation industrielle de l'atome (centrales nucléaires) l'élaboration de plans d'urgence pour l'évacuation de la population en cas d'accident.

La décennie 1980 fut riche en événements.

Dans le domaine de la radioprotection, elle fut caractérisée par les préoccupations pour l'environnement et pour la santé des éléments transuraniens dont le plutonium et par la nécessité d'évacuer ces éléments. On songea à les utiliser dans les surgénérateurs (« réacteurs breeders » comme on disait alors).

Des solutions industrielles existaient (et existent toujours). Ce sont les barreaux combustibles, mélanges d'oxydes de plutonium (les combustibles MOX).

Dès la conception des centrales nucléaires belges, il était prévu que les combustibles usés, après stockage dans des piscines de désactivation seraient retraités.

La création de l'ONDRAF²² en 1980, opérationnel en 1982, fut une étape cruciale pour la gestion des déchets radioactifs. L'ONDRAF possédait une filiale industrielle, « Belgoprocess »²³.

Après leur stockage durant quelques années pour laisser décroître leur radioactivité, il était donc prévu de les retraiter (par exemple, à l'usine de La Hague, en France) mais *« en décembre 1993, la chambre des représentants a adopté une résolution instaurant un moratoire sur le retraitement du combustible usé, entraînant l'impossibilité de poursuivre l'évacuation du combustible usé des centrales. Dix-huit ans plus tard, ce moratoire est toujours d'application, bien qu'il fût initialement instauré pour une durée de cinq ans »*. Cette citation est reprise textuellement d'une réponse à une question parlementaire dans notre Newsletter n° 134 du 1^{er} trimestre 2012. Je la mentionne car elle illustre bien, la sagesse populaire belge : « il n'y a que le provisoire qui dure » !

1986 – 26 avril - accident nucléaire majeur survenu à Tchernobyl en Ukraine :

²² ONDRAF (Organisme National de Déchets Radioactifs et des matières Fissiles)

²³ A l'arrêt et en cours de démantèlement avancé

une explosion a eu lieu au réacteur n°4 d'un parc nucléaire de 6 réacteurs de type RBMK²⁴ (réacteur à eau bouillante modéré au graphite) développant chacun une puissance électrique de 1000 mégawatts, le combustible nucléaire étant du dioxyde d'uranium faiblement enrichi en U-235.

Une augmentation brusque de la réactivité non contrôlée a provoqué dans la cuve du réacteur, «une excursion de puissance» entraînant une augmentation de température, la fusion du cœur suivie d'une explosion, l'incendie du graphite, la fusion du cœur du réacteur avec rupture de l'enceinte de confinement en béton et la libération dans l'atmosphère de produits de fission.

L'émoi fut considérable dans le monde et obligea les autorités des divers pays de prendre en compte « l'imprévu » pour la protection des populations et des travailleurs [1].

En plus des plans d'urgence d'évacuation des populations en cas de catastrophe, on soumit les centrales à des tests de sûreté. En Belgique, deux services spécialisés furent créés, l'un au Ministère de l'Emploi et du Travail, l'autre au Ministère de la Santé publique, ayant chacun à leur tête, un inspecteur général.

Dans la **décennie 1990** un nouveau concept fut introduit dans la radioprotection c'est le « Stakeholder Involvement » (expression traduite en français par « implication des parties prenantes ») suscitant perplexité et irritation. Cette pratique consiste en fait à respecter les craintes des populations, à expliquer les raisons des choix techniques mis en œuvre dans le nucléaire et est considérée comme de la démocratie directe. Fallait-il en effet que la radioprotection s'occupât de choses relevant de la sociologie et/ou de la politique ? Nos collègues suisses nous aidèrent à en admettre le principe : ils y voyaient une application concrète de la démocratie directe qu'ils pratiquent par leur système de votation mais ils y mettent des « balises » : il faut écouter et respecter les peurs des participants aux discussions préalables et s'assurer que le vote des citoyens sera bien relatif à la question posée et non pas relatif à un « vote-sanction » de nature politique ; c'est donc un problème de confiance entre les parties prenantes. Cette pratique de démocratie directe, si elle retarde la prise de décision par

²⁴ RBMK (Reaktor Bolchoi Mochtchnosti Kanalni)

les autorités concernées a le mérite, disent nos collègues suisses, d'impliquer directement les citoyens dans celle-ci. En outre, elle procure dans la radioprotection un sentiment d'humilité alors qu'une certaine arrogance, un excès de confiance dans les techniques de mesure se développent. L'humilité est une vertu bienvenue dans les travaux de recherche, de vérification et de contrôle. Je constate qu'à côté des chercheurs, des chercheuses, des savants et des savantes, on a créé une nouvelle catégorie de personnes : ce sont les « technologues ».

2011 – 11 mars : Fukushima-Daiichi :

Un tremblement de terre de magnitude 8,9 à 9 dans l'échelle logarithmique de Richter a frappé la côte nord-est de l'île d'Honshu, la plus grande et la plus peuplée du Japon. Le déplacement brutal du fond marin à 120 km de la côte a provoqué sur un front de 500 km, une vague de 14 mètres de haut (un « tsunami ») détruisant tout sur son passage. Cette catastrophe a causé sur la terre habitée plus de 22.000 morts et disparus. En outre, la présence d'un parc nucléaire comprenant plusieurs réacteurs a entraîné un accident nucléaire majeur car la vague du tsunami a noyé des installations et des équipements de sûreté. Une explosion s'est produite dans un réacteur (du type BWR²⁵), causée, pense-t-on généralement, par du gaz hydrogène provenant de la dégradation des éléments combustibles présents dans la piscine de désactivation. Il y a eu évidemment coupure du courant électrique alimentant toutes les localités avoisinantes et ultérieurement près de 200.000 personnes furent déplacées, suite aux inondations provoquées par le tsunami et par la crainte de la contamination radioactive du sol et de l'air.

Le choc émotionnel provoqué dans le monde par le séisme fut et reste considérable. L'accent a surtout été mis sur l'accident nucléaire majeur consécutif au séisme. Il s'agit de la crainte du « nucléaire » provenant de son histoire dont je viens de rappeler quelques étapes.

Depuis lors, on constate au Japon, une rupture de confiance entre la population et ses élites politiques, économiques et les autorités chargées d'assurer sa sécurité et sa santé. En effet, des cas de corruption ont été démontrés entre des organes de contrôle et des agents des centrales et cela au plus haut niveau. Il y a eu, en outre, des falsifications de rapports.

²⁵ BWR (Boiled Water Reactor), réacteur à eau bouillante

En Belgique et dans l'Union européenne, l'empressement mis pour réaliser des tests de résistance des centrales nucléaires : les « stress tests », suscite appréhension et scepticisme.

Fukushima-Daiichi a montré que l'improbable est possible (les réacteurs étaient protégés contre une vague de + ou – 7 mètres de haut).

La « sortie du nucléaire », comme on le sait, « fait débat ». Celui-ci est nourri par des considérations liées à la sécurité des approvisionnements en énergie, à la sûreté des installations : le risque zéro n'existant pas.

x

x x

Voici à présent, comme annoncé dans l'introduction de mon discours, **2 anecdotes.**

➤ Dans les années 1970, caractérisées en Europe par la guerre froide comme je viens de le rappeler, dans l'armée belge il y avait une section spécialisée comme dans les divisions de l'OTAN (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord) contre la guerre éventuelle ABC (A pour atomique, B pour biologique, C pour chimique).

Un sergent admis à la retraite avait conservé son compteur Geiger-Muller et il avait l'habitude de le faire fonctionner lors de ses promenades en forêt dans la région de Verviers et voilà qu'un jour, ce fameux compteur de rayonnement gamma se mit à crépiter d'une manière affolante. Il alerta les autorités ; dans un premier temps, il ne fut pas crû, mais au même endroit, le compteur crépitait toujours. Un service réputé de radiochimie appartenant à une université fut envoyé sur place pour élucider le phénomène mais il ne trouva rien d'anormal dans les prélèvements d'eau et dans leurs analyses. L'affaire prit de l'ampleur, les mouvements écologiques se mobilisèrent ainsi que d'autres organisations de défense de la nature. L'emballement médiatique en fit un feuilleton à épisodes dont l'épilogue fut le suivant : dans son parcours souterrain, le ruisseau (le Plétrou) s'écoule sur des roches uranifères contenant du radium et par conséquent du radon, lequel gaz, plus lourd que l'air est, comme on le sait, le premier produit de désintégration du radium contenu dans la roche. Il fallait donc « piéger le radon », ce qui ne fut pas fait : pas de radon détecté signifie

que la radioactivité a disparu. Ainsi donc, un sergent pensionné avait raison devant une équipe de scientifiques de haut niveau mais régler des problèmes d'amour propre et de susceptibilité n'est pas toujours ce qu'il y a de plus facile à faire....

➤ La deuxième anecdote est moins plaisante.

Dans plusieurs universités ou écoles supérieures techniques, des élèves pour une thèse ou un mémoire de fin d'études furent amenés à utiliser des appareils à diffraction de Rayons X sans formation ni mise au courant préalables. Il s'en est suivi des radiodermites, principalement aux doigts. La législation en vigueur leur permettait de faire appel au Fonds des maladies professionnelles pour bénéficier de la réparation des dommages et des frais de traitement. Des pressions intolérables furent exercées par les enseignants afin qu'ils renoncent à faire valoir leur droit, considérant que les lésions provoquées étaient dues à un mauvais mode opératoire de leur part, ce qui était de nature à refuser la thèse ou le mémoire. Il a fallu une intervention énergique de mes services pour mettre fin à cette pratique intolérable.

x

x x

On assiste dans nos pays démocratiques occidentaux et donc dans l'union européenne à une érosion de l'autorité. Or, dans tous les pays du monde, quelle que soit par ailleurs leur constitution politique, existe une notion de droit qui est celle de la « Puissance publique » dont j'ai déjà parlé : l'Etat prend toutes les mesures appropriées et nécessaires pour assurer la sécurité, la santé et le bien-être des citoyens. C'est un concept abstrait mais qui recouvre dans la pratique des situations concrètes. La réforme des structures administratives du pays (l'état national étant devenu fédéral) constitué de communautés et de régions a nécessité la création de réunions de groupes de travail, ce qui allonge la durée du temps pour parvenir à une décision : il faut prendre le temps de la concertation. L'érosion du pouvoir qui est constante et qui est combinée à l'éclatement des compétences génère inévitablement une dilution des responsabilités.

D'une façon générale, on constate qu'en Belgique, les divers niveaux de pouvoir sont exercés par des coalitions politiques où les personnes qui en font partie sont des « dominants » au sens du célèbre naturaliste anglais,

Charles Darwin²⁶. Il s'ensuit que bien souvent, ils ont tendance à se neutraliser. Face à ce constat, les fonctionnaires ont un réflexe de défense approprié à chaque situation.... Ils savent qu'«un décideur politique» n'aime pas devoir se justifier devant l'opinion et qu'il aime encore moins le faire devant ses militants et ses sympathisants... Dans ces circonstances, les fonctionnaires appliquent leur code de bonne conduite : ils œuvrent pour que leurs chefs politiques ne soient pas mis dans les situations désagréables que je viens d'évoquer. Les fonctionnaires savent aussi qu'une personnalité politique qui déclare avoir été mal comprise est une personne sur la « défensive ».

Quoiqu'il en fut, lors de procès intentés par des organismes ou des particuliers à l'Etat belge, la jurisprudence découlant des arrêts de la section administrative du Conseil d'Etat est constante : Les directeurs généraux des administrations engagent la responsabilité de l'Etat.

Les accidents nucléaires majeurs dont j'ai brièvement évoqué les principaux et qui ont eu des conséquences dommageables pour l'environnement ont chaque fois entraîné la prise de mesures plus contraignantes pour garantir la santé et la sécurité des installations nucléaires et pour la protection radiologique des travailleurs et des populations. Après chaque accident, le credo pour les centrales du parc nucléaire en Belgique était : la technologie des réacteurs PWR est sûre, la sécurité est intrinsèque à leur conception et à leur réalisation . La réactivité du réacteur diminue quand la température augmente, de plus ils bénéficient d'une double enceinte de confinement et il y a une révision décennale approfondie de toutes les installations, ce qui était et reste conforme à la réalité. En outre, il faut assurer la diversification des sources d'énergie.

Ce credo obsédant, répétitif, lancinant est au fond pour « le nucléaire » ce qu'est à la musique, le célèbre Boléro du compositeur Maurice Ravel.

X

X X

La connaissance est devenue une marchandise qui s'achète et qui se vend. Le commerce s'est introduit et s'est imposé dans la recherche. On est bien loin du don de Wilhem Röntgen et de ses rayons pour le profit de l'humanité !

²⁶ Charles Darwin, De l'origine des Espèces par voie de sélection naturelle, 1859

La mise en cause de la production d'électricité par les centrales nucléaires et son remplacement par les énergies douces (piles photovoltaïques, panneaux solaires, parcs d'éoliennes) ne doit pas occulter les progrès constants dans l'utilisation des radioisotopes en biologie et en médecine et la réalisation d'équipements intégrant les données les plus récentes sur les comportements des divers rayonnements et isotopes sur la matière et sur les cellules et les organes.

Il s'agit de machines complexes et coûteuses au fonctionnement assisté par des ordinateurs puissants et manipulés par des technologues hautement spécialisés. Les traitements médicaux y sont assurés par des équipes multidisciplinaires.

En conclusion

Notre association qui est toujours bien vivante, demeure une société savante multidisciplinaire, subsistant sur le plan financier uniquement de la cotisation de ses membres, donc sans aide des pouvoirs publics et sans sponsoring d'organismes privés.

Cette structure la rend indépendante des groupes de pression. Elle s'est intéressée dès sa fondation à l'information honnête et objective des citoyens. En vertu de ses statuts, ses membres sont d'office membres de l'IRPA²⁷ qui reste une référence internationale sérieuse dans le domaine de la protection radiologique.

En outre, notre association (BVS/ABR)²⁸ se manifeste à l'extérieur par l'édition de brochures : les Annales de l'Association belge de Radioprotection, la Newsletter et par son site internet ainsi que par des contacts réguliers avec des associations sœurs et par l'organisation de colloques.

L'impulsion, l'élan qui est à l'origine, à la base même de sa création sont poursuivis par les générations qui se sont succédées. Les membres actuels continuent l'œuvre initiée par leurs aînés. En d'autres mots, la relève est assurée sur la voie tracée par ceux-ci.

Bonne route à chacun et chacune d'entre vous.

Merci de votre présence et votre attention

Bruxelles, 8 avril 2013

²⁷ IRPA, International Radiation Protection Association

²⁸ BVS/ABR est le sigle adopté depuis la création de l'adresse e-mail et du site internet

Bibliographie sommaire

- [1] Prof. P. Hublet, Aspects médicaux de l'accident de Tchernobyl, Annales de l'Association belge de Radioprotection, vol. 13, n° 2, 1988, pp.65-114
- [2] Réacteur nucléaire naturel d'Oklo –Wikipedia –
http://fr.wikipedia.org/wiki/Reacteur_nucléaire_naturel_d'Oklo
- [3] Un demi-siècle de nucléaire en Belgique – Témoignages, Belgian Nuclear Society, coll. Mémoires d'Europe, Presses Interuniversitaires Européennes, Bruxelles
- [4] Cinquante ans de radioprotection. Rapport commémoratif du CRPPH – Protection Radiologique 2007. (CRPPH = Committee for Radiological Protection and Public Health)
- [5] L'aventure de l'Atome, sous la direction de P.-M. de La Gorce, éd .Flammarion, 1992
- [6] H.F. Boersma, Rond vijftig jaar NVS, Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, Vol. 35, nr 1, 2010, pp. 13-24
- [7] G.A.M. Webb, The History of IRPA – A special Tribute to Rupprecht Maushart, Strahlenschutz Praxis, 10.Jahrgang 2010.Heft 1/2010, pp.45-48
- [8] K.Z. Morgan, Health Physics, Vol. 74, n° 6, June 1998, pp. 639-644

EEN TERUGBLIK OP DE STRALINGSBESCHERMING IN BELGIË IN EEN INTERNATIONALE EN NATIONALE CONTEXT

Professor P. Hublet

Stichtend lid en voormalig voorzitter van de BVS/ABR, en stichtend lid
van IRPA

Ere-directeur generaal van het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid
Ere-Professor aan de Université Libre de Bruxelles

Samenvatting

De auteur is zowel getuige als persoonlijk betrokken geweest bij de gebeurtenissen die hij zich herinnert. Wat betreft de BVS waren zowel de industriële en financiële middens als de administratie volksgezondheid overtuigd van de noodzaak een multidisciplinaire vereniging op te richten, onafhankelijk van de drukingsgroepen, en dat alles in een context van angst voor kernenergie (cf. de atoombommen op Hiroshima en Nagasaki).

Markante feiten gerelateerd aan de ontluikende kennis over de materie worden aangehaald. De auteur onderstreept het feit dat Röntgen, ontdekker van de X-stralen, nooit een patentaanvraag heeft ingediend, omdat hij vond dat deze ontdekking aan de ganse mensheid toekwam. Hij wijst op het intrede van de industrie in het onderzoek en op het baanbrekende werk van pioniers aan beide zijden van de oceaan op het vlak van bescherming van mens en omgeving tegen ioniserende straling. Hij onderstreept de doorslaggevende rol van de Amerikanen bij de wederopbouw van Europa na de wereldoorlog 1939-1945.

Met betrekking tot IRPA legt hij de nadruk op de belangrijke rol van de eerste voorzitter Karl Morgan (1907-1999). Met zijn team van onderzoekers en ingenieurs stelde hij in Oak Ridge (Tennessee, VS), waar de eerste atoombommen werden gemaakt, werkprocedures op voor de bescherming van de bevolking en het leefmilieu. Hij heeft nadien een deel van zijn leven gewijd aan de vreedzame strijd voor de vernietiging van de arsenalen atoombommen van de twee rivaliserende machtsblokken tijdens de koude oorlog en ook daarna.

In elk geval waren de waarschuwingen tegen “de gevaren van het atoom” afkomstig van de gebruikers en zij waren ook de eersten die de stralingsbescherming invoerden. Het grootste deel van publieke opinie keurde het gebruik van de nieuwe energiebron goed, die zou zorgen voor voorspoed en geluk. De wetenschappers die aan de basis van deze ontdekking lagen werden de “moderne Prometheus” genoemd, naar een figuur uit de Griekse mythologie die de mensheid het vuur en het gebruik van de metalen heeft geschonken.

Op Europees vlak herinnert de auteur aan het verdrag van Rome (1957) dat een gemeenschappelijke markt creëerde en een gemeenschap voor atoomenergie “Euratom” die in 1959 de eerste basisnormen publiceerde voor alle gebruikers en de bevolking. De

belangrijkste ongevallen bij het vreedzaam gebruik van kernenergie komen aan bod alsook de verbeteringen aan de stralingsbescherming die daaruit volgden. Twee gevallen waar er problemen met de stralingsbescherming waren, worden beschreven.

8 april 2013 – 50 jaar BVS/ABR, opgericht op 9 april 1963

“Men kent een wetenschap niet ten gronde zolang men er de geschiedenis niet van kent”, Auguste Comte (Cursus Positieve Filosofie, 1830-1842).

Vijftig jaar reeds! Een halve eeuw, iets meer dan twee generaties voor de mens (als men per definitie een termijn van 20 jaar toekent aan een generatie).

De leden van het Bureau van de BVS hebben mij, in mijn hoedanigheid van stichtend lid en gewezen voorzitter van onze Vereniging, gevraagd het woord tot u te richten tijdens deze gelegenheidszitting. Ik voel mij vereerd met deze opdracht, die echter niet eenvoudig is.

Na enige overweging denk ik dat ik de aanwezigen bij deze bijeenkomst kan interesseren door de toenmalige socio-economische situatie te beschrijven op internationaal, Europees en Belgisch vlak, en door twee anecdotes geselecteerd uit vele andere op te roepen.

Dit is een zeer uitgebreid onderwerp. Ik moet dus keuzes maken in een zee van informatie en interessante gegevens. Dit maken van keuzes leidt tot enig ongemak, want elke keuze, ook al is ze oordeelkundig gemaakt, houdt een zekere dosis van willekeur in. Ik heb me gericht op een aantal trefpunten, maar er waren er vele andere...

De wetenschappelijke literatuur op dit vlak is overigens overvloedig. Zoals een aantal leden weten, ben ik zelf getuige geweest van de gebeurtenissen die ik zal oproepen, en bovendien ook vaak een actor door de diverse functies die ik vervuld heb tijdens mijn professionele loopbaan als functionaris en/of professor aan de universiteit.

De 13 stichtende leden van onze Vereniging kwamen uit de industrie, het nucleair onderzoek, het Commissariaat voor Atoomenergie, terwijl anderen ambtenaren of professoren aan een universiteit waren. Ze hadden zeer verschillende basisopleidingen: natuurkundigen, geneesheren, ingenieurs, scheikundigen, juristen. Wat hen bijeenbracht was de wil om een vereniging op te richten die multidisciplinair was, met een wetenschappelijke inslag en onafhankelijk van drukingsgroepen, waar – in een gemoedelijke sfeer – het mogelijk zou zijn ideeën met elkaar te confronteren, maar ook om op

de hoogte te blijven van onder andere technische onderwerpen of apparatuur die nodig was voor de stralingsbescherming.

Er was in die periode onder andere een grote honger naar het “weten”, en de te vervullen behoeften waren immens. Iedereen zette zich dus aan het werk met een groot enthousiasme en met de wil om te slagen.

Er is dus tussen ons een impuls, een elan ontstaan die niet is verzwakt in de loop der jaren.

Zoals men weet is de technologie van nucleaire wetenschappen en van de industriële toepassing van atoomwetenschappen reeds voor de oorlog 1939-1945 begonnen, en vooral erna versneld. Dit was vooral in de Angelsaksische landen, zodat het vakjargon vooral Engels is.

De relaties tussen universiteiten en de administratie waren zeer hecht en gebaseerd op wederzijds respect, en ze werden versterkt door de noodzaak om nieuwe opleidingen te creëren om aan de behoeften te kunnen voldoen die ontstonden door de ontwikkeling van vreedzame nucleaire toepassingen. Er bestond een ongeschreven regel waarbij men bij de oprichting van nieuwe centra of diensten het gespecialiseerd personeel van de bestaande installaties niet mocht wegplukken. In het bijzonder moest er op administratief vlak een aanzienlijke berg werk verzet worden, en dit gebeurde ook, om in de diverse ministeries de nodige reglementering op te stellen, en om de nucleaire installaties te laten werken (kerncentrales, onderzoeksinstellingen,...). Er werd “*ex nihilo*” een geheel van procedures uitgewerkt in samenwerking met de uitbaters, de leiding van centra enz.

Zo moesten we de bestaande kaderwetten aanpassen om de strafmaat te uniformiseren bij inbreuken om het werk van de magistratuur te vereenvoudigen.

Het elan waarover ik hiervoor gesproken heb, heeft zich bovendien verspreid onder de beschikbare functionarissen die ermee belast waren om de reglementering te doen toepassen. Deze hebben bovendien ondervonden dat het noodzakelijk was om dezelfde theoretische en praktische opleiding te krijgen als deze van de mensen die ze moesten controleren in de industrie of in ziekenhuizen, ook al was dit feitelijk niet verplicht. Inderdaad, in het administratief recht is iedereen die de juridische autoriteit bezit in het kader van een bepaalde regelgeving, door dit feit zelf bekwaam. Deze houding komt de bescherming van het milieu en de bevolking zeer ten goede: de Staat neemt de nodige en onmisbare maatregelen om de veiligheid en het

welzijn van zijn burgers te verzekeren. Er ontwikkelde zich een notie van universeel recht, dat bekend staat als “Openbare Macht”.

Op Europees vlak vond er in de jaren '60, dus 15 jaar na het einde van de tweede wereldoorlog, een belangrijke ontwikkeling plaats bij diverse diensten van Euratom¹ en het Nucleair Energie Agentschap² in het licht van de toepassingen van kernenergie (kerncentrales voor de productie van elektriciteit, productie van radio-isotopen voor gebruik in de geneeskunde, de industrie, de landbouw enz.).

In het bijzonder was er een zeer grote vooruitgang in de diagnose van bloedziekten en kanker, en in hun behandeling, dank zij het gebruik van deeltjesversnellers zoals cyclotrons, betatrons, enz. en de RIA³

Op geopolitiek vlak leefde men in de koude oorlog na het einde van de Koreaanse oorlog in 1950, waar bijna opnieuw gebruik gemaakt werd van de atoombom.

De grote mogendheden ontwikkelden hun militair nucleair arsenaal en de waterstofbom, eerst op punt gesteld door de VSA, en met een vernietigingskracht die meer dan 100 maal deze was van de bommen die op Hiroshima (8 augustus 1945 – uranium-235) en Nagasaki (9 augustus 1945 – metalisch plutonium) afgeworpen werden.

Er gebeurden atmosferische atoomproeven, en de radioactieve isotopen werden overal in West-Europa (zoals men toen zei) gemeten, zodanig dat de mensen continu op de risico's van straling attent gemaakt werden. Men controleerde de radioactiviteit in de lucht en in de melk (Sr-90 en Cs-137). Het is dus onder deze emotionele omstandigheden (men sprak van het evenwicht van de terreur, van een planetaire ramp in het geval van nucleair conflict) dat onze Vereniging in 1963 werd opgericht.

De Nederlandse vereniging, (NVS)⁴, werd reeds in 1960 opgericht, en is dus onze oudere zuster. Onze Nederlandse collega Boersma heeft er de geschiedenis van beschreven [6], waarin hij meer details gaf over de

¹ Euratom : European Atomic Energy Community

² Nucleair Energie Agentschap, Nuclear Energy Agency NEA, onderdeel van de OESO (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling, Engels: OECD, met hoofdzetel te Parijs)

³ RIA : Radio-immunological Assays

⁴ NVS : Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne

dosislimieten die in voege waren in Nederland sinds 1927 en zijn oordeel is dat het beter is om te spreken over stralingshygiëne dan over gezondheid, omdat hygiëne altijd impliciet inhoudt dat men zowel met preventieve als curatieve aspecten rekening houdt. Hij heeft ook het leven van een pionier van de normen in detail beschreven, de Amerikaanse ingenieur Elihu Thomson (1853-1937), één van de eerste gebruikers die verwees naar de gevaren van X-stralen. In dit domein zijn er andere pioniers geweest, vooral in het Verenigd Koninkrijk en Duitsland, maar de algemene teneur was er één van enthousiasme, zelfs een zekere euforie, en de ontdekkers waar ik verderop naar zal verwijzen werden elk beschouwd als een moderne Prometheus. Ter herinnering: in de Griekse mythologie was Prometheus een titaan, d.w.z. een halfgod, die de mensen het vuur en de kennis om metaal te vervaardigen geschonken had. In dit geval waren het de ontdekkingen dat materie kon omgezet worden in energie (en omgekeerd), die de mensheid een nieuwe energie konden bezorgen die onuitputtelijk genoemd werd. Zo droegen deze ontdekkingen bij tot het geluk van de mensheid.

Voor de oprichting van de IRPA⁵ was het jaar 1964 cruciaal. Drie stichtende leden van onze Vereniging namen deel aan de belangrijke bijeenkomst in Parijs: Professor Samuel Halter, een invloedrijke autoriteit die een groot internationaal prestige genoot, meer bepaald bij de WHO⁶, en die op dat ogenblik voorzitter was van onze Vereniging; dr. Alphonse Lafontaine, directeur van het Belgische Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, en ikzelf, medisch arbeidsinspecteur. Ook aanwezig was Professor Pierre Recht, die toen directeur-generaal was van de gezondheidsbescherming van Euratom. De aanwezigheid van drie Belgische geneesheren met een ambtenarenstatuut wordt verklaard doordat men gezondheid als een dynamische en positieve toestand beschouwde, en niet louter als een strijd tegen ziekten, zoals ook in de oprichtingsacte van de WHO geformuleerd werd: *“de gezondheid is een toestand van totaal welzijn, zowel fysiek, geestelijk als sociaal, en is niet enkel een afwezigheid van ziekte of gebrek... De gezondheid van alle volkeren is een fundamentele voorwaarde voor vrede in de wereld en voor de veiligheid; ze hangt af van de hechte samenwerking tussen individuen en Staten... De*

⁵ IRPA : International Radiation Protection Association

⁶ WHO : World Health Organisation, Wereldgezondheidsorganisatie

regeringen dragen de verantwoordelijkheid over de gezondheid van hun volkeren; ze kunnen deze enkel opnemen door de gepaste gezondheids- en sociale maatregelen te nemen". Deze maatregelen werden nog versterkt door de rol van de Staten in het grondwet van de WHO.

Tijdens de vele discussies en gesprekken die ik later gehad heb, heb ik vele overtuigde mannen en vrouwen ontmoet, die hun standpunten met energie maar zonder agressiviteit verdedigden, en die steeds het nodige wederzijdse respect vertoonden. Wanneer er een compromis werd bereikt, werd dit steeds voorafgegaan door de bezorgdheid om vooruitgang in de stralingsbescherming te boeken. Hierbij traden zeker ook culturele verschillen naar voren. Zo verkiezen de Angelsaksische actoren om algemene beschermingsnormen uit te werken, die voldoende soepel zijn om met alle praktische omstandigheden die men "op het terrein" kan ontmoeten om te gaan. De Grieks-Latijnse landen daarentegen verdedigen precieze, rigide regels.

Sta mij overigens toe erop te wijzen dat het opleggen van te gedetailleerde omschrijvingen van bv. meetapparatuur ook een niet gewenst (pervers) effect heeft nl. het stoppen van de vooruitgang. Aan weerszijden van de Atlantische Oceaan waren de bezorgdheden dezelfde: het milieu en de gezondheid van de mensen beschermen.

Tot slot ondertekende de IRPA zijn officiële oprichtingsacte in 1965, en groepeerde ze de 16 reeds bestaande verenigingen, waaronder de onze. Onze toenmalige voorzitter, Samuel Halter, staat op de groepsfoto van deze gebeurtenis.

De eerste voorzitter van de IRPA, Karl Morgan (1907-1999), heeft een aantal artikels gewijd aan de oprichting van de vereniging in het tijdschrift Health Physics, telkens met meer uitleg. Zijn laatste publicatie [8] is in feite een synthese van de vorige artikels, aangevuld met wat details. Ik onderlijn zijn dominante actie 'op het terrein' in de fabriek van Oak Ridge (VS) (waar ik later nog over zal spreken) om de gezondheid van de werknemers en de naburige bevolking, en het milieu te verzekeren. Hij en zijn ploeg hebben meettoestellen moeten ontwerpen en procedures voor interventies in noodsituaties moeten opstellen.

Hij heeft een groot deel van zijn leven gewijd aan de vreedzame actie om kernwapens te vernietigen, maar het NPT⁷ moest niet worden toegepast

⁷ NPT : Non-Proliferation Treaty

door de twee rivaliserende supermachten. Kleine anecdote: in zijn biografie beschouwt Karl Morgan zich als een “ruimtefysicus”. Hij heeft in het begin van zijn loopbaan de kosmische straling bestudeerd. Hij was dus een tijdsgenoot van Auguste Piccard, Paul Kipfer, Max Cosyns die in Brussel werkten en die metingen uitvoerden in ballonnen die ze oplieten in de stratosfeer (1931-1935) en waarvan de drukcabine werd uitgewerkt in de Faculté Polytechnique de l’ULB⁸. Hun studies kaderden in de onderzoeksprioriteiten van de fysici van weleer: ze wilden de hypothesen rond de vorming van het universum controleren, die tijdens de diverse Solvay Conferenties naar voor gebracht werden. De eerste Solvay Conferentie had hier plaats, in de prestigieuze lokalen van hotel Metropole in 1901.

Hier enkele referentiedata :

- **1895** Wilhem Röntgen (1845-1895), professor in de natuurkunde in Würzburg ontdekt de röntgenstraling of X-stralen tijdens zijn proeven met kathodestraling. Hij was titularis van de eerste Nobelprijs voor Fysica die door de Nobel Stichting werd uitgereikt in 1901. Röntgen heeft nooit een patentaanvraag ingediend omdat hij vond dat deze ontdekking de ganse mensheid toekwam. Op die wijze schonk hij ons een fabelachtige methode voor onderzoek van materialen en voor de geneeskunde. Het gebruik van X-stralen heeft toegelaten de kristallografie te ontwikkelen en om grote vooruitgang te boeken in de metaalkunde, de geneeskunde, enz.
- **1898** Door het werk van Röntgen ontdekten Pierre Curie en Marie Sklodowska Curie de natuurlijke radioactiviteit van uranium. Henri Becquerel bestudeerde de straling van uranium-238. Zij ontvingen gezamenlijk de Nobelprijs voor Natuurkunde in 1903 en ze isoleerden de eerste radio-elementen polonium en radium. Zeer snel realiseerden fysici, biologen en geneesheren het belang van deze ontdekkingen, en ze gingen vlug over tot toepassingen in hun respectievelijke domeinen. Hierbij een voorbeeld: het radium heeft toegelaten kankers te genezen die voordien ongeneeslijk waren, maar de noodzaak van stralingsbescherming was niet bekend in het eerste kwart van de 20^e eeuw, zodat dit niet enkel het

⁸ ULB : Université Libre de Bruxelles

tijdperk van de pioniers, maar ook van de martelaren werd. Het op punt stellen van de principes van stralingsbescherming situeert zich van 1920 tot 1935. Tijdens het internationaal congres van radiologie in 1925 werd de noodzaak naar voor gebracht om een systeem van beschermingsnormen op te stellen voor de radiologie en de radiografie. De eerste aanbevelingen in deze zin dateren van 1928.

Zoals men weet, zijn de normen regelmatig strenger geworden, onder meer om de genetische effecten voor individuen, hun nageslacht en stochastische effecten in rekening te brengen.

- **1919** Rutherford neemt voor het eerst de kunstmatige desintegratie van een stabiel element waar bij de beschieting van stikstof (onder de vorm N_2) met alfadeeltjes afkomstig van radium. Tijdens het volgend decennium, en in samenwerking met Chadwick, breidt hij zijn waarnemingen uit met een aantal andere lichte elementen. Op dat ogenblik werd de aandacht van experimentele fysici getrokken door de mogelijkheid om in het labo snelle ionen te maken die in staat zijn om atoomkernen te veranderen.
- **1931** Lawrence ontwerpt en realiseert in de Verenigde Staten, in Berkeley, het cyclotron (een deeltjesversneller die o.a. gebruikt werd voor de productie van ijzer-55, een radioactieve stof die gediend heeft om ijzer in de hemoglobine van de rode bloedcellen te markeren, wat een significante bijdrage was tot de vooruitgang in de hematologie).
- **1932** Chadwick (Sir James), ontdekt het foto-elektrisch effect door de desintegratie van deuterium met gammastralen te realiseren, en toont het bestaan van het neutron aan. Hij kreeg hiervoor de Nobelprijs in 1935.
- **1934** Frédéric Joliot en Irène Curie ontdekken de kunstmatige radioactiviteit die toegelaten heeft om radionucliden te maken voor talrijke toepassingen in de industrie, de geneeskunde en de landbouw.
- **1938** Aan de universiteit van Göttingen realiseren Otto Hahn (1879-1968) en Lise Meitner (1878-1968) de eerste splijting van Uranium-235. Deze ontdekking werd nog gepubliceerd voor de Tweede Wereldoorlog, waardoor een wedloop tegen de tijd werd

ingezet om een atoombom te ontwikkelen. Ze kregen de Nobelprijs voor de Scheikunde in 1944. Deze prijs werd hun pas na het einde van de oorlog uitgereikt door de Nobel Stichting in Stockholm.

- **1939** Frisch, korte tijd later gevolgd door F. Joliot, bewijst experimenteel de splijting van uranium-235, en een weinig later tonen Joliot, Halban en Kowarsky aan dat hierbij verscheidene neutronen ontstaan, waardoor de mogelijkheid van een ‘kettingreactie’ ontstaat. Deze kettingreactie werd bevestigd door Fermi en Szilard. In augustus 1939 schrijft Albert Einstein een brief naar president Roosevelt om zijn aandacht te vestigen op de mogelijke militaire toepassingen van atoomenergie. In oktober 1939 wordt er in Amerika een comité betreffende uranium opgericht. De diverse overheden leggen geheimhouding op rond al wat nucleair onderzoek betreft.
- **1941** Seaborg van de Universiteit van Berkeley (VS) en zijn ploeg ontdekken een metaal met atoomnummer 94 in de tabel van Mendeljev (plutonium) door gebruik van een cyclotron van het type dat Lawrence op punt had gesteld.
Het plutonium is een alfastraler met een halveringstijd van 24.400 jaar. Het is een splijtbaar materiaal dat gebruikt is geweest voor de atoombom die Nagasaki verwoest heeft op 9 augustus 1945.
- **1942** Fermi en zijn ploeg realiseren in de bijgebouwen van een stadion in Chicago (VS) de eerste ‘pile’, die kritisch werd op 2 december, het echte begin van het nucleair tijdperk. Vanaf het einde van 1942 werden in Oak Ridge in Tennessee (VS), de installaties voor de isotopische scheiding van uranium, een “experimentele pile” met grafiet voor de productie van plutonium en een pilootfabriek voor de extractie van plutonium uit bestraalde splijtstof opgericht. In Hanford, in de staat Washington (VS), werden grote opstellingen gemaakt voor de productie van plutonium en in Los Alamos in New Mexico (VS) begon een ploeg van de meest eminente geleerden aan de studie en de productie van de eerste atombommen.

Het past hier om een woord van dank en van herinnering aan onze vrienden en geallieerden de Amerikanen, toe te voegen. Dit is vooral gericht aan

generaal Eisenhower⁹ die, als hoofd van de geallieerde troepen, de troepen aanvoerde die de landen die gebukt gingen onder de bezetting door Mussolini en Hitler bevrijdden, en aan president Truman¹⁰ die als staatssecretaris George C. Marshall¹¹, militair van hoge rang, aanstelde, dezelfde Marshall die op 5 juni 1947 aan de universiteit van Harvard een plan voorstelde voor de wederopbouw van Europa. Dit genereuze plan werd geweigerd door Stalin. Dit is de basis van de oprichting van de OESO¹² en van zijn onderdeel het NEA¹³. In het bijzonder werden er hulpplannen uitgewerkt ten gunste van de Europese landen. George C. Marshall kreeg de Nobelprijs voor de Vrede in 1953.

De ter beschikking stelling van het uranium uit Belgisch Congo aan de Verenigde Staten in 1939 plaatste België in een bevoorrechte positie voor de vreedzame ontwikkeling van kernenergie. België ontving van de Amerikaanse autoriteiten vertrouwelijke inlichtingen die nuttig en noodzakelijk waren voor zijn burgerlijk kernprogramma. Dit leidde in 1947 tot de oprichting door de Belgische regering van het Interuniversitair Instituut voor Kernwetenschappen voor de coördinatie van het fundamenteel kernonderzoek.

Dit onderzoek werd georiënteerd in de richting van de nucleaire energieproductie. Daarom werd in 1950 het Commissariaat voor Atoomenergie opgericht in de schoot van het ministerie van Buitenlandse Zaken, en dit commissariaat werd voorzien van uitgebreide bevoegdheden zoals de coördinatie van alle nucleaire activiteiten of de onderhandelingen met buitenlandse organismen die actief waren in de kernenergie. Hoofd werd de heer Pierre Ryckmans, ere-gouverneur van Belgisch Congo.

Deze eminente persoonlijkheid genoot het vertrouwen van de industriële en financiële middens. Hij werd in 1959 opgevolgd door Professor Jacques Errera tot 1969. Dhr. Errera was een lesgever en tevens onderzoeker die bijzonder goede relaties had in industriële.

⁹ Eisenhower, Dwight (1890-1969), 34e president van de VSA van 1953 tot 1961

¹⁰ Truman, Harry (1884-1972) – 33e president van de VSA van 1945 tot 1953, die het bevel gaf tot de inzet van beide atoombommen op Japan

¹¹ George Marshall (1880-1959)

¹² OESO: Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling

¹³ NEA : Nuclear Energy Agency

In 1971 werden de activiteiten van het Commissariaat voor Atoomenergie stilgezet en werden zijn opdrachten toevertrouwd aan het Ministerie van Economische Zaken¹⁴; er werd een algemene directie Energie opgericht die over zeer goed gekwalificeerd personeel (o.a. ingenieurs) beschikte. Bij het Ministerie van Buitenlandse Zaken werd de wetenschappelijke dienst geleid door een directrice, (Mej. Simone Herpels), die afhing van de algemene directie Politiek. Deze dienst werd verheven tot een administratie, en zijn directeur werd ‘directeur administratie’¹⁵. Nochtans bleef er een dubbelzinnigheid in de bevoegdheidsverdelingen bestaan vanuit juridisch en administratief standpunt, die zelfs door de oprichting van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) nog niet helemaal werd weggewerkt.

Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle werd opgericht door de wet van 15 april 1994 en werd operationeel in september 2001. Het Agentschap geniet een grote autonomie en heeft rechtspersoonlijkheid. Ze heeft diverse opdrachten in het domein van het toezicht op de veiligheid en de beveiliging van de nucleaire installaties, en heeft politionele bevoegdheid erover. De bescherming van de bevolking, de werknemers en het milieu, met inbegrip van het beheer van het radioactief afval blijft federaal (bijzondere wet van 8 augustus 1980). Ik onderlijn dat het parlement gekoppeld is aan de werkzaamheden van het FANC en als dusdanig beschikt over een ”recht van toezicht op zijn activiteiten”. Deze maatregel vermijdt de intense lobbying van de industriële middens in het domein van de kernenergie en de uitbaters van centrales. De functionarissen en agenten die behoorden tot diverse ministeries met bevoegdheden in het nucleaire domein worden er naar overgeheveld.

Laten we even terugkeren naar de jaren 1950 en naar Pierre Ryckmans als Commisaris voor Atoomenergie.

Onder zijn impuls creëerden de Belgische autoriteiten in 1952 het Studiecentrum voor de Toepassingen van Kernenergie (STK), vereniging zonder winstoogmerk, die in 1956 omgevormd werd in een stichting van

¹⁴ KB van 25 maart 1971, Belgisch Staatsblad van 7 mei 1971

¹⁵ In de administratieve hiërarchie behoort deze graad tot de categorie van algemene ambtenaren

openbaar nut: het Studiecentrum voor Kernenergie, Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, SCK•CEN.

Dit Centrum werd opgericht in Mol, en voorzien van een aantal belangrijke installaties :

- Een reactor van het gas-grafiet type (BR1);
- Een hoge fluxreactor (BR 2) bestemd voor onderzoek naar het gedrag van constructiematerialen bij bestraling door diverse stralingsbronnen;
- Een aantal laboratoria voor onderzoek naar transuraan – elementen waaronder plutonium; een laboratorium voor nucleaire metrologie om meetapparatuur op punt te stellen; laboratoria voor biologie;
- En tenslotte: de BR3-reactor voor elektriciteitsproductie. Het gekozen reactortype was de PWR¹⁶ van de firma Westinghouse, een reactor van het drukwatertype voorzien van een dubbel reactorgebouw en intrinsiek veilig omdat de reactiviteit van de kern afneemt bij stijging van de temperatuur in het reactorvat.
- De indienstname van de reactoren BR1 en BR2 in het ‘Atoomcentrum’ SCK•CEN te Mol liet ook toe radio-isotopen met een zeer hoge specifieke activiteit te produceren, onder andere Co-60 en Ir-192. De snelle en aanzienlijke ontwikkeling van de wereldmarkt in radio-isotopen rechtvaardigde de oprichting van een onafhankelijk centrum. Zo werd het Nationaal Instituut voor Radio-Elementen (IRE)¹⁷ opgericht in Fleurus op een site van 45 hectaren. Zijn statuten verschenen in het Belgisch Staatsblad van 16 december 1971, en het laboratorumpersoneel van de radio-isotopenafdeling van het centrum te Mol werd geleidelijk overgedragen naar Fleurus. Uitgerust met bestralingsmachines en een cyclotron ontwikkelde het IRE onder andere biomedische analysekits voor *in vitro* diagnose, een aanzienlijke vooruitgang voor de kennis en de behandeling van auto-immuunziekten¹⁸.

Door het Verdrag van Rome werden op Europees vlak een gemeenschappelijke markt en een gemeenschap voor atoomenergie, Euratom, opgericht (1957). In 1959 werden de eerste “basisnormen” verspreid door Euratom.

¹⁶ PWR : Pressurized Water Reactor

¹⁷ IRE : Institut national des Radioéléments – Nationaal Instituut voor Radio-Elementen

¹⁸ de zogenaamde RIA : zie voetnoot 3

Voor wat elektriciteitsproductie betreft was de intentie van de Belgische autoriteiten een “nucleair park” te ontwikkelen, eerder dan een aantal reactoren “sleutel op de deur” aan te kopen. Men bekeek dus de volledige splijtstofcyclus, d.w.z. vanaf de extractie van uranium over de productie van splijtstofelementen tot en met de heropwerking van deze splijtstof en de verwerking van afval.

Er werd een splijtstofheropwerkingsfabriek opgericht in Dessel, provincie Antwerpen (B), met de naam “Eurochemic”. Deze fabriek was operationeel van 1966 tot 1976¹⁹.

Hieronder volgen een aantal markante data betreffende het nucleaire

1957 – 29 september : ongeval van Mayak (voormalige Sovjet-Unie) (ook gekend onder naam “catastrofe van Kychtym”) in een heropwerkingsfabriek van nucleaire splijtstof ; een storing in het koelsysteem met de vaten met radioactief afval veroorzaakt een chemische explosie, die leidt tot de verspreiding van ongeveer 2 miljoen Curie radioactieve producten in de omgeving.

1957 – 2 oktober : ongeval van Windscale (VK). In een reactor van het type gas-grafiet voor militaire toepassingen: brand in het grafiet en lozing van fissieproducten waaronder I-131 in de omgeving. De studies van het effect op de omgeving (dieren, planten) en op de voedselketen blijven een voorbeeld tot op heden.

1963 – 5 augustus : Verdrag van Moskou tussen de USSR en de VSA om de atmosferische atoombomproeven stop te zetten.

1965 – 8 april : akkoord over de samensmelting van de executieven van de drie Europese gemeenschappen²⁰ (verdrag getekend te Brussel door de zes stichtende leden van de Europese Economische Gemeenschap²¹). Verdrag treedt in werking op 1 juli 1967.

1972 : ontdekking in de verrijkingsfabriek van uranium in Pierrelatte (Frankrijk) van het fenomeen “Oklo”.

¹⁹ Deze fabriek is ondertussen in ontmanteling

²⁰ EEG : Europese Economische Gemeenschap, EGKS : Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal, Euratom

²¹ België, Nederland, Luxemburg, Frankrijk, Italië, West-Duitsland

Oklo is een gemeente in Gabon, nabij Franceville. De Franse fysicus Francis Perrin en zijn team hebben aangetoond dat er in Oklo gedurende verschillende honderduizenden jaren op een spontane manier (d.w.z. zonder menselijke tussenkomst) een natuurlijke kernreactor operationeel geweest is. Men heeft er sporen van fissieproducten van uranium-235 gevonden.

Te Oklo, waar het fenomeen ontdekt werd, werd de uraniummijn uitgebaat vanaf 1956 en gedurende 40 jaar [2]. Deze ontdekking werd – volgens mij terecht – voorgesteld als een bijzondere bijdrage van de Franse wetenschap.

We waren vervolgens getuige van een grote dynamiek onder Haroun Tazieff en medewerkers. Haroun Tazieff, gediplomeerd geoloog van de Universiteit van Luik, beroemd vulcanoloog, met name door zijn films rond vulkaanuitbarstingen, oefende van 1984 tot 1986 de functie uit van staatssecretaris bevoegd voor de preventie van risico's van technologische en natuurlijke oorsprong in de regering van Laurent Fabius ; zij verzamelden alle mogelijke inlichtingen over nucleaire incidenten en ongevallen en van natuurrampen overal ter wereld.

1979 – 28 maart : ongeval van Three Mile Island, Harrisburg, Pennsylvania, VSA. Het falen van het koelsysteem leidt tot het gedeeltelijk smelten van de kern van een reactor van het PWR-type. Dit heeft geleid tot een lozing van ongeveer 50.000 Ci Krypton 85.

Dat heeft er toe geleid dat in alle landen waar nucleaire installaties op grote schaal werden uitgebaat zoals bv. kerncentrales noodplannen werden uitgewerkt voor evacuatie van de bevolking bij ernstige ongevallen.

De jaren 1980 kenden vele gebeurtenissen.

In het domein van de stralingsbescherming overheersten de bezorgdheid over de gevolgen van de transuraan-elementen waaronder plutonium op het leefmilieu en de gezondheid, en bijgevolg vergrootte de interesse om deze af te voeren via gebruik in snelle kweekreactoren (“breeder reactors” zoals ze toen genoemd werden). De industriële oplossingen bestonden (en bestaan nog steeds). Het betreft splijtstofelementen die een mengsel van oxiden van plutonium en uranium bevatten (MOX splijtstoffen).

Van bij het ontwerp van de Belgische centrales werd er voorzien de verbruikte splijtstoffen herop te werken, na vervalstockage in bassins op de site.

De oprichting van NIRAS²² in 1980, operationeel geworden in 1982, was een cruciale etappe voor het beheer van radioactief afval. NIRAS bezat ook een industriële dochtermaatschappij, “Belgoproces”²³.

Na hun stockage gedurende een aantal jaren om de radioactiviteit te laten vervallen was er voorzien om de splijtstoffen te laten heropwerken (bijvoorbeeld in de fabriek van La Hague in Frankrijk), maar *“in december 1993 heeft de kamer van Volksvertegenwoordigers een resolutie aangenomen die een moratorium op de heropwerking van verbruikte splijtstoffen inhield; dit leidde tot de onmogelijkheid om de afvoer van de verbruikte splijstof uit de centrales verder te zetten. Achttien jaar later is dit moratorium nog steeds van toepassing, ook al was het oorspronkelijk maar ingesteld voor een periode van vijf jaar.”* Dit citaat is de vertaling van een tekstuele herneming in het Frans van het antwoord op een parlementaire vraag zoals gepubliceerd werd in onze Newsletter n° 134 van het 1^{er} trimester 2012. Ik vermeld dit hier omdat het zeer goed de Belgische volkswijsheid illustreert: “alleen het tijdelijke blijft bestaan” !

1986 – 26 april : kernramp te Tsjernobyl (Oekraïne) :

In eenheid 4 van de nucleaire site te Tsjernobyl is er een ontploffing opgetreden; deze reactor was van het RBMK²⁴ - type (een reactor met kokend water en gemedereerd door grafiet) in een park met 4 dergelijke reactoren en 2 in aanbouw (elektrisch vermogen ongeveer 1000 MW) en bevatte een splijstof met licht verrijkt uranium.

Een plotse en ongecontroleerde verhoging van de reactiviteit in het reactorvat, een “vermogenexcursie”, bracht een verhoging van de temperatuur met zich mee, een ontploffing, het ontbranden van het grafiet, het smelten van de kern, een breuk in het betonnen containment en de vrijzetting in de omgeving van grote hoeveelheden splijtingsproducten.

Overall ter wereld was men enorm geschokt, en dit verplichtte de overheden van de verschillende landen om “het onvoorziene” in rekening te brengen ter bescherming van de bevolking en de werknemers [1].

²² NIRAS-ONDRAF : Nationale Instelling voor de Radioactieve AfvalStoffen en verbruikte Splijtstoffen - Organisme National de Déchets RadioActifs et des matières Fissiles

²³ Stilgelegd en grotendeels ontmanteld

²⁴ RBMK : Reaktor Bolchoi Mochtchnosti Kanalni

Naast de noodplannen voor de evacuatie van de bevolking bij kernrampen, onderwierp men ook de centrales aan veiligheidstests. In België werden twee gespecialiseerde diensten opgericht, een bij het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid, en de andere bij het Ministerie van Volksgezondheid, elk met een inspecteur-generaal aan het hoofd.

In de jaren 1990 werd een nieuw concept ingevoerd in de stralingsbescherming : het “Stakeholder Involvement” (raadplegen van de betrokken partijen), wat aanleiding gaf tot vertwijfeling en irritatie. Deze praktijk bestaat er in de bekommernissen van de bevolking in rekening te brengen, om de redenen voor technische keuzes in het nucleaire toe te lichten; dit wordt beschouwd als een vorm van directe democratie. Was het inderdaad echt nodig dat de Stralingsbescherming zich bezig hield met de zaken die belangrijk waren in de sociologie of de politiek? Onze Zwitserse collega’s hielpen ons om in te stemmen met dit principe: zij zagen er een concrete toepassing in van de rechtstreekse democratie die ze ook toepassen in hun stelsysteem, maar ze zetten ook “bakens” uit: men moet luisteren naar en respect hebben voor de angsten van de deelnemers aan de discussies, en zich ervan vergewissen dat de stemming van de burgers wel degelijk gaat over de gestelde vraag, en niet een stemming ter afstraffing van politieke aard; het is dus vooral een kwestie van vertrouwen tussen de betrokken partijen. Deze praktijk van directe democratie, ook al vertraagt ze misschien soms de beslissing van de betrokken overheden, heeft de verdienste – zeggen onze Zwitserse collega’s – om de burgers rechtstreeks bij deze besluitvorming te betrekken. Bovendien introduceert ze in de stralingsbescherming een zeker gevoel van nederigheid, terwijl er tot dan een zekere arrogantie en blindelings vertrouwen in de meettechnieken heersten. Nederigheid is een houding die aangewezen is in onderzoek, nazicht en controle. Ik stel vast dat men naast de onderzoekers en geleerden (man of vrouw) een nieuwe categorie van mensen gecreëerd heeft: technologen.

2011 – 11 maart : Fukushima-Daiichi :

Een aardbeving met 8,9 à 9 op de logaritmische schaal van Richter heeft de noordoost zijde van het eiland Honshu getroffen, het grootste en dichtst bevolkte eiland van Japan. De brutale verplaatsing van de zeebodem op 120 km van de kust heeft over een afstand van 500 km een vloedgolf van 14 meter hoogte (een tsunami) opgewekt, die alles op zijn weg vernietigd

heeft. Deze catastrofe heeft in bewoond gebied meer dan 22.000 doden en vermisten tot gevolg gehad. Bovendien, door de aanwezigheid van een nucleair park met verschillende reactoren (van het type BWR²⁵) op de site, heeft deze tsunami geleid tot een nucleair ongeval omdat de golf van de tsunami de installaties en de veiligheidsvoorzieningen onder water heeft gezet. In verschillende reactoren zijn waterstofexplosies ontstaan door de reactie van water met de zeer hete bekleding van de splijtstof, en is er een probleem geweest van degradatie van splijtstof in desactivatiebassins.

Natuurlijk zijn er ook stroomonderbrekingen geweest in de volledige omgeving, en later werden zo'n 200.000 mensen geëvacueerd, deels door de overstromingen na de tsunami, en deels door de vrees voor de radioactieve besmetting van lucht en bodem.

De emotionele schok in heel de wereld veroorzaakt door de aardbeving was en blijft aanzienlijk. De klemtoon is evenwel vooral gelegd geweest op het nucleaire ongeval dat volgde uit deze aardbeving. Dit is een gevolg van de angst voor het “nucleaire” omwille van zijn geschiedenis waarvan ik enkele etapes vermeld heb.

Sindsdien stelt men in Japan een vertrouwensbreuk vast tussen de bevolking en zijn politieke en economische elite en met de overheden belast met het verzekeren van de veiligheid en de gezondheid. Inderdaad zijn er corruptiegevallen aangetoond tussen de controle-instanties en vertegenwoordigers van de centrale, en dit op hoog niveau. Zo zijn er ook vervalsingen van verslagen aangetoond.

In België en in de Europese Unie wekt de beslissing om “stress tests” van de kerncentrales te organiseren zowel afkeer als scepticisme op.

Fukushima-Daiichi heeft aangetoond dat het onwaarschijnlijke mogelijk is (de reactoren waren beveiligd tegen een golf van ongeveer 7 m hoogte).

De “kernuitstap” maakt momenteel, zoals men weet, deel uit van het “openbaar debat”. Dit debat wordt gevoed door overwegingen rond veiligheid van elektriciteitsbevoorrading en in verband met de veiligheid van de installaties: het nulrisico bestaat niet.

X

X X

²⁵ BWR : Boiling Water Reactor, kokend water reactor

Nu volgen, zoals in de inleiding van mijn voordracht aangekondigd, 2 anecdotes.

- In de jaren 1970, die gekenmerkt werden zoals ik hiervoor vermeld heb, door een klimaat van Koude Oorlog, was er in het Belgische leger een gespecialiseerde sectie zoals in de andere NAVO landen (Noord-Atlantische Verdragsorganisatie) gespecialiseerd in ABC oorlogsvoering (A : Atomair, B: Biologisch, C: Chemisch).

Een sergeant die op pensioen was gegaan had zijn Geiger-Muller teller bijgehouden, en hij had de gewoonte deze te doen werken tijdens zijn wandelingen in het bos in de streek rond Verviers, en op zekere dag begon deze gammastralingsmonitor als gek te kraken. Hij verwittigde de autoriteiten. Eerst werd hij niet geloofd, maar bij controles begon zijn detector op dezelfde plaats steeds te reageren. Een universitair labo dat gerenommeerd was in de radiochemie werd erbij gehaald en ter plaatse gestuurd om het fenomeen toe te lichten, maar deze dienst vond niets abnormaals in de waterstalen die men genomen had, noch in hun analyses. De zaak begon ruchtbaarheid te krijgen en een aantal milieubewegingen en andere organisaties voor milieubehoud begonnen zich te verzamelen. De opschudding in de media leidde tot een feuilleton met diverse afleveringen, waarvan de epiloog de volgende was: tijdens zijn ondergronds traject liep de beek (de Plétrou) over uraniumhoudend gesteente, dat dus ook radium bevatte, en dus ook radon. Dit edelgas is de eerste dochterkern in het verval van radium. Men had dus de radon moeten “opsluiten”, wat niet gebeurde; en gezien de radon ontsnapt was, was ook de radioactiviteit verdwenen. Op deze wijze haalde een gepensioneerd sergeant dus gelijk tegenover een ploeg van wetenschappers van hoog niveau, maar praktische problemen oplossen in een sfeer van eigendunk en overgevoeligheid is niet altijd eenvoudig...

- De tweede anecdote is minder plezant :

In verschillende universiteiten of technische hogescholen werden studenten gevraagd om X-stralen diffractieapparatuur te gebruiken voor hun thesis of afstudeerwerk zonder opleiding of duidelijke informatie op voorhand. Dit leidde tot stralingsgeïnduceerde huidletsels, vooral aan de vingers. De wetgeving die van toepassing was, liet hen toe beroep te doen op het fonds voor beroepsziekten om compensatie voor de geleden

schade te bekomen, en hun kosten voor behandeling terugbetaald te krijgen. Onaanvaardbare druk werd uitgeoefend door de lesgevers om de slachtoffers te overtuigen af te zien van hun rechten, overwegende dat de opgelopen letsels te wijten waren aan een verkeerde werkwijze van hun kant die ertoe kon leiden hun eindwerk of thesis te weigeren. Mijn diensten zijn hier zeer krachtadig moeten tussenkomen om een einde te stellen aan deze onaanvaardbare praktijken.

x
x x

In onze Westerse democratische landen, en dus ook in de Europese Unie, beleeft men momenteel een erosie van het gezag. Welnu, in alle landen van de wereld, welke ook hun politieke organisatie zij, bestaat de notie van recht die “Openbare Macht” genoemd wordt en waar ik reeds over gesproken heb: de staat neemt alle gepaste en nodige maatregelen om de veiligheid, de gezondheid en het welzijn van zijn burgers te verzekeren. Dit is een abstract concept dat in de praktijk toch veel concrete situaties betreft. De hervorming van de administratieve structuren van ons land (de nationale staat die federaal geworden is), leidend tot gemeenschappen en gewesten heeft geleid tot de oprichting van werkgroepen, wat de doorlooptijd om tot een beslissing te komen verlengt: men moet onderling overleggen om tot een beslissing te komen. Deze erosie van de macht is constant, en gecombineerd met een instorting van de bevoegdheden leidt deze onherroepelijk tot een verdunning van de verantwoordelijkheid.

In het algemeen stelt men vast dat in België de verschillende machtsniveaus door politieke coalities worden uitgeoefend, en waar de mensen die er deel van uit maken “dominant” zijn in de zin van de beroemde Engelse naturalist Charles Darwin²⁶. Hieruit volgt heel vaak dat deze personen neiging hebben elkaar te neutraliseren. Tegenover deze situatie hebben ambtenaren een verdedigingsreflex die aangepast is aan elke situatie... Ze weten dat een “politieke beslissingnemer” er niet van houdt zich te moeten verantwoorden voor zijn mening en dat hij nog minder ervan houdt dit te moeten doen voor zijn militanten en zijn achterban... Onder deze omstandigheden hanteren de ambtenaren hun code voor goed gedrag: ze

²⁶ Charles Darwin, *De l'origine des Espèces par voie de sélection naturelle*, 1859

zorgen ervoor dat hun politieke oversten niet in deze onaangename situaties, die ik hiervoor aangehaald heb, terechtkomen. De ambtenaren weten ook dat een politieke persoonlijkheid die verklaart slecht begrepen te zijn een persoon is die in het defensief gedrongen is.

Wat er ook van zij, tijdens rechtszaken die ingeleid worden door organismen of particulieren bij de Belgische Raad van State, is de jurisprudentie van de administratieve sectie van de Raad van State constant: directeur-generaals van de administraties leggen de verantwoordelijkheid bij de Staat.

De grootste kernongevallen, waar ik de voornaamste van heb aangehaald en die schadelijke gevolgen hebben gehad voor de omgeving, hebben telkens geleid tot strengere maatregelen om het behoud en de veiligheid van de kerninstallaties te waarborgen en tevens de radiologische bescherming van de werknemers en bevolking te verzekeren.

Na elk ongeval was het credo voor de centrales van het Belgische park: de technologie van de PWR reactoren is veilig, de veiligheid is intrinsiek aan hun concept en uitvoering. De reactiviteit van de reactor neemt af wanneer de temperatuur stijgt, daarenboven beschikken ze over een dubbel reactorgebouw, en is er een grondige tienjaarlijkse herziening van alle installaties, wat overeenstemde en nog overeenstemt met de werkelijkheid. Ook moet men de diversificatie van de energievoorziening waarborgen.

Dit obsessieve, repetitieve, kwellende credo is in de grond voor “het nucleaire” wat de beroemde Bolero van Maurice Ravel is voor de muziek.

x

x x

De kennis is een koopwaar geworden die men koopt en verkoopt.

Het zaken doen is ingevoerd en heeft zich opgedrongen aan het onderzoek. Men is ver van de gift van Wilhelm Röntgen en zijn straling voor het welzijn van de mensheid!

Het in vraag stellen van de elektriciteitsproductie door kerncentrales en hun vervanging door groene energie (zonnepanelen, windmolenparken,...) moet de constante vooruitgang in het gebruik van radio-isotopen in de biologie en de geneeskunde, of de ontwikkeling van uitrusting die de meest recente gegevens over de invloed van de straling en de isotopen op de materie en de cellen en de organen integreert niet verhullen.

Het betreft ingewikkelde en dure apparatuur, steunend op krachtige computers en bediend door hoog gespecialiseerde technologen. De medische behandelingen ermee worden uitgevoerd door multidisciplinaire ploegen.

Tot besluit

Onze Vereniging die nog altijd zeer levendig is, blijft een vereniging van multidisciplinaire wetenschappers, die op financieel vlak enkel steunt op de bijdragen van zijn leden, dus zonder de steun van de publieke overheid en zonder sponsoring van privé-organisaties.

Deze structuur maakt haar onafhankelijk van drukingsgroepen. Ze heeft zich sinds haar stichting georiënteerd naar eerlijke en objectieve informatieverstrekking naar de burgers.

Conform haar statuten, zijn haar leden automatisch lid van IRPA ²⁷, wat een serieuze internationale referentie is in het domein van de stralingsbescherming.

Bovendien treedt onze Vereniging (BVS/ABR) ²⁸ naar buiten via het uitgeven van tijdschriften: de Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, de Newsletter, haar website en door regelmatige contacten met zusterorganisaties en de organisatie van colloquia.

De impuls, het elan dat aan haar basis ligt, zelfs aan de basis van haar oprichting, wordt verder gezet door de verschillende generaties die elkaar hebben opgevolgd. De huidige leden zetten dit werk verder dat door hun voorgangers is opgestart. Met andere woorden, de continuïteit is verzekerd op de ingeslagen weg.

Goede reis aan elkeen onder u.

Dank u voor uw aanwezigheid en aandacht.

Brussel, 8 april 2013

²⁷ IRPA : International Radiation Protection Association

²⁸ BVS/ABR is het acroniem dat gangbaar is sinds de creatie van de website en het emailadres

Bibliografie

- [1] P. Hublet, “*Aspects Médicaux de l’Accident de Tchernobyl*”, Annales de l’Association belge de Radioprotection 13(2), 65-114 (1988)
- [2] Réacteur nucléaire naturel d’Oklo – Wikipedia – http://fr.wikipedia.org/wiki/Reacteur_nucléaire_naturel_d’Oklo
- [3] P. Govaerts, “*Un demi-siècle de nucléaire en Belgique : Témoignages*” (Presses Interuniversitaires Européennes, Bruxelles, Belgique 1994)
- [4] H. Metivier, “Cinquante ans de radioprotection”. Rapport commémoratif du CRPPH – Protection Radiologique (2007)
- [5] “*L’Aventure de l’Atome, sous la Direction de P.-M. de la Gorce,*” (Éd .Flammarion 1992)
- [6] H.F. Boersma, “*Rond Vijftig Jaar NVS*”, Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming 35(1), 13-24 (2010)
- [7] G.A.M. Webb, “*The History of IRPA – A Special Tribute to Rupprecht Maushart*”, Strahlenschutz Praxis 10(1), 45-48 (2010)
- [8] K.Z. Morgan “*History of the Health Physics Society*”, Health Physics 74(6), 639-643 (1998)

A LOOK BACK AT THE RADIATION PROTECTION IN BELGIUM IN AN INTERNATIONAL AND NATIONAL CONTEXT

Paul Hublet

Co-founder of IRPA and BVS/ABR

Past President of BVS/ABR, Honorary General Manager in
the Ministry for Employment and Labour, Honorary Professor
at Université Libre de Bruxelles

Abstract

The author was both witness and personally involved in the events he describes. With respect to BVS/ABR, both the industrial and financial circles as the public health administration were convinced of the need for a multidisciplinary association, independent of the pressure groups and that in a context of fear of nuclear energy (cf. the atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki).

Key events related to the emerging knowledge about the nature of matter are cited. The author underlines the fact that Röntgen, who discovered the X-rays, never submitted a patent application, because he felt that his discovery belonged to all mankind.

He noticed industry engaging in research and points to the pioneering work of precursors on both sides of the ocean in the protection of man and environment against ionizing radiation. He stresses the decisive role of the Americans in the reconstruction of Europe after the World War 1939-1945.

In relation to IRPA, he emphasizes the important role of the first President Karl Morgan (1907-1999). With his team of researchers and engineers, he established in Oak Ridge (Tennessee, US), where the first atomic bombs were made, the procedures for protecting the population and the environment. Later on he dedicated part of his life to the peaceful struggle to abolish the nuclear arsenals of the two rival powers during the cold war.

In any case, the warnings against “the dangers of the atom” came from its users and they were also the first to introduce radiation protection. The vast majority of public opinion approved the use of the new energy source that would bring prosperity and happiness. The scientists that were at the base of this discovery were called the “modern Prometheus”, after a figure from Greek mythology known to bring fire and metal to mankind.

At the European level, the author reminds to the Treaty of Rome (1957) that created a common market and an atomic energy community “Euratom” that published the first basic safety standards in 1959.

The world's most important accidents in the peaceful uses of nuclear energy are discussed as well as the lessons learned on radiation protection from these accidents.

Two cases where there were problems with the radiation protection are described.

EVOLUTION OF LEGISLATION IN THE NEAR FUTURE

Augustin Janssens,
European Commission, Directorate-General for Energy,
Radiation Protection Unit, Luxembourg

Abstract

EU legislation in radiation protection is in the process of being consolidated and revised. Five existing Directives will merge into one comprehensive document covering all categories of exposure (public, occupational, medical) and all exposure situations (planned, existing, emergency). The Commission proposal is now at a very advanced stage of discussion before its adoption by the Council some time in 2013. The Directive will cover new ground, in particular with regard to the regulation of NORM industries, indoor radiation exposure, radioactivity in building materials, the justification and type approval of consumer products and the management of radiological imaging for non-medical purposes. The new Directive will also have an impact on the responsibilities of the competent authority, for the implementation of the “graded approach” to regulatory control. There will also be implications for the organisation of emergency preparedness in Member States. In this area the new Directive is much more precise and more demanding than current legislation. Additional steps are being taken to better coordinate and harmonise emergency response in the EU after the Fukushima accident. The experience with re-drafting the Euratom Basic Safety Standards has allowed a thorough examination of the latest ICRP Recommendations (Publication 103). While the philosophy and basic principles of ICRP remain very robust, their regulatory implementation sheds new light on many important concepts. In addition, the Fukushima accident showed that public communication on the complexities of the radiation protection approach is very difficult. The principles of protection should therefore be reformulated in terms that can be more easily understood by the general public. This paper will hence reflect on the future of radiation protection, both in terms of the system of radiation protection established by ICRP and in terms of the challenges that national legislators and competent authorities will face in transposing and implementing the new Basic Safety Standards Directive.

Revision and consolidation of the Basic Safety Standards

The European Commission has proposed a consolidation of five Euratom Council Directives: Basic Safety Standards Directive [1], Medical Directive [2], Directive on High-Activity Sealed Sources [3], Directive on Outside Workers [4] and Directive on Public Information [5]. The aim of the

consolidation is to merge the five Directives into one while keeping as much of the present texts as possible. The consolidation means that all categories of exposure, including medical exposures, are now dealt with in one document. While in this area there are important novelties as well, they are not further discussed within the scope of this paper.

The Commission has also taken this opportunity to clarify and strengthen legal requirements, based on the new ICRP Recommendations published in 2007 [6] and on experience gained by Member States and the Commission since 1996. The Commission proposal [7] is now under discussion in the Working Party on Atomic Questions (WPAQ) of the Council and in the European Parliament. The new Directive may be adopted once the opinion of the European Parliament is received and the final stumbling blocks resolved, possibly under the Irish Presidency in June 2013.

ICRP introduced a distinction between exposure situations (planned, existing and emergency) rather than between processes (practices/intervention). Unlike the International Basic Safety Standards [8], this distinction is not very visible in the proposed Euratom Basic Safety Standards (BSS), even though the philosophy transpires in all sections, in particular those covering occupational and public exposures. This has also prompted a broader scope of the new BSS, covering indoor exposure to radon (both in dwellings and in workplaces), building materials and post-accidental situations as examples of, *a priori*, existing exposure situations.

The Commission proposal has also broadened the scope of the Directive to the protection of the environment, as advocated by ICRP in Publication 108 and in further publications [9, 10]. While ICRP still has not published a final document on the application of the principles of radiation protection, some delegations in the WPAQ feel that there is currently no mature methodology for the purpose of legislative requirements and, hence, this extension is not certain to be maintained in the text eventually adopted by the Council.

The new Directive will manage occupational and public exposures in industries processing NORM (naturally occurring radioactive materials) in exactly the same way as other practices. The inclusion of NORM practices was facilitated by a “graded approach” to regulatory control. This approach is based on three tiers: notification, registration and licensing, with options for exemption, both from notification and from authorisation. Practices may

be exempted from authorisation on an *ad hoc* basis or be defined *a priori*, as for “notification only”. The Directive adjusts the exemption and clearance criteria to those laid down in the International BSS and fosters the harmonised use of the corresponding values as default values for any type of practice or material, while allowing for specific exemption and clearance values where appropriate. The exemption of NORM practices and materials refers to a dose criterion of 1 mSv per year. In most cases this translates into an activity concentration value of 1 kBq/kg for the parent radionuclide in secular equilibrium (10 kBq/kg for K-40). Another important new feature is the explicit recognition of situations where mixing with non-radioactive materials is permitted in the context of clearance.

The list of further novelties in the new BSS is long. The following will be discussed later in this paper:

- justification and type approval of consumer goods,
- justification and regulatory control of non-medical imaging exposures,
- international coordination of emergency preparedness and response,
- emergency occupational exposures.

For other features there is no room for a detailed discussion:

- the extension of provisions on outside workers to those of Category B or working in supervised areas,
- high-dose applications in medical exposures, accidental or unintended exposures, the distinction between patients and asymptomatic individuals,
- the recognition of experts and services, in particular the distinction between the radiation protection expert and the radiation protection officer,
- requirements on education and training,
- requirements on authorisations for discharging radioactive effluent, etc.

Indoor radon exposure

In the current Directive radon in dwellings was excluded from the scope on grounds of its being covered by Commission Recommendation 90/143/Euratom [11]. Now, the basic features of this Recommendation have been incorporated in the issues to be addressed in a national “radon action plan”. In this way, while the establishment of such a plan is now a requirement under the Directive, full flexibility is left to the Member States

to allow for national (geological) features. The Directive will no longer distinguish between existing dwellings and new constructions, proposing instead a single reference level to be established below 300 Bq m⁻³. The same level will apply to all types of buildings; Member States will need to pursue the identification of those exceeding the reference level, to provide information on radon exposure, the importance of measurements, the technical means for radon reduction, etc., and to encourage radon-reducing measures.

For radon in workplaces, the situation is slightly different, in view of the fact that the employer has overall responsibility for health and safety at work. Hence, the employer will be required to perform measurements in situations identified in the national action plan, such as, for instance, in places formerly referred to as “radon-prone areas”. The employer will also be required to apply the principle of optimisation in reducing radon concentrations, if possible. Workplaces in which radon concentrations continue to exceed the reference level and resulting occupational exposures are liable to exceed 6 mSv per year will be managed in the same way as a practice in a planned exposure situation and the dose limit of 20 mSv per year will apply.

Building materials

The Commission proposal considered exposure to gamma radiation as an existing exposure situation. Indeed, these are commodities resulting from activities within an existing exposure situation (the earth’s crust) and should be managed in the same way. This is not so clear, however, with regard to building materials with enhanced radioactivity as a result of the recycling of residues from NORM industries. In addition, the regulation of building materials is liable to affect their free movement within the EU. Hence, the Commission proposal was an attempt to harmonise this sector of activities to the largest possible extent, through a common reference level (1 mSv per year) and further detailed requirements on measurements, labelling and product information. Finally, only the definition of the radioactivity index (taken from Radiation Protection 112 [12]) remains, taking advantage of the direct applicability of Regulation (EU) No. 305/2011 [13] laying down harmonised conditions for the placing on the market of construction products (including products “emitting dangerous radiation”), and its provisions on the declaration of performance and on CE marking. CEN

standards are being developed. Radiation protection requirements in principle only apply to the use of building materials (in construction) and the Directive only specifies the objective, without imposing appropriate means (e.g., building codes), which may be developed outside the Euratom legal framework.

Justification and type-approval of products

Justification of practices remains a national responsibility. In the same way as for construction products, however, this may cause problems for the internal market. The Commission proposal, therefore, was meant to achieve the largest possible harmonisation and transparency on the corresponding decision-making process with regard to the justification of new types of practices resulting from new types of products (whether manufactured in the EU or imported).

The Commission proposal required all justified types of practices to be listed (as is, for instance, already the case in Dutch legislation) and at some point in time it was considered to include a default list in an Annex to the Directive. Eventually this was replaced by a general requirement on transparency of all regulatory decisions and a mechanism for exchanging information limited to consumer goods. For these, harmonisation of justification and of type approval (for the purpose of exemption) is all the more important, since there will be no second opportunity for regulatory control (through notification or authorisation).

Justification of non-medical imaging exposures

The national process for justification of non-medical imaging exposures (e.g., the X-ray backscatter technique for security screening) is problematic because, in the same way as for medical exposures, there is a need to justify each individual exposure of an individual person. In particular, for the systematic screening, for instance, in airports, of individuals with no particular “security” profile, the Commission felt that the individual should be offered the choice of an alternative method. In general, the justification of non-medical imaging depends to a very large extent on a societal context which may vary with time, thus requiring a regular re-evaluation.

In general, these are regarded as public exposures, but those exposures which are conducted in a medical environment, with some direct or indirect

benefit for the individual, are managed in a way similar to medical exposures. In addition, a broad definition of “health” (in conformity with WHO) broadens the concept of medical exposures to include some of the “medico-legal exposures” defined in Directive 97/43/Euratom [2].

Emergency exposure situations

Emergency exposure situations need to be distinguished from accidental exposures and from anomalies in the normal operation of an installation. Hence, “emergencies” are defined as events having “serious” adverse effects on human health and safety or societal consequences. Requirements for emergency preparedness and response have been included in far more detail than before, in line with ICRP Publication 109 [14]. More importantly, while the Commission proposal already strengthened a requirement on cooperation between (neighbouring) Member States in emergency preparedness and response, the Fukushima accident has prompted initiatives to considerably enhance such cooperation, not only between neighbouring states but with all Member States and affected third countries, in order to share the assessment of the emergency situation and to coordinate the response and public information. The new BSS offer the legal framework for such cooperation, but in practice it will be developed in other fora, such as HERCA (Heads of European Radiological protection Competent Authorities).

The Directive is now also very explicit on the management of emergency occupational exposures, with a reference level to be set below 100 mSv (except to save lives and in other exceptional situations, up to 500 mSv). Whenever possible, however, doses should be planned to be kept below the (single year) dose limit of 50 mSv. Furthermore, a distinction is made between emergency workers who are called to take up responsibilities in the mitigation of an actual emergency, and those who have an identified role already as part of the national emergency plan and who receive specific training for this purpose.

The Fukushima accident

As discussed above, the Fukushima accident has revealed a need for enhanced cooperation between national authorities and technical support organisations, also with regard to distant events. In addition to the

cooperation required under the terms of the new BSS, initiatives are taken to foster voluntary cooperation in providing coherent advice to local residents, travel guidance and communication. The Fukushima accident also highlighted a need to look into the consequences of an emergency exposure situation in terms of the free circulation of goods. The international transport regulations are inadequate for this purpose and there are currently no criteria for any commodities other than foodstuffs (Codex Alimentarius values in international trade [15] and maximum permitted levels in the EU [16]). However, the new Directive will not address these problems; instead, the Commission calls on IAEA and other international bodies to make recommendations or guidelines for this purpose.

A further, very important, lesson from Fukushima is that communication on radiation risks is very difficult, and the radiation protection system proves to be very complex and difficult to explain. The new system, based on exposure situations, has prompted many questions when translated into regulatory requirements, hence adding to complexity and possibly to confusion. One of the major challenges for the radiation protection community is to explain radiation protection principles in terms that can be understood easily.

Exposure situations revisited

In Publication 103 [6] ICRP explains very well the distinction between the exposure situations from the perspective of the principle of justification (paragraphs 206 and 207). ICRP is rather silent, however, on the implications of this distinction for regulatory control. This is fair, since regulatory issues are not a matter for consideration by ICRP but, amongst others, for the International Basic Safety Standards. On the other hand, ICRP links the exposure situations to the applicability of dose limits, and it can be argued that compliance with dose limits is essentially a matter for regulatory authorities as a means of enforcement of the second pillar of radiation protection: optimisation under constraints or reference levels.

The Basic Safety Standards regard an exposure situation as a set of circumstances that (may) lead to the exposure of a number of people to ionizing radiation. This set of circumstances includes the radiation source, the radiation flux or pathway of intake in the case of radioactive substances, the location of people (or their vulnerability to incorporation of radioactive

substances) and the number of individuals. For ICRP, the only component defining an existing exposure situation is the pre-existence of a radiation source (e.g., cosmic radiation). From a regulatory perspective all components are equally important; planned exposure situations are not only those resulting from the introduction of a radioactive source, but also those resulting from any deliberate action that will affect one or more components of the situation so as to be the cause of (an increase in) exposure.

Human activities corresponding to the above situations are managed as a planned exposure situation if they are the legal responsibility of an individual or an undertaking (in the latter case, these human activities are referred to as “practice”, in the same way as in the earlier BSS).

The idea of legal responsibility for the exposure of another individual is essential to avoid confusion with “behaviour”, which is the responsibility of the exposed individual (for instance, his decision to travel by plane). On the other hand, the exposure of aircrew is the legal responsibility of the airline company and is managed as occupational exposure.

The role of dose limits needs to be explained within this framework, for instance as the outcome of a kind of “Socratic questioning”, as a means of regulatory enforcement which, in specific cases, is for the benefit of the exposed individual. No dose limits should apply to justified exposure situations. For instance, the Euratom BSS apply the concept of “specially authorised exposures” above the occupational dose limit, for instance to the exposure of space crew.

A further consequence of this approach (more explicit in the Euratom than the International BSS) is that NORM industries are managed as practices, and that the legal responsibility of the employer for the exposure of workers to high radon concentrations in the workplace leads to the application of the dose limit.

With regard to public exposures, the principle of dose limitation says that the dose limit applies to the sum of all exposures received by an individual. Regulatory enforcement however is possible only for the sum of exposures from authorised practices, to the same representative person.

Implications for the future of radiation protection

In conclusion, the main challenge for the radiation protection community will be to better explain the health risks of ionising radiation, what constitutes an appropriate level of protection, and how to understand a dose limit. The role of radiation protection experts, as well as the importance of training, receives high visibility in the new Basic Safety Standards. Crucial for the credibility of radiation protection is the harmonisation of requirements among Member States (the Euratom Treaty refers to “uniform” standards and Article 33 allows recommendations to be made for this purpose). Beyond the role of the Commission, there is a need for voluntary cooperation between Member States for this purpose.

Radiation protection needs to be explained, not only from a human health but also from an environmental perspective. This is why, even if related provisions may eventually be deleted from the Euratom BSS, Member States will still need to address this issue.

The new Basic Safety Standards also enhance the role of the competent authority. To make best use of the graded approach, competent judgments need to be made, in full transparency. The larger scope of radiation protection, in particular for natural radiation sources (NORM, building materials, radon) will be a regulatory challenge also. Increasingly, national radiation protection measures may appear to be in conflict with TFEU legislation on the free market for goods and services. Better interaction between national regulatory bodies is needed, for instance in the well-developed area of medical devices.

The enhanced cooperation between Member States for emergency preparedness should build on trust and on harmonisation of reference levels and reference accidents, through an integration of nuclear safety and radiation protection cultures.

Finally, it should be underlined that efforts at an international level should lead to operational standards in emergency exposure situations, in particular for the trade in commodities and for transport.

References

- [1] The Council of the European Union, Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation, Official Journal of the European Communities, Series L, No. 159, 1996
- [2] The Council of the European Union, Council Directive 97/43/Euratom of 30 June 1997 on health protection of individuals against the danger of ionizing radiation in relation to medical exposure, Official Journal of the European Communities, Series L, No. 180, 1997
- [3] The Council of the European Union, Council Directive 2003/122/Euratom of 22 December 2003 on the control of high-activity sealed radioactive sources and orphan sources, Official Journal of the European Communities, Series L, No. 346, 2003
- [4] The Council of the European Union, Council Directive 90/641/Euratom of 4 December 1990 on the operational protection of outside workers exposed to the risk of ionizing radiation during their activities in controlled areas, Official Journal of the European Communities, Series L, No. 349, 1990
- [5] The Council of the European Union, Council Directive 89/618/Euratom of 27 November 1989 on informing the general public about health protection measures to be applied and steps to be taken in the event of a radiological emergency, Official Journal of the European Communities, Series L, No. 357, 1989
- [6] International Commission on Radiological Protection, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-4), Elsevier Ltd, 2007
- [7] European Commission, proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation, COM(2012) 242, 2012
- [8] International Atomic Energy Agency, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, Vienna, 1996
- [9] International Commission on Radiological Protection, Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants, ICRP Publication 108, Ann. ICRP 38 (4-6), Elsevier Ltd, 2008
- [10] International Commission on Radiological Protection, Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants, ICRP Publication 114, Ann. ICRP 39 (6), Elsevier Ltd, 2009
- [11] European Commission, Commission Recommendation 90/143/Euratom of 21 February 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon, Official Journal of the European Communities, Series L, No. 80, 1990

- [¹²] European Commission, Radiological Protection Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials, Radiation Protection 112, Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-828-8376-0, 2000
- [¹³] European Union, Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products (repealing Council Directive 89/106/EEC), Official Journal of the European Communities, Series L, No. 88, 2011
- [¹⁴] International Commission on Radiological Protection, Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations, ICRP Publication 109, Ann. ICRP 39 (1), Elsevier Ltd, 2009
- [¹⁵] Codex Alimentarius Commission, Codex guideline levels for radionuclides in foods contaminated following a nuclear or radiological emergency for use in international trade, CAC/GL 5, 2006
- [¹⁶] The Council of the European Union, Council Regulation (Euratom) No. 3954/87 of 22 December 1987 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency, Official Journal of the European Communities, Series L, No. 371, 1987

Email

augustin.janssens@ec.europa.eu

janssens@pt.lu

PERCEIVED RISK SHAPES HUMAN BEHAVIOR BUT CAN BE INFLUENCED

Hans Vanmarcke

Belgian Nuclear Research Centre (SCK•CEN),
Boeretang 200, 2400 Mol, Belgium

Abstract

The behavior of people is affected by their perceptions of risk. Radiation protection is no exception, as is illustrated by the strong aversion of people to artificial radioactivity, internal contamination, contaminated food and living in a (slightly) contaminated area. So, although the effective dose is by definition a surrogate for the health risk from ionizing radiation, people are more concerned about certain doses (risks), and the high perception of these risks not only affects behavior but also influences legislation. The calculation by UNSCEAR of the public exposure from the nuclear fuel cycle is used to illustrate how public perception can be influenced. In normal operation, the individual doses from the nuclear fuel cycle to the local population are low, with typical values for the most exposed members of the public of a few $\mu\text{Sv}/\text{year}$. UNSCEAR does not include reactor accidents in this figure, as they combine a small probability with far-reaching consequences. However, the collective dose from the Chernobyl accident corresponds to 1600 years of exposure from the nuclear fuel cycle in normal operation. So looking at public exposure only from a normal operation point of view, or including reactor accidents, changes the perspective completely and, as a consequence, influences public perception.

Risk perception influences behavior and legislation

The subjective judgment that people make about the characteristics and severity of a risk is called risk perception. It is well known that risk judgments influence human behavior and radiation protection is no exception. This is illustrated by four examples from the area of radiation protection showing a strong aversion to:

- Internal contamination, much more than for external irradiation
- Having to live in a contaminated area
- Buying (slightly) contaminated food
- Exposure to artificial radioactivity, much more than to enhanced natural radioactivity

Strong aversion to internal contamination at work

People have more aversion for internal contamination, because knowing your body is contaminated with radioactive substances causes anxiety and stress.

- External exposure stops when leaving the radiation field and the exposure is limited to the working hours.
- Internal contamination continues until radioactive decay or biological clearance from the body. It includes exposure at home with contamination and irradiation of your family and friends.

This is why detecting an internal contamination at SCK, or more generally in the nuclear industry, always results in an investigation to prevent recurrence of the problem. Personnel and collective protective equipment is required to prevent internal contamination at all times and almost at all costs. However, performing work inside a fume hood, wearing protective clothing, respiratory equipment... is cumbersome and takes longer, often resulting in a higher external dose; (much) more than the dose prevented from internal contamination.

Strong opposition from residents to live in contaminated areas

Residents do not like to live in a (slightly) contaminated area. Both in Chernobyl and Fukushima, the local population have the feeling of being abandoned; of having to live as second-class citizens in an area contaminated by radioactivity. Even after more than 25 years, a substantial part of the population in the Chernobyl contaminated areas feels like victims instead of survivors. Their strong aversion is in contrast with the exposure data. The total effective dose accumulated during the first 10 years (excluding the thyroid dose from radioiodine of the first few months) by the 5 million people living in the most contaminated areas was on average not very high [¹]:

- 0 - 5 mSv: 59 % (< annual average exposure in Belgium: 4.6 mSv)
- 5 - 10 mSv: 20 % (\approx one CT-scan)
- 10 - 20 mSv: 13 %
- 20 -50 mSv: 6.9 % (> annual limit for radiation workers: 20 mSv)
- 50 - 100 mSv: 0.9 %
- 100 - 200 mSv: 0.02 %
- > 200 mSv: 0.002 %

The average exposure in the contaminated areas is, for instance, less than the difference in exposure from natural radiation sources between the Ardennes and the Campine region of Belgium: on average 2 mSv/year or a difference of about 20 mSv in 10 years (all components of the natural radiation background are higher in the Ardennes compared to the Campine region with the single most important contribution from indoor radon).

Consumers are reluctant to purchase contaminated food

Consumers have a strong aversion to buy even slightly contaminated food. This behavior has led to frequent changes of the maximum food contamination levels in the aftermath of the Fukushima accident as shown in table 1.

Table 1. Frequent changes of the European Union maximum food contamination levels for the sum of Cs-137 and Cs-134 after the Fukushima accident

	Infants foods Bq/kg	Milk Bq/kg	Other foodstuffs Bq/kg
After Chernobyl	370	370	600
After Fukushima (pre-established levels)	400	1000	1250
Since 13 April 2011 (old Japanese levels)	200	200	500
<i>Lower levels in Japan since 1 April 2012!</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>100</i>

In the European Union, the maximum level for radioactive cesium in milk (sum of Cs-137 and Cs-134) was first increased on 15 March 2011 from the post Chernobyl level of 370 Bq/l to the pre-established level of 1000 Bq/l and was decreased one month later, on 13 April 2011, by a factor of five to the Japanese level of 200 Bq/l. Complains from citizens about the frequent changes resulted in an inquiry by the European Ombudsman [2]. A year later, on 1 April 2012, Japan lowered its level by a factor of four to 50 Bq/l. Although this level is now comparable to the concentration of natural K-40 in milk of 45 Bq/l, the consumers in Japan continue to be extremely reluctant to buy local food (*the radiotoxicity of K-40 is half the radiotoxicity of Cs-137*).

Aversion to artificial radioactivity

People have an aversion to artificial radioactivity, much more than to enhanced natural radioactivity. The tolerant attitude against exposure to natural radiation sources is reflected in the draft European Union Basic Safety Standards Directive (2013). There is, for instance, a factor of 30 difference between the trivial dose level for the calculation of the clearance levels for:

- artificial radionuclides: 10 $\mu\text{Sv}/\text{year}$, and
- natural radionuclides (in excess of the natural background): 300 $\mu\text{Sv}/\text{year}$.

Perceived risk can be influenced

The calculation by the United Nations Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) of the public exposure from the nuclear fuel cycle is illustrative of how public perception can be influenced. The estimated collective effective doses to members of the public due to the nuclear fuel cycle are given in table 2 per unit of electrical energy generated [3]. For local and regional population groups, a normalized collective effective dose of 0.72 manSv/GWyear is determined.

Table 2. Collective effective doses to the local population due to radionuclides released in effluents of the nuclear fuel cycle (world average, 1998-2002) [3]

The large Belgian nuclear power plants have an electrical capacity of 1 000 MW or 1 GW.

Source (part of the nuclear fuel cycle)	Collective dose manSv/GWyear
Mining of uranium ore	0.19
Milling of uranium ore	0.08
Mine and mill tailings (releases of radon over five years)	0.04
Enrichment and fuel fabrication	0.003
Reactor operation: airborne effluents	0.22
Reactor operation: liquid effluents	0.05
Reprocessing: airborne effluents	0.028
Reprocessing: liquid effluents	0.081
Transportation	<0.1
Total during normal operation (rounded)	0.72

Using this coefficient, with an average nuclear electricity production of 278 GW per year worldwide in the 1998-2002 period, an annual collective dose of about 200 manSv is estimated for all operations related to nuclear energy production.

The individual doses to the local population in normal operation are also very low. Typical values for the most exposed members of the public are:

- Mining and milling 25 $\mu\text{Sv}/\text{year}$
- Fuel fabrication 0.2 $\mu\text{Sv}/\text{year}$
- Reactor operation 0.1 $\mu\text{Sv}/\text{year}$
- Reprocessing 2 $\mu\text{Sv}/\text{year}$

Reactor accidents are the biggest treat, but these small risks with far-reaching consequences are not included in the UNSCEAR figures. The collective dose calculated by UNSCEAR of the largest nuclear power station accidents is given in table 3.

Table 3. Comparison of the collective effective dose of the largest nuclear power accidents (manSv)

	Windscale [³] (1957)	TMI [³] (1979)	Chernobyl [³] (1986)	Fukushima* (2011)
Collective effective dose (over lifetime)	2000	40	320 000	41 000

* Draft UNSCEAR report on Fukushima (2013)

The collective doses from the Chernobyl and Fukushima accidents have been estimated by UNSCEAR to 320 000 and 41 000 manSv. This corresponds to respectively 1600 years and 205 years of exposure from the nuclear fuel cycle in normal operation. So looking at the public exposure from a normal operation point of view or including reactor accidents changes the perspective completely and consequently influences the subjective judgment that people make about the severity of the risk from the nuclear fuel cycle.

Conclusion

To summarize with a provocative statement: all mSv are equal, but some mSv are more equal than others! So, although the effective dose is by definition a surrogate for the health risk from ionizing radiation, people are more concerned about certain doses (risks), and the perception of these risks has an influence on:

- Behavior: examples are the strong aversion of people to internal contamination, contaminated food and living in a contaminated area
- Legislation: the more aversion to artificial radioactivity than for enhanced natural radioactivity is reflected in the EU Basic Safety Standard directive

However, people's perception of risk can be influenced as was illustrated by the population exposure of the nuclear fuel cycle by UNSCEAR in normal situations versus accidental situations.

References

- [1] UNSCEAR (2000) Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly of the United Nations with Scientific Annexes, United Nations sales publication E.00.IX.3, New York.
- [2] Decision of the European Ombudsman closing his own-initiative inquiry OI/5/2011/BEH concerning the European Commission
<http://www.ombudsman.europa.eu/en/cases/decision.faces/en/10827/html.bookmark>
- [3] UNSCEAR (2008) Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly of the United Nations with Scientific Annexes, United Nations sales publication, Volume I on sources: E.10.IX.3, Volume II on effects: E.11.IX.3, New York.

Email

hvanmarc@sckcen.be

RISK PERCEPTION OF IONISING RADIATION AMONG HOSPITAL PERSONNEL

Charlotte Stiévenart¹, Catrinel Turcanu²

¹ULB-Ecole de Santé Publique

²SCK·CEN, Belgium Nuclear Research Centre, Boeretang 200,
B-2400 Mol, Belgium,

Keywords: professional exposure, risk perception, safety behaviour, ionising radiation

Summary

Perception of radiation risks has been studied in various contexts (industrial, medical, natural, etc.) by several opinion surveys reported in the literature, particularly in Belgium. However, few studies have addressed radiation risk perception among people who are professionally exposed to ionising radiation. This paper is focused on the study of risk perception among medical staff (doctors, nurses, technicians, hospital physicists) professionally exposed to ionising radiation. A dedicated questionnaire was designed for this purpose and completed in Dutch or French language by 81 professionals from five major hospitals in Belgium.

The results show, among other, that almost half of the respondents perceived the risks due ionising radiation in their working environment as low or very low, while a third perceive these risks as average risks. At the same time, the risks from medical X-rays for an ordinary citizen of Belgium are perceived lower by the hospital staff population than by the general population.

Ionising radiation risks account for about one third of the perceived job risk. However, the non-nuclear job-related risks typical to a hospital environment are almost equally important in explaining the perception of the overall job-related risk.

Furthermore, a relationship was discovered between safety behaviour and risk perception: the more the respondents use the protection equipment, the lower is their risk perception. Having a safer behaviour likely leads to a feeling of increased safety and controllability of the risk, and thus, a lower (personal) risk perception of ionising radiation risks.

Finally, the results revealed that respondents with more general knowledge about ionising radiation tend to perceive risks from ionising radiation at the workplace as lower than the other, non-nuclear risks.

The work reported here is largely based on a Master thesis at the Ecole de Santé Publique-ULB [1].

Introduction

Public perception of radiation risks has been extensively studied in the past decades. Such studies highlight, among other, the importance of clearly delimiting the application context in which the radiation risk perception is being studied [2,3], and the difference between risk perceptions of experts as compared to lay people [2,4]. For instance, the public tends to consider diagnostic X-rays less risky than the technical experts, while experts see nuclear power and radioactive waste as less risky than the public [2]. However, few studies in the literature have addressed radiation risk perception among people who are professionally exposed to ionising radiation.

This paper had three aims. First, it investigated risk perception of ionising radiation among the medical staff exposed to ionising radiation (radiology, radiotherapy, nuclear medicine) in five major hospitals in Belgium. Next, it studied the relation between the knowledge about ionising radiation and risk perception, respectively, with safety behaviour. Finally, some comparisons were made between the results obtained for the sample of people professionally exposed and the general population of Belgium.

Methodology

A dedicated questionnaire was specifically developed for this study based on scientific research studies reported in the literature [5-10]. Survey data were collected in February-May 2012. The questionnaire was distributed to people professionally exposed to ionising radiation in five hospitals: in French language in three hospitals (Clinique du Parc Léopold, Clinique Édith Cavell and Hôpital Saint Pierre), and in Dutch language in two hospitals (AZ VUB and AZ Mol). The questionnaire was completed, on a voluntary and anonymous basis, by 81 professionals in either French or Dutch language. The items in the questionnaire were stated as closed questions, with answering categories typically expressed on a 5-point Likert scale ranging from 1="completely disagree" to 5="completely agree".

The data used for the comparison of the hospital personnel sample with the general population in Belgium originate from a large-scale public opinion survey carried out by the Belgian Nuclear Research Centre in May-June 2011 [8].

The encoding and statistical analysis of the data was done using Epi-info, Excel and SPSS. The relation between the different variables measured was analysed using the Spearman's correlation coefficient. In addition, linear regression was employed to investigate potential predictors for the perception of the overall risk at work.

Results

Descriptive analysis of the hospital sample

The sample consisted of 81 persons, out of which 49% French speaking and 51% Dutch speaking; and 48% men vs. 52% women.

About 43 % of the respondents had been working with ionising radiation for less than 10 years. Out of the 81 respondents, 55 worked in radiology, 15 in radiotherapy, 13 in nuclear medicine and one at emergencies (some respondents carried out work in more than one service). Their professions were: nurse (36 respondents), technician (21), doctor (22) or other (e.g. radiation physicist) (two respondents).

The working environment

The majority of respondents (70 out of N=81, 85%) considered their professional training as regards ionising radiation as sufficient for their work; however, 46 respondents (57%) would like to follow additional training in order to satisfy all their information needs as regards ionising radiation.

Most respondents (67 out of N=81, 83%) were, in general, "*satisfied with their work and their working environment*" and only four respondents (5%) said they were not satisfied. An item enquiring about stress at work revealed however that 37% (30 respondents out of 81) found their "*working environment too stressful*", while 39% (32 respondents) disagreed with this. In general, the higher the age, the more is the working environment perceived as stressful (Spearman's $\rho=0.22$; $p=0.045$). At the same time, when the respondents were satisfied of their work and their working environment, they found the environment less stressful (Spearman's $\rho=-0.27$; $p=0.017$).

Perception of work-related risks

The overall work-related health risks were estimated as very low to low by half of the respondents (39 out of 81, 49%); only 15% estimated these risks

as high or very high. In general, the higher the overall perceived work risk, the higher the risk perception of both non-nuclear risks (Spearman's $\rho=0.63$; $p<0.001$) and radiation risks (Spearman's $\rho=0.54$; $p<0.001$).



Figure 1. Perception of work-related health risks [1]

The responses given to the item measuring perception of work-related risks due to ionising radiation were quite similar to the answers related to other risks (biological, etc.): 39 respondents estimated the other risks as very low to low risks and 30 as average risks; for radiation related health risks, 36 respondents had low or very low perception of radiation risks and 30 respondents perceived these risks as average (see Figure 1). The strength of the correlation between perception of radiation-related and non-nuclear risks was medium: $\rho=0.34$ ($p=0.002$).

A link was observed between the general satisfaction with the working environment and the risk-perception of general job risks: the more the staff were satisfied of their work, the lower was their risk perception of the overall work-related risk (Spearman's $\rho=-0.23$; $p=0.041$). Opposite to this, the correlation between job satisfaction and perception of radiation risks was not statistically significant; this finding is concordant with the

study of Sjöberg and Drottz-Sjöberg [4] which showed that job satisfaction among nuclear power plant employees was more strongly related to perceived conventional job risks than to nuclear risks.

At the same time, the more stressful they perceive their work environment, the higher is their perception of the overall risk at work (Spearman's rho=0.33; p=0.003) The effect was observed in relation to the perception of non-nuclear risks (Spearman's rho=0.31; p=0.005). Opposite to this, no significant correlation was detected between the stress at work and the perception of work risks due to ionising radiation.

When asked to compare their own risk from ionising radiations with that of an ordinary citizen of Belgium (from exposure to medical X-rays), 47% of the respondents in our sample evaluated the latter risk as lower than their own, while 26% evaluated the risk from medical X-rays for an ordinary citizen in Belgium as higher than their own (Figure 2). In general, respondents who perceived the risk from medical X-rays for an ordinary citizen in Belgium as high, tended to evaluate their own health risk from ionising radiation as lower than that of an ordinary citizen (Spearman's rho=-0.36; p=0.001).

Radiation risks at work are perceived as higher or much higher than non-nuclear risks by 39% of the respondents; 25% estimate job related radiation risks as lower or much lower than non-nuclear risks.

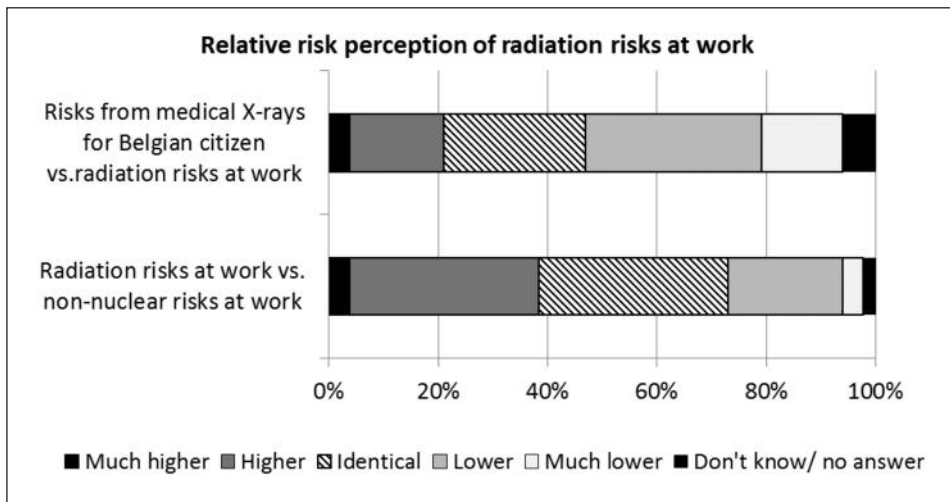


Figure 2. Perception of job related radiation risks relative to other risks [1]

A regression analysis using general work risk as the dependent variable highlighted radiation risk, non-nuclear risk and stress at work as significant explanatory variables. These three variables could explain 53% of the variance in the perceived overall risk at work. The standardised regression coefficients in the final model were $\beta = 0.37$ for perceived non-nuclear risks, $\beta = 0.41$ for perceived radiation risk, and $\beta = 0.28$ for stress at work. In particular, perceived radiation risk alone can explain 32% of the variance in the overall risk.

Socio-demographic variables were not significant predictors of perceived overall job risk.

Perception of risks from medical X-rays: comparison of the hospital staff sample with the Belgian population

An opinion survey in 2011 [8] in the Belgian population, in which the respondents were asked to estimate the risks from medical X-rays for an ordinary Belgian citizen using a scale ranging from 1="very low" to 5="very high", showed that the Belgian public perceives these risks as very low to average: 48% (out of N=1020) perceive this risk as low or very low, and 30% perceive this risk as average.

The same question was asked to the hospital staff sample, the answers received suggesting that 58% perceive this risk as low to very low, while 31% perceive it as an average risk (see Figure 3). A t-test for independent samples ($t = -3.0$; $p = 0.003$, unequal variances) and a Mann-Whitney test for independent samples ($p = 0.014$) confirmed that perception of risks from medical X-rays for an ordinary citizen of Belgium is lower among the hospital personnel professionally exposed to ionising radiation ($M = 2.63$ in the Belgian population, $M = 2.31$ in our sample) than among the general population. The difference is small, yet statistically significant.

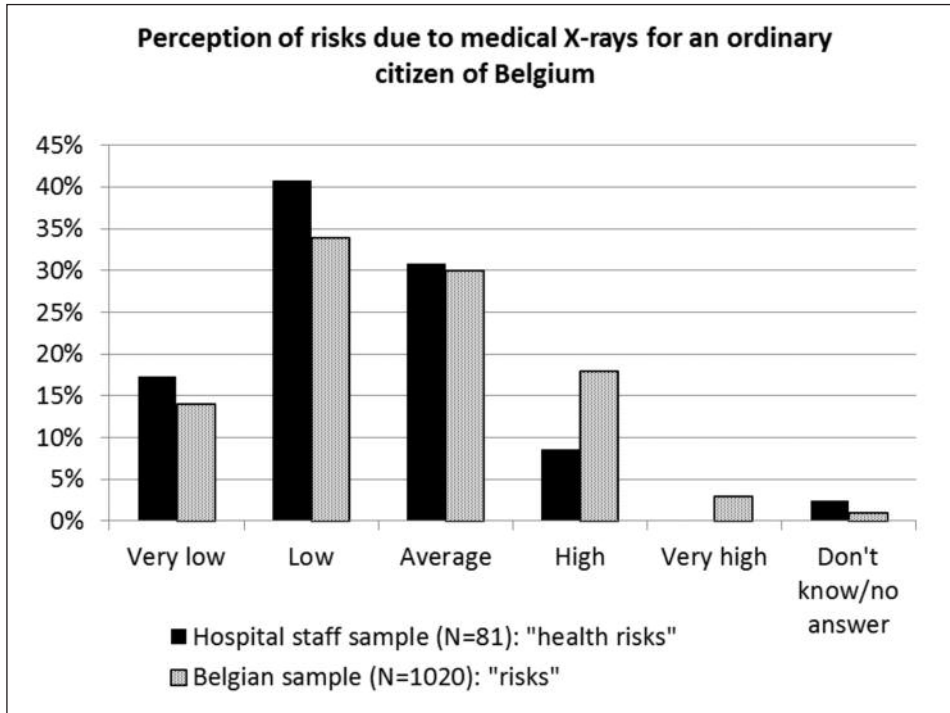


Figure 3. Comparison between perception of risks from medical X-rays for an ordinary citizen in Belgium in the hospital staff sample and the general population sample [1] [8]

Additional statistical tests [1] were carried out to investigate the effect of socio-demographic variables (age, language, gender) on the perception of risks from medical X-rays for an ordinary citizen in Belgium; these tests did not reveal any statistically significant effects neither among the respondents in our sample (medical staff), nor in the Belgian population sample.

General and specific knowledge

Four questions were asked in order to measure general knowledge about ionising radiation [1]. Three of these questions were also used in the large-scale survey of the Belgian population [8]. A higher general knowledge of issues related to ionising radiation was observed in the sample of health professionals working with ionising radiation, as compared to the general population. For instance the medical staff knew more often that exposure to radiation doesn't necessarily lead to contamination (81% correct answers in the hospital staff sample, compared to 31% in the general population) and

that radioactive waste is not only produced by nuclear power plants (92% correct answers in the hospital sample vs. 61% in the general population). It is interesting to note that, in the hospital staff sample, the respondents with more general knowledge about ionising radiation were also more inclined to evaluate their work risks due to ionising radiation as lower than the non-nuclear risks at the working place (Spearman's $\rho=0.23$; $p=0.037$). Knowledge about ionising radiation specific to their profession was assessed through four items [1], e.g. "*what is the measurement unit for the dose received*" and "*do the individual protection measures offer full protection*"? About 6% respondents (5 out of 81) had only one correct answer, 26% (21 out of 81) had two correct answers, 48% (39 out of 81) had three correct answers and 20% (16 out of 81) knew the correct answer for all four items measuring specific knowledge.

Self-assessed safety behaviour

The big majority of the respondents in the medical staff sample (91%) was of the opinion that protection measures required at the working place are always justified; only three out of the 81 respondents disagreed with this statement, and two had a neutral position (neither agreed, nor disagreed). At the same time, 66 out of 81 respondents (82%) said that protection measures did not hamper their work, while seven respondents (9%) neither agreed nor disagreed with this, and another seven (9%) agreed that certain protection measures hinder their work.

With regards to protective equipment, 69% of the respondents said they did wear equipment for either individual or collective protection; 11% answered they never used protection when working with ionising radiation. About 32% (26 out of 81) were of the opinion that "*taking some risks from time to time is part of their work*"; while 51% (41 out of 81) disagreed with this.

A positive correlation was observed between agreeing with the statement that protection measures required at work are always justified and having had sufficient training regarding ionising radiation (Spearman's $\rho=0.26$; $p=0.022$). At the same time, an inverse relation was highlighted between agreeing with protection measures at work and the perceived level of stress: more stress in the working environment seems to lead to less agreement with protection measures required at work (Spearman's $\rho=-0.30$; $p=0.007$). Respondents that agreed less that "*protection measures are*

always justified” were also more inclined to agree that some of these measures hamper their work (Spearman’s rho=-0.37; p=0.001).

If they evaluated the overall and non-nuclear job risk as high, respondents were slightly more inclined to agree that certain protection measures obstruct them from working efficiently (Spearman’s rho=0.22 and 0.23; p=0.046 and 0.038).

Additionally, respondents that evaluated the work risks (general, nuclear and non-nuclear) as low seemed also more inclined to use collective or individual protective equipment (Spearman’s rho=0.30, 0.25 and 0.31; p=0.007, 0.024 and 0.004).

Discussion

Risk perception and safety behaviour were studied in five hospitals on the basis of a questionnaire filled in by 81 health professionals working with ionising radiation. The sample was equilibrated with respect to gender and language. The professions of the respondents in the sample were diverse: doctors, nurses, technicians and radiation physicists.

The results show that the respondents had a good general knowledge about ionising radiation. They considered themselves well-trained as regards ionising radiation, but at the same time would like to benefit from continuous training. Most persons participating in the survey also stated they used protection means.

About 45% of the respondents perceive the risks due ionising radiation in their working environment as low or very low, and 37% perceive these risks as average risks. This goes in line with psychometric studies in the literature [11] suggesting that familiarity with a risk, higher knowledge and voluntary action reduce risk perception. People working in the domain have made a personal choice as regards their studies and career, and thus accepted inherent risks.

Contrary to what we might expect based on other studies ([2]) suggesting that technical experts perceive risks from medical X-rays higher than the general public, in our study the risks from medical X-rays for an ordinary citizen of Belgium are perceived (slightly) lower by the hospital staff population than by the general population in Belgium. A cross-tabulation showed that there were no significant differences in the medical staff

sample as regards perception of risks from medical X-rays for a Belgian citizen depending on the profession of the respondent (nurse, technician or doctor). Although potential bias due to the reduced sample size (N=81) cannot be excluded, the difference compared to other studies could come from the particular environment where the issue was investigated.

Concordantly with the study by Sjöberg and Drottz-Sjöberg [9] among employees in nuclear power plants, our study reveals that ionising radiation risk accounts for one third of the perceived overall job risk. However, in our study another category of job-related risks was revealed as almost equally important to ionising radiation risks: these are the non-nuclear risks, characteristic for a hospital environment (biological, etc.).

The work environment influences risk perception and safety behaviour. Our results highlighted the link between the stress at work and the perception of overall job risk: the persons with higher overall risk perception seem also more stressed at work. The same link is valid for non-nuclear risks. Opposite to this, there was no significant correlation between stress at work and perception of radiation risks. In other words, the hospital stress is significantly attributed to the perception of non-nuclear risks.

Perceived risk was negatively correlated with safety behaviour. An inverse relation was highlighted between the use of individual or collective protective equipment and the perception of radiation risks. This correlation reflects the so-called “accuracy hypothesis”, as formulated by Brewer et al. [12], stating that risk perception at any time reflects risk behaviour and other risk factors. They note that the behavioural motivation hypothesis - that a high perceived risk of harm should encourage people towards a preventive behaviour- can be tested only on longitudinal data. Since our study provides only cross-sectional data, the results obtained could be interpreted as follows: having a safer behaviour with respect to work risks increases the feeling of safety and controllability of the risk and thus decreases risk perception (risk re-appraisal hypothesis, [12]).

We also note that higher general knowledge about ionising radiation was more often encountered among the respondents who perceived work-related radiation risks lower than other risks at the workplace.

Limitations of the study

Besides the reduced sample size, the study could contain some bias: the persons filling in the questionnaire did it while in the working place; they could have thus exchanged answers between colleagues. In addition, we have measured claimed, rather than actual behaviour.

Conclusions

A varied sample of medical staff professionally exposed to ionising radiation was analysed based on survey data from five hospitals. The study provides interesting information: the personnel consider themselves well-trained, they welcome additional training, they accept and state that they use protection means and they have globally a good knowledge about the subject.

The stress in the hospital environment is a reality; however this does not seem to be influenced by the perception of health risks due to ionising radiation.

Among the hospital personnel professionally exposed to ionising radiation, perception of health risks due to medical X-rays for an ordinary citizen is lower than that of the Belgian population in general. This reflects the psychometric theory which argues, among other, that the more familiar one is with a risk, the lower the risk perception.

Perception of ionising radiation risks represents, similarly to the Swedish study among employees of nuclear power plants [9], a part of the overall professional risk. Among the hospital personnel professionally exposed to ionising radiation, the non-nuclear risks are however revealed as almost as important as the radiation risks.

The questionnaire was distributed in large hospitals. It could be useful to reproduce the study in smaller structures (private practice, dentists) in order to analyse if the particularities of the working environment bear an influence on risk perception.

In addition, the study would benefit from the knowledge of respondents' real exposure to ionising radiation in order to test its influence on risk perception and safety behaviour.

The questionnaire used provides us mainly quantitative data. A useful complement to this study would be a more qualitative analysis, either based on a questionnaire with open questions or using qualitative methods such as focus groups. Knowledge about the real exposure of the respondents or their safety behaviour (e.g. by in-situ observation) would certainly add more objectivity to the data analysed.

Acknowledgement

We thank Professor Christophe De Brouwer for supporting this study as well as Lara Struelens and Johan Camps for interesting additional informations.

References

- [1] **Stiévenart Ch.** (2012). *La perception du risque des radiations ionisantes vu par le milieu hospitalier*. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du titre du Master en Sciences de la Santé Publique à finalité Santé Environnement (Université Libre de Bruxelles), 74 pp.
- [2] **Slovic P.** (1996). Perception of risk from radiation. *Radiation Protection Dosimetry* 68 (3/4): 165-180.
- [3] **Sjöberg L.** (2000). Factors in risk perception. *Risk Analysis* 20(1): 1-11.
- [4] **Sjöberg L.** and **Drottz-Sjöberg B.M.** (2008). Attitudes towards Nuclear Waste and Siting Policy: Experts and the Public. In A.P. Lattefer (Ed.), *Nuclear Waste Research: Siting, Technology and Treatment*. Nova Science Publishers. pp. 47-74.
- [5] **IRSN** (2011). *Baromètre IRSN. La perception des risques et de la sécurité par les Français. Résultats d'ensemble*. 2011, 196 p.
- [6] **Perko T., Turcanu C., Schröder J.** and **Carlé B.** (2010). *Risk perception of the Belgian population. Results of the public opinion survey in 2009*. Open Report of the Belgian Nuclear Research Centre SCK•CEN BLG-1070.
- [7] **Rayner S.** (1984). Radiation Hazards in Hospital: A cultural analysis of occupation risk perception. *RAIN* 60: 10-12. Published by Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland.
- [8] **Turcanu C., Perko T.,** and **Schröder J.** (2011). *The SCK•CEN Barometer 2011 - Perception and attitudes towards nuclear technologies in the Belgian population*. Open Report of the Belgian Nuclear Research Centre SCK•CEN BLG-1082.
- [9] **Sjöberg L.** and **Drottz-Sjöberg B-M.** (1991). Knowledge and Risk perception Among Nuclear Power Plant Employees. *Risk Analysis* 11(4):607-618.
- [10] **Struelens L.** (2011). *Radiation Protection Issues for Medical Staff, 6th Protection Talk*, private communication. Belgian Nuclear Research Centre SCK•CEN, 11/04/2011.
- [11] **Slovic P.** (1987). Perception of Risk. *Science, New Series* 236 (4799): 280-285.
- [12] **Brewer N.T., Weinstein N.D., Cuite C.L.** and **Herrington J.E.** (2004). Risk Perceptions and Their Relation to Risk Behavior. *Ann Behav Med* 27(2): 125-130.

E-mail

cha.stievenart@gmail.com

cturcanu@sckcen.be

POST – FUKUSHIMA IMPROVEMENT OF THE EMERGENCY PLAN FOR THE TIHANGE AND DOEL NUCLEAR POWER PLANTS IN BELGIUM – FOCUS ON THE RADIOLOGICAL ASPECT

**Benoit Lance¹, Katja Cauwenbergh¹, Els Thoelen²,
Sébastien Bontemps³**

¹ Electrabel (GDF-Suez) HQ, 34 Boulevard Simon Bolivar,
B-1000 Brussels, Belgium

² Electrabel (GDF-Suez) Doel NPP, Haven 1800, B-9130 Doel, Belgium

³ Electrabel (GDF-Suez) Tihange NPP, Quai de l'Industrie

Abstract

As a reaction to the accident at the Fukushima nuclear power plant (NPP) in Japan on 11th March 2011, all country members of the European Union having a nuclear power plant were required to perform an assessment of the robustness of their plant, according to the main guidelines issued from WENRA [1]. Such an assessment is better known under the word “stress tests” and consists in an assessment of the safety margins against extreme hazards leading the plant to a severe accident.

In Belgium, nuclear power plants are owned and operated by the company Electrabel (GDF-Suez). There are 7 reactors distributed at two sites, Doel and Tihange.

In general, for the Electrabel plants, the stress tests stated that a lot of existing measures were already in place, but that those existing measures deserved further improvement, taking into account the lessons learnt from the Fukushima accident.

The present paper focuses on the safety improvements mainly identified in the field of emergency plan and preparedness, and more precisely focuses on the improvements proposed for the management of emergency situations characterized by a very large release of radioactive contaminants. It aims to provide a detailed view on the lessons learnt from the Fukushima accident, from a radiological viewpoint, that are further considered to define the safety improvements of the Electrabel's NPPs emergency plan.

Belgian stress tests overview

Electrabel (GDF-Suez) did perform the “stress test” assessment, delivering two reports (one per site) addressing seism, flooding, extreme natural hazards, loss of heat sink, loss of external electrical power and management

of severe accidents. The reports were provided to the Federal Agency for Nuclear Control (FANC) end December 2011. They reflect an overall positive situation, highlighting a satisfactory robustness of the Belgian plants, while several improvement actions were identified and submitted to the national and European Safety Authorities. The licensee analysis was further confirmed by the independent and international review conducted under the auspices of ENSREG [2]. As a result, Electrabel (GDF-Suez) began the implementation of the improvement actions from mid 2012 and those are distributed at short and medium terms, up to 2015.

Amongst the major identified improvements, one may mention:

- With respect to the earthquake hazard, the enhancement of some structures, systems and components (SSC's), like enhanced anchorage of specific water pipings ;
- With respect to the external flooding hazard, the protection of the Tihange site, identified as an outcome of the previous 10 year periodic safety review, will be accelerated ; the site border facing the river Meuse will be protected by erecting an anti-flooding wall (> 1 km long) ;
- With respect to the consequential loss of electrical power and ultimate heat sink, in case of complete station black-out (SBO), alternative and additional power and water supplies have been and will be set up. Those are from now on called “non conventional means” and sometimes consist of easy plug and play devices.
- With respect to severe accident management, Electrabel decided to implement the detailed feasibility study of installing a filtered containment vent on all units (with the exception of Doel 12).



Fig 1. Example of non conventional means already set up in the Electrabel NPP's

Improvements in the field of emergency plan and preparedness (EPP) are further described in the following paragraph.

Improvements in Emergency Plan and Preparedness (EPP)

In order to identify improvement actions, an envelope accidental scenario has been selected, that consists of a complete station black-out complemented with a beyond design earthquake. Such a scenario results with the following main consequences:

- Significant radioactive releases occur from at least one unit, what implies that the emergency personnel have to wear radiation protection equipment ;
- The radiological contamination goes beyond 10 km around the site, what implies that a “rear base” has to be activated outside of the contaminated area, and has to be used to prepare the recovery interventions and provide the associated staff with adequate RP equipment – this rear base is inspired from the so-called “J-Village”, set up ~ 30 km from the Fukushima site in Japan ;
- The infrastructure at and around the site is damaged, what has to be taken into account for the protection of intervention staff (failed confinement against radioactive contaminants), for the accessibility to the contaminated site and for the circulation of intervention staff on the site itself ;
- Normal communication means are lost at and around the site.

The following major improvements have therefore been decided in the field of EPP:

- With respect to organization, the development of a new emergency mode, so-called mode “HIGH”, and consisting in an enhanced emergency organization in case of several units affected on the same site, as it was also the case at Fukushima. In such a mode HIGH, the affected site is supposed to have the necessary material to get a full autonomy up to 72 h, given that an extended fleet assistance may be provided after 24 h (see NLSC hereunder) ;
- With respect to communication, an enhanced use of satellite communication is planned as a response to the loss of normal communication means. This satellite communication should also equip the “rear base” (see hereafter) ;

- With respect to logistics, a new Nuclear Logistics Support Cell (NLSC) will be developed at the Corporate level (i.e. outside of the NPP's), that will be in charge of providing the affected site with additional means (equipment and manpower). An additional outcome is the acquirement of an NLSC mobile “rear base” truck that could host the emergency crisis team of the affected site, should the on-site emergency center building would become unavailable ;
- With respect to the infrastructure, it has been decided to build a new on-site emergency center at the Tihange site. This new building will be seismically resistant and located above the flooding level. All other design aspects of this new building will take into account the state of the art practice of such buildings.

Focus on the radiological aspect

Several lessons may be derived from the Fukushima accident, what concerns the impact of large radioactive releases:

- very large release of radioactive contaminants, combined with large damage to the site structure, make the site “inhabitable” for the emergency workers, from the radiological viewpoint. As mentioned before, in Japan, recovery missions were organized from a rear base called “J-village”, with shuttles to and from the contaminated site ;
- the contamination resulting from the radioactive releases covers a large area, amongst which the affected site. This large spread contamination may induce additional environmental damage if the local rain drains the contaminants deeper in the soil and farther away through the nearby rivers. It also represents a hazard for the emergency workers (resuspension of contaminants in the ambient air and irradiation by hot spots).
- the major radioactive releases to the environment can contaminate the radiation protection (RP) measurement equipments available on site in such a way as to make them ineffective. This evidences that enough RP equipment must be available at locations not affected by the radioactive releases ;
- the plant operator must be capable of measuring the radiological situation on the site and surrounding areas, as a support to the emergency workers. Such a support is a tool for the ALARA management of the restoring interventions ;

- large volumes of contaminated water may have to be treated and stored on the affected site. At Fukushima, several thousands of contaminated water had to be pumped from the flooded buildings for purification treatment. The Japanese operator of Fukushima NPP's ordered an external support from US and European companies for the prompt building of a water treatment facility.
- etc.

To address those various lessons learnt, Electrabel may count on several existing means and considers the development of additional ones.

With respect to the rear base, Electrabel already uses a neighbouring site of the Tihange NPP in order to host contaminated personnel and to prepare the interventions on a contaminated site. This center is known as the *Centre d'Accueil et de Repli de la centrale des Awirs* (CARA). Electrabel makes use of the existing cloakrooms located at the power plant of Awirs to accommodate deployable means for decontamination and contamination control, with the support of Tihange RP staff and health physicians. Electrabel has also a convention with the transport company Transnubel. The latter company provides a bus for the transportation of contaminated personnel. Both the CARA and the use of the Transnubel bus have been successfully tested during the recent large scale accident exercise of 19-20 November 2012 (PEGASE exercise).



Fig 2. View of the TRANSNUBEL bus used during the PEGASE exercise on 20 November 2012, during which it was simulated the transport of contaminated personnel to the CARA fall back station

Those existing means should be still extended. First, Electrabel intends to use the support of the NLSC mobile “rear base” truck as part of the rear base to be deployed in case of mode HIGH. Secondly, a convention is being established with the German company KHG (*Kerntechnische Hilfsdienst GmbH*), specialized in the intervention for radiological emergency. KHG has 4 distinct groups: (i) an infrastructure group, that can provide with communication and power supplies, (ii) a radiation protection group that can provide various means for RP measurements and protection, (iii) a decontamination group, able to decontaminate contaminated equipments coming back after intervention work and (iv) a remote handling group, providing robots for intervention in irradiating and contaminated environment.

Several preferred locations should be determined in advance for the setting up of the rear base, preferably on GDF-Suez sites. A predetermined list of necessary equipment and infrastructures should be established.

Finally, the support from the non affected site if of course taken into account.

With respect to the management of large spread contamination, Electrabel investigates the use of the dust inhibitors that were sprayed on the damaged buildings of the Fukushima site. A strategy is being developed for the choice and use of contaminants inhibitors and decontamination products. This strategy is a time graded approach of the decontamination works to be performed. A database of decontamination products is set up, taking into account the product characteristics, availability, location, time delivery, etc.

With respect to the availability of RP equipment, the attention is put on the availability at short term, i.e. < 24 h. Although it is not believed that large radioactive releases could occur before 24 h, taking into account the serious accident phenomenology, an enhancement of the RP means at such shorter term than 24 h is even considered. Two main aspects should be reinforced: the availability of RP equipment for the emergency staff that must promptly reach the affected site and the availability of RP protective equipment for the non-needed personnel that has to be evacuated from a contaminated site.

With respect to the knowledge of the radiological situation, one has to distinguish between the calculation of radioactive releases and the in-situ

measurements. Electrabel decided to enhance the assets of the existing calculation code for atmospheric radioactive releases. This code, currently being developed and maintained by SCK-CEN, should be extended with the additional capabilities : multi-unit releases, longer duration of releases (> 24 h), longer range of releases (> 50 km), ability to use different meteorological data, etc.

For in-situ measurements, both sites of Doel and Tihange have extensive RP measuring equipments available that may be used complementary to the TELERAD alarm measuring network (operated by FANC). Both sites of Doel and Tihange have intervention vehicles with embarked RP measuring equipment, among which an NaI spectrometer for surface and air contamination examination. Those vehicles have the GPS coordinates of several tenth of predetermined off-site locations to be analysed.



Fig 3. View of a RP vehicle at Tihange NPP

Finally, with respect to the management of large volumes of contaminated water, Electrabel considers the Japanese experience of the setting up of the water purification facility by the US and European companies (KURION, AREVA, VEOLIA). The idea is to determine the necessary means and the possible service providers for the building of a contaminated water treatment facility and to identify the necessary storage means and locations.

Conclusions

Electrabel (GDF-Suez) performed the stress tests for both nuclear power sites of Doel and Tihange and delivered the associated report end 2011. The stress tests outcome in an ambitious actions plan at short and medium terms, covering several aspects: resistance to earthquake, protection against

external flooding, additional means against the loss of ultimate heat sink and power supplies, reinforcement of severe accident management and emergency plan and preparedness.

For this latter aspect, Electrabel expects to enhance both the availability of RP equipment and the organization of work in case of large radioactive releases and site contamination.

Acknowledgment

The authors also want to acknowledge other colleagues involved in the improvement of radiological means used in EPP: Jean-Claude Lakaye and Thomas Ost.

References

- [1] “Stress Tests specifications – Proposal by the WENRA task force”, 21 April 2011, available at www.wenra.org
- [2] ENSREG Peer Review Country Report, available at www.ensreg.eu

Email

benoit.lance@electrabel.com

CHERNE, A NETWORK TO PROMOTE THE INTEREST OF YOUNGER GENERATIONS IN RADIATION PROTECTION IN RADIOLOGICAL AND NUCLEAR ENGINEERING

**José Ródenas¹, François Tondeur², Isabelle Gerardy²,
Herwig Janssens³**

¹ Universitat Politècnica de València,

Department of Nuclear Engineering, Valencia, Spain

² Haute Ecole P.-H. Spaak, ISIB, Bruxelles, Belgium

³ UHasselt/XIOS, Agoralaan, geb. H, Diepenbeek, Belgium

Abstract

As a significant number of professionals at different levels of education are still required for safely operating and managing nuclear technology and other activities involving the use of radiations, industry, research institutes and universities need to work together to coordinate more effectively their efforts to encourage the younger generation and to develop and promote a program of education and training on Nuclear Engineering and Radiation Protection. To try to fill these objectives the CHERNE network (www.upv.es/cherne/), a non-formal wide-scope open network, was created in 2005 on the basis of an existing collaboration between some European institutions. The network represents a clear added value for students, giving them an access to specialised fields not developed in their own institutions. A clear result obtained so far with the network, mainly with intensive courses developed, is the enhancement of the interest of students and academic authorities on Nuclear Engineering and Radiation Protection. There are presently 20 partners in CHERNE.

Motivation and origin of CHERNE

The educational capacity of many European institutions of higher education in the field of radiological and nuclear engineering has decreased during last decades, because of the conjunction of less interest among students and less interest among academic and political authorities. Furthermore, financial restrictions have made it more difficult to maintain and develop facilities and equipment needed for practical training of students. Each university and country presents a different situation. Many departments had

to reduce their offer and to concentrate it on a few specialities. However, a significant number of professionals at different levels of education are still required for safely operating and managing nuclear technology and other activities involving the use of radiations. Therefore, industry, research institutes and universities need to work together to co-ordinate more effectively their efforts to encourage the younger generation and to develop and promote a program of education and training on Nuclear Engineering and Radiation Protection.

A possible solution is an increasing cooperation at the international level on the educational efforts in Radiological and Nuclear Engineering. Several networks have been developed with this goal. The CHERNE network is a non-formal wide-scope open network created in 2005, [1] with the main objective of enhancing the educational cooperation among partners. Although created in 2005, its first steps were in 2002 with occasion of an IP sponsored by EU [2]. This collaboration between some European institutions was the basis for the creation of CHERNE.

CHERNE organisation

CHERNE stands for **C**ooperation for **H**igher **E**ducation on **R**adiological and **N**uclear **E**ngineering. Its symbol can be seen in figure 1 and it was chosen because cherne is the name of a fish in Portugal and Canary Islands. Presently, there are 20 partners in CHERNE, mostly EU institutions (16), but open to other continents (2) and including individual members (2).

The network is mainly focussed on teaching and learning activities to enhance cooperation, competence and equipment sharing between partners. A declaration [3], signed by all partners, contains details concerning organisation, membership and activities. A minimal administrative organisation is ensured by the Secretary elected at the annual meeting, and the Web page [4] through which the activities of the network are communicated: www.upv.es/cherne/

An Annual Meeting is organised to evaluate activities of the network and discuss new proposals as well as an Annual Workshop open to non-members. For the moment no fee is asked for CHERNE membership.

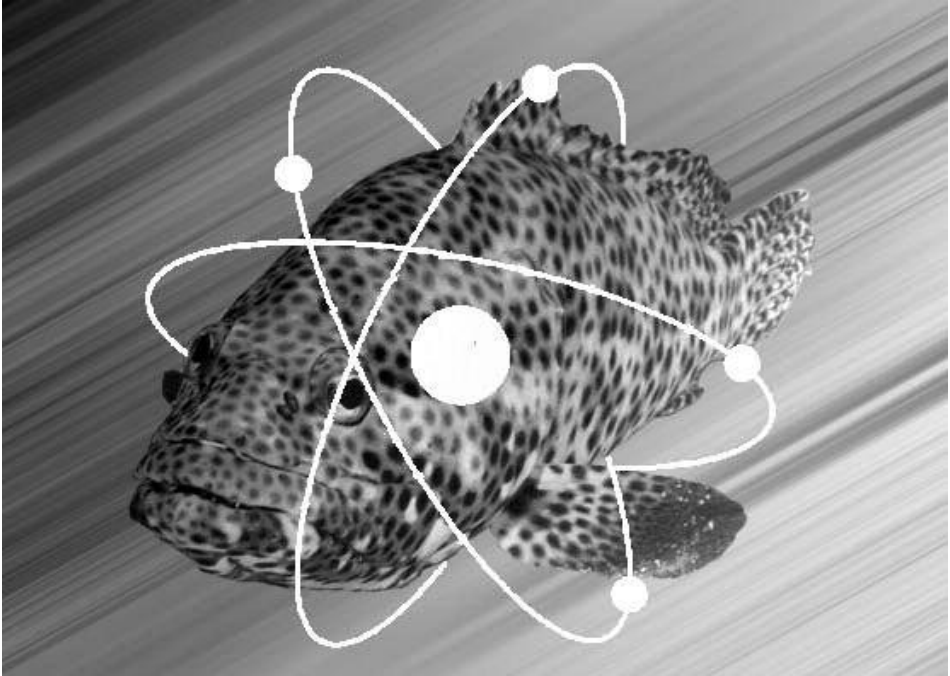


Fig 1. CHERNE symbol.

CHERNE membership

Academic institutions, research institutions, companies or individuals are accepted as members on presentation by two members, including at least one European academic member. Documents for this presentation as well as a detailed list of partners can be found at the official Web site.

Presently, institutions members of CHERNE are the following:

- Belgium : U. Hasselt (XIOS), HE Spaak Brussels
- Czech Republic: CVUT Prague
- Germany: FH Aachen
- Greece: NTUA Athens, Aristotle University Thessaloniki
- Italy: U. Bologna, U. Catania, U. Palermo, U. Messina, Politecnico Milano
- Morocco: Cadi Ayyad U. Marrakech
- Portugal: U. Coimbra, UT Lisboa
- Spain: UPV Valencia, U. Salamanca, UPC Barcelona
- USA: Kansas State University

CHERNE activities

The scope of CHERNE is not limited and any activity related to Higher Education in Radiological and/or Nuclear Engineering can be proposed. A priority is given to teaching activities for the students of the member institutions (mostly at the Master level), but other types of cooperation may also be developed.

Typical activities organized within the network include professor and student exchanges based as much as possible on Erasmus bilateral agreements.

Student exchanges consist mainly of one Erasmus semester for the Master thesis, but it is also the possibility to follow courses abroad. CHERNE helps to establish contacts for ERASMUS PLACEMENT, that is, internship in a foreign company or laboratory. Also several PhD Thesis have been undertaken at different institutions and successfully defended obtaining European Doctorate.

In the framework of professor exchanges numerous courses, seminars and conferences have been organised. A non-exhaustive list:

- Simulation of detector calibration using MCNP
- X-Ray photon spectroscopy calculations
- Introduction to plasma physics
- Protection against Natural Radiation
- Gamma spectrometry: simulation, unfolding, applications
- Methods and applications in radiochemistry
- Advanced signal analysis in nuclear medicine
- Radiation detection
- Dark matter
- NORM, non-nuclear industry
- Monte Carlo techniques
- Introduction to the methods of soft computing in engineering
- Introduction to particle accelerators and linear beam dynamics
- Neutron detection and measurement

Another important CHERNE activity is the organization of technical visits for students and professors. Some examples follow:

- Visit to Chernobyl, June 2011
- Visit to Zwentendorf BWR in Austria, 2012
- During Erasmus IP's :

- Temelin PWR (CZR)
- INP Rez (CZR)
- LNS Catania
- ITN Lisboa
- Belgoprocess
- SCK-CEN Mol: Hades – LHMA
- FZ Jülich
- Proton Therapy Centre, Prague
- During CHERNE workshops
 - Cofrentes BWR
 - SCK-CEN Mol : Guinevere
 - NRC Demokritos Athens

The presence of CHERNE at International Conferences on Education and Training could also be underlined, such as ETRAP [^{2, 5, 6, 7, 8}] NESTet [⁹], EUTERP [¹⁰], ENC [¹¹], IRPA [¹²], and SEFI [¹³].

CHERNE Workshops

Yearly workshops are the occasion for meeting partners and discussions on activities developed during the previous year and planned for the future. So far 8 workshops have been organised including the first one where the network was created, all of them with the title “**Workshop on European Collaboration for Higher Education and Research in Nuclear Engineering and Radiological Protection**”:

- 4-6 May 2005, Valencia (Spain) [¹]
- 13-15 March 2006, Valencia (Spain) [¹⁴]
- 8-10 February 2007, Prague (Czech Republic) [¹⁵]
- 26-28 May 2008, Favignana Island (Italy) [¹⁶]
- 8-10 June 2009, Jülich (Germany)
- 7-9 June 2010, Coimbra (Portugal) [¹⁷]
- 30 May - 1 June 2011, Brussels (Belgium)
- 28-30 May 2012, Athens (Greece)

And the next one:

- 5-7 June 2013, Salamanca (Spain)

International Intensive Courses

An important part of CHERNE activities consists of international intensive courses organized for students of member institutions. The common feature of these courses is a strong practical part in specialized facilities, including in most cases access to large equipment like research reactors and accelerators. Other important features are low fee and cheap accommodation. The language used in these courses, as in all CHERNE activities, is English.

ERASMUS Intensive Programmes organised so far are:

- **PAN** - Practical Approach to Nuclear techniques, 2-week Erasmus IP, 2002-2005. Before the creation of CHERNE and origin of the network. Held in Prague (2002 and 2003) and in Mol and Brussels (2004).
- **SPERANSA** - Stimulation of Practical Expertise in Radiation and Nuclear Safety, 2-week Erasmus IP, 2006-2008. Held in Mol and Jülich (2006); Prague (2007) and Mol and Brussels (2008).
- **ICARO** - Intensive Course on Accelerator and Reactor Operation and Applications, 2-week Erasmus IP, 2009-2011. Held in Lisboa (2009 and 2011) and in Catania and Palermo (2010)
- **JUNCSS** - Jülich Nuclear Chemistry Summer School, 2-week Erasmus IP, 2007-2011. Held in Jülich (Germany)
- **SARA** - Safe Application of Radiation and Radionuclides ^[7,18], 2-week Erasmus IP, 2012-2014. SARA has been presented in detail in another communication at this conference. It has been held in Mol and Jülich (2012); Prague (2013) and it is foreseen in Mol and Diepenbeek (2014).

Submitted for 2014: **MANTRA** - **M**edical **A**pplications of Nuclear **T**echniques and **R**adiation.

Other intensive courses:

- Radiation protection and nuclear measurements in non conventional sectors, ISIB Brussels / XIOS Diepenbeek (Belgium), 2007-2008
- XIMER: Measurement of Environmental Radioactivity, XIOS / ISIB , 2009-2013
- Probabilistic Risk Assessment UPV, Valencia (Spain), 2011
- Monte Carlo methods in radiological and nuclear engineering, ISIB, Brussels, 2010

Conclusions

The network represents a clear added value for students, giving them an access to specialised fields not developed in their own institutions. A clear result obtained so far with the network, mainly with intensive courses developed, is the enhancement of the interest of students and academic authorities on Nuclear Engineering and Radiation Protection. The perspective of the network is to gradually propose more activities, while admitting new partners who can contribute to the network life with new activities and more students benefiting of them. Communication and networking among institutions dealing with education and research in Nuclear Engineering and Radiation Protection help to promote and reinforce the interest in radiological and nuclear technology (including medical nuclear techniques and natural radioactivity), to reduce the fear to nuclear facilities and radiological techniques and to better know protection against ionising radiations. Sustainable development, ALARA culture and ethical justification of radiological techniques [8] are always a background in CHERNE activities. Therefore, it can also contribute to the general education of the public, and to a less incorrect and disorienting presentation of nuclear and radiation issues in the mass media.

Acknowledgements

Last but not least, an acknowledgment must be due to the support of research centres in the organisation of the intensive programmes (SCK-CEN Mol, JRC-IRMM Geel, FANC, INP-CAS Prague, NRPI Prague, INFN-LNS Catania, ITN Lisboa, and several medical centres) and to sponsorship for workshops or intensive courses. In particular: BVS-ABR, Suez, IRE, SCK-CEN, Prince Philippe foundation, Canberra, ECS, Belgoproces; but also: Ministerio de Educación y Ciencia, Bancaja, Iberdrola, Generalitat Valenciana, Banca di San Cataldo, Radius, Greek Atomic Energy Commission, ... Our warm thanks to all of them.

References

- [1] J. Ródenas (ed.), 1st Workshop on European Collaboration on Higher Education and Research in Nuclear Engineering and Radiological Protection, Book of Proceedings (ISBN 84-609-9742-1) Universidad Politécnica de Valencia, 2006.
- [2] T. Cechak, F. Hoyler, H. Janssens, J. Ródenas, U. Scherer, F. Tondeur, Sharing the access to big nuclear facilities for safety training: experience of an ERASMUS intensive programme, 3rd International Conference on Education and Training in Radiological Protection ETRAP 2005, Brussels, Belgium, 23 – 25 November 2005.
- [3] CHERNE, Cooperation for Higher Education on Radiological and Nuclear Engineering, Declaration of Cooperation V-3.0, Athens, 30 May 2012, in [4].
- [4] <http://www.upv.es/cherne/>
- [5] J. Ródenas, A network to enhance collaboration between higher education institutions on radiological protection and nuclear engineering, ETRAP-2009: 4th International Conference on Education and Training in Radiological Protection, Lisbon, Portugal, November 2009.
- [6] J. Ródenas, H. Janssens, F. Hoyler, Activities developed at the CHERNE Network in the framework of Radiological Protection and Nuclear Engineering, ETRAP 2013 5th International Conference on Education and Training in Radiological Protection, 13 - 15 March 2013 Vienna, Austria.
- [7] Cechak, T.; Gerardy, I.; Hoyler, F.; Janssens, H.; Lopes, I.; Tondeur, F., SARA – An intensive program course from the CHERNE network, ETRAP 2013 5th International Conference on Education and Training in Radiological Protection, 13 - 15 March 2013 Vienna, Austria.
- [8] Janssens, H., Sustainable Development, ALARA Culture and Ethics in the E&T Programmes of the CHERNE Network, ETRAP 2013 5th International Conference on Education and Training in Radiological Protection, 13 - 15 March 2013 Vienna, Austria.
- [9] J. Ródenas, A Network to enhance Cooperation for Higher Education on Nuclear Engineering, Nuclear Engineering Science and Technology education and training (NESTet), Budapest, Hungary, 4-8 May 2008.
- [10] J. Ródenas, CHERNE – Cooperation for Higher Education on Radiological and Nuclear Engineering, First EUTERP Platform Workshop, Vilnius, Lithuania, 22-24 May 2007.
- [11] F. Tondeur, J. Ródenas, CHERNE – Developing a Network to enhance Cooperation for Higher Education on Radiological and Nuclear Engineering, European Nuclear Conference 2007 (ENC2007), Brussels, Belgium, 16-19 September 2007.
- [12] J. Ródenas, S. Gallardo, A Network to enhance Cooperation for Research and Higher Education on Radiation Protection and Nuclear Engineering, 12th International

Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-12), Buenos Aires, Argentina, 19-24 October 2008.

- [¹³] L. Musílek, J. Ródenas, *CHERNE – Cooperation for Higher Education in Radiological and Nuclear Engineering*, 1st World Engineering Education WEE2011 SEFI 2011 Annual Conference, Lisbon, Portugal, 27-30 September 2011.
- [¹⁴] J. Ródenas (ed.), *2nd Workshop on European Collaboration for Higher Education and Research in Nuclear Engineering and Radiological Protection*, Book of Proceedings (ISBN 978-84-611-5712-9) Universidad Politécnic de Valencia, 2007.
- [¹⁵] Cechak, T. (ed.), *3rd Workshop on European Collaboration for Higher Education and Research in Nuclear Engineering and Radiological Protection*, Book of Proceedings (ISBN 978-80-01-03662-4) Czech Technical University in Prague, 2007.
- [¹⁶] D. Mostacci, J. Ródenas (eds.), *4th Workshop on European Collaboration for Higher Education and Research in Nuclear Engineering & Radiological Protection (CHERNE 2008)*, Book of Proceedings (ISBN 978-84-613-18568) Università degli Studi di Bologna, Universidad Politécnic de Valencia, 2008.
- [¹⁷] J. Ródenas, I. Lopes (eds.), *6th Workshop on European Cooperation on Higher Education and Research in Nuclear Engineering and Radiological Protection*, Book of Proceedings (ISBN 978-84-614-7597-1) Universidade de Coimbra, Universidad Politécnic de Valencia, 2011.
- [¹⁸] F. Tondeur, I. Gerardy, F. Hoyler, T. Cechak, H. Janssens, I. Lopes, *SARA, Safe Application of Radiation and radionuclides*, an ERASMUS Intensive Programme in radiation safety, International Symposium 50 Years BVS – ABR, 8-10 April 2013, Brussels, Belgium.

Email

jrodenas@iqn.upv.es

tondeur@isib.be

gerardy@isib.be

herwig.janssens@uhasselt.be

ABOUT ACTUAL CHALLENGE IN NUCLEAR EDUCATION – TOWARDS SUSTAINABILITY

Andrejs Dreimanis

Radiation safety centre of the State Environmental Service, Division
Licencing and Register, Riga, Latvia

Abstract

It is proposed to develop a common interdisciplinary approach to nuclear education, taking into account that i) the public awareness and knowledge level about nuclear energy problems is different, ii) public perception of nuclear risks markedly differs from scientific assessment of these risks, iii) the inherent incompleteness in data on nuclear safety.

The key methodology is: 1) the self-organization concept, 2) the principle of requisite variety. As a primary source of growth of internal variety is proposed information and knowledge. The following issues are considered related to nuclear education a) nuclear risks and their perception, b) human resource development, c) advanced research and nuclear awareness improvement, d) multi-level confidence building to the nuclear power use.

We have shown that public education, social learning and the use of mass media and internet are efficient self-organization mechanisms, thereby forming a knowledge-creating community. Such a created knowledge could facilitate solution of key socio-technical nuclear issues as a) public acceptance of novel nuclear objects, b) promotion of adequate risk perception, c) fostering of interest to nuclear energy being a key common factor of nuclear sustainability both in the personnel and the public area. Comprehensive knowledge management and informational support firstly is needed in such issues as: a) general nuclear awareness, b) personnel education and training, c) reliable staff renascence, d) public education.

Introduction

The solution of global ecological, energetic and economic sustainability consisting in increasing the relative weight of nuclear power use, requires to ensure nuclear safety and security. Specific characteristics of nuclear energy force to develop advanced – professional as well as public – education approaches, with the aim to solve two basic constituents of nuclear sustainability in order: 1) to maintain and develop reliable professional human resources, 2) to gain positive public attitude to existing as well as forthcoming novel nuclear facilities.

Nuclear energy brings real as well as imaginary risks to global security and environmental safety. Huge complexity and specific characteristics of nuclear energy leads to aggravated public perception of associated risks and such public perception of nuclear risks markedly differs from scientific assessment of these risks. Main features of nuclear risks – a) low probability of accidents, b) their heavy global character of with long-term harm consequences. Such growing public concern about possible nuclear risks and decision making policy in nuclear areas may endanger forthcoming development of novel advanced nuclear projects.

These nuclear risks and the growing complexity of nuclear energy management on the whole force us to develop novel forms of complex problem solution, decision making and social communication approaches with the aim to gain public confidence to find reliable and confident solutions of further use of nuclear energy, thereby, strengthening the basic conditions of sustainable development of mankind and assuring the global society in the safety of nuclear energy. As a possible way towards solution of these problems one can propose to develop an interdisciplinary approach to societal optimization of nuclear energy management, including risk perception communication. Recognizing a key role of education, communication and knowledge about nuclear energy issues in improving public attitude, we propose a synergetic societal optimization approach based on the requisite variety principle.

2. Existing problems and threats in the peaceful use of nuclear energy

A set of problems and controversies has emerged due to the use of nuclear energy in different peaceful and military purposes, including: a) political and environmental inter- and intra-national concerns about nuclear power plant safety, b) the treat of proliferation of weapons of mass destruction, c) environmental and security problems related to safe transport and disposal of radioactive waste, d) psycho-social problems of risk perception and acceptance of official nuclear energy management policy and projects.

2.1 Operational safety and accident prevention

The basic aim of nuclear power plant (NPP) safety is the prevention of nuclear accidents (Three Mile Island, Chernobyl and Fukushima cases) and incidents, in order to ensure people life and health, environment and

economics. They can have also significant transboundary effects (as in the Chernobyl case) and raise the concerns of the public about the safety of nuclear energy and the radiological effects on people and the environment [1]. Among the main components of the NPP operational safety failures one should accent the following ones –

- a) external disasters (earthquakes, tsunami, floods),
- b) human factors and human resources,
- c) technical incompleteness and mistakes [2].

2.2 The nuclear terrorism threats

Nowadays the nuclear threats have the following main constituents: a) a set of heavy hazards caused by the attack on, or sabotage of, nuclear facility or a transport vehicle; b) the acquisition of nuclear weapons by the theft; c) manufacturing explosive devices using stolen nuclear materials; and d) the use of radioactive sources in radiological dispersal devices.

Due to the increasing globalization tendencies, in particular, the spread of secure nuclear information and technologies, a remarkable part of countries have potential capability to acquire nuclear material and technologies and to become a new nuclear proliferation centre.

Attacks on nuclear facilities (mainly - NPPs, also – research reactors, fuel processing and storage facilities) could bring about heavy damages and disruptions, large economic losses, and have potentially very significant health impacts. So, an explosion or fire, or a crash into such a facility could lead to a giant release of radioactive material. Attacks on such objects as spent-fuel storage facilities endanger the nuclear safety and security also because such areas are generally in a lesser extent protected against various attacks in comparison to NPPs.

2.3 Human Factors

The known NPP nuclear accidents emphasized the high importance of maintenance and contributed in developing also appropriate human resources in the nuclear safety and nuclear emergency preparedness. Only sufficiently qualified and properly trained personnel can ensure the performance of NPP operation without human errors. On the other hand, the growing public concern about possible nuclear risks - manifesting in real risks and nuclear threats as well as imaginary risks nuclear fear originated due to inadequate risk perception - may endanger forthcoming acceptance and development of

novel advanced projects of efficient use of nuclear energy. These items illustrate our task: to develop the necessary human resources, to educate all relevant groups of society and to involve them in decision-making.

3. Societal optimization of nuclear energy management – key items of methodology

The huge practical experience accumulated in nuclear energy management and the studies on societal issues in this area show that nowadays it is difficult to perform main tasks of nuclear energy management and, especially – to develop and implement novel nuclear facilities (NPPs, radioactive waste (RW) repositories, etc.) without involving society. On this basis one can suppose predominance of societal factors in solving the nuclear energy issues, especially those related to siting of nuclear objects. Thus, as a key to modern governance of nuclear energy management could be considered stakeholder involvement, having been already recognized in international binding documents [3-4], forums and researches [5-6].

However, in parallel with the implementation and the observation of legislative instruments, efficient involvement of various groups of stakeholders having different interests, development of socially favourable and technically advanced nuclear projects requires to promote approaches, based on stakeholder education, information, communication and interactions.

3.1 Stakeholder awareness level – the key parameter of societal optimization

Multidisciplinary complexity and special characteristics of nuclear energy management lead to aggravated public perception of associated risks and such public perception of nuclear risks markedly differs from scientific assessment of these risks. The important role of public education, distribution of all relevant information and development of communication options in the areas of the spent nuclear fuel and RW management safety is stressed - via setting up a requirement to make information on the safety of nuclear objects available to public [3, 4].

Being aware of decisive role of public informing and society participation, our approach to societal optimization of nuclear activities is to analyze the role of knowledge and information in this management. Let us take into account that: i) the public awareness and knowledge level about nuclear

energy management problems is different, and ii) the inherent incompleteness in data on nuclear safety. Therefore, the key points we choose are the principles which could be managed with the qualities knowledge and information qualities: 1) a self-organization (SO) concept, 2) the principle of the requisite variety.

3.2 Synergetic approach

As nuclear energy management nowadays has acquired a multidisciplinary nature, thus, it can be considered as an object of an interdisciplinary science – synergetic [7] being a tool for description of complex system evolution. Due to growing social activity also in the nuclear area, there is swelling such global tendency as a shift from relations based on separation, control and manipulation towards participation, appreciation and SO [8]. It is well known that development of qualitatively novel structures is associated with SO processes – spontaneous creation of a collective order in interactions between initially independent components, and that the basic mechanisms of SO [9] can be attributed to information phenomena [10]. Taking into account the decisive role of information and knowledge in the management of stakeholder involvement, we apply the synergetic concept – SO – to information and knowledge aspects [10], with the aim to consider key societal nuclear management issues.

3.3 Adaptation and the principle of requisite variety

For our aims we use also the “principle of SO” [11]: „a dynamical system, independently of its type or composition, always tends to evolve towards a state of equilibrium”. We will base also on the adaptation concept: „if we consider a particular part of the original, self-organized system as the new “system”, and the remainder as its “environment”, then the part will be necessarily adapted to the environment” [11]. Taking such a self-organized nature of adaptation as a basic criterion of social optimization we choose the principle of requisite variety, stating: *for successful development of a given system (e.g. human being(s)) in external environment its internal variety should exceed the variety of its environment*”. In such an approach enabling us to consider social optimization as social adaptation we should also specify a content of the meanings i) external environment, ii) internal variety, iii) a given system.

3.4 Self-organization of stakeholder community

Taking into account marked changes in the societal environment for decision making in siting of nuclear facilities [12], let us define - in analogy with the concept of human's three worlds [13] - the concept "external environment" as an non-equilibrium creation including: (1) the natural environment, (2) the social world, (3) artificial environment – a set of objects and conditions emerging as the result of human activities. In such case the concept "external environment" includes a set of physical, ecological socio-economic and other factors. Thus, a necessary condition of successful adaptation to a changing *external* environment and optimization of interactions with such environment will be the predominance of humans' internal complexity over the environmental complexity. The growing complexity of the external environment, markedly displayed in the decision-making on siting of facilities, demands to develop approaches to manage the societal requirements to the siting of new nuclear facilities. Emphasizing two key factors - information and knowledge - via which we relate to our environment by SO processes [14] and taking into account that the knowledge about the world contains possible interactions between subjects, we can propose to reveal relations between different stakeholder groups and their concerns and to find possible forms of SO of such stakeholder groups into a stakeholder community having common aims. Such a joint stakeholder community is considered as the *given system*.

4. Social learning and optimization of risk perception

4.1 Social learning via a self-organizing web

Thus, our task of optimization of stakeholder involvement can be formulated as the need to develop activities increasing the internal complexity of the joint stakeholder community. Viewing knowledge as a complexity factor, all forms of stakeholder involvement, their education and mutual interactions can be classified as mechanisms of societal optimization, increasing the internal variety. Firstly, it can be achieved via social learning, thus diversifying interaction between stakeholders. A key mode of this interaction could be the recognition of the need to contact other stakeholder groups - to increase their knowledge level and to enhance mutual understanding. As the knowledge itself is able to self-organize [15], the whole process of learning and educating of stakeholders can emerge in

a *knowledge creating stakeholder community* able to use novel [16] knowledge management forms, e.g., the Internet - a system, renewing the knowledge storage mechanism by producing new informational content [17].

These global web networks have certain SO properties, including self-adaptation to changes in operating environment, to self-healing, and – just the internet will facilitate SO of a social community in a self-organized social network. Thus, Internet as a modern communication networks can be considered as an important case of SO, thereby facilitating [9] information retrieval. For the case of geological repository development such web-based approach, being an advanced way for all stakeholders to access permanently updated data, has already been developed and applied with the aim to provide socially informed decision making [16].

4.2 Optimization of risk perception

The role of social learning soundly appears in risk communication. Importance of uncertainties in management displays in: 1) confidence building for safety assessments, 2) in the decisive role of the unknown factors [18] in determining risk perception by the public, 3) in the social learning where the basic component of social learning can replenish – adaptation – by handling uncertainty [19] – deficiency in the necessary information. Thus, as the perceived risk of a nuclear facility could be regarded as a function of the knowledge of facility issues [18], the role of social learning in solving risk perception issues can be shown in the following way: the unknown factor of perceived risk can be diminished via social learning where affected communities become familiar with nuclear issues.

There is also another side of social learning: the ability to understand how the community perceives all possible as well as imaginary risks. To reach such understanding one could propose a program aimed to identify public and other stakeholder concerns. This could be achieved by increasing – via versatile communication and stakeholder involvement – the levels of such trust components [20] as openness, caring and competence enabling to include these items in the decision-making mechanism and raising the decision-making capacity of stakeholder community and public acceptance.

5. Development of human resources

In the line with the elaborated concept of information and knowledge role in optimization of risk management and finally fostering safe management of nuclear energy, an important task consists in preparing and preserving for NPP and other nuclear facilities highly professional personnel having advanced reliable knowledge and skills allowing the personnel to operate effectively. This aim is to be realized mainly via [21]:

- a) education at all levels, especially using modern international education networks (as ENEN (European Nuclear Education Network), ANENT (for Asia), WNU ;
- b) training – for all categories and ages of nuclear workers, in the frame of International Atomic Energy Agency (IAEA), Euratom and otherwise supported training courses;
- c) research and knowledge management, using modern databases, electronic portals and capabilities of specific projects, e.g., in the frame Euratom Framework Programmes.

5.1 Basic challenges in nuclear education

In line with the long-term experience regarding education of high-level professionals, it is important to attract and motivate young-age pupils to certain area of activities. In particular, inclusion of basic nuclear knowledge in secondary level education could promote attraction of young people to professional nuclear education [22]. Besides, acquisition of sufficient level of nuclear awareness already at school will promote more reasonable perception of radiation and nuclear risks and improve attitude of population towards nuclear activities.

In turn, the university level education should stress the research as well as engineering aspects, including collaboration with universities, providing [22]:

- i) scholarships for students of nuclear science, by motivating them to choose nuclear options and establishes early contact between students and the industry;
- 2i) acquisition of initial experience at a nuclear site, promoting supply of nuclear industry with young generation professionals and preservation of specific nuclear knowledge,
- 3i) possibility for professionals to participate in the development and delivering advanced education courses and lectures.

5.2 Development of research activities

Interdisciplinary approach seems really important in such an integral component of education as research, thus providing the synergy of knowledge acquisition and generation of novel knowledge, which should elevate nuclear safety level and improve public attitude to nuclear industry. Among the main research directions in radiation and nuclear safety we should focus:

- 1) at the areas highlighted by the real and potential accident and to study and get safe solutions for critical situations;
- 2) to develop novel safe and efficient technologies, e.g., next generation reactors – in the frame of various international projects and forums - GIF, MDEP, INPRO;
- 3) to clarify possible impact of nuclear energetic practices on the people health and take relevant measures to minimize such impact, namely, such issues as: i) low-dose ionising radiation risks, ii) radiation effects on the molecular and genetic levels, iii) development of scientific monitoring system.

6. Nuclear education and awareness – the keystones of confidence building

Bearing in mind that one of the basic goals of nuclear education is to reinstall public trust in nuclear energy, the world-wide scale of nuclear activities causes presently the need to build confidence at all organizational levels:

- 1) global level, via
 - a) United Nations activities aimed at reaching political settlement of discrepancies related to the use and proliferation of weapons of mass destruction, with a possible use of an approach, based on social SO, of minimization of controversies,
 - b) IAEA activities aimed at the safe and secure use of the use of nuclear energy/materials, education and assurance of global community of peaceful use of nuclear energy
- 2) regional level – seeking the optimal solutions of NPP safe running, decommissioning and RW disposal; the studies being included in the Euratom Framework Programmes;

3) national level - education of personnel and society, 2-way communication, openness.

7. Conclusion

On the basis of interdisciplinary science concepts, the decisive role of information and knowledge in the societal optimization of nuclear energy management area has been described. It is shown that self-organized social learning, knowledge and risk management could promote adequate perception of risk and prevent, by diminishing uncertainties, social amplification of an imagined risk, as well as increase the trust level.

References

- [1] Declaration of IAEA Minister Conference on Nuclear Safety, Vienna, 20 June 2011, INFCIRC/821, 2011.
- [2] Safety of Nuclear Power Reactors, <http://www.world-nuclear.org/info/inf06.html>, 2011.
- [3] Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, IAEA, IAEA-INFCIRC-546, 1997.
- [4] Århus Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters, UNECE, 1998.
- [5] Stakeholder Involvement Techniques: short guide and annotated bibliography, Forum of Stakeholder Confidence, No. 5418, OECD NEA, 2004.
- [6] Nuclear Power for the 21st Century, (Int.Minister. Conf.), IAEA, OECD NEA, Paris, 2005.
- [7] R.K.Mishra, ed., On Self-Organization: an Interdisciplinary Search for a Unifying Principle, Springer, Berlin, 1994.
- [8] S.Sterling, Whole systems thinking as a basis for paradigm change in education: explorations in the context of sustainability, Doct Thesis, <http://www.bath.ac.uk/cree/sterling.htm>
- [9] F.Heylighen, The Science of self-organization and adaptivity, <http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/EOLSS-Self-Organization.pdf>
- [10] H. Haken, ed., Information and Self-Organization: an Interdisciplinary Search for a Unifying Principle (Springer Ser. in Synergetic), Berlin, Springer, 2000.
- [11] W. R. Ashby, Design of Brain–The Origin of Adaptive Behaviour, London, Chapman and Hall, 1952.
- [12] Stepwise approach to decision making for long-term RW management: experience: guiding principles, Forum of Stakeholder Confidence, OECD NEA, No. 4429, 2004.
- [13] C. Popper, J. Eccles, The Self and Its Brain, Berlin, Springer, 1977.
- [14] R.Keel-Sleswik, Artefacts in software design, Software Development and Reality Construction, in: Software Development and Reality Construction, R. Floyd., Eds. Berlin: Springer; (1992), 168-188.
- [15] A. Kobsa, Knowledge representation: a survey of its semantics, a sketch of its semantics, Cybernetics and Systems, 15 (1984) 41-89.
- [16] H.Takase, Development of on-line performance assessment system, Proc. Int. Conf. Environm. Remediation and RW Management. Oxford, UK, Sept. 21-25, 2003 (CD-ROM ICEM03-4874), 2003).

- [17] C. Fuchs, The Internet as a self-organizing socio-technological system, *Cybernetics and Human Knowing*, 12 (2005) 57-81.
- [18] W.H. Desvousges, Perceived risk and attitudes toward nuclear wastes: national and Nevada perspectives, in *Public Reactions to Nuclear Waste*, R.E Dunlap, ., Eds. Durham: Duke University Press (1993) 176-208.
- [19] M.Conrad, *Adaptability*, New York Plenum Press, 1983.
- [20] J. Petts, Trust and waste management information versus observation, *J.Risk Res*, 1 (1998) 307-320.
- [21] U.Yoshimura, 2 questions to, *Eurosafe Tribune - Innovations in nuclear safety and security*, 19, (2011) 32.
- [22] Status and trends in nuclear education. IAEA Nuclear energy series, ISSN 1995–7807; NG-T-6.1, 2011.

Email

andrejs.dreimanis@rdc.vvd.gov.lv

SARA, SAFE APPLICATION OF RADIATION AND RADIONUCLIDES, AN ERASMUS INTENSIVE PROGRAMME IN RADIATION SAFETY

**François Tondeur^a, Isabelle Gerardy^a, Friedrich Hoyler^b,
Lenka Thinova^c, Tomas Cechak^c, Herwig Janssens^d, Isabel Lopes^e,
and the CHERNE network**

^aHaute Ecole P.H.Spaak, Bruxelles, Belgium,

^bFH Aachen, Jülich, Germany,

^cCeske Vysoke Uceni Technicke v Praze, Praha, Czech Republic,

^dUHasselt/XIOS, Diepenbeek, Belgium,

^eUniversidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Abstract

The paper presents SARA, a 2-week Erasmus intensive programme devoted to radiological safety, organised by the CHERNE network in 2012 and 2013..

The Erasmus Intensive Programmes

For more than ten years, the partners of the CHERNE network [1] organize specialised teaching activities for students in radiological and nuclear engineering. CHERNE is an open European network for cooperation in higher education on radiological and nuclear engineering, developed as a contribution against “less interest among students and less interest among the academic and political authorities for the field of radiological and nuclear engineering”. Many of these activities are developed in the framework of the Erasmus programme. Among these, the IP’s (Intensive Programmes) play a prominent role.

An IP is an innovative teaching programme, which can be funded by the Erasmus programme during 3 years, and which must involve:

- at least 3 academic partners from the EU,
- at least 10 students coming from a state different from the one where the IP is organised,

- at least 10 days of full-time teaching activities.

In the past, CHERNE organised the following Erasmus IP's: "PAN, practical approach to nuclear techniques" (2002-2004), "SPERANSA, stimulation of practical expertise in radiological and nuclear safety" (2006-2008), "JUNCSS, Jülich nuclear chemistry summer school" (2008-2010) and "ICARO: intensive course on accelerator and reactor operation and applications" ((2009-2011). The intensive programmes organised by CHERNE give a strong attention to the practical training of the students, with an access to large experimental facilities when possible. SPERANSA was also organised in 2005 without EU funding, as well as JUNCSS in 2007 and 2011.

SARA, Safe Application of Radiation and Radionuclides

The SARA intensive programme was accepted for the years 2012-2013-2014. It is a 2-week course including mainly practical exercises mixing the two aspects underlined in the title: application and safety. One of the most attractive aspects for the students is the opportunity to have practical work with large installations thanks to the collaboration of research centres.

Ten partner institutions are involved in the project, which is coordinated by CVUT Prague:

- Ceske Vysoke Uceni Technicke v Praze, Praha, Czech Republic
- Haute Ecole P.H.Spaak, Bruxelles Belgium
- Fachhochschule Aachen, Jülich, Germany
- Universiteit Hasselt, Diepenbeek, Belgium
- Universidade de Coimbra, Portugal
- Università degli Studi, Bologna, Italy
- Università degli Studi, Catania, Italy
- Università degli Studi, Palermo, Italy
- Universidad Politécnica de Valencia, Spain
- Universidad de Salamanca, Spain.

The programme is supervised by a task group (the authors of this contribution). The target group is students in engineering or physical science at the Master level, but students at the Doctorate level may also be admitted. The course language is English.

Background

The use of ionising radiation and radionuclides increases in several fields, while regulatory constraints concerning radiological safety and environmental protection are becoming stricter. A strong demand for jobs like “radiation protection expert” or “medical physicist” is seen but, in many European countries, education in radiological safety is very limited, sometimes absent, at the Master level. In the past decades, it suffered from the decline of education in the nuclear field: fewer students, teaching staff and infrastructure. Though the safe use of radioactive sources and ionizing radiation requires, besides a strong theoretical background, a practical experience, many surviving institutions only have limited resources to train the students in the laboratory. The high costs of equipment make it extremely difficult to maintain up to date laboratories in educational institutions. Moreover the opportunities to get access to large scale facilities like nuclear reactors and accelerators for educational purposes are very limited. Another challenge is the globalization in all professional areas, in particular the free circulation of radiation protection experts within the EU. Cooperation between different institutions is now mandatory, and large scale facilities should actively participate in the educational process. Cooperation exists between regulatory bodies and, to lesser extent, between providers of professional training in radiation safety, but should be extended to academic bodies.

Objectives and outcomes of the Intensive Programme

The main objective of this practical course in radiological safety is to give students the opportunity to practically study the safety constraints and organisation of the applications of ionising radiation and radionuclides, including environmental protection. This is done in real working situations, including an access to large facilities (nuclear reactor and particle accelerator) which are not available in most of the partner institutions. The context of radiological safety, from the medical and ethical point of views, is included.

The main activities are practical exercises using the research centre facilities, and installations in the organising university and/or hospital installations. The exercises are introduced by lectures and complemented by an “ALARA” workshop prepared by the students on the implementation of

the radiological optimisation principle, and a debate on the ethical aspects of radiation safety. The practical exercises are organized in international subgroups, mixing different profiles (physics and engineering) and allowing the participants to communicate and interact with students from different countries and backgrounds. At the end of the course, each subgroup has to present an oral synthesis of one among the exercises.

The expected learning outcome is the experience of the practical constraints of radiation safety and the consciousness of the rigorous approach that is necessary in this field, bearing in mind the associated ethical aspects. Other outputs are a booklet of documentation which is also made available as a CD-ROM and on the web site of the IP installed on the site of the Czech Technical University in Prague, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering [2]. Another “product” of the IP is a database for Erasmus placement in the field of radiation and radionuclide applications and safety. The assessment of the students is done by a jury composed of professors from several partner institutions. It is based on three main elements:

- the written and oral presentations in the ALARA workshop, prepared by the students in advance in their own university,
- the oral presentation of the synthesis of the exercises, prepared and presented in subgroups mixing the different nationalities,
- the final MCQ exam with questions related to the contents of the lectures.

A certificate is issued by the coordinating university (CVUT Prague) for the successful participation, indicating the contents, the number of ECTS credits (4) and the mark in the ECTS scale. The vast majority of “A” and “B” marks shows that the students assimilated the contents of the programme.

SARA contents and organisation

In 2012, the SARA intensive programme was organised in two sites: the first week in Mol (Belgium) and the second one in Jülich (Germany). The 2013 edition was organised in Prague (Czech Republic), and the IP will come back to Belgium in 2014.

The IP was followed in 2012 by 18 students from 6 countries. The first week of the course was organised in collaboration with SCK-CEN and JRC-IRMM. The programme included:

- 4 lectures, on activation analysis, radiological emergencies, health risks of external and internal exposition to radiation, dosimetry in radiation protection
- 3 practical exercises at SCK-CEN: neutron activation, radiological emergency, anthropogammametry
- 2 practical exercises at JRC-IRMM, dose mapping, cross section measurement
- 3 visits: LHMA, Hades, Belgoprocess
- 1 ALARA workshop, with case presentations and discussion by the students
- 2 social activities

The second week in FHA Jülich included:

- 4 lectures on control of environmental radioactivity, radioactive waste monitoring, positron emission tomography, X-ray techniques
- 3 practical exercises: positron tomography, XRFA, radwaste monitoring
- 1 visit: FZ Jülich
- synthesis preparation and presentation by the students
- final MCQ exam
- quality control round table
- 2 social activities
- 1 cultural activity: visit to Köln

In 2013, the programme of the IP was organised by CVUT Prague with the collaboration of NRPI and INP-CAS and included the following activities:

- 8 lectures on activation analysis, radiological emergencies, health risks of external and internal exposition to radiation, dosimetry in radiation protection, control of environmental radioactivity, radioactive waste monitoring, positron emission tomography, X-ray techniques
- 5 exercises at CVUT: 3D gel dosimetry, X-ray fluorescence analysis, characterisation of a gamma beam, and two exercises with the Sparrow reactor: reactor dynamics, neutron activation analysis
- 3 exercises at NRPI: Anthropogammametry, environmental radioactivity monitoring, alpha spectrometry
- 3 exercises at INP-CAS: SSB and DSB in irradiated DNA, etched track detector as LET spectrometer, radiocarbon dating
- 1 ALARA workshop, with case presentations and discussion by the students

- 1 conference-debate on ethics of radiological risk governance
- 2 visits: Czech proton therapy centre, Tokamak fusion reactor
- synthesis preparation and presentation by the students
- final MCQ exam
- quality control round table
- 4 social activities
- 2 cultural activities: visit to Prague, visit to a glass factory.

Practical exercises at SCK-CEN, JRC-IRMM, NRPI and INP-CAS were prepared and accompanied by colleagues from these research centres. Other exercises, lectures, and organisation, were ensured by professors from partner universities.

Quality control

The last activity of the IP is the “quality round table” in which students must fill a questionnaire and discuss the good and less good aspects of the programme. The questionnaire includes a mark for each of the activities, as well as open comments.

The course was generally well appreciated. The average mark on a scale from 0 to 5 was 3.93 in 2012 (with 19 well appreciated items in the 4-5 range, 9 in the 3-4 range, and 3 less appreciated in the 2-3 range), and 3.94 in 2013 (20 items in the 4-5 range, 17 in the 3-4 range, 1 in the 2-3 range and 1 in the 1-2 range).

This good impression should be slightly softened when observing that the students appreciate more, on the average, the extra-pedagogical aspects (organisation, visits, social and cultural events obtain an average 4.45) than the pedagogical ones (lectures, exercises, ALARA workshop, student assessment, get 3.70 on the average). Although this may reflect a natural preference for the activities in which the student must not be intellectually active, it also reflects the difficulty for the organisers to prepare a programme which would be optimal for all participants, because of the diversity of the group: some of them are future engineers, others are physicists, some of them have a true specialisation of several years in radiological and nuclear science, others only follow a semester, or even less, in this speciality.

The comments and the round table showed that the ALARA workshop was probably the most difficult activity for the students. Even with the support of an introductory document available long before the workshop, it was very difficult for students with almost no experience in radiation protection to fully understand the ALARA approach. Despite this difficulty, the organisers considered that the outcome of the workshop presentations and discussions was very positive and they decided to maintain this activity in the programme for 2013 and 2014.

The most enthusiastic comments were about the international collaboration in the work, and the opportunity to work with installations and specialists of research centres. We believe that this latter aspect, letting students encounter the real work life at a high level, can be very motivating for them and can strongly contribute to attract them, in particular to the field of radiation safety.

Acknowledgements

We warmly thank SCK•CEN, JRC-IRMM, NRPI and INP-CAS and the colleagues of these institutions who participated in the IP, for their continuing support to SARA and other initiatives of the CHERNE network.

References

- [1] <http://www.upv.es/cherne/>
- [2] <http://sara.fjfi.cvut.cz/>

Email

tondeur@isib.be

gerardy@isib.be

hoyler@fh-aachen.de

Tomas.cechak@fffi.cvut.cz

herwig.janssens@uhasselt.be

isabel@coimbra.lip.pt

