

ANNALEN
VAN
DE BELGISCHE VERENIGING
VOOR
STRALINGSBESCHERMING

VOL. 18, N° 1

1e trim. 1993

Driemaandelijkse periodiek
1050 Brussel 5

Périodique trimestriel
1050 Bruxelles 5

ANNALES
DE
L'ASSOCIATION BELGE
DE
RADIOPROTECTION

Hoofdredacteur

Dr M.H. Faes
Fazantendreef, 13
B- 3140 Keerbergen

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.

INHOUD - SOMMAIRE

- Statuts	5 - 6
Statuten	7 - 8
- Liste des membres - Ledenlijst	9 - 26
- Conseils aux Auteurs	27 - 28
Richtlijnen voor Auteurs	29 - 30
Instructions to Authors	31 - 32
- J.J. VAN BINNEBEEK	
L'Echelle internationale des Evénements nucléaires - Utilisation de INES	33 - 49
- P. GOVAERTS	
Stralingsbeschermingsonderzoek op het SCK/CEN	51 - 60
- Th. ZEEVAERT, P. GOVAERTS	
De Ontmanteling van de BR3-Reaktor, een Opportuniteit voor ALARA-Toepassing en Onderzoek	61 - 79
- A.R.L. VAN ROMPAY	
Stand van Zaken van de Implementatie van het ALARA-Principe in de Belgische Kerncentrales	81 - 95
- Droit de Réponse - Recht op Antwoord	97 - 103

Association belge de Radioprotection

STATUTS

(approuvés en séance constitutive, le 9 avril 1963, modifiés en assemblées générales les 8 février 1975, 5 décembre 1981 et 5 décembre 1986)

Article premier

L'ASSOCIATION BELGE DE RADIOPROTECTION a pour but:

1.- d'étudier toutes les questions de caractère exclusivement scientifique, relatives à la protection des individus et des collectivités, contre les dangers pouvant résulter des radiations ionisantes et non ionisantes.

Elle favorisera notamment les recherches de toute nature ainsi que les enquêtes entreprises dans ce but et couvrira toutes les disciplines universitaires intéressées;

2.- de contribuer, par tous les moyens, à l'étude des aspects scientifiques de la radioprotection, notamment par une collaboration étroite de toutes les disciplines scientifiques intéressées;

3.- de faciliter la participation de la BELGIQUE à des organismes internationaux ou à des congrès ayant pour objet la protection contre les radiations ionisantes et non ionisantes.

Article 2

L'Association se compose de membres effectifs et de membres associés. Les membres effectifs sont soit détenteurs d'un diplôme universitaire, soit ingénieurs industriels occupés dans le domaine de la radioprotection. Les membres associés sont toutes autres personnes intéressées par les problèmes de radioprotection.

L'Assemblée générale, sur proposition du Bureau, peut conférer le titre de Président d'Honneur et de Membre d'Honneur.

Article 3

Les membres effectifs et les membres associés sont admis, par l'Assemblée générale, à la majorité absolue des membres effectifs présents.

Le vote par scrutin secret sera obligatoire chaque fois qu'il sera demandé par un membre effectif présent.

Toute candidature de membre doit être présentée par 2 membres effectifs et annoncée à l'ordre du jour de l'Assemblée générale suivante.

Avant d'être soumise au vote de l'Assemblée, la candidature des membres associés aura dû être préalablement admise par l'unanimité des membres du Bureau.

Article 4

La cotisation annuelle est fixée, chaque année, lors de l'Assemblée générale.

Article 5

L'Association pourra publier, dans un organe qu'elle jugera approprié, le compte rendu des séances et les travaux et communications qui auraient été présentés devant l'Assemblée, après approbation du Bureau de l'Association.

Article 6

L'Association est dirigée par un Bureau composé des personnes suivantes: un président, un premier vice-président (futur président), un deuxième vice-président (président sortant), un secrétaire général, un secrétaire général adjoint (futur secrétaire général), un trésorier, un secrétaire permanent.

Le Bureau compte en outre 12 membres au maximum. De plus, il pourra s'adjoindre divers conseillers pour étudier des problèmes particuliers.

Article 7

Le Bureau composé de membres effectifs est nommé pour deux ans, sauf le Secrétaire Général qui est nommé pour 4 ans, par l'Assemblée générale statutaire qui a lieu dans la première quinzaine de décembre, les comptes de l'Association étant clôturés au 30 novembre.

A l'exception du Président, les membres sortants sont immédiatement rééligibles à la même fonction.

Les élections ont lieu à la majorité absolue des voix des membres effectifs présents. Elles se feront au scrutin secret si le voeu en est exprimé par deux membres au moins.

En cas de vacance de l'une des fonctions de membre du Bureau, il est procédé lors de la plus prochaine assemblée, à l'élection d'un remplaçant. Le nouveau membre élu achève le mandat de son prédécesseur. L'élection est annoncée par la voie ordinaire des convocations.

Article 8

Le Bureau a pleins pouvoirs pour convoquer les assemblées. Le nombre de réunions ne peut être inférieur à 3 par an. Une Assemblée générale extraordinaire doit être convoquée dans les 30 jours, à la demande écrite, signée par dix membres au moins.

Le Président et le Trésorier présenteront leur rapport sur l'exercice écoulé à l'Assemblée générale statutaire de décembre.

Article 9

Toutes les questions non prévues par les présents statuts sont tranchées par le Bureau qui soumettra sa décision à la ratification de l'Assemblée générale statutaire.

Article 10

Les modifications aux présents statuts ne peuvent être décidées que par l'Assemblée générale statutaire de décembre à la majorité des 2/3 des membres présents.

La convocation devra être accompagnée du texte des modifications proposées.

Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming

STATUTEN

(Goedgekeurd in de constitutieve zitting van 9 april 1963 gewijzigd door de algemene vergaderingen van 8 februari 1975, 5 december 1981 en 5 december 1986)

Artikel een

De BELGISCHE VERENIGING VOOR STRALINGSBESCHERMING heeft tot doel:

1. al de vraagstukken met uitsluitend wetenschappelijk karakter betreffende de bescherming van de individuen en de gemeenschappen, tegen de gevaren die kunnen voortspruiten uit ioniserende en niet ioniserende stralingen, te bestuderen. Zij zal namelijk navorsingswerk van alle aard, evenals onderzoek daar toe ondernomen, bevorderen in alle belanghebbende universitaire disciplines.
2. met alle middelen bij te dragen tot de studie van de wetenschappelijke aspecten van de stralingsbescherming, namelijk door een nauwe samenwerking te verwezenlijken tussen alle belanghebbende wetenschappelijke disciplines.
3. de deelname van België te vergemakkelijken aan internationale organismen of congressen die de bescherming tegen ioniserende en niet ioniserende stralingen tot oogmerk hebben.

Artikel twee

De Vereniging bestaat uit effectieve leden en geassocieerde leden. De effectieve leden zijn, of houder van een universitair diploma, of industriële ingenieurs werkzaam in het domein van de stralingsbescherming. De geassocieerde leden zijn alle ander personen die, belangstellen in de stralingsbescherming.

De algemene vergadering kan op voorstel van het bureau de titel van Erevoorzitter en Erelid toekennen.

Artikel drie

De effectieve leden en de geassocieerde leden worden door de algemene vergadering aangenomen bij volstrekte meerderheid van de aanwezige effectieve leden.

De geheime stemming zal verplicht zijn telkens ze door een aanwezig effectief lid zal worden gevraagd.

De kandidatuur van ieder lid moet voorgedragen worden door twee effectieve leden, en aangekondigd op de agenda van de volgende algemene vergadering. Vooraleer aan de stemming van de vergadering onderworpen te worden, moet de kandidatuur van geassocieerde leden vooraf en bij eenparigheid aanvaard zijn geworden door de leden van het bureau.

Artikel vier

De jaarlijkse bijdrage wordt ieder jaar tijdens de algemene vergadering vastgelegd.

Artikel vijf

De Vereniging mag in een orgaan, dat zij als gepast beschouwt, het verslag van de vergaderingen, de werken, en mededelingen publiceren die in de vergadering werden voorgedragen, na toestemming van het bureau van de Vereniging.

Artikel zes

De Vereniging wordt geleid door een bureau samengesteld uit de volgende personen: een voorzitter, een eerste ondervoorzitter (toekomstig voorzitter), een tweede ondervoorzitter (uittredende voorzitter), een secretaris generaal, een adjunct secretaris generaal (toekomstige secretaris generaal), een penningmeester, een bestendige secretaris.

Het bureau omvat bovendien ten hoogste 12 leden. Daarenboven zullen verschillende raadgevers kunnen toegevoegd worden om speciale problemen te bestuderen.

Artikel zeven

Het bureau, samengesteld uit effectieve leden wordt benoemd voor twee jaar, behalve de secretaris generaal die benoemd wordt voor vier jaar, door de algemene statutaire vergadering die zal gehouden worden tijdens de eerste veertien dagen van december. De rekeningen van de Vereniging worden afgesloten op 30 november.

De voorzitter uitgezonderd, zijn de uittredende leden, onmiddellijk herkiesbaar in dezelfde functie. De verkiezingen hebben plaats met absolute meerderheid van stemmen van de aanwezige effectieve leden. Zij zullen bij geheime stemming plaats grijpen zo de wens hiertoe wordt uitgesproken door tenminste twee leden. In geval één der functies bij het bureau vakant is, wordt tijdens de eerst volgende vergadering een vervanger gekozen ter beeindiging van het mandaat van zijn voorganger. De verkiezing wordt aangekondigd langs de gewone weg van oproeping.

Artikel acht

Het bureau heeft de volmacht om vergaderingen samen te roepen. Het aantal vergaderingen mag niet kleiner zijn dan 3 per jaar. Een buitengewone algemene vergadering moet bijeengeroepen worden binnen de dertig dagen, op schriftelijke aanvraag ondertekend door tien effectieve leden.

De voorzitter en de penningmeester zullen hun verslag over het afgelopen dienstjaar voorleggen op de algemene statutaire vergadering van december.

Artikel negen

Al de aangelegenheden die in de onderhavige statuten niet voorzien zijn, worden door het bureau afgehandeld, dat zijn beslissing zal onderwerpen aan de goedkeuring van de algemene vergadering.

Artikel tien

Over de wijzigingen van de huidige statuten kan slechts worden beslist door de algemene statutaire vergadering van december met een twee-derde meerderheid van de aanwezige effectieve leden.

De oproeping zal moeten vergezeld zijn van de tekst van de voorgestelde wijzigingen.

LISTE DES MEMBRES

LEDENLIJST

ABSIL P.	Semihoc Avenue Jouret 12 B-7800 ATH	Dr
ALDERHOUT J.	Landbouw Hogeschool Wageningen,NL Luxemburglaan 5 B-2440 GEEL	Chim
APERS D.	UCL Naamsesteenweg 507 B-3001 HEVERLEE	Chim
BAEKELANDT L.	ONDRAF/NIRAS Condédreef 1 B-8500 KORTRIJK	Phys
BAETSLE L.H.	CEN/SCK Berkvenstraat 98 B-2400 MOL	Dr.Ir.
BAEYENS L.	De Verenigde Industriën Nieuwewandeling 83 B-9000 GENT	Dr
BARBE M.	CBMT Bisschoppenhoflaan 284,bus 8 B-2100 DEURNE	Dr
BARE H.	Goudenregenlaan 8 B-2610 WILRIJK	Dr
BAUDELET C.	AIB.Vinçotte Rue d'Acoz 97 B-6200 CHATELET	Ir
BAUGNET J.M.	CEN/SCK Europawijk 5 B-2440 GEEL	Ir
BETTONVILLE V.	Nablon le Pierreux 28 B-4590 OUFFET	Dr
BEUMIER A.	UCL Pl E. Keym 43, Bte 17 B-1170 BRUXELLES	Math
BLOMMAERT W.	Belgoproces St.Amandsesteenweg 333 B-2880 BORNEM	Dr.Sc.
BODART F.	UCL Rue Deprez 5 B-5004 BOUGE	Math
BODART J.L.	MDN STFT/CT Martelarentstraat 181 B-1800 VILVOORDE	Ing.Ind.
BOESMAN I.	IKMO Brugge Nelestraat 13 B-9050 GENTBRUGGE	Dr
BOLLANSEE M.	Electrabel KCD Scheldemolenstraat EBES B-9130 DOEL	Ing.Tech.
BOLLEN R.	Agfa-Gevaert Septestraat 27 B-2640 MORTSEL	Dr
BOOMPUTTE D.	UZ KUL Delesluzestraat 17 B-2600 BERCHEM	Ing.Ind.

BOSSUYT A.	AZ VUB Heerstraat 119 B-3511 HASSELT	Dr
BOUCKAERT G.	Bareellaan 25 B-2950 KAPELLEN	Dr
BOUDENGEN B.	Keusekouter 57 B-9031 DRONGEN	Chim
BOULENGER R.R.	Rue de Bossière 5 B-5032 MAZY	Phys
BOURDA Z.	RUG Gordunakaai 18 B-9000 GENT	Dr
BOURGOIGNIE R.	RUG Ed. de Cuypersstraat 1 B-8400 OOSTENDE	Dr.Sc.
BRAECKEVELDT M.	ONDRAF/NIRAS Koning Albertlaan 78 B-9000 GENT	Ing.Ind.
BROUWERS J.F.	SPMT Com. Franç. Rue de la Clissure 34 B-4130 ESNEUX	Dr
BURTON O.	IRCO Rue de Londres 11 B-4020 LIEGE	Agr
CARLIER P.	SMI MSR-IGD MSR Drève de Nivelles 61 B-1150 BRUXELLES	Dr
CAROYER J.M	Fonds Mal. Prof Rue Odon Warlant 144 B-1090 BRUXELLES	Dr
CASTELEYN L.	Ter Bronnenlaan 4 B-1910 KAMPENHOUT	Dr
CAUSSIN J.	UCL Rue Vanden Bossche 27 B-1140 BRUXELLES	Ing.Tech.
CHAVEE B.	De Verenigde Industriëen Branssedreef 21 B-2880 BORNEM	Dr
CLAEYS K.	UZ Leuven Max Temmermanstraat 10 B-2920 KALMTHOUT	Dr
COBBAUT L.	UZ Gent Speistraat 34 B-9030 GENT-MARIAKERKE	Dr
COLARD J.	CEN/SCK Chemin des Baraques 11 B-1380 OHAIN	Phys
COMPTDAER Y.	Westinghouse.Nucl.Int. Ebeslaan 4 B-9120 KALLO	Ir
CONSTANT R.	IRE Av. du Nord de Gilly 220 B-6220 FLEURUS	Dr.Sc.

COOMANS J.	AIB-Vinçotte Jos Ratinckxstraat 5, bus 2 B-2600 BERCHEM	
CORDIER J.M.	CBMT 6e Avenue 76 B-6001 MARCINELLE	Dr
CORNELIS G.	OCMW Blankenberge Zavelstraat 75 B-3071 ERPS-KWERPS	Dr
COTTENS E.	MSP-SPRI/DBIS Lindestraat 14 B-8790 WAREGEM	Dr.Sc.
CULOT J.P.	CoRaPro Rijtenhof 17 B-2400 MOL	Dr.Sc.
CZERWIEC W.	Electrabel Wilgengaarde 8 B-1702 GROOT-BIJGAARDEN	Ir
CZERWIEC-POTE J.	Wilgengaarde 8 B-1702 GROOT-BIJGAARDEN	Ir
DANCKAERS A.M.	Industries Réunies Rue Robberechts 268 B-1780 WEMMEL	Dr
DEAN A.	Philips-MBLE Rue des Deux-Gares 80 B-1070 BRUXELLES	
DEBAUCHE A.	IRE Rue Saint-Lambert 17A B-1457 TOURINNES-SAINT-LAMBERT	Ir
DEBOODT P.	CEN/SCK Boeretang 278/B6 B-2400 MOL	Phys
DECLERCQ-VERSELE H.	MSP-IHE Rue Juliette Wytzman 14 B-1050 BRUSSEL	Chim
DECLERK A.	KUL Sneppedreef 12 B-8200 BRUGGE	Dr
DECORT M.	AIB-Vinçotte Via Rogorella 9 I-21020 BODIO LOMNAGO (VA)	Ir
DEGREEF M.	Medibra/Brussel Leuvensesteenweg 399 B-3070 KORTENBERG	Dr
DEJONGHE C.	Santé & Travail Av. Henri Jaspar 128 B-1060 BRUXELLES	Dr
DELABARRE P.	Shell Grote Baan 286 B- 9310 HERDERSEM	Dr
DELHOVE J.	AIB-Vinçotte Avenue du Roi 157 B-1060 BRUXELLES	Ir
DELWAIDE P.	ULg Rue des Bonnes Villes 1 B-4000 LIEGE	Dr

DEMUYNCK H.	RUG Lakenmeerstraat 46 B-9810 NAZARETH	
DENEEF J.	MSP Kalkestraat 116 B-9255 BUGGENHOUT	Dr.Sc.
DERIDDER L.	MHO-Olen Lelielaan 13 B-2460 LICHTAART	Ing.Ind.
DEROO M.	Herendreef 26 B-3001 HEVERLEE	Dr
DESAEDELEER G.	Westinghouse.Nucl.Int. Rue du Champion 21 B-1070 BRUXELLES	Dr.Sc.
DESMEDT M.	MSP-SPRI/DBIS Av. des Crois de Feu 207 B-1020 BRUXELLES	Ing.Ind.
DE SPIEGELEER M.	UCL Avenue de l'Armée 110 B-1040 BRUXELLES	Ing.Ind.
de THIBAUT de BOESINGHE L.	RUG St. Martensstraat 10 B-9000 GENT	Dr
DETILLEUX E.	ONDRAF/NIRAS Straatsburglaan 32 B-2400 MOL	Dr.Sc.
DETROUX L.	UCL Langeveld 101 B-1180 BRUXELLES	Dr
DETROYER A.	Union Minière c/o Melle Brisbois,Gulledelle 92 B-1200 BRUXELLES	Dr.Sc.
DEVEIRMAN M.	APRIM Solvynstraat 48 B-2018 ANTWERPEN	Dr
DEVROEGH H.	AZ-VUB Alex Pierrardstraat 9 B-1070 BRUSSEL	Dr
DEWILDE P.	Intermédicale Le Corbusierlaan 1 B-2050 ANTWERPEN	Dr
DIERCKXSENS J.	Interbedrijfsgeneeskundige Dienst Kempen Molderdijk 24 B-2400 MOL	Dr
DISCRY J.P.	Cockerill-Sambre Rue Ch. Magnette 10c, Bte 031 B-4000 LIEGE	Dr
DISTELMANS W.	VUB Lindenlaan 35 B-1860 MEISE	Dr
DOR L.	Route de Philippeville 15 B-6280 LOVERVAL	Dr
DOUMONT P.	Electrabel CNT Les Golettes 104 B-4500 TIHANGE	Ir

DOUWEN M.	Metallurgie Hoboken Sint Theresiastraat 72 B-2400 MOL	Ir
DRESSE H.	Electrabel Warandeborg 41 B-1970 WEZEMBEEK-OPPEM	Ir
DREZE P.	CAMIRA Rue J. Delhaye 11 B-5001 BELGRADE	Chim
DRYMAEL H.	AIB.Vinçotte Rue du Repos 11 B-1180 BRUXELLES	Ir
DUFOUR J.M.	Rue de la Venne 5 B-6880 BERTRIX	Chim
DULCINO J.	CEN/SCK Beemdestraat 4 B-2300 TURNHOUT	Chim
DUSONG M.	Tractebel Roeselarestraat 4 B-9550 SINT-ANTELINKS	Ir
DUYCK P.	Monterreystraat 62 B-9000 GENT	Dr
EGGERMONT G.	IRTE Rid. Soenenspark 33 B-9051 SINT-DENIJS-WESTREM	Dr.Sc.
FAES M.	Fazantendreef 13 B-3140 KEERBERGEN	Dr
FEREMANS W.	ULB Av. Château de Walzin 9, Bte 1 B-1180 BRUXELLES	Dr
FERRARI P.	Belgoprocess Duifhuizen 24 B-2200 HERENTALS	Ind
FIEUW G.	CEN/SCK Molderdijk 126/2 B-2400 MOL	Ir
FILOT C.	SMIDEB Rue de l'Yser 42 B-4840 WELKENRAEDT	Dr
FOSSOUL E.	Belgonucléaire Avenue d'Huart 221 B-1950 KRAAINEM	Ir
FRANCHOIS H.	Electrabel KCD Dennenlaan 74 B-9120 HAASDONK	Ir
FRANCIS C.	SMIDEB Rue du Palais 27 B-4800 VERVIERS	Dr
FRANCK E.	Hoogovens Aluminium Haesendonckstraat 51 B-1800 VILVOORDE	Dr
FRAPPEZ G.	SMIB Rue Belliard 100 B-1040 BRUXELLES	Dr

FUGER J.M.	ULg Ch. Anal. Radio. B6 ULg B-4000 SART-TILMAN LIEGE	Dr.Sc.
GARSOU J.	ULg Rue Ed. Jacquemotte 53 B-4020 JUPILLE/MEUSE	Dr.Sc.
GEBRUERS B.	IBEVE Alfons Dewitstraat 69 B-3078 MEERBEEK	
GENET P.	Avenue Vénus 14 B-1410 WATERLOO	Dr
GENICOT J.L.	CEN/SCK Rue d'Otreppe 7 B-5380 BIERWART	Ing.Ind.
GENS R.	ONDRAF/NIRAS Rue Stanislas Fleussu 52 B-4300 WAREMME	Dr.Sc.
GEVA G.	Cockerill-Sambre Avenue des Eglantines 19 B-6110 MONTIGNY-LE-TILLEUL	Dr
GILL C.	MSP-SPRI/DBIS Rue Victor Allard 118 B-1180 BRUXELLES	Phys
GIOT J.L.	SEMILUX Rue de Focagne 8 B-6990 HOTTON	Dr
GODECHAL D.	AIB-Vinçotte Rue de Crenwick 56 B-4250 GEER	Ing.Ind.
GODFROI E.E.	Rue Méry 28/012 B-4000 LIEGE	Dr
GOENS J.	CEN/SCK Av. des Petits Bois 16 B-1640 RHODE-ST-GENESE	Ir
GOOSSENS H.	FBFC Leopoldlaan 16 B-2400 MOL	Ir
GOVERNEUR J.C.	IMETRA-Charleroi Rue des Noisetiers 3 B-6120 NALINNES	Dr
GOVAERTS P.	CEN/SCK Stijn Streuvelsstraat 26 B-2390 MALLE	Ir
GOVAERTS P.	AIB-Vinçotte Avenue des Chasseurs 44 B-1410 WATERLOO	Ir
GOYVAERTS H.	Berthold Fr. Schollaertstraat 4 B-3010 KESSEL-LO	Ing.Ind.
GREER J.L.	Tractebel Rue des Viaducs 101 B-7020 NIMY	
GUILLAUME J.	ULg Rue de la Vieille Tour 2 B-4030 LIEGE	

HAGELEN J.	Intequip Nucleair Nieuwstraat 142 B-3140 KEERBERGEN	Tech. adv.
HALLOT R.	Santé & Travail Av. H. Jaspar 128 B-1060 BRUXELLES	Dr
HARDEMAN F.	CEN/SCK Wellensestraat 13 B-3800 ST-TRUIDEN	Dr.Sc.
HAUSTERMANS R.	APRIM Paviljoendreef 37 B-2970 SCHILDE	Dr
HAVAUX A.	AIB-Vinçotte Av. des Avocettes 15 B-1420 BRAINE-L'ALLEUD	Ir
HENKINBRANT J.M.	SMIDEB Rue Tribomont 18 B-4800 VERVIERS	Dr
HENRIST M.	ULg Rue Prof. Mahaim 3 B-4102 OUGREE	Dr.Sc.
HERBILLON G.	MET Chemin de Clairefontaine 93 B-6700 ARLON	Ir
HERMANS J.	St. Jan-Brugge Malehoeklaan 136 B-8310 BRUGGE	Ing. Ind.
HERZEELE M.	CCE Grentebierg 19 L-6246 RIPPIG	Ing.ind.
HEUSE A.	ULB Rue Ten Bosch 85, Bte 78 B-1050 BRUXELLES	Dr
HIEMELEERS J.	Metallurgie-Hoboken Leemanslaan 35 B-2250 OLEN	Chim
HOLLMANN J.J.	Helgeson Scientific Services Av. de Montalembert 19 B-1330 RIXENSART	Ing.Com.
HOLMSTOCK L.	CEN/SCK Paradijs 32 B-2360 OUD-TURNHOUT	Dr
HUBERT E.H.	UEEB Drève de Soetkin 58A B-1070 BRUXELLES	Ir
HUBLET Fr.	Exgemed SPRL Av. des Croix de Feu 1/29 B-7100 LA LOUVIERE	Dr
HUBLET P.	MET Rue Kindermans 14 B-1050 BRUXELLES	Dr
HUNIN Chr.	AIB-Vinçotte Avenue du Roi 157 B-1060 BRUXELLES	Ing. Ind.
HURTGEN Chr.	CEN/SCK Boeretang 200 B-2400 MOL	Dr.Sc.

HUYSKENS C.	T.H.Eindhoven Stralingsbesch.Dienst.Pb 513 NL-5600 EINDHOVEN	Ir
JACOBS R.	RUG Grotenbroek 44 B-9890 SEMMERZAKE-GAVERE	Dr.Sc.
JACQUES P.	IBEVE Interleuvenlaan 58 B-3001 LEUVEN	Dr
JACQUET	Electrabel CNT Centrale nucléaire de Tihange B-4500 TIHANGE	Ir
JANOWSKI M.	CEN/SCK CEN/SCK Dept.Biologie B-2400 MOL	Dr.Sc.
JANSSENS A.	CCE 34 An der Retsch L-6980 RAMELDANGE	Dr.Sc.
JANSSENS H.	IHGL-Mol Chrysantenlaan 10 B-2400 MOL	Dr.Ir.
JOLIVET A.	CCE 190 Boulevard Bineau F-92200 NEUILLY-SUR-SEINE	Dr
JONCKHEER M.	VUB Laarbeeklaan 101 B- 1090 BRUSSEL	Dr
JOSKI E.L.	Stad Gent Baudelohof B- 9000 GENT	Dr
KAY E.	CBMT Rue F. Dubois 45 B- 1310 LA HULPE	Dr
KIRCHMANN R.	ULg Rue Cardinal Cardijn 5 B-4680 OUPEYE	Agr
KRUSE A.	De Verenigde Industriëen Frankrijklei 82 B-2000 ANTWERPEN	Dr
LADRIELLE T.	AIB-Vinçotte Av. Charles de Lorraine 20 B-1420 BRAINE-L'ALLEUD	Dr.Sc.
LAFONTAINE A.	MSP Bd Brand Whitlock 95 B-1200 BRUXELLES	Dr
LAFONTAINE I.	Transnubel Chemin du Tilleul 17 B-1380 OHAIN	Chim
LAMBOTTE J.M.	MSP-SPRI/DBIS Venelle des Mérisiers 24 B-1301 BIERGES	Ing.Ind.
LANDGRAF A.	GBMT Rue Armand Borif 6 B-4342 HOGNOUL	Dr
LARDINOIS A.	CPAS-Bruxelles Avenue des Glycines 10 B-1030 BRUXELLES	Dr

LECLERE R.	MSP Rue de la Seigneurie 150 B-1130 BRUXELLES	Ir
LECOMTE P.	ULB Bloemendal 7 B-1650 BEERSEL	Dr
LEEKENS J.	IDEWE Koekoekstraat 2 B-3530 HOUTHALEN	Dr
LEJEUNE P.	MSP Av. Commandant Lothaire 50 B-1040 BRUXELLES	Dr
LEJEUNE S.	ULB-Erasme Av. Provinciale 7 B-1341 CEROUX-MOUSTY	Ir
LENS Ch.	Bayer Kanaaldok B1 B-2040 ANTWERPEN	Dr
LEONARD R.	Santé & Travail Lammekenslaan 14 B-8300 KNOKKE-HEIST	Dr
LEPOUTRE M.	Siemens-CBMT Bisschoppenhoflei 2 B-2930 BRASSCHAAT	Dr
LINCHET G.	Avenue Napoléon 3 B-1420 BRAINE-L'ALLEUD	Dr
LION G.	Avenue des Chataigniers 10 B-1150 BRUXELLES	Dr
LIPPENS V.	Electrabel KCD Scheldemolenstraat 96 B-9130 DOEL	Ing.Ind.
LUYKX F.	CCE Wagner Building L-2920 LUXEMBOURG	Ir
LUYTENS J.	Tramstraat 30 B-2260 OEVEL	Dr
MAISIN H.	UCL Rue Capitaine Linard 11 B-1390 BOSSUT-GOTTECHAIN	Dr
MAISIN J.	UCL UCL 54.69 Av. Hippocrate 54 B-1200 BRUXELLES	Dr
MALENGREAUX J.	Electrabel Rue au Long Pré 17 B-4053 EMBOURG	Ir
MAMBOUR C.	AIB-Vinçotte Rue Sainte-Anne 34 B-6238 LUTTRE	Ing.Tech.
MANCHE P.	Technitest Brusselsesteenweg 90 B-1800 VILVOORDE	Ir
MARCHAL A.	Electrabel Bd du Régent 8 B-1000 BRUXELLES	Ir

MARTENS G.	CPAS-Bruxelles Rue Duysburg 29 B-1090 BRUXELLES	Dr
MATHIEU Ph.	ULg Rue E. Solvay 21 B-4000 LIEGE	Ir
MEERT D.	Canberra-Packard-Benelux Pontbeeklaan 57 B-1731 ZELLIK	
MEERT L.	KUL Kastanjestraat 8 B-3945 HAM	
MERCHIE G.	ULg Avenue A. Mahiels 7/051 B-4020 LIEGE	Dr
MERGAN Y.	Avenue Beau Séjour 63 B-1180 BRUXELLES	Dr
MEULEMANS P.	Electrabel KCD EBESlaan 28 B-9120 BEVEREN(KALLO)	Ir
MICHA E.	CCE Bd G.-D. Charlotte 2-4 L-4070 ESCH/ALZETTE	
MICHAUX J.	Chaussée de Châtelet 59, bte 2 B-6060 GILLY	Dr
MINET P.	Quai de l'Ourthe 31 B-4130 TILFF	Dr
MINON J.P.	Belgoproces Sijsjesstraat 64 B-2400 MOL	Ir
MOLITOR F.	MET Rue Paquay 14 B-4052 BEAUFAYS	Ir
MONARD E.	MSP Kastanjelaan 3 B-3030 HEVERLEE	Ir
MOORTGAT A.	Electrabel Roosbroekstraat 17 B-1982 ZEMST	Ir
MOTTE F.	CEN/SCK Boeretang 284 B-2400 MOL	Ir
MOUREAU J.C.	MSP Rue de Crayer 7 B-1050 BRUXELLES	Ir
MYTTENAERE C.	UCL Chaussée de Huy 52 B-1325 CHAUMONT-GISTOUX	Dr.Sc.
NORDVIK N.	SNCB Av. de Tervueren 116 B-1040 BRUXELLES	Dr
NUYTS R.	MET Ijstvogellaan 13 bus 27 B-1170 BRUSSEL	Ir

PAUWELS E.	VUB De Gheeststraat 6 B-9300 AALST	Ir Chim.
PEELMAN J.	Kleine Reinaertdreef 18 B-9830 SINT-MARTENS-LATEM	Dr
PIERART P.	Université de Mons Av. du Champ de Mars 24 B-7000 MONS	Bio
PIRET P.	ULg Avenue Clemodeau 195C B-4550 VILLERS-LE-TEMPLE	Ir
PIRON A.	ULB-Bordet Av. des Méneestrels 100 B-1080 BRUXELLES	Phys
POELAERT M.	UCL Chemin des Collets 80 B-5100 WEPION	Phys
POFFYN A.	RUG Wielewaalstraat 18 B-9820 MERELBEKE	Dr.Sc.
POLAK A.	Landré-Intechmij Zandstraat 34 B-3580 BERINGEN	
POSEN P.	GEDILO VZW Kunstlaan 20 B-3500 HASSELT	Dr
QUAEGHEBEUR L.	CBMT Dr Vande Perrelei 37 B-2140 BORGERHOUT	Dr
QUOIDBACH A.	Tractebel Avenue Ariane 7 B-1200 BRUXELLES	Ir
REGIBEAU A.	UCL Rue de l'Ornoy 22 B-1435 MONT-St-GUIBERT	
RENARD A.	Belgonucléaire Avenue Ariane 2-4 B-1200 BRUXELLES	Ir
ROCTEUR Ph.	MDN Avenue Laure 38 B-1080 BRUXELLES	Chim
ROMBOUTS J.	KUL E. Kufferathlaan 47 B-1020 BRUSSEL	Dr
ROOSEMONT G.	MSP-SPRI/DBIS Via Rogorella 9 I-21020 BODIO LOMNAGO (VA)	Chim
RUBENS J.	St Vincentiuskliniek Van Schoonbekestraat 66 B-2018 ANTWERPEN	Dr
SABLON H.	Electrabel KCD Scheldemolenstraat B-9230 DOEL	Ir
SAINTMARD C.	Electrabel CNT Centrale de Tihange, Av. de l'Industrie 1 B-4500 TIHANGE	Ir

SALMON J.	ULg Rue de Sélys 71 B-4053 EMBOURG	Chim
SAMAIN J.P.	MSP-SPRI/DBIS Rue des Masnuy 77 B-7050 JURBISE	Ir
SANNEN H.	Transnubel Lorzestraat 90 B-2480 DESSEL	Chim
SCHONKEN P.	KUL Halewijnlaan 12 B-3060 BERTEM	Chim
SCHOULEUR L.	Philips-MBLE Rue des Deux Gares 80 B-1070 BRUXELLES	Dr
SEVRIN F.	Hôpital Jolimont Pl. de la Résistance 1 B-6560 GRAND-RENG	Dr
SMEESTERS P.	MSP-SPRI/DBIS Rue de Bricgniot 130 B-5002 NAMUR	Dr
SMONS A.	ULg Parc du Bay Bonnet 5/31 B-4620 FLERON	Chim
SOHIER A.	CEN/SCK Boeretang 204/25 B-2400 MOL	Phys
SOOGEN M.	Taxanderlei 45 B-2900 SCHOTEN	Dr
SPORCQ A.	Westinghouse Rue de Stalle 73 B-1180 BRUXELLES	Dr
STEEN D.	Tempelstraat 17 B-8640 VLETEREN	Dr
STEVENS F.	SMIB Rue Belliard 100 B-1040 BRUXELLES	Dr
STIEVENART-GODEAU	Avenue A. Huysmans 206, bte 10 B-1050 BRUXELLES	Dr.Sc.
SWENNEN B.	Overpelt-Olen Weilandstraat 3 B-2360 OUD-TURNHOUT	Dr
SWYSEN H.	SMIB Bd A. Reyers 148 B-1040 BRUXELLES	Dr
THIELEMANS Chr.	CMBT Clos Sainte-Anne 16 B-1332 GENVAL	Dr
THIERENS H.	RUG Populierenstraat 12 B-9112 SINAAI	Dr.Sc.
THYSSENS L.	Veiligheidskontrole Maarschalk Gerardstraat 27 B-2000 ANTWERPEN	Ir

TONDEUR F.	ISIB Steenweg op Rosières 124 B-3090 OVERIJSE	Dr.Sc.
TOUSSAINT J.	Berkenlaan 7B B-2610 WILRIJK	Dr
UYTTENHOVE J.	RUG Soenenspark 32 B-9051 SINT-DENIJS-WESTREM	Dr.Sc.
UZZAN G.	CEA-France B.P. n°6 F-92260 FONTENAY-AUX-ROSES	Ir
VAN BLADEL L.	MSP-SPRI/DBIS Lindenstraat 31 b2 B-1800 VILVOORDE(PEUTIE)	Dr
VAN BOSSTRAETEN C.	CoRaPro Frankrijklaan 10 B-2440 GEEL	Ir
VANCAUWENBERGHE J.P.	AIB.Vinçotte Chemin du Grand Bois 20 B-1380 OHAIN	Ir
VAN CLEEMPUT J.	De Familie Haachtsebaan 17 B-2580 PUTTE	Dr
VANDAM J.	St. Rafael Leuven Radiotherapie B A.Z. St.Rafael B-3000 LEUVEN	Dr
VAN DAMME J.	CBMT Rue Léopold 19 B-6000 CHARLEROI	Dr
VANDECASTEELE Chr.	CEN/SCK Avenue des Camélias 41 B-1150 BRUXELLES	Ing.Agr.
VANDEGEHUCHTE M.	CoRaPro Boeretang 275/33 B-2400 MOL	Ir
VANDENDAMME R.	Forum Nucléaire Belge Avenue Lloyd George 7 B-1050 BRUXELLES	Ir
VANDENEDEE R.	APRIM Heidestraat 8 B-2660 HOBOKEN	Dr
VANDERLINCK A.	UCL Chée de Nivelles 67 B-1472 GENAPPE	Phys
VAN DER STRICHT E.	CCE Domaine de Brameschhof 27 L-8290 KEHLEN	Chim
VAN DEYCK D.	Belgonucléaire Pronkenbergstraat 59 B-2550 KONTICH	Phys
VANDORPE M.	Transnubel Turnhoutsebaan 151 B-2400 MOL	Ir
VAN EYKEREN M.	RUG Boswilddreef 7 B-9940 ERTVELDE	Dr

VAN GERWEN I.	Lamorinièrestraat 221 B-2018 ANTWERPEN	Ir
VANGRIEKEN R.	U.I.A. Dept. Scheikunde Universiteitsplein 1 B-2610 WILRIJK	Dr.Sc.
VAN LOON R.	Dept. ELECT-TW VUB Pleinlaan 2 B-1050 BRUSSEL	Dr.Sc.
VANMALDER M.	AIB-Vinçotte Brusselsesteenweg 346 B-1785 BRUSSEGEM	
VANMARCKE H.	CEN/SCK Toemaathoek 45 B-2400 MOL	Dr.Sc.
VANMIEGHEM E.	CEN/SCK Keizershoevestraat 34 B-2610 WILRIJK	Dr
VANROMPAY A.	Electrabel KCD Laagland 18 B-9130 KIELDRECHT	Ing.Ind.
VANSINA F.	Wijnbergenstraat 51 B-3010 KESSEL-LO	Dr
VAN VLIET J.	Belgonucléaire Weikantlaan 34 B-1850 GRIMBERGEN	Ir
VEREYCKEN I.	Janssen-Pharmaceutica Bloemenlei 60 B-2640 MORTSEL	Dr
VERMEIREN P.	IHGL-Mol Dr. E. Van Dammestraat 37 B-2660 HOBOKEN	Dr.Sc.
VERMEIREN R.	SABENA St. Lenaartsesteenweg 75 B-2310 RIJKEVORSEL	Dr
VREYS H.	MSP-SPRI/DBIS Galgenbergstraat 14 B-3000 LEUVEN	Dr.Sc.
WALTHERY R.	UZ-Leuven Kon.Louisa-Mariaalaan 55 B-3970 LEOPOLDSBURG	Ing.Ind.
WALTHOFF P.	Electrabel KCD EBESlaan 24 B-9120 BEVEREN-KALLO	Ir
WAMBERSIE A.	UCL Rue A. Matton 30 B-1325 DION-VALMONT	Dr
WANET P.	DADRI sprl Rue Gréat 39 B-1450 CORTIL-NOIRMONT	Dr.Sc.
WESPES J.P.	Tractebel Allée de la Fragne 6 B-1400 NIVELLES	Ir
WILLE C.	Mediprax H. Hartlaan 19 B-8400 OOSTENDE	Dr

WILLEMS H.	CBMT Haachtsbaan 17 B-2580 PUTTE	Dr
WILLEMS K.	MET Baasrodestraat 188 B-9200 DENDERMONDE	Ir
WILLEMS P.	Medicon Kappellestraat 14 B-8610 KORTEMARK	Ing.Ind.
WILLIOT Chr.	Communauté-Française Rue des Renoncules 19 B-1170 BRUXELLES	Dr
WINANT M.	Fabricom Rue du Caudia 117 B-7170 MANAGE(BOIS-D'HAINE)	
WOICHE C.	ULB-Erasme Pijpestraat 11 B-1570 TOLLEMBEEK	Ir
WULLAERT L.	St. Jan Brugge Duivenplein 6 B-8000 BRUGGE	Ing.Ind.

ABREVIATIONS - AFKORTINGEN

CCE	Communautés Européennes - Europese Gemeenschappen
Electrabel CNT	Electrabel Centrale nucléaire de Tihange
Electrabel KCD	Electrabel Kerncentrale Doel
MDN	Ministère de la Défense Nationale - MLV Ministerie van Landsverdediging
MET	Ministère de l'Emploi et du Travail - MTA Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid
MSP	Ministère de la Santé Publique - MVG Ministerie van Volksgezondheid
SNCB	Société Nationale des Chemins de Fer Belges - NMBS Nationale Maatschappij d.Belgische Spoorwegen
Agr	Diplômé en Agronomie - Diploma in de Landbouwkunde
Chim	Diplômé en Chimie - Diploma in de Scheikunde
Dr	Diplômé en Médecine - Diploma in de Geneeskunde
Dr.Ir.	Docteur en Sciences Appliquées - Dokter in de toegepaste wetenschappen
Dr.Sc.	Docteur en Sciences-Dokter in de Wetenschappen
Ing.Com.	Ingénieur Commercial - Handelsingenieur
Ing.Ind.	Ingénieur Industriel - Industrieel ingenieur
Ing.Tech.	Ingénieur Technicien - Technisch Ingenieur
Ir	Ingénieur Civil - Burgerlijk Ingenieur
Math	Diplômé en Mathématiques - Diploma in de Wiskunde
Pharm	Pharmacien - Apotheker
Phys	Diplômé en Sciences Physiques - Diploma in de Natuurkunde
Techn.adv.	Conseiller technique - Technisch adviseur

CONSEILS AUX AUTEURS

Il est demandé aux auteurs de contributions ou de communications qui ont été acceptées pour publication dans les "ANNALES DE L'ASSOCIATION BELGE DE RADIOPROTECTION" de bien vouloir tenir compte des directives suivantes.

IMPRESSION

Le texte remis par l'auteur étant reproduit tel quel, par procédé photographique, (après réduction à 8/10), il est nécessaire de respecter les règles reprises ci-après pour que l'impression soit bien lisible.

- Dactylographier le texte en noir sur blanc et employer de l'encre noire pour les formules écrites à la main et les dessins;
- Fixer à la colle blanche les figures insérées dans le texte (pas de papier adhésif);
- Remettre l'exemplaire original, pas de copie au carbone ni de photocopie.

PRESENTATION

- Utiliser exclusivement du papier blanc au format Din A4;
- **Maintenir le texte, dessins et figures dans le cadre de 160 x 240 mm au milieu de la feuille;**
- Dactylographier sur une seule face;
- Dactylographier l'article en interligne 1 1/2 et les résumés en interligne simple;
- Prévoir la place nécessaire dans le texte pour insérer les photos éventuelles;
- Joindre les photos en y mentionnant au verso, le nom de l'auteur, le titre de l'article, le numéro de la figure, l'indication du haut et du bas (ne pas les coller aux places réservées);
- L'impression se faisant uniquement en noir et blanc, ne nous soumettez pas de photos, dessins ou graphiques en couleur;
- Veiller à ce que:
 - les légendes des figures, photos et tableaux soient explicites indépendamment du texte, mais que d'autre part, les références se retrouvent néanmoins dans le texte;
 - les indications sur les figures, photos, tableaux et graphiques soient de dimension suffisante pour rester lisibles après réduction de 20 %, tout en restant dans le cadre de 160 x 240 mm;
 - les formules mathématiques apparaissent sur des lignes séparées et soient numérotées;
 - les fractions soient dactylographiées avec une barre de fraction oblique;
- Numéroté les pages au crayon au verso.

SUBDIVISIONS

1) TITRE (en majuscules)

Veiller à ce que le titre contienne des mots clefs (en vue d'une recherche bibliographique ultérieure).

Sous le titre viennent dans l'ordre:

- le(s) auteur(s) (nom et initiales des prénoms);
- nom et adresse du laboratoire ou de l'institut.

Garder 5 lignes en blanc afin de pouvoir y insérer la date de réception.

2) Résumé en interligne simple.

Tenir compte que le résumé peut paraître isolément dans un journal d'abstracts. Il donnera une brève description du contenu de l'article, le résultat final ou la conclusion (max. 10 lignes).

3) Article en interligne 1 1/2

L'article est divisé en paragraphes, numérotés en chiffres arabes.

4) Références.

Suivre les mentions dans l'ordre: auteur(s), revue, volume, n° ou références des documents, (année de parution), page. Les extraits de recueil sont indiqués avec les titres, auteur, année et éditeur.

La mention du titre de la publication se fait uniquement si elle est nécessaire pour l'identification.

5) Traduction du résumé en néerlandais et en anglais.

Les traductions du résumé paraissent après le texte de l'article et sont dactylographiées sur une page séparée en simple interligne. Le résumé dans la langue de la publication (qui paraît en première page) n'est pas repris. Les traductions du résumé peuvent éventuellement être faites par la rédaction sur demande expresse.

REMARQUES

- Chaque auteur reçoit gratuitement 25 exemplaires de son article.
Il peut, sur demande, en recevoir plus au prix coûtant, à condition d'en préciser le nombre à la remise du manuscrit.
- Le nombre de photos (uniquement en noir et blanc) est limité à 4 par article; l'insertion de photos supplémentaires est à charge de l'auteur.
- Le nombre total de pages sera de préférence un multiple de 4.
- Les textes non conformes aux directives ci-dessus sont retournés aux auteurs pour une nouvelle mise en page, ce qui allonge forcément le délai de parution.
- Les auteurs sont priés de vérifier si les citations ou les reproductions figurant dans leur texte, répondent aux conventions internationales en matière de droits d'auteur.

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming

RICHTLIJNEN VOOR AUTEURS

De auteurs van wetenschappelijke bijdragen of mededelingen die aanvaard werden voor publikatie in de "ANNALEN VAN DE BELGISCHE VERENIGING VOOR STRALINGSBESCHERMING" worden verzocht rekening te willen houden met de volgende richtlijnen.

DE GETYPTE TEKST

De door de auteur getypte tekst wordt rechtstreeks fotografisch afgedrukt (na reductie op 8/10). Om een duidelijk leesbare afdruk te bekomen dienen volgende richtlijnen gevolgd te worden.

- De tekst zwart op wit typen en zwarte inkt gebruiken voor handgeschreven formules en tekeningen;
- De tekeningen op ware grootte in de tekst op hun juiste plaats met witte lijm kleven (geen kleefband);
- Het origineel exemplaar indienen, geen doorslag of fotokopie.

PRESENTATIE

- Uitsluitend wit papier gebruiken van DIN A4 formaat;
- **Tekst, tekeningen en figuren binnen een ruimte van 160 x 240 mm in het midden van het blad houden;**
- Enkel op een zijden typen;
- De tekst met anderhalve tussenregels, de abstracts met enkele tussenregels typen;
- Ruimte voorzien in de tekst voor het eventueel inlassen van foto's;
- De foto's afzonderlijk bezorgen met melding op de keerzijde van naam van de auteur, titel van de publikatie, nummer van de figuur, melding van boven- en onderkant (niet op de voorziene plaats kleven);
- Het drukwerk gebeurt enkel in zwart wit. Gelieve dus geen kleurenfoto's, -tekeningen of -grafieken voor te leggen.
- Zorgen dat
 - de bijschriften van figuren en tabellen zo duidelijk zijn dat zij kunnen begrepen worden zonder het artikel te lezen. Nochtans moet in de tekst de referentie naar deze figuren en tabellen terug te vinden zijn;
 - meldingen op foto's, tabellen, figuren en grafieken groot genoeg zijn om leesbaar te blijven na reductie met 20 % maar binnnen een ruimte van 160x240 mm blijven;
 - de wiskundige formules op afzonderlijke lijnen voorkomen en genummerd zijn;
 - de in de tekst voorkomende breuken met een schuine deelstreep geschreven worden;
- Zorgen dat de bladzijden op de keerzijde met potlood genummerd worden.

INDELING

1) TITEL (in hoofdletters)

Zorg er voor dat de titel enkele belangrijke trefwoorden bevat (met het oog op literatuur onderzoek).

Onder de titel, komen achtereenvolgens:

- auteur(s), naam en beginletter van voornamen;
- naam en adres van het laboratorium of instituut.

Vijf lijnen open laten voor eventuele melding van datum van ontvangst.

2) Samenvatting met enkele tussenregels getypt.

Er mede rekening houden dat deze samenvatting afzonderlijk in abstracts tijdschriften kan verschijnen. Ze moet een korte beschrijving van de inhoud van het artikel en de uitslagen of de conclusies weergeven (max. 10 lijnen).

3) Artikel met anderhalve tussenregels getypt.

Het artikel wordt ingedeeld in paragrafen genummerd met arabische cijfers.

4) Referenties.

Hun vermelding komt in de volgorde: auteur(s), tijdschrift, volume, nummer of referentie document (jaar van uitgave), bladzijde. Bij uittreksels van verzamelwerken worden deze laatste aangeduid met titel, auteur, jaar en uitgever.

Vermelding van de titel van het artikel gebeurt enkel indien nodig voor identifikatie.

5) Vertalingen van de samenvatting in het Frans en het Engels.

De vertalingen van de samenvatting komen na de tekst van het artikel en worden op een afzonderlijk blad met enkele tussenregels getypt. De samenvatting in de taal van de publikatie (die op het eerste blad voorkomt) wordt niet hernomen. Vertalingen van de samenvatting kunnen eventueel op uitdrukkelijk verzoek van de auteur, door de redactie gedaan worden.

OPMERKINGEN

- Elke auteur ontvangt gratis 25 overdrukken van zijn artikel.
Een hogere oplage is verkrijgbaar aan uitgifteprijs mits voorafgaande melding van het gewenst aantal bij binnenleveren van het manuscript.
- Het aantal foto's (enkel zwart wit) is beperkt tot 4 per artikel. Bijkomende foto's vallen finantiëel ten laste van de auteur.
- Het totaal aantal bladzijden zal bij voorkeur een veelvoud van 4 zijn.
- De teksten die aan de hoger gegeven richtlijnen niet voldoen, worden naar de auteurs teruggezonden voor een nieuwe opstelling, hetgeen uiteraard de publikatie termijn verlengt.
- De auteurs worden verzocht zelf na te gaan of de citaten en de reproducties die in hun tekst voorkomen, voldoen aan de internationale overeenkomsten inzake auteursrechten.

Annales de l'Association belge de Radioprotection
Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Authors of contributions or communications which have been accepted for publication are invited to read the following instructions.

PRINTING

The submitted text being reproduced as it is by a photographic process (after reduction to 8/10) it is necessary, in order to obtain a clear readable text, to comply with the following instructions.

- Type black on white paper and use black ink for handwritten mathematical notations and drawings;
- Fix the figures in the provided space in the text with white paper glue (no adhesive tape);
- Submit the original (not a carbon copy nor a photocopy).

PRESENTATION

- Use exclusively white DIN A4 paper;
- **Keep the text, drawings and figures in a space of 160 x 240 mm;**
- Type on one side only;
- Type the article with 1 1/2 spacing and the abstract with single spacing;
- Provide the photographs with mention on the reverse of name of the author, title of the article, number, indication of up and down (do not fix them in the provided space);
- Since the printing is only black and white, please do not submit photographs, drawings or figures in colors;
- Be careful that
 - captions under figures, photographs, tables and graphs are understandable without reference to the text although their references should be found in the text;
 - size of lettering is such that letters and symbols remain legible after reduction to 8/10,
 - mathematical notations appear on separate lines and are numbered;
 - fractions are typed with oblique fraction bar;
- Number the pages with a pencil on the reverse.

SUBDIVISIONS

1) **TITLE** (in caps) should contain some keywords for later bibliographical research.

Under the title, following this order:

- the author(s), surname and initials;
- The name and address of laboratory or institution.

2) **Abstract** (single space).

Begin the abstract 5 lines below the last by-line to allow for the date of receipt to be added. The isolated abstract may be separately published in an Abstract Journal. It should contain a brief description of the content of the article, the final results or the conclusion (max. 10 lines).

3) **Article** (1 1/2 space).

The article is divided in paragraphs numbered with Arabic numerals.

4) **References**.

The reference list should be compiled in the following manner:

author(s), name of Journal, volume, number or reference of document, (year of publication), page number. If there are excerpts from books, these are mentioned with title, author, year and editor. Title of the article is only mentioned when necessary for identification.

5) **Abstracts in French and Dutch**.

The translations of the abstract appear after the text of the article and are typed on a separate sheet with single space. The abstract in the language of the publication (which appears on the first page) is not reproduced there. Translations of the abstracts can eventually be done by the editors, on special request of the author.

REMARKS

- Twenty five reprints are provided free of charge to each author. Additional reprints can be obtained at reasonable cost if ordered when the proof is submitted.
- Photographs (black and white) are limited to 4 per article. Cost for supplementary photographs are charged to the author.
- Total number of pages should preferentially be a multiple of 4.
- The authors will verify if citations and reproductions appearing in their text comply with international copyright conventions.

L'ECHELLE INTERNATIONALE DES EVENEMENTS NUCLEAIRES (INES)

UTILISATION DE INES

J. J. Van Binnebeek

*

Texte de l'exposé du 13 décembre 1991

Résumé

L'Echelle Internationale des Evénements Nucléaires (INES), à sept niveaux (1-7) est exclusivement un outil de communication avec le Public et les Média, qui permet de faire comprendre rapidement la "gravité" de l'événement nucléaire. Les événements à caractère nucléaire, mais non significatifs sont dits "sous l'échelle"; les événements non nucléaires sont qualifiés de "hors échelle".

Le classement d'un événement nucléaire, repris dans le manuel INES, se fonde sur le plus élevé de trois critères: "off-site", "on-site", défense en profondeur. Ces critères sont analysés dans l'exposé. Le niveau obtenu peut être majoré ou minoré sur base de certains facteurs additionnels. L'exposé fait une analyse critique et prospective de l'échelle dans son état en fin 1991.

1. Rappel des objectifs

Il convient de rappeler une fois encore que INES est un outil de communication avec le Public et les Média. Il permet de faire comprendre rapidement la gravité de l'événement nucléaire.

Il faut bien comprendre que INES n'est **PAS** :

- adapté pour jauger un événement non nucléaire survenu dans une installation nucléaire
- un moyen de comparer entre elles des installations nucléaires
- un moyen pour juger des performances de sûreté d'une installation nucléaire
- un critère d'action à introduire dans le plan d'urgence national, même s'il existe une corrélation globale entre les critères du plan d'urgence et la gravité de l'événement

2. Rappel de la philosophie de classification

INES est destiné avant tout à informer le public des risques encourus par lui lors d'un événement **nucléaire**.

En conséquence, le premier aspect ou critère à considérer est l'aspect "impact direct sur l'extérieur du site nucléaire" ou impact "off-site". A cet égard, l'échelle a été conçue en essayant d'obtenir une mesure approximativement logarithmique des risques.

Lorsqu'un événement nucléaire se produit et qu'il est limité au site, il peut ou aurait pu néanmoins constituer une menace pour le public. En effet, l'événement n'a eu aucune conséquence hors site uniquement parce que certaines défenses ont tenu bon; l'événement a cependant pu avoir lieu parce que d'autres défenses n'ont pas fonctionné correctement.

Cette réduction des défenses ou cet accroissement du risque pour le public se mesure par les deux autres critères "on-site" ou "défense en profondeur", selon qu'il y a eu des effets radiologiques significatifs sur le site ou non.

Néanmoins, en l'absence de conséquences radiologiques significatives "on-site" ou "off-site", un événement ne peut guère être considéré comme un **accident**, et son niveau sera inférieur à 4.

3. Le Manuel INES

3.1. Structure Générale

Le manuel INES tel que publié à ce jour par l'AIEA porte sur les centrales nucléaires de puissance (CNP).

Il comporte quatre parties:

- Une introduction décrivant l'échelle de manière générale
- Le traitement du critère "off-site"
- Le traitement du critère "on-site"
- Le traitement du critère "défense en profondeur"

Il comprend en outre un appendice donnant, comme exemple, l'ensemble des événements initiateurs pris en compte dans la conception des réacteurs à eau sous pression (PWR), ainsi qu'une annexe reprenant des exemples de classification d'événements.

3.2. Principe d'utilisation

Le principe général d'utilisation du manuel est décrit ci-après.

- a/ Si l'événement n'est pas lié à la sûreté nucléaire ou radiologique, il est déclaré "**HORS ECHELLE**", et le classement est sans objet.
- b/ Dans le cas contraire, il est procédé comme suit:
- Chaque critère (off-site, on-site, défense en profondeur) est considéré successivement
 - Pour chaque critère, on déterminera le niveau de classement selon INES
 - Le niveau le plus élevé des niveaux partiels constitue le niveau de base de l'événement

3.3. Situations "Hors échelle"

Comme dit précédemment, INES ne s'adresse qu'à des événements à impact sur la sûreté nucléaire ou radiologique.

Si un événement survenu dans une installation nucléaire n'a aucun caractère nucléaire (par exemple, un incendie dans un bâtiment conventionnel, sans impact nucléaire, ou un accident de personne conventionnel, sans contamination), il sera considéré comme non classable selon INES, et dit "**hors échelle**".

3.4. Critère "Off-Site"

3.4.1. Généralités

Le critère "off-site" prend en compte l'effet réel de l'événement à l'extérieur du site nucléaire.

Ceci s'exprime en terme de quantité de matière radioactive relâchée ou d'exposition aux membres du public.

Le critère "off-site" conduit aux niveaux 3 à 7.

Le **seuil pour l'effet "off-site"** est défini comme étant "un rejet non autorisé conduisant à une **dose individuelle** de l'ordre du dixième de millisievert (**0.1 mSv**). Si la dose est inférieure, l'effet "off-site" n'est pas considéré pour classer l'événement.

Cependant, des événements conduisant à des doses "off-site" inférieures au seuil précité peuvent être dus à un non respect des limites opératoires ou des règles, et être symptomatiques d'une culture de sûreté déficiente. De tels événements seront classés sur base du critère de "défense en profondeur".

3.4.2. Niveaux

3.4.2.1. Niveau 7: Rejet majeur

3.4.2.1.1. Définition

Rejet externe correspondant à une activité équivalente de :

> 100 000 TBq Equivalent I-131

3.4.2.1.2. Critères dérivés et conséquences

- Effets sanitaires aigus
- Effets sanitaires sur une large zone
- Effets à long terme sur l'environnement

3.4.2.2. Niveau 6: Rejet significatif

3.4.2.2.1. Définition

Rejet externe correspondant à une activité équivalente de :

10 000 - 100 000 TBq Equivalent I-131

3.4.2.2.2. Critères dérivés et conséquences

Mesures de protection (confinement, évacuation) probablement nécessaires

3.4.2.3. Niveau 5: Rejet limité

3.4.2.3.1. Définition

Rejet externe correspondant à une activité équivalente de :

1 000 - 10 000 TBq Equivalent I-131

3.4.2.3.2. Critères dérivés et conséquences

Mesures de protection probablement nécessaire (confinement local et/ou évacuation)

3.4.2.4. Niveau 4: Rejet mineur

3.4.2.4.1. Définition

Rejet externe pouvant entraîner une exposition du public :

Ordre de grandeur des limites prescrites.

3.4.2.4.2. Critères dérivés et conséquences

- Dose à l'individu le plus exposé hors site: quelques mSv (éventuellement exprimé en fonction des limites de rejets autorisées)
- Actions de protection des populations peu probables, sauf pour la nourriture et l'eau

3.4.2.5. Niveau 3: Rejet très faible

3.4.2.5.1. Définition

Rejet externe pouvant entraîner une exposition du public :

Ordre de grandeur d'une fraction des limites prescrites.

3.4.2.5.2. Critères dérivés et conséquences

- Dose à l'individu le plus exposé hors site: quelques dixièmes de mSv (éventuellement exprimé en fonction des limites de rejets autorisées)
- Actions de protection des populations non nécessaires

3.4.3. Difficultés

Les définitions précédentes montrent une différence de définition entre les niveaux 3-4 et les niveaux 5-7:

- Les niveaux 3-4 prennent en compte la dose engagée pour le membre du public le plus exposé.
- les niveaux 5-7 prennent en compte le quantité d'activité rejetés, exprimée en équivalence I-131.

La raison de ce changement est que, pour les forts rejets (niveaux 5-7), la dose effective dépendra largement des contre-mesures de protection prises. Ainsi, les niveaux considérés prennent en compte les contre-mesures probables (restrictions alimentaires, par exemples), et les doses calculées prennent en compte l'inhalation ainsi que l'irradiation directe à court ou à long terme.

Pour les niveaux 3-4, des mesures de restrictions alimentaires sont peu probables; dès lors, la dose estimée doit prendre en compte toutes les voies radiologiques pour le groupe critique.

De la sorte, il a été estimé qu'un accident de niveau 5 donnerait lieu à des doses de l'ordre de dix fois celles résultant d'un accident de niveau 4. Néanmoins, la quantité de matière radioactive rejetée lors d'un accident de niveau 5 peut être de plus d'un ordre de grandeur supérieure à celle rejetée par un accident de niveau 4.

Il convient de noter que les estimations de doses sur base des rejets sont approximatives et ne prennent pas en compte les caractéristiques des sites ou les conditions météorologiques particulières.

Rappelons encore que le but de INES est de disposer de critères simples pour informer le public, et non de fournir des critères de plan d'urgence.

3.5. Critère "On-Site"

3.5.1. Généralités

Le critère "on-site" prend en compte les aspects suivants:

- les dommages nucléaires aux installations
- les rejets radioactifs ou les contaminations des installations non prévues par conception
- les doses aux travailleurs

Ces éléments sont caractéristiques d'une dégradation de la situation sur le site, et donc d'une augmentation du risque d'effets radiologiques pour le public. C'est en ce sens que la version actuelle du manuel traite d'ailleurs les doses aux travailleurs.

3.5.2. Niveaux

3.5.2.1. Niveau 5: Dommages nucléaires importants

3.5.2.1.1. Définition

- Quelques pourcents du coeur fondu
- Quelques pourcents de l'inventaire radioactif du coeur relâchés des assemblages

3.5.2.1.2. Critères dérivés et conséquences

p.m.

3.5.2.2. Niveau 4: Dommages nucléaires significatifs

3.5.2.2.1. Définition

- Plus de 10% du gainage rompu
- Plus de 0.1% de l'inventaire radioactif relâché des assemblages

3.5.2.2.2. Critères dérivés et conséquences

Evénements conduisant à des doses aux travailleurs de l'ordre de 1 Sv.

3.5.2.3. Niveau 3: Dispersion importante de contamination

3.5.2.3.1. Définition

Evénements conduisant à des contaminations significatives (Liquides hors Tritium: > 100 GBq; aérosol: > quelques GBq équivalent I-131) de parties de l'installation non prévues à cet effet par conception

3.5.2.3.2. Critères dérivés et conséquences

- Evénements conduisant à des doses globales à plusieurs travailleurs de l'ordre de 50 mSv
- Evénements conduisant des travailleurs à recevoir des doses à un organe de l'ordre de 500 mSv.

3.5.3. Difficultés

- Il est accepté que la nature exacte des dégâts nucléaires aux installations ne soit pas connue pendant un certain temps après l'accident. Cependant, il est possible d'évaluer la probabilité de tels dégâts et d'assigner un niveau INES en conséquence. Ce niveau peut éventuellement être revu ultérieurement dans un souci de rigueur historique.
- La révision du manuel en cours actuellement prévoit d'introduire un niveau 2 sous le critère de "on-site". Ce niveau se distingue du niveau 3 par l'ampleur des contaminations considérées.
- La version actuelle du manuel considère l'irradiation de travailleurs comme un symptôme de la gravité de l'événement pour le public.
- La révision en préparation du manuel prévoit également de considérer comme "accident" des irradiations importantes des travailleurs en tant que telles et indépendamment de l'existence d'un accident présentant un risque sérieux pour le public.

3.6. Critère "Défense en profondeur"

3.6.1. Généralités

Le critère "défense en profondeur" prend en compte le nombre de couches ou niveaux de défense restant en place avant que l'événement ne dégénère en un accidents sérieux.

Ces couches comprennent tant les moyens matériels (systèmes de protection ou de sauvegarde mis en place à la conception) que les moyens administratifs ou de surveillance durant l'exploitation. L'attitude générale de l'exploitant à l'égard de la sûreté ou "culture de sûreté" est également un élément important.

La réduction du nombre de couches de défense est caractéristique d'une dégradation de la situation, et donc d'une augmentation du risque d'effets radiologiques pour le public.

3.6.2. Niveaux

Le critère de "défense en profondeur" couvre les niveaux de 1 à 3.

Le niveau de sévérité mesure ici la perte de défense par rapport à un accident (niveau 4 ou plus).

3.6.3. Procédure

3.6.3.1. Introduction

Contrairement aux effet "on-site" et "off-site", qui se caractérisent par des effets mesurables, la détermination du niveau de perte de défense en profondeur sans conséquence ne se traduit souvent par aucun effet radiologique tangible.

La détermination de la gravité de l'événement requiert dès lors une analyse fondée sur les bases de conception et sur les pratiques opératoires des installations.

La conception d'une centrale nucléaire de puissance prévoit de se protéger contre un ensemble d'événements postulés, groupés en familles appelées "initiateurs".

L'installation est protégée contre un initiateur donné si certaines "fonctions de sûreté" sont opérationnelles. Les "fonctions de sûreté" sont exécutées par des équipements de sûreté ou "systèmes de sûreté".

Les "fonctions de sûreté" principales sont:

- le contrôle de la réactivité
- le refroidissement adéquat des matériaux radioactifs
- le confinement des matériaux radioactifs

3.6.3.2. Principe d'analyse

3.6.3.2.1. Situation restant à l'intérieur des conditions d'exploitation

Si un incident se développe alors que l'installation reste dans les limites de ses conditions techniques de fonctionnement, l'événement sera classé "en dessous de l'échelle" ou "au niveau 0".

3.6.3.2.2. Cas à considérer

Lors de l'évaluation du critère "défense en profondeur", il convient de considérer deux cas:

- l'événement affecte le processus (transitoire d'exploitation,..)
- l'événement affecte la disponibilité des équipements installés pour faire face aux accidents postulés, donc pour réaliser des "fonctions de sûreté".

Le manuel permet de traiter ces situations au moyen de tables.

3.6.3.3. Incidents affectant le processus

Il s'agit ici d'un événement initiateur réel.

La probabilité P d'apparition d'un tel initiateur est une image de sa gravité. Les initiateurs à faible probabilités sont en général des événements dont les conséquences sont plus importantes.

Pour INES, les catégories suivantes sont considérées:

- "Expected" : $P > 1/30$ ans
- "Possible" : $P > 10^{-4}$ /an
- "Unlikely" : Bases de dimensionnement des installations

En outre, la disponibilité des équipements nécessaires pour faire face à l'événement (càd. pour réaliser les "fonctions de sûreté") est un élément aggravant.

Une table permet une première estimation du niveau de gravité; la détermination exacte du niveau requiert souvent un jugement de sûreté plus poussé.

3.6.3.4. Incidents affectant les équipements de sûreté

Dans ce cas, **aucun** initiateur réel ne s'est produit.

Un exemple est la découverte fortuite de l'indisponibilité de pompes d'alimentation de secours des générateurs de vapeur.

La **gravité de l'événement** dépend alors des facteurs suivants:

- l'ampleur de l'indisponibilité constatée
- les conséquences potentielles si un événement initiateur advenait (mesurées par la probabilité d'apparition de l'événement)

Ici encore, une table sert de guide à la classification.

Pour une indisponibilité donnée d'équipements de sûreté, divers initiateurs peuvent devoir être postulés. Le niveau adopté sera le plus grand des niveaux obtenus.

3.6.4. Facteurs Additionnels

Une fois le niveau de base selon le critère "défense en profondeur" établi, il convient d'examiner si certains facteurs additionnels ne sont pas de nature à augmenter ce niveau de base.

Ces facteurs additionnels sont ceux qui peuvent affecter significativement la "défense en profondeur"; ce sont:

- les modes communs de défaillance, qui peuvent rendre inopérant simultanément plusieurs équipements redondants
- des procédures inadéquates, qui peuvent amener des erreurs d'opérateurs affectant la défense globale de l'installation
- des déficiences dans la "culture de sûreté" de l'exploitant, en particulier des violations injustifiées des spécifications techniques d'exploitation, qui peuvent conduire à des négligences affectant la "défense en profondeur" de l'installation

Ces facteurs peuvent mener à une augmentation d'une unité du niveau de l'événement, sans toutefois que la classification résultante ne dépasse le niveau maximal selon le critère de "défense en profondeur".

Un exemple courant d'accroissement du niveau de base est celui d'un dépassement mineur des spécifications techniques d'exploitations, sans impact réel sur la sûreté, qui donnerait un classement sous l'échelle. Cependant, le fait que l'exploitant n'a pu

contrôler le respect de ses règles d'exploitation est considéré comme une circonstance aggravante pour la sûreté, qui justifie un niveau 1.

3.6.5. Risques externes

Les incendies ou les risques externes (explosions, par exemple) ne sont pas considérés comme des événements initiateurs sauf lorsque les spécifications techniques d'exploitation traitent de ces risques.

En général, on évaluera l'effet de ces risques externes sur les systèmes de sûreté.

3.6.6. Difficultés

- Le présent manuel est bien adapté aux événements pour lesquels des systèmes ont été prévus à la conception, c.à.d. surtout des événements survenant en puissance ou affectant le coeur du réacteur. Il apporte peu d'aide pour des événements survenant dans des parties annexes des centrales (piscines de désactivation, stations de traitement d'effluents ou de déchets).
- Certains événements particuliers qui peuvent augmenter la probabilité d'apparition d'un événement initiateur ou qui peuvent engendrer l'indisponibilité de systèmes de sûreté sont de traitement difficile. Des guides spécifiques devraient donc leur être consacrés.

3.6.7. Situation "Sous l'échelle" / niveau 0

Si, après l'application de la procédure de classement précédente, un événement nucléaire ne reçoit aucun niveau (de 1 à 7), il sera déclaré "**en dessous de l'échelle**" ou "**de niveau 0**".

Il faut observer que ce niveau de classement ne peut s'obtenir qu'après avoir établi que l'événement ne pouvait être classé selon l'un des trois critères de INES. Pour aider les utilisateurs, un certain nombre d'événements-types, classables "en dessous de l'échelle", sont donnés.

4. Expérience d'utilisation

4.1. Usage

4.1.1. Uniformité de la classification

Depuis son introduction à titre l'essai, INES a été utilisée dans divers pays. Un exercice de comparaison de classification a été réalisé sur quelque 20 événements internationaux, afin de vérifier l'uniformité du classement des divers pays.

Les conclusions de cette comparaison peuvent se résumer comme suit:

- Aucun événement n'a été classé trop bas
- Aucun événement n'a été classé plus d'un degré trop haut
- 60-70% des événements sont classés au niveau correct, 30-40% à un niveau d'un degré trop élevé.

Cette comparaison a montré ainsi que l'emploi de INES était globalement positif et a confirmé les points faibles déjà connus du manuel.

Ces points faibles, déjà mentionnés précédemment, sont rappelés ci-après.

4.1.2. Réactions des exploitants

Dans l'exploitation d'installation nucléaire, il paraît normal d'avoir un certain nombre d'événements à classer en niveau 1, car de petites anomalies ou de faibles écarts par rapport aux prescriptions sont statistiquement prévisibles. Le nombre d'événements à classer au niveau 2 doit être quant à lui plus limité.

Il faut noter que, en France, où tous les événements classés sur l'échelle (niveaux 1 ou plus) sont publiés, la presse ne s'intéresse plus guère aux événements de niveau 1, fort fréquents, et ne commence à interroger les Autorités qu'à partir d'un niveau 2.

Cependant, l'emploi de INES, même pour les niveaux 1, est souvent ressenti de façon "punitif" par les exploitants, qui d'efforcent de diminuer le nombre d'événements à classer selon INES.

Ceci résulte sans doute en partie de l'usage assez fréquent de la circonstance aggravante "violation d'une spécification technique" ou "défaut dans la culture de sûreté". Il faut reconnaître aussi que certaines autorités de sûreté étrangères emploient INES pour inciter leurs exploitants à apporter des améliorations à leur organisation. Elles font ainsi de INES un indicateur de sûreté, ce que n'est aucunement l'échelle internationale.

4.2. Améliorations possibles

4.2.1. Critères "on-site" et "off-site"

- Définir mieux certains concepts (équivalents I-131, contaminations "non prévues par la conception")
- Pour ce qui concerne les doses aux travailleurs, introduire une gradation depuis le niveau 4 qui correspond à une dose létale pour un travailleur.
- Introduire un niveau 2 pour les contaminations sur le site

4.2.2. Critères "défense en profondeur"

- Décrire la philosophie générale à la base du critère
- Clarifier les concepts de disponibilité partielle des systèmes de sûreté et leur interprétation dans des cas particuliers
- Donner de meilleures directives en matière de traitement des conditions aggravantes (en particulier, la culture de sûreté)
- Donner plus de directives pour les événements hors fonctionnement en puissance
- Préciser les bases de la classification pour violation des spécifications techniques
- Clarifier la prise en compte des incendies, explosions,..., et des défaillances structurelles

5. Prospectives

5.1. Améliorations du manuel d'utilisation de INES

Comme déjà mentionné, le manuel d'utilisation de INES pour les centrale nucléaires est en cours de révision.

Un groupe de travail, constitués de représentants Français, Allemand, Anglais et Belge, s'est réuni à plusieurs reprises pour prendre en compte les points faibles du manuel et introduire certaines clarifications.

En outre, une section spéciale traitera des conditions de fonctionnement hors puissance (conditions d'arrêt, opérations non liées au coeur du réacteur).

5.2. Extension de INES à d'autres installations nucléaires

Un groupe de travail spécial d'experts internationaux s'est réuni sous les auspices de l'AIEA pour préparer l'extension de INES à d'autres installations nucléaires.

Les installations visées sont, au stade actuel:

- les réacteurs de puissance
- les réacteurs de recherche
- les installations nucléaires du cycle du combustible (usines d'enrichissement, usines de retraitement, installations de stockage et de dépôts, transport de combustible irradié)
- les événements associés aux techniques radiographiques ou au transport de sources radioactives lorsqu'elles sont réalisées dans les installations précitées

Il est convenu de créer une **échelle unique** pour toutes les installations nucléaires, étant entendu que certaines d'entre elles ne peuvent donner lieu à des conséquences radiologiques comparables à celles des réacteurs de puissance. Ceci conduira sans doute à définir, pour certaines installations, un niveau maximal "off-site" et "on-site" inférieur à 5, et à une adaptation du niveau maximal "défense en profondeur" en conséquence.

Un projet de manuel est en préparation. Il comprendra quatre parties:

- I- Introduction générale de INES
(description générale et mode d'emploi)
- II- Aspect "off-site" et "on-site"
(commun à toutes installations)
- III- "Défense en profondeur" pour les réacteurs de puissance
- IV- "Défense en profondeur" pour les autres installations
(à définir)

5.3. Planning

Pour mars 1992, la partie "réacteur de puissance" (parties I, II, III) du nouveau manuel devraient être finalisées. Une proposition de partie IV devrait être disponible.

Il serait alors proposé aux pays membres d'adopter de manière définitive la partie de INES adaptée aux réacteurs de puissance, et de commencer une période d'essai pour la partie de INES correspondant aux non réacteurs de puissance.

6. CONCLUSIONS

- A. La diffusion d'une brochure vers le monde politique, les médias et le public a été perçue positivement par l'ensemble des groupes concernés.
- B. Cette brochure a été considérée comme un modèle par les membres de la communauté nucléaire internationale regroupée au sein de l'IAEA.
- C. Depuis la mise en place de l'échelle en mai 1990, un ensemble d'événements survenus dans les centrales nucléaires belges de puissance ont été classés au niveau 1 et ont reçu une diffusion dans les médias. Un seul événement a été classé au niveau 2; outre une communication aux médias, il a fait l'objet d'une information au niveau international.
- D. L'échelle internationale de gravité des événements nucléaires (INES) impose de manière rigide de classer les événements dans l'un de 7 niveaux. Ceci requiert en conséquence de procéder, pour chaque événement, à une analyse et à une réflexion approfondies pour évaluer le risque réel ou potentiel. Cette analyse n'est pas sans effet positif sur la sûreté.

Samenvatting

De Internationale Schaal van Kerngebeurtenissen (ISKG) met haar zeven trappen (1-7) is uitsluitend een communicatiemodel om Publiek en Media snel de nucleaire ernst van een nucleair gebeuren te doen begrijpen.

Gebeurtenissen met nucleair karakter maar onbeduidend worden bestempeld als "onder schaal", niet nucleaire incidenten worden bestempeld als "buiten schaal".

De rangschikking van een kerngebeuren als hernomen in het ISKG handboek berust op het hoogste van de drie criteria: "off site", "on site", en "verdediging in de diepte". Deze criteria worden ontleed in de uiteenzetting. Het aldus berekend niveau kan verhoogd of verlaagd worden, rekening gehouden met bepaalde bijkomende factoren.

Deze uiteenzetting maakt een kritische en prospectieve ontleding van de schaal als op einde 1991.

Summary

The International Scale of Nuclear Events (ISNE), with its seven levels (1-7), is exclusively a tool for communication with the Public and the Media for making rapidly known the nuclear importance of a nuclear event.

Events with a nuclear character although not significant are called "below scale", non nuclear events are called "outside scale". The classification of a nuclear event as mentioned in the ISNE manual is based upon the most important of the three criteria: "off site", "on site" and "defence in the depth". These criteria are analysed by the author. The obtained level can be slided up or down according to some additional factors.

The author makes a critical and prospective analysis of the scale as it is at the end of 1991.

STRALINGSBESCHERMINGSONDERZOEK OP HET SCK/CEN

ir. P. GOVAERTS

S.C.K./C.E.N.

Onderzoekseenheid Stralingsbescherming

B-2400 Mol

Tekst van de voordracht van 12 december 1992

SAMENVATTING

De onderzoeksactiviteiten van de onderzoekseenheid Stralingsbescherming van het SCK/CEN worden gesitueerd in de herziene opdrachten van het SCK/CEN na de afsplitsing van de niet-nukleaire activiteiten. Een strategische planningsoefening leidde tot de identifikatie van drie kernactiviteiten : risikoevaluaties en beslissings-ondersteuning, meettechnieken voor stralingsbescherming en gezondheidseffecten. De positie van de eenheid in het nationale en internationale onderzoeksnetwerk wordt toegelicht.

1. NIEUWE OPDRACHTEN VOOR HET SCK/CEN

Als gevolg van de uitvoering van de tweede fase van de staatshervorming werd het SCK/CEN gesplitst in een nationaal nucleair onderzoekscentrum onder de oude naam, en de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO). De middelen werden verdeeld volgens een 63 % (SCK/CEN) en 37 % (VITO) verdeel-sleutel.

De oorspronkelijke opdracht van het SCK/CEN was de promotie van de vreedzame toepassingen van kernenergie in België. In de zeventiger jaren werd de opdracht uitgebreid tot de optimale aanwending van de onderzoeksinfrastructuur voor onderzoek en ontwikkeling in andere domeinen dan de kernenergie. Deze laatste spin-off lag aan de basis van de ontwikkeling tot VITO, dat nu volgens het oprichtingsdecreet belast is met onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten in de domeinen van Niet-Nukleaire Energie, Leefmilieu en Grondstoffen met inbegrip

van Nieuwe Materialen. Het nieuwe SCK/CEN is bij Koninklijk Besluit belast met het onderzoek op de punten die cruciaal zijn voor de politieke en maatschappelijke aanvaarding van de kernenergie in België en in het grootste deel van de rest van de wereld :

- de veiligheid van kernreactoren
- de problemen rond radioactief afval en ontmanteling
- de effecten van de ioniserende straling op mens en omgeving (stralingsbescherming).

2. DE HISTORISCHE EVOLUTIE VAN DE STRALINGSBESCHERMINGSAKTIVITEITEN OP HET SCK/CEN

In parallel met de uitbouw van de nucleaire infrastructuur op het SCK/CEN (1952-1965), werden onder druk van de operationale behoeften de dienst voor fysische controle, het medisch toezicht van blootgestelde werknemers, en de ondersteunende stralingscontrole laboratoria opgericht. Deze ontwikkelingsfase vereiste het ontwerp van een meetinfrastructuur, operationele normen voor de bescherming van werknemers en van de bevolking en een verwerving van kennis op het gebied van de effecten van ioniserende straling op de mens, meettechnieken en evaluatiemethoden. Deze ontwikkelingsfase ging in de geest van een onderzoekscentrum en gezien het feitelijk gebrek aan kennis van de jonge nucleaire gemeenschap op dit gebied, gepaard met de start van onderzoeksactiviteiten.

In de bloeitijd van de exploitatie van de zware nucleaire infrastructuur op het SCK/CEN (1965-1988) werd de fysische stralingscontrole bijna volledig opgeslorpt door de dagelijkse veiligheidsproblemen van het SCK/CEN, terwijl biologie en radioökologie zich ontwikkelden tot internationaal erkende onderzoekskernen. Sedert 1988 wordt getracht de fysische stralingscontrole meer in de richting van onderzoek en ontwikkeling te sturen en de programma's van biologie en radioökologie meer dan vroeger af te stemmen op de onmiddellijke behoeften van de stralingsbescherming.

3. STRATEGISCHE PLANNING

De stralingsbeschermingsactiviteiten van het SCK/CEN omvatten

- **reglementaire taken**, namelijk deze van de dienst voor fysieke controle en de arbeidsgeneeskundige dienst belast met het medisch toezicht van de werknemers
- **dienstverstrekkende taken** : Diverse ondersteunende diensten die oorspronkelijk werden uitgebouwd voor de eigen veiligheid van het SCK/CEN worden nu meer en meer als dienst op een commerciële basis aangeboden aan de overheid en de industrie. Het betreft hier voornamelijk nucleaire metingen (gamma spektrometrie, lage aktiviteitsmetingen, dosimetrie, kalibraties, het testen van beschermingsmiddelen zoals filters en afschermingen en opleiding.
- **het stralingsbeschermingsonderzoek** : Een strategische denkoefening heeft de onderzoeksdomeinen vastgelegd die verder kunnen uitgebouwd worden tot zogenaamde "centers of excellence". Deze werden voornamelijk bepaald op basis van hun maatschappelijke relevantie en van de beschikbaarheid van de gepaste expertise op het SCK/CEN. De drie geselecteerde gebieden zijn :
 - * **Risikoevaluaties en beslissingsondersteuning**
 - * **Meettechnieken voor de stralingsbescherming**
 - * **Gezondheidseffekten**

4. RISIKOEVALUATIES EN BESLISSINGSONDERSTEUNING

4.1. Modellisatie van de impact op de omgeving van nucleaire installaties

De onderzoekseenheid Stralingsbescherming ontwikkelt rekenmodellen die aansluiten bij de andere kernactiviteiten van het SCK/CEN, namelijk de nucleaire veiligheid en de problematiek van het radioactief afval. Het zwaartepunt van het onderzoek ligt bij de verdere ontwikkeling van noodplanmodellen voor evaluaties in reële tijd tijdens een crisissituatie.

Operationale systemen werden uitgebouwd voor de Belgische kerncentrales, en de ontwikkeling van een nieuw systeem voor de nucleaire bedrijven in de Kempen is gestart. Op Europees vlak werkt het SCK/CEN mee aan de ontwikkeling van het

RODOS-systeem, dat de ambitie heeft een allesomvattend beheerssysteem voor de omgevingsaspecten van nucleaire ongevallen te worden. Deze oefening wordt gevoed met de ervaring in Chernobyl, via een participatie in de activiteiten van de Europese Gemeenschappen in het Chernobyl Center for International Research (CHECIR). In samenwerking met TRACTEBEL werd de Europese kode COSYMA voor de probabilistische gevolganalyse van nucleaire ongevallen geïmplementeerd.

In samenwerking met de onderzoekseenheid Afval en Ontmanteling en met de steun van NIRAS/ONDRAF worden de modellen die de mogelijke dosisbelasting ten gevolge van geologische stockage of ondiepe landberging voorspellen, verder verbeterd. De keuze van site-specifieke transfer parameters is hiertoe essentieel. De beschikbaarheid van modellisatoren en radioekologen in dezelfde eenheid is een belangrijke troef.

Het SCK/CEN neemt deel aan de voornaamste internationale activiteiten met betrekking tot intervergelijking en validatie van modellen, zoals BIOMOVs, VAMP, NSARS en de CEC/OCDE Benchmark Exercise voor probabilistische kodes.

4.2. Het radioekologisch onderzoek

De huidige radioekologische onderzoeksactiviteiten worden nog steeds beheerst door de Chernobyl-ervaringen. Het FARM project van de KEG onderzoekt speciale factoren die de transfer naar vlees en melk beïnvloeden, o.a. aan de hand van experimenteel werk op de hoeve van het SCK/CEN. Het RESSAC programma bestudeert in nieuwe installaties in Cadarache de mogelijkheden om besmette landbouwgronden te hergebruiken. Beide programma's hebben onrechtstreeks voordeel bij het experimenteel luik van het CHECIR project, waarbij het gedrag van de radionucliden in de besmette zones rond Chernobyl wordt bestudeerd.

De algemene aandacht van het radioekologisch onderzoek verschuift van de voorspelling van transferten naar de mogelijkheid tot sanering van landbouwgronden.

4.3. Ontwikkelingen op het gebied van beslissingsondersteuning

De wetenschappelijke onderbouw van de wijze waarop beslissingen in het kader van de stralingsbescherming worden genomen, wordt algemeen als maatschappelijk uiterst relevant ervaren. Het betreft hier in hoofdzaak de toepassing van het ALARA-principe in complexe situaties. Het SCK/CEN tracht de observaties en de ervaringen qua radiologische optimalisatie, opgedaan bij de uitvoering van het ontmantelingsproject BR3, te vertalen in een algemeen bruikbare methodologie voor ontmantelingsactiviteiten.

De problematiek van de aanvaardbaarheid van residuele besmetting op oude nucleaire sites werd behandeld in een rapport voor de Commissie van de Europese Gemeenschappen. Tenslotte wordt, aansluitend met het modellisatie werk voor RODOS, nagedacht hoe zinvolle beslissingen in noodsituaties kunnen genomen worden, op basis van een onvolledig overzicht van de situatie en haar mogelijke evolutie.

5. MEETTECHNIEKEN VOOR STRALINGSBESCHERMING

5.1. Radon

In samenwerking met de RUG werd een onderzoeksactiviteit op het gebied van de blootstelling van radon gestart. Deze onderzoeksactiviteiten hebben allen te maken met metrologische problemen. Er worden methodes onderzocht om de radonconcentraties, waaraan de vroegere bewoners van huizen werden blootgesteld, te rekonstrueren, als dosimetrisch luik van epidemiologische studies. Deze methodes zijn gesteund op de accumulatie van langlevende radonochters op vensterglas, in meubelen, enz...

Een staalnamesysteem werd ontwikkeld dat toelaat de radonochters die zich in de diverse longkompartimenten kunnen afzetten te bepalen. Beide projecten worden gesteund door de KEG. Tenslotte wordt in opdracht van de Belgische Dienst voor Wetenschapsbeleid een individuele radondosimeter ontwikkeld.

5.2. Komplexe meettechnieken

Het programma "lage aktiviteitsmetingen" specialiseert zich in moeilijk te meten besmettingen. De detectielimiet van radionucliden zoals plutonium moet verder verlaagd worden, gezien de aan gang zijnde aanpassing van de normen na de publikatie van ICRP 60. Ook het onderzoek op de rechtstreekse meting van plutonium in de longen zal terug gestart worden. Met het oog op de evaluatie van de impact van afvalberging op lange termijn, moeten nu lage activiteiten van zwakke stralers zoals I-129, Tc-99, Ni-63, ..., in hoogactieve afvalstromen kunnen bepaald worden. Ook de uitvoering van radioactieve dateringen met de C-14 en de Th/U methodes vraagt om nauwkeurige technieken.

5.3. Ongevalsdosimetrie

Het SCK/CEN wenst gewapend te zijn om in geval van ernstige blootstellingen, op de gepaste wijze de ontvangen dosissen te kunnen bepalen. Hiertoe wordt het antwoord van TLD-dosimeters bij extreme gamma- en beta-blootstellingen onderzocht.

Alhoewel de expertise van biologische dosimetrie is overgedragen naar VITO, wenst het SCK/CEN ook op dit gebied de nodige expertise te behouden en te ontwikkelen, eventueel in samenwerking met VITO. De doenbaarheid van allerlei exotische methodes, meestal gebaseerd op de produktie van vrije radicalen bij hoge bestralingsblootstelling, zal gedokumenteerd worden. Het SCK/CEN is niet van plan deze methodes zelf toe te passen, maar wil hun beschikbaarheid in andere laboratoria inventariseren. Een analoge oefening werd gestart op het gebied van de neutronendosimetrie.

6. GEZONDHEIDSEFFEKTEN

6.1. Radiobiologie

Het SCK/CEN heeft het zwaartepunt van zijn radiobiologisch onderzoek gelegd

op het organisme in ontwikkeling, m.a.w. op de effecten van ioniserende straling op het embryo en zijn latere ontwikkeling. De studie van het centraal zenuwstelsel zoekt naar een eventuele drempel van deze effecten en tracht de mechanismen die aanleiding geven tot mentale vertraging na bestraling te achterhalen, in het kader van een Europese gekoncerteerde actie. Gezien de grote risikofactor (40 % per Sv in de meest gevoelige periode) voor ernstige achterlijkheid is dit een voor de stralingsbescherming van de vrouw zeer relevant werk.

Een ander project richt zich tot de vroege ontwikkelingsfazen (eicellen en preimplantatie embryo). Het onderzoek moet besluiten treffen over de rol die ioniserende straling kan spelen in verband met de vastgestelde levend geboren kinderen met misvormingen. In dit verband wordt de cavia als biologisch model gebruikt, gezien de stralingsweerstand van deze eicellen meer vergelijkbaar is met deze van de mens.

Naast de zuivere radiobiologie wordt in samenwerking met de universiteiten (ULg en VUB) aan biomedisch onderzoek gedaan met betrekking tot biochemische factoren bij kankerontwikkeling en de factoren die het succes van een beenmerg-transplantatie na een bestraling beïnvloeden.

6.2. Epidemiologie

Als gevolg van geruchten en vragen met betrekking tot de kankersterfte in de omgeving van onze installaties werd gestart met een mortaliteitsstudie voor de streek Mol-Dessel, waarvan de resultaten binnenkort zullen gepubliceerd worden. In analogie met wat op vele plaatsen gebeurt wordt ook de gezondheidstoestand van de (ex)werknemers opgevolgd om te trachten statistisch abnormale ziektefrequenties op te sporen. Deze studie werd uitgebreid tot Belgoprocess en Belgo-nucléaire en dient als nog als een doenbaarheidsstudie beschouwd te worden, gezien de moeilijkheden die epidemiologisch onderzoek in de Belgische medische cultuur ondervindt. Het protocol werd hoe dan ook reeds aanvaard door het IARC (*International Agency for Research on Cancer*), om de resultaten te bundelen met hun gegevens over werknemers uit de nucleaire sektor.

7. EEN NATIONAAL EN INTERNATIONAAL NETWERK

Het beschreven onderzoeksprogramma met zijn vele facetten is slechts mogelijk dank zij intense nationale en internationale samenwerking. Op Belgisch vlak noteren we de samenwerking met de overheid (vooral de Dienst voor de Bescherming tegen Ioniserende Stralingen van het Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu en de Dienst voor de Programmatie van het Wetenschapsbeleid) de universiteiten, andere onderzoeksinstituten zoals VITO, IHE, KMI en de nucleaire sektor (IRE, Electrabel, Tractebel, Niras, BP, BN, FBFC, CBNM).

Op internationaal vlak valt vooral de integratie van het grootste deel van onze onderzoeksprojecten in de programma's van de Commissie van de Europese Gemeenschappen (DGXI - DGXII) te noteren. Via de contracten met DGXII heeft het SCK/CEN 35 formele samenwerkingsakkoorden met instellingen uit 9 verschillende landen. Deze programma's stellen ons ook in de gelegenheid rechtstreeks samen te werken met onderzoeksteams in de USA, Japan en het GOS.

Daarnaast nemen leden van de onderzoekseenheid regelmatig deel aan werkgroepen en onderzoeksprojecten van het Nucleair Energie Agentschap van de OESO en van het Internationaal Agentschap voor Atoomenergie (IAEA). De levendige contacten met collega's in de schoot van de internationale korporatistische verenigingen zoals EULEP en UIR liggen vooral aan de basis van gezamenlijke onderzoeksprojecten.

8. DE WETENSCHAPPELIJKE PRODUKTIE

Er wordt een bijzondere inspanning geleverd om het studie- en experimenteel werk zoveel mogelijk te dokumenteren en te verspreiden. Onderstaande tabel geeft een overzicht van het aantal publikaties en mededelingen voor de periode 89-92.

	Radiologische evaluaties		Health Phys Metingen	Gezondheids- effekten	Totaal
	Modellen	Radio- ekologie			
Thesis	1	4	3	2	10
Internat. publiek na herziening	2	6	4	10	21
Wetenschappelijk rapport	15	6	10	7	38
Publikatie zonder herziening	1	2		4	7
Gepubl. konferentiemedelingen	16	9	3	8	36
Abstracts & niet-gepubliceerde mededelingen	5	7	14	32	58
Lezingen internationale training courses	10		4		14

9. EXTERN WETENSCHAPPELIJK ADVIES

De programmatorische overwegingen van de onderzoekseenheid worden gestuurd door een departementeel adviescomitee, bestaande uit F. Luykx (voorzitter, E.G. DGXI), J. Delhove (A.V. Controlatom), G. Gerber (ex-E.G. DGXII), C. Huyskens (T.H. Eindhoven, IRPA), C. Myttenaere (UCL) en A. Wambersie (UCL). De aanbevelingen van dit komitee werkten zeker stimulerend en korrektief in een periode waarin nogal wat aksenten werden verschoven.

Dit komitee werkt in het kader van een overkoepelend wetenschappelijk adviescomitee voor het SCK/CEN en VITO, waarvan diverse Belgische en internationale experts deel uitmaken.

Résumé

Les activités de recherche de l'unité de recherche Radioprotection du CEN/SCK ont été situées dans le cadre des nouvelles missions du CEN/SCK, publiées à l'occasion du transfert des activités non-nucléaires vers la région flamande. Un exercice de planning stratégique a mené à l'identification de trois activités clés : évaluation des risques et support à la décision, techniques de mesure pour la radioprotection et effets sanitaires. La position de l'unité dans le réseau national et international de recherche en radioprotection est discuté.

Summary

The research activities of the Radiation Protection research unit of SCK/CEN are situated within the revised mission statement of SCK/CEN formulated after the transfer of the non-nuclear activities to the flemish region. A strategic planning exercise identified following three core activities : risk assessment and decision supporting, health physics measurement techniques and health effects. The position of the unit in the national and international research network has been discussed.

DE ONTMANTELING VAN DE BR3-REAKTOR,
EEN OPPORTUNITIEIT VOOR ALARA -
TOEPASSING EN ONDERZOEK

Th. Zeevaert, P. Govaerts

SCK/CEN, B-2400 Mol

Tekst van de voordracht van 9 oktober 1993

ABSTRAKT

In deze bijdrage worden algemene aspecten besproken die van speciaal belang zijn bij de toepassing van het ALARA principe op de ontmanteling van reactoren, evenals de praktische ondervinding, opgedaan bij de ontmanteling van BR3. Belangrijke algemene aspecten betreffen het gebrek aan ervaring, de grote hoeveelheden radioactief afval die gegenereerd worden en de tijdsduur tussen het stilleggen van de reaktor en zijn ontmanteling.

De ontmanteling van BR3 is een goede leerschool gebleken om ervaring op te doen, niet alleen voor wat ontmantelingstechnieken betreft maar ook wat de toepassing van ALARA procedures en technieken aangaat. Alhoewel een volledige radiologische optimaliseringsstudie van bepaalde operaties nog niet is uitgevoerd werden toch belangrijke inzichten en konklusies bereikt.

0. INLEIDING

Sinds verscheidene tientallen jaren vormt het radiologische optimaliseringsprincipe (ALARA) één van de drie basispijlers van de stralingsbescherming, zoals voorgesteld door de ICRP in haar aanbevelingen. Door de ICRP werd in 1973 reeds een publikatie volledig aan dit principe gewijd [1] en vrij recent, in 1988, verscheen een ICRP publikatie waarbij de structurele ALARA aanpak in ontwerp- en operationele fases van nucleaire installaties omstandig wordt uiteengezet en analysetechnieken worden voorgesteld [2]. Ook de KEG liet zich niet onbetuigd en publiceerde recent een praktische gids voor de toepassing van het ALARA principe in stralingsbeschermingsprogramma's [3].

Radiologische optimalisering is, sinds haar opgang een twintigtal jaren geleden, gemeengoed geworden in tal van nucleaire bedrijfstakken en instellingen, waar vooral stereotype routine-operaties en onderhoudswerken het voorwerp ervan uitmaken. Bij nieuwe ontwikkelingen echter, zoals de ontmanteling van kerncentrales, vormt het gemis aan ondervinding en know-how een belangrijke hinderpaal voor de implementatie van de ALARA procedure. Dit is ook het geval bij de ontmanteling van BR3, een kleine PWR reaktor van 11 MWe van het SCK, die in dienst is geweest van 1962 tot 1987. De eerste fase van het ontmantelingsprogramma heeft het voorwerp uitgemaakt van een onderzoekscontract met de KEG, met medewerking van Siemens, Framatome en Belgatom. De overeenkomst met de KEG vermeldde uitdrukkelijk dat de radiologische optimalisering haar plaats moest krijgen in het programma. Omwille van het gebrek aan expertise op het domein van radiologische optimalisering werd door het SCK/CEN beroep gedaan op CEPN (Centre d'étude pour l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire, Fontenay-aux-Roses), één van de pioniers en voorvechters van de radiologische optimalisering, die het SCK begeleid heeft in de eerste fase van het project. Het objectief daarbij was ook niet de ganse ontmanteling in zijn geheel te optimaliseren maar slechts belangrijke operaties afzonderlijk.

In wat volgt worden, naast een theoretische toelichting van aspecten die specifiek

zijn voor de radiologische optimalisering van de ontmanteling van kernreactoren, interessante ervaringen opgedaan bij de ontmanteling van BR3, voorgesteld.

1. ALARA-METHODOLOGIE BIJ ONTMANTELING

1.1. Belangrijke stappen in een ALARA proces

Een ALARA-benadering veronderstelt een gestructureerde, totale aanpak van het probleem, waarbij zowel vóór, tijdens als na de uitvoering van de operatie(s) ter studie, specifieke deelobjectieven dienen te worden bereikt.

Vóór de uitvoering dienen de optimale condities te worden bepaald. Dit veronderstelt dat - tijdig - :

- het onderwerp, de objectieven en de scope van de ALARA-studie worden gedefinieerd met eventuele vast te leggen grenzen (bvb. qua doses, economische kosten) ;
- de mogelijke opties worden geïdentificeerd en de ermee gepaard gaande radiologische beschermingsfactoren (vnl. doses en beschermingskosten) gekwantificeerd ;
- de analyse wordt uitgevoerd ter bepaling van de optimale oplossing, waarvan de robuustheid dient aangetoond te worden aan de hand van een sensitiviteitsanalyse.

De uiteindelijke beslissing die door de bevoegde hiërarchie omtrent de uitvoering van de operatie(s) wordt genomen kan echer ook nog door andere dan radiologische beschermingsfactoren worden beïnvloed.

Tijdens de uitvoering van de operatie(s) dienen de doses te worden opgevolgd (lees : gemeten), waarbij :

- de gemeten doses dienen geëvalueerd te worden per "job" en vergeleken met de voorspelde waarden
- de afwijkingen dienen geanalyseerd en de optimaliseringsanalyse zo nodig aangepast

- eventueel ook bijkomende maatregelen, wijziging van procedures die tot een aanpassing van de optimaliseringsanalyse kunnen nopen.

Na de uitvoering dienen :

- de besluiten getrokken te worden ;
- nuttige lessen en ervaringsgegevens voor soortgelijke operaties in de toekomst bewaard.

1.2. Specifieke aspecten bij de radiologische optimalisering van ontmanteling van reactoren

- Een eerste zeer belangrijk aspect bij de ontmanteling van - PWR - reactoren is het gebrek aan ervaring. Dit gebrek aan ervaring betreft velerlei punten zoals: toe te passen technieken, probabiteit van voorkomen van bepaalde incidenten etc... Dit gebrek aan ervaring heeft verscheidene implicaties in optimaliseringsstudies.

Eenzijds zullen verscheidene radiologisch relevante factoren slechts zeer benaderend kunnen gekwantificeerd worden, waardoor de robuustheid van de resultaten van de optimaliseringsstudies beperkt zal zijn en belangrijke variabiliteiten in de resultaten van een eventuele sensitiviteitsanalyse kunnen optreden.

Anderzijds duidt dit gebrek het belang aan van het trekken van de nodige lessen en het bewaren van ervaringsgegevens ter gelegenheid van de optimaliseringsstudie (wat latere optimaliseringsstudies ten goede kan komen). Dit verwerven van ervaring en know-how is dan ook een niet-radiologische maar niettemin relevante faktor die in het beslissingsproces, na de radiologische optimalisering, aan bod dient te komen.

- Ontmantelingsprocedures bestaan voor een belangrijk deel uit éénmalig uit te voeren operaties. Dit werkt niet alleen het verwerven van ervaring met de toepasbare technieken niet in de hand, maar heeft ook een economisch aspect. Het feit dat werktuigen over slechts enkele taken i.p.v. over vele activiteiten (over lange periodes) dienen te worden afgeschreven, maakt het

gebruik van deze werktuigen duurder en dus de economische kost ervan belangrijker in de optimaliseringsanalyse.

Een ander belangrijk kenmerk van ontmanteling van reactoren is het genereren van grote hoeveelheden radioactief afval. Dit stelt zowel een belangrijke economische kost (van verwerken, stockeren) voor als een bron van blootstelling van de mens. Een potentiële verspreiding van de afval binnen de installaties zal vooral een blootstelling van de arbeiders tot gevolg hebben. Bij een evacuatie van de afval naar buiten, gewild of ongewild, zal de bevolking blootgesteld worden. Hoe dan ook, de gegenereerde hoeveelheden radioactief afval zullen steeds een zeer belangrijke faktor zijn bij zulke optimaliseringsanalyses. Ze kunnen eventueel het voorwerp uitmaken van een afzonderlijke optimaliseringsstudie, waarbij de opportuniteiten van vrijstelling ("exemption") van bepaalde afvaltypes kunnen worden aangetoond.

Zoals hiervoor reeds aangeraakt kunnen zich bij een ontmanteling belangrijke verschuivingen voordoen van blootstelling (dosis) van arbeiders naar blootstelling (doses) van de bevolking, bvb. bij het evacueren van grote hoeveelheden radioactief afval naar een definitieve stockageplaats. De blootstelling van de arbeiders doet zich normaal voor onder de vorm van hoge individuele doses voor een beperkt aantal individuen en over een beperkte tijd. Deze van de bevolking zal zich voordoen onder de vorm van beperkte individuele doses voor een - eventueel - groot aantal personen en over langere perioden (wat een belangrijke kollektieve dosis kan meebrengen). De distributie van de totale dosis over individuen, groepen en in de tijd zal aldus een belangrijke invloed kunnen hebben bij zulke optimaliseringsstudie.

Bij de ontmanteling dient eveneens een keuze gemaakt betreffende het eindpunt en het tijdstip van ontmanteling. Omtrent beide ligt een breed gebied van mogelijkheden open.

Wat het eindpunt van de ontmanteling betreft kan aan de ene kant het "greenfield" concept beschouwd worden, waarbij residuele besmettingen en overblijfselen tot verwaarloosbare hoeveelheden zijn teruggebracht en het publiek volledige, onbegrensde toegang tot de vroegere nucleaire site kan gegeven worden. Aan de andere kant kan een concept beschouwd worden waarbij de achtergebleven besmettingen (installaties) zodanig zijn dat het publiek slechts na een zekere controleperiode en mits zekere beperkingen tot de site kan toegelaten worden. In dat verband wordt momenteel door het SCK een studiekontract van de KEG uitgevoerd betreffende algemene richtlijnen voor een radiologische optimalisering van het herstel van oude nucleaire sites.

Wat het tijdstip van ontmantelen betreft (tijdsduur tussen definitieve stopzetting en ontmanteling) spelen bepaalde factoren in het voordeel van een vroege ontmanteling, andere in het nadeel ervan.

In annex 1 wordt een eenvoudige voorbeeldberekening getoond van een mogelijk verloop in de tijd van twee belangrijke factoren : economische kosten en kollektieve doses voor een hypothetische reaktor van hetzelfde type als BR3.

Hieruit blijkt dat de economische kosten van een hogere orde zijn dan de dosiskosten en dat ook de variabiliteit ervan veel belangrijker kan zijn. Nog uit de voorbeeldberekening zou men kunnen afleiden dat vanuit radiologisch optimaliseringsstandpunt een vroege ontmanteling te verkiezen is boven een late ; maar dit besluit is sterk afhankelijk van de gemaakte premissen en zeker niet te veralgemenen.

Alhoewel niet specifiek geldend voor een ontmanteling, is het toch belangrijk te vermelden dat met de radiologische optimalisering tijdig dient gestart te worden, d.w.z. vanaf de eerste brainstorming betreffende het project, zodanig dat het nemen van de eerste beslissingen (bvb. het elimineren van opties) reeds op een ALARA basis zou gebeuren. Ook zeer belangrijk voor een radiologische optimalisering van een belangrijk project is de actieve medewerking van gans het personeel.

2. TOEPASSING BR3

In de ontmantelingswerkzaamheden van BR3 zijn tot hertoe 3 fazen te onderkennen :

- Faze 1 : dekontaminatie van de primaire kring en versnijding van het thermisch schild
- Faze 2 : versnijding van de interne delen en van de kraag van het reaktorvat
- Faze 3 (onder voorbehoud) : ontmanteling van de primaire kring en versnijding van het reaktorvat.

Thans is faze 1 volledig uitgevoerd en bevindt men zich in het beginstadium van faze 2.

De radiologische optimalisering is bij de ontmanteling van BR3 in feite te laat op het toneel verschenen, t.t.z. op het moment dat de grote opties al vastlagen en dat met faze 1 al daadwerkelijk begonnen was.

Dit laattijdig van wal steken met de ALARA benadering was voor een groot deel te wijten aan gebrek aan kennis en ervaring met de ALARA aanpak. De ontmanteling van BR3 was in feite de eerste grootschalige operatie op het SCK waarbij zulk een aanpak werd voorzien en zoals reeds vermeld werd in de beginfase dan ook beroep gedaan op CEPN om dit gebrek aan ervaring op te vangen. Faze 1 werd ook vnl. bekeken als leerschool om zich in bepaalde eigenheden van de ALARA benadering en analysetechnieken in te werken. Hierbij kon gebruik gemaakt worden van het programma DOSIANA dat door CEPN ontwikkeld werd en dat toeliet een gestructureerde dosisschatting en -analyse uit te voeren. Het uiteindelijke doel was om tot een volledige geïntegreerde optimaliseringsstudie te komen in faze 3. In faze 2 zou men dit ook reeds trachten te bereiken voor enkele beperkte deeltaken.

De resultaten tot hertoe bekomen worden besproken in wat volgt.

Faze 1 - Dekontaminatie van de primaire kring

Gedetailleerde gegevens betreffende de dekontaminatie-operatie zijn te vinden in [4].

Aan CEPN werd de opdracht gegeven het optimale dekontaminatieprocede te bepalen ; LOMI (Low State Transition Metal ion reagents) of CORD (Chemical Oxidizing Reducing Decontamination). Beide procede's waren voorafgaandelijk geselecteerd op basis van technische vereisten. De studie van CEPN gaf aan dat beide procede's gelijkwaardig waren vanuit radiologisch oogpunt en op gebied van rendement, maar dat CORD de voorkeur genoot wegens de kleinere afvalvolumes die werden geproduceerd.

Voor wat de verdere dekontaminatie-werkzaamheden betrof werden geen opties onder elkaar vergeleken. Voor de te volgen procedure voor de voorbereidende taken werd uitgegaan van de ervaringsgegevens van vroegere dekontaminatie-operaties. De te volgen procedure voor de eigenlijke dekontaminatie werd vastgelegd aan de hand van technische criteria.

In het kader van de ontwikkeling van ALARA technieken werden berekeningen en analyses (voorspellingen) van de doses uitgevoerd, gebruik makend van het programma DOSIANA van CEPN. Er werd tewerkgegaan als volgt : de operaties werden onderverdeeld in elementaire taken, elk gekenmerkt door een geografische zone, een dosisdebiet en een werkvolume (in man-h). De personen vereist voor het uitvoeren van een elementaire taak werden gekenmerkt door hun vereiste kwalificatie, hun werkkondities en een eventuele exposiecoëfficiënt (de verhouding tussen het dosisdebiet voor de persoon en deze kenmerkend voor de ganse zone). De ganse dekontaminatie-operatie werd aldus onderverdeeld in een 100-tal elementaire taken, waarvan een 90-tal behoorden tot voorbereidende werkzaamheden. Een eerste dosisvoorspelling leidde tot een kollektieve dosis van 0.20 man Sv waarvan 97 % toegeschreven werd aan de voorbereidende faze (zie Fig. 1). Een eerste analyse leverde enkele belangrijke konklusies op.

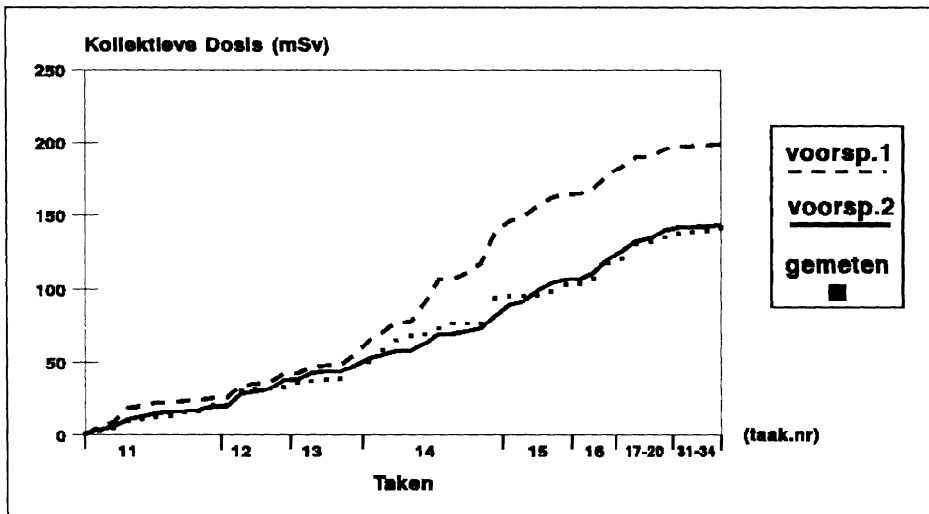


Fig. 1 : Vergelijking van gemeten en voorspelde kollektieve doses - dekontaminatie primaire kring.

Aangetoond werd dat, uitgaande van de individuele dosislimiet van 20 mSv/y en de kwalifikaties vereist voor de taken, minimum 14 techniekers vereist zouden zijn voor het uitvoeren van de dekontaminatie-werkzaamheden, waarvan 9 personen hun jaarlimiet binnen een periode van 3 tot 4 maand zouden kunnen bereiken. Daarbij zou het maandelijks referentieniveau van 2 mSv/persoon overschreden worden voor 20 elementaire taken.

In het licht van deze resultaten werden maatregelen genomen om de doses te beperken zo o.a. het toepassen van bijkomende afschermingen (loodmatten) op het reaktordekseel, het vullen van componenten van de primaire kring met water en het verminderen van het aantal te manipuleren bouten op het reaktordekseel. Geschat werd dat de doses aldus met 25 % zouden verminderd worden.

Voor het opvolgen van de doses van de elementaire taken tijdens de uitvoeringsfase werd overgestapt van de traditionele stylo dosimeters naar meer preciese elektronische toestellen, waarvan de resultaten rechtstreeks met processor en PC kunnen behandeld worden en ook rechtstreeks in te lezen zullen zijn in het programma DOSISUIV van CEPN. Dit is een versie van het programma DOSIANA waarmee vergelijkende analyses kunnen uitgevoerd worden tussen geschatte en

gemeten dosiswaarden.

De opvolging van de doses tijdens de uitvoering van de eerste taken gaf nog een kleine overschatting te zien (5 %) die in feite het resultaat was van twee elkaar compenserende fouten. Voor mobiele taken op de bodem van het reaktorbassin werd de invloed van de nabije bronnen en dus ook de dosis overschat. De fout in de dosisvoorspelling werd echter gedeeltelijk gekompenseerd door de onderschatting van de dosis voor taken op vaste plaatsen op het werkplatform.

Een 2e dosisschatting (zie Fig. 1) werd dan uitgevoerd, rekening houdend met de resultaten van de dosisbepalende maatregelen en met de correcties voor de fouten in de 1e dosisschatting. De nieuwe geschatte kollektieve dosis bedroeg 0.14 man Sv, wat praktisch overeenkomt met de dosis gemeten tijdens de uitvoering.

Versnijden van het thermisch schild

Gedetailleerde gegevens betreffende de versnijdingsoperaties zijn te vinden in [4].

Om reden van het vergaren van kennis en ervaring voor latere versnijdingsoperaties werd beslist drie technieken aan te wenden : elektro-erosie (in situ), mechanisch zagen (in situ) en snijden met plasma toorts (in speciale kamer).

Koude testen werden uitgevoerd op een blanko model van het thermisch schild. Het doel was het bepalen van de optimale instelling van de werkingsparameters voor het uitvoeren van de sneden. Een ander model werd ook gebruikt voor het trainen van het personeel. Beide toepassingen passen in het kader van een radiologische optimalisering alhoewel een eigenlijke radiologische optimalisering niet werd uitgevoerd.

Enkele belangrijke kenmerken van de technieken zoals ze tijdens de koude testen op het blanko model (ss 76 mm dik) werden opgetekend :

	tijdsduur voor versnijden van 1 m	breedte van de snede	geproduceerde afval per m versnijding
elektro-erosie	30 h	7 mm	4,2 kg
mechanisch zagen	2.2 h	4 mm	2,4 kg
plasma toorts	3.3 min	11 mm	6,5 kg

In het kader van een radiologische optimalisering kunnen hierbij volgende interessante vaststellingen gedaan worden :

- het mechanisch zagen is een zuivere methode van versnijding. Het besmettingsniveau van de uitrusting en het water blijft laag en de blootstelling van het personeel beperkt ;
- de elektro-erosie is een trage methode die beperkte hoeveelheden sekundaire afval oplevert. Deze afval doet zich echter vooral voor onder de vorm van fijne deeltjes. Dit noodzaakt een gepast afzuig- en filteringssysteem om de besmetting van water en uitrusting op een laag niveau te houden en de blootstelling van het personeel te beperken ;
- de plasma toorts maakt snelle versnijdingen mogelijk, echter met grote hoeveelheden sekundaire afval. Om de verspreiding van de besmetting tegen te gaan, dient in een afgesloten kamer gewerkt te worden. Bij deze methode worden gesmolten deeltjes geprojecteerd, o.a. tegen de wanden van de kamer, wat leidt tot bijkomende problemen van bestraling (blootstelling) en reiniging.

Zoals bij de dekontaminatie van de primaire kring werden dosisvoorspellingen uitgevoerd en de middelen voor een automatische dosisopvolging met processor en PC verder uitgebouwd. De voorspelde doses werden vergeleken met de gemeten waarden en deze P/O verhoudingen werden samengebracht met deze van de dekontaminatie-operaties in Fig. 2. Hieruit konden volgende vaststellingen gedaan worden.

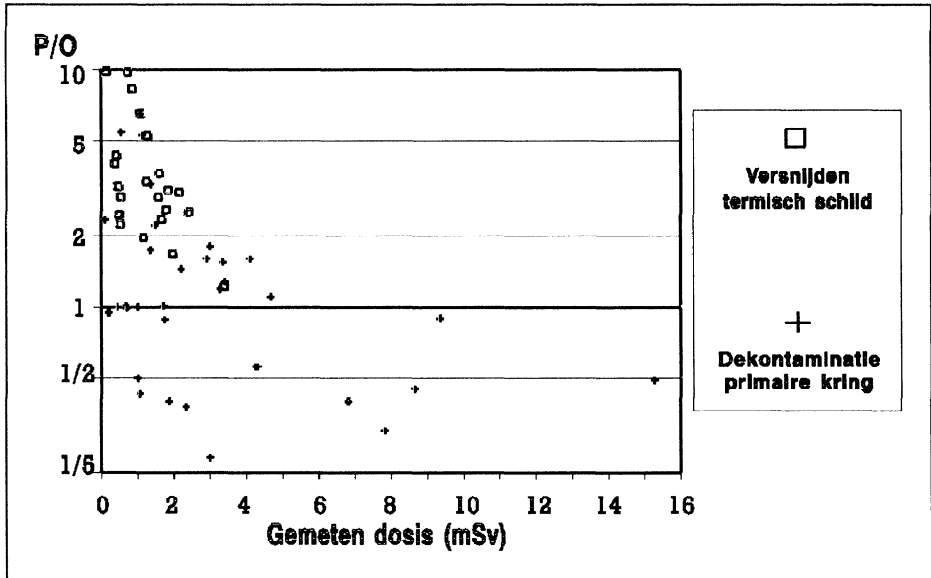


Fig. 2 : Verhouding voorspelde/gemeten dosis tijdens fase 1.

- De voorspelde doses weken belangrijk meer af van de gemeten waarden bij de versnijdingen dan bij de dekontaminatie. Dit heeft natuurlijk te maken met het feit dat voor de dekontaminatie van de primaire kring beroep kon gedaan worden op vroegere ervaringsgegevens daar waar dit voor de versnijdingen niet mogelijk was.
- De voorspelde doses van de versnijdingsoperaties laten een systematische overschatting zien. Dit heeft te maken met een traditionele conservatieve reflex (in stralingsbescherming) bij het beschouwen van nieuwe operaties en het niet in rekening brengen van tijdwinst die optreedt bij het herhaald uitvoeren van een nieuwe handeling t.g.v. het opdoen van ervaring. Bepaalde overschattingen zouden nog hoger zijn uitgevallen, waren ze niet afgezwakt door bepaalde ook niet voorziene incidenten die een gedeeltelijke compensatie van de dosiswinst veroorzaakten.
- Uit de figuur blijkt ook een algemene trend van hogere relatieve afwijkingen tussen dosisschatting en -meting bij lagere dosisdebieten. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de kleinere relatieve nauwkeurigheid waarmee lagere dosisdebieten kunnen bepaald/gemeten worden.

3. BESLUIT

De ontmanteling van de BR3 reaktor is een belangrijke leerschool (geweest) voor de implementatie van een radiologische optimalisering. Alhoewel een optimalisering à la lettre tijdens de eerste fase van de ontmanteling niet werd uitgevoerd werden toch belangrijke inzichten en konklusies bereikt. Ze betreffen o.a. :

- de invloed van het gebrek aan ervaring, dat werd geïllustreerd door de afwijking van de voorspelde tot de gemeten dosis bij de versnijdingsoperaties van het thermisch schild, en dat de noodzaak van een sensitiviteitsanalyse voor het aantonen van de robuustheid van het resultaat van een optimaliseringsstudie met zich meebrengt ;
- het belang van de maatregelen voor dosisreduktie, zoals ze tijdens de dekontaminatie van de primaire kring werden toegepast ;
- de implicaties van de produktie van afval bij de keuze van het dekontaminatieprocede van de primaire kring (CORD) en bij de keuze van een versnijdingstechniek. Problemen stellen zich op het gebied van het verzamelen, vervoeren en stockeren van de afval, waarbij rekening dient gehouden te worden met de potentialiteit van aksidentele verspreiding. Deze afvalproblematiek zou het voorwerp van een aparte optimaliseringsstudie kunnen uitmaken.

Wat de tijdsduur tussen stopzetting en ontmanteling aangaat toont een voorbeeldberekening bij een hypothetische reaktor (van het type van BR3) aan dat, vanuit het standpunt van een radiologische optimalisering, een vroege ontmanteling te verkiezen is t.g.v. de belangrijkheid van de economische kosten tijdens de "waakfa-ze".

ANNEX - VOORBEELDBEREKENING

EVOLUTIE EKONOMISCHE KOSTEN EN DOSES

Een eenvoudige voorbeeldberekening werd uitgevoerd van de evolutie van economische kosten en doses in de tijd, tussen de definitieve stopzetting en de ontmanteling van een hypothetische reaktor, die van hetzelfde type zou kunnen zijn als de BR3 reaktor. De definitieve stockage van de geproduceerde afval werd buiten beschouwing gelaten evenals de invloed van mogelijke vormen van discontering en provisionering van economische lasten.

Beschouwen we als belangrijke componenten voor de berekening van economische kosten en doses :

1. de opleiding van personeel, nodig om de erosie van know-how in de tijd tegen te gaan
2. het in goede toestand houden van de infrastructuur, die nodig is voor de ontmanteling
3. de controle van de installatie (tot de ontmanteling) : onderhouden van waaktoestand
4. de ontmanteling zelf.

De hypotheses omtrent de berekening van economische kosten en kollektieve doses zijn in Tabel 1 aangegeven. Voor de doses werd met een vervalkonstante van $0,13 \text{ j}^{-1}$ (-> Co-60) gerekend.

Wat de economische kosten betreft kunnen we opmerken dat :

deze van 1 en 2 stijgen met de tijd tot een zeker maximum

deze van 3 blijven stijgen met de tijd

deze van 4 eventueel licht dalen met de tijd (minder bescherming nodig voor zelfde doses en vooruitgang van de technologie).

Wat de kollektieve doses betreft zijn

deze van 1 onbestaand of verwaarloosbaar

deze van 2 beperkt en afnemend in de tijd

deze van 3 eveneens beperkt en toenemend met de tijd tot evenwicht
deze van 4 meest betekenisvol, afnemend met de tijd.

Dosiskosten werden berekend met een α -waarde van 2 MBF/man Sv (zie o.a. [3]).
De economische kosten en dosiskosten zijn samengebracht in Fig. 3. Hieruit blijkt dat :

- de economische kosten veel belangrijker zijn dan de dosiskosten
- onder de economische kosten, deze voor controle en toezicht op de installatie snel toenemen met de tijd (lineair) en na enkele tientallen jaren hoger zijn dan de ontmantelingskosten
- de totale kost minimaal is bij een vroege ontmanteling en snel stijgt (onder de gemaakte premissen !)
- indien geen controle en toezicht nodig zou zijn, het tijdstip van ontmanteling veel minder invloed zou hebben op de totale kost (bij gelijkblijvende andere omstandigheden !), zoals aangegeven door de kurve "Totaal-Waak" in Fig. 3.

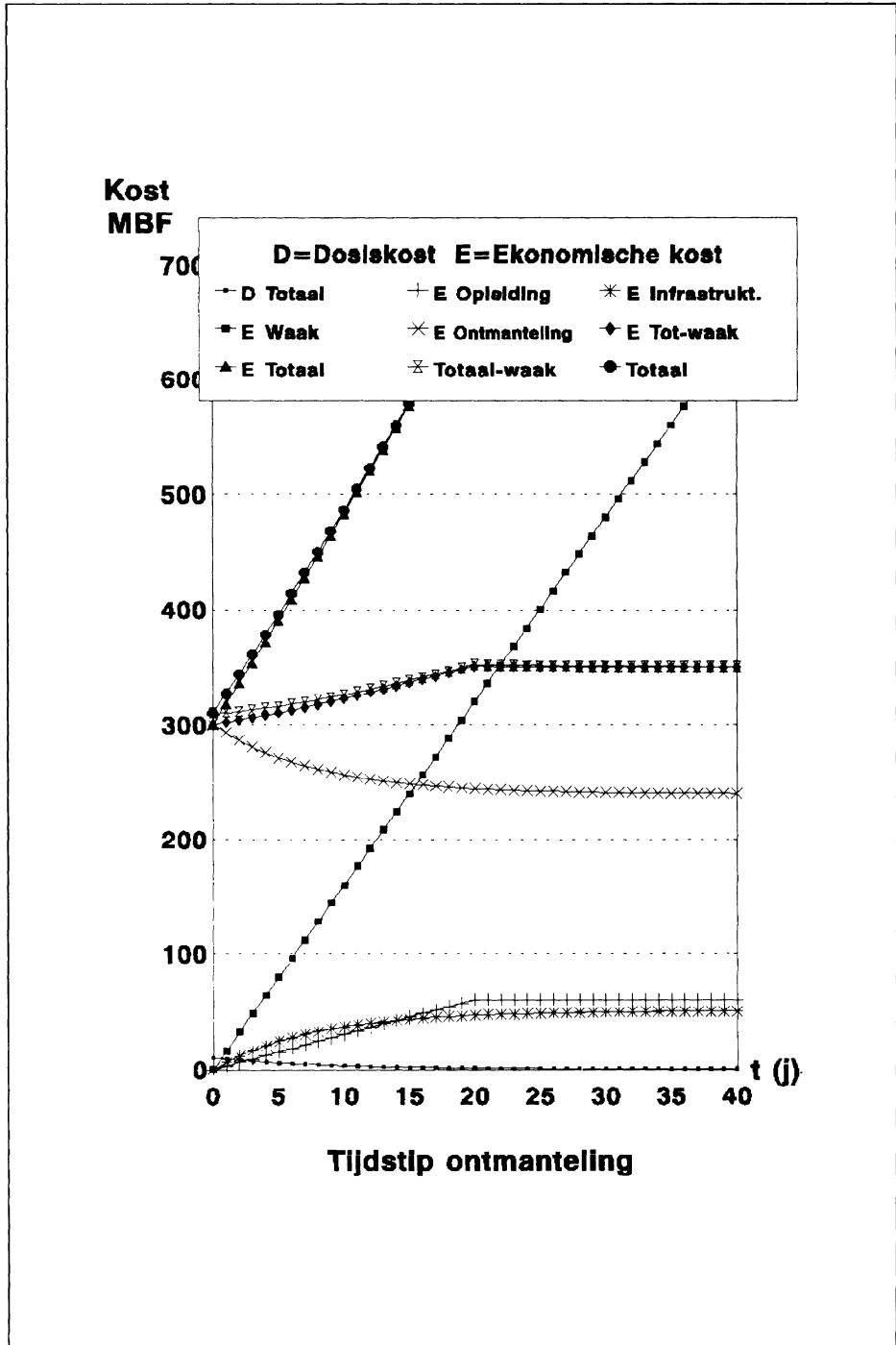


Fig. 3 : Kosten ontmanteling

Hypothesen	Economische kost	Dosis
<p>1. Mensen (opleiding)</p> <p>Na 20j.:20 personen te vervangen Verval:lineair Opleiding:1j</p>	<p>MBF</p>	<p>0</p>
<p>2. Infrastructuur (vr ontmanteling)</p> <p>Na 30j.:volledig te vervangen Verval:eksponentieel vervalconstante:ongeveer lambda D:0.5 manSv op t=0j voor volledige vervanging</p>	<p>MBF</p>	<p>ManSv</p>
<p>3. Controle (waak)</p> <p>Kontinu:2 personen x 5 ploegen + 1MBF/j. uitrusting D: 3 manSv/j.p op t=0j.</p>	<p>MBF</p>	<p>ManSv</p>
<p>4. Ontmanteling</p> <p>20 personen x 5 jaar 20% kost ongeveer D D: 5 mSv over 5 jaar Bij ontmanteling op t=0</p>	<p>MBF</p>	<p>ManSv</p>

Tab. 1 : Hypothesen- Economische kosten en doses

REFERENTIES

- [1] ICRP Publication N° 22 (1973).
Implications of Commission Recommendations that Doses be kept as Low as Readily Achievable.
- [2] ICRP Publication N° 55 (1988).
Optimization and Decision-Making in Radiological Protection.
- [3] P.J. Stokell, J.R. Croft, J. Lochard, J. Lombard (1991).
ALARA. From theory towards practice.
EUR 13796.
- [4] The BR3 Pressurized Water Reactor pilot dismantling project.
Contract N° F12D-0003-B(TT) with the European Community.
Second progress report (01.07.90-31.12.90)
Third progress report (01.01.91-30.06.91)
Fourth progress report (01.07.91-31.12.91).

RESUME

Cet exposé traite des aspects généraux ayant une importance particulière par rapport à l'application du principe ALARA aux démantèlements de réacteurs, ainsi que l'expérience pratique acquise lors du démantèlement du réacteur BR3. Parmi les aspects généraux les plus importants figurent le manque d'expérience, les grandes quantités de déchets radioactifs produites et le temps entre l'arrêt définitif du réacteur et son démantèlement. Le démantèlement du BR3 peut être considéré comme une bonne école pour obtenir de l'expérience, non seulement concernant des techniques de démantèlement mais également concernant l'application des procédures et des techniques ALARA. D'intéressantes vues et conclusions ont été atteintes bien qu'une étude d'optimisation radiologique de certaines opérations n'ait pas encore été exécutée de façon complète.

ABSTRACT

This paper deals with general aspects of a particular importance with regard to the application of the ALARA principle to the dismantling of reactors, as well as with the practical experience acquired when dismantling the BR3 reactor. Important general aspects concern the lack of experience, the large quantities of radioactive waste being produced and the time between the shutdown of the reactor and the dismantling. The dismantling of BR3 has been a good opportunity for gaining experience not only with respect to dismantling techniques but also with respect to the application of ALARA procedures and techniques. Significant insights and conclusions have been reached although a radiological optimisation study of certain operations has not yet been performed completely.

**STAND VAN ZAKEN VAN DE IMPLEMENTATIE VAN HET
ALARA-PRINCIPE IN DE BELGISCHE KERNCENTRALES**

VAN ROMPAY A.R.L.
Diensthooft ALARA & Klassieke Veiligheid
ELECTRABEL Kerncentrale DOEL 1-2
Scheldemolenstraat B- 9130 DOEL

Tekst van de voordracht van 9 oktober 1992

Samenvatting

In dit artikel wordt beschreven op welke wijze ALARA formeel wordt ingevoerd op de Kerncentrales van Doel. Het geeft de historische context, de evolutie van het ALARA-bewustzijn in functie van de evolutie van de ICRP- en de EEG-richtlijnen, en van de Belgische wetgeving. Er wordt nader ingegaan op het formele aspekt van ALARA, zowel m.b.t. werkvoorbereiding, opvolging tijdens de uitvoering en evaluatie na de uitvoering. Ook wordt een overzicht gegeven van een aantal ALARA-maatregelen die genomen werden, vooraleer ALARA op meer formele wijze werd aangepakt.

1. INLEIDING

Vanaf het begin van de uitbating van de kerncentrale Doel, werden de uitbaters gekonfronteerd met het probleem van de dosisbeperking. Het was namelijk door de Belgische wetgever niet toegestaan om ongeremd "rems" te konsumeren.

De toenmalige wetgeving sprak van een maximale toegestane individuele dosis van 3 rem per 13 weken, met dien verstande dat de gekumuleerde dosis lager bleef dan

$$5 \times (N - 18) \quad (1)$$

rem (met N de leeftijd van de betrokken werknemer).

De toenmalige direktie besliste echter dat men als dosislimieten zou stellen :

- 3 rem per 13 weken
- 5 rem per jaar

Deze limieten waren echte uitbatingslimieten, die niet mochten worden overschreden, tenzij in uitzonderlijke omstandigheden en mits voorafgaandelijke goedkeuring door de direktie. Deze limieten werden dan ook nooit overschreden.

Het hanteren van een limiet van 5 rem per jaar had als bijkomend voordeel, buiten de dosislimitering, dat de diensten met de meest blootgestelde personen, verplicht waren van een, zij het summiere, dosisplanning uit te voeren.

Aanvang 1991 besliste de direktie, vooruitlopend op de aanpassing van de Belgische wetgeving in functie van de recente ICRP-richtlijnen, de limiet te verlagen naar 15 mSv of 1,5 rem per jaar.

Een ander objektief dat m.b.t. ALARA op middellange termijn werd gesteld, is dat de kollektieve dosis per jaar en per reaktor van de Site van Doel gemiddeld 1 manSv mag bedragen. Vermits het kernpark van Doel vier reaktoren telt, betekent dit dus voor de ganse site een kollektieve dosis van 4 manSv. Deze dosis bevat zowel de dosis voor het KCD-personeel (reaktorentiteiten en hulpdiensten), als voor de derde tewerkgestelden.

Als bijkomende stimulerende maatregel werden er twee ALARA-koördinatoren aangesteld, die onder meer tot taak hebben het ALARA-bewustzijn aan te wakkeren, en het ALARA-gebeuren meer te formaliseren.

2. HISTORISCHE GROEI

Zoals reeds vermeld, bestond reeds van bij het begin van de uitbating van de centrale, het bewustzijn dat de dosis lager dan de limieten diende te worden gehouden. Van een aktieve ALARA-politiek of ALARA-bewustzijn was echter nog geen sprake. Men was zich echter wel bewust van het feit dat men niet ongelimiteerd met dosissen kon omspringen, en uitgaande van twee invalshoeken werden er verschillende dosisbeperkende maatregelen genomen.

Aan de ene kant werden er maatregelen genomen om de hoeveelheid werken in hoge stralingsvelden te verminderen, en aan de andere kant werden er maatregelen genomen om de tijdsduur van de revisies te beperken.

Vele van de maatregelen die genomen werden hebben echter zowel een dosis- als een tijdsbesparend effekt.

Van de categorie van de dosisbesparende maatregelen kunnen worden vermeld :

- aanschaf van een manipulator voor interventies in de waterkamers van de stoomgeneratoren. Deze manipulator laat toe een groot aantal routinewerkzaamheden, zoals controles, opzoeken van lekken, herstellingen enz... uit te voeren zonder de waterkamers van de stoomgenerator zelf te moeten betreden. Indien men weet dat het dosisdebiet in deze waterkamers van de grootteorde van 70 mSv/uur is, dan is het eenvoudig om te begrijpen dat hierdoor een belangrijke dosisbesparing kan gerealiseerd worden.
- het plaatsen van een loden afscherming rond de bovenste inwendige delen van de reaktor tijdens het afschuren van de reaktorflens. Deze afscherming heeft tot doel het dosisdebiet, waaraan het uitvoerend personeel wordt blootgesteld, te verminderen.
- de aanschaf van een machine voor het openen van de mangaten van de waterkamers van de stoomgeneratoren. Deze machine heeft enerzijds tot doel de bouten die het deksel vasthouden op te spannen, zodanig dat de moeren met de hand kunnen losgedraaid worden. Anderzijds voorziet dit mechanisme in de inklemming van het deksel zelf, dat een gewicht heeft van ongeveer 150 kg, en in het wegwentelen van het deksel op een plaats waar het de interventies niet hindert.

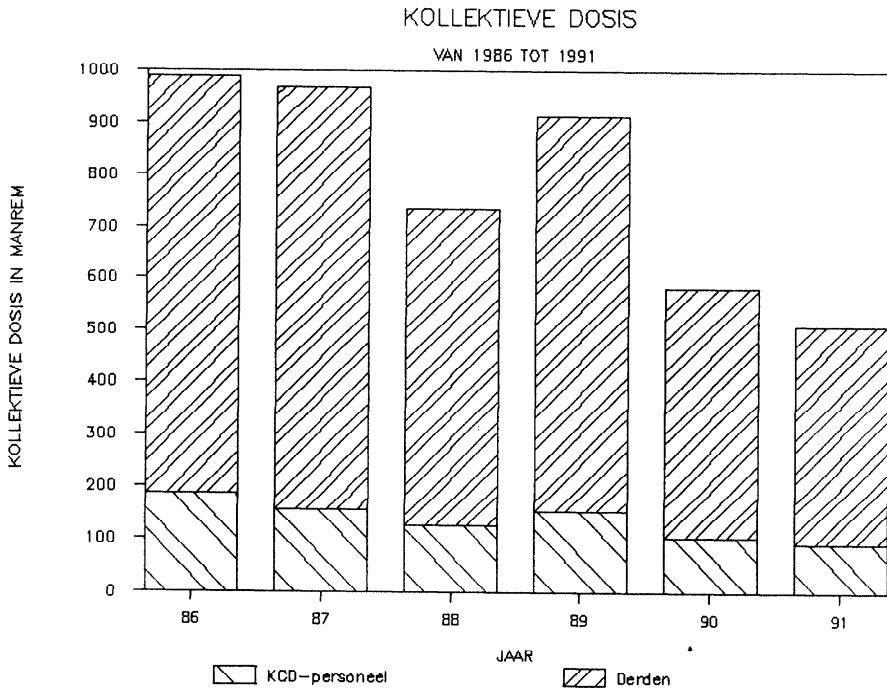
In de categorie van de tijdsbesparende maatregelen kan vermeld worden :

- de machine voor het openen en sluiten van het reaktordeksel : hierbij worden tegelijkertijd alle bouten waarmee het reaktordeksel wordt vastgehouden opgespannen, zodat de moeren met de hand kunnen worden los- of vastgedraaid. Het gevolg is dat deze bewerking in veel minder tijd kan worden uitgevoerd dan bij een volledig manuele uitvoering. Naast het tijdsbesparend effect, is er uiteraard ook de ermee gepaard gaande dosisbesparing die belangrijk is. Een bijkomend voordeel voor een gemechaniseerd werktuig zoals hierboven beschreven, is dat de kwaliteit van het werk, in dit geval de kracht waarmee de bouten worden aangespannen, konstant en eenvormig is.

Buiten deze grote voorbeelden, groeit ook het ALARA-bewustzijn, door de invoering van minder spectaculaire maatregelen.

Het aanbrengen van tijdelijke afschermingen op sterk stralende componenten is ook een eenvoudige dosisredukatiemaatregel die regelmatig wordt genomen, evenals het dekontamineren van componenten tot een aanvaardbaar stralings- of besmettingsniveau vooraleer er werkzaamheden op uit te voeren.

Uit bijgaande grafiek kan duidelijk worden afgeleid dat de kollektieve dosis van de site van DOEL in een dalende lijn zit, en dat het objektief van 1 Sv per reaktorjaar niet ver meer verwijderd is. Teneinde met vergelijkbare gegevens te kunnen werken, start de grafiek slechts vanaf 1986, vermits in 1985 de jongste reaktor van het kernpark van Doel in werking werd gesteld.



3. FORMELE IMPLEMENTATIE VAN ALARA

Zoals reeds vermeld in de inleiding, werden vanaf 1 januari 1991 twee ALARA-koördinatoren aangesteld, één voor de reaktoren DOEL 1 en 2, en één voor de reaktoren DOEL 3 en 4.

De taak van deze koördinatoren is onder meer :

- het formalisme van het ALARA-gebeuren uitbouwen en mee helpen invoeren,
- het ALARA-bewustzijn aanwakkeren door diverse motiveringsactiviteiten, zoals opleiding verstrekken, kontaktvergaderingen met de onderhoudsafdelingen, promotie van dosisbesparende technieken en methodes, enz...
- opvolging van het ALARA-gebeuren door het beoordelen van kollektieve en individuele dosissen, dosissen voor bepaalde taken of voor bepaalde categorieën van werknemers, enz...

Het dient duidelijk gesteld dat de direktie heeft beslist dat de gevolgde filosofie met betrekking tot de ALARA-evaluaties NIET deze is van de kosten-baten benadering of van de kosten-effektiviteit benadering, zoals ons voorgehouden door ICRP.

De gevolgde filosofie is eerder deze van de maximale dosisreduktie, dat wil zeggen dat men er naar zal streven om de dosis zo laag mogelijk te houden, met de meeste gangbare middelen. Het is immers zo dat de meeste dosisreduktie-maatregelen niet veel hoeven te kosten.

Als goedkope dosisreduktiemaatregelen kunnen beschouwd worden het plaatsen van tijdelijke afschermingen, het verplaatsen van actieve componenten, de dekontaminatie van actieve componenten, planning van de werkzaamheden rekening houdend met veranderlijke stralingsvelden enz... Al deze akties kunnen een belangrijke dosisreduktie tot gevolg hebben.

Bij projekten, die een grote impact hebben op kostprijs, of die een invloed hebben op de beschikbaarheid van de centrale, zal er echter wel een gedetailleerde evaluatie worden uitgevoerd, om te bepalen wat elke bespaarde mSv zou kosten indien men de geplande dosisreduktiemaatregelen uitvoert. Afhankelijk van de grootte-orde van dit bedrag, en van de bespaarde dosis zal er dan beslist worden om al dan niet over te gaan tot de dosisreduktiemaatregelen. Een andere optie bestaat er in om te beslissen van het werk niet uit te voeren - dit is uiteraard de beste ALARA-maatregel die men kan nemen.

3.1. HOE WERKT HET ALARA-FORMALISME ?

In een interne richtlijn, gebaseerd op een "INPO-Good Practice", wordt het formalisme zoals voorzien op de Kerncentrale Doel vastgelegd.

In het kort komt het hierop neer dat voor elk werk, dat dient uitgevoerd in de gecontroleerde zone :

- 1 een ALARA-evaluatie (pre-job review) dient opgemaakt vooraleer het werk aan te vatten,
- 2 een ALARA-opvolging tijdens de uitvoering van het werk dient te gebeuren,
- 3 een ALARA-evaluatie (post-job review) dient te gebeuren na de uitvoering van het werk.

Belangrijk is dat deze evaluaties dienen te gebeuren door de dienst die het betrokken werk uitvoert. Er werd namelijk van bij de aanvang als principe gesteld dat het de hiërarchie is die verantwoordelijk is voor de globaliteit van het werk. Het is de hiërarchie die toeziet op de budgetten, op de technische uitvoering van het werk, op de QA (Quality Assurance), op de veiligheid, en dus ook op de dosis van zijn personeel. Het spreekt voor zichzelf dat de uitvoerende diensten kunnen beroep doen op de ALARA-koördinator voor advies en bijstand bij het opstellen van de evaluaties en de opvolging van de dosissen.

Het is ook zo dat de normale stralingsbeschermingsmaatregelen (zonering, voorschrijven van beschermingsmiddelen, dosisopvolging e.d.m.) door de dienst stralingsbescherming worden voorgeschreven en uitgevoerd.

3.1.1. PRE-JOB REVIEW.

Er dient dus voor elk werk een voorafgaandelijke ALARA-evaluatie te worden uitgevoerd. Dit houdt in dat men, aan de hand van gekende werktijden en dosisdebieten, een raming maakt van de te verwachten dosis voor het geplande werk. Afhankelijk van het resultaat van deze raming, dient men de evaluatie min of meer te verfijnen :

- a. de geraamde dosis $< 0,5$ man-mSv : er is geen verdere actie vereist, het werk mag zonder meer aanvangen.

- b. de geraamde dosis $> 0,5$ man-mSv, maar < 5 man-mSv : volgende akties dienen genomen :
- de taak wordt opgesplitst in deeltaken, waarvoor telkens de dosis dient bepaald,
 - een pre-job ALARA checklist dient te worden ingevuld. Op deze checklist worden een aantal vragen gesteld, die er voor dienen te zorgen dat zaken die het vlot verloop van de uitvoering van het werk kunnen bevorderen niet over het hoofd gezien worden,
 - goedkeuring van deze evaluatie door de ALARA-koördinator.
- c. de geraamde dosis > 5 man-mSv maar < 50 man-mSv : bijkomend aan de akties onder b hierboven dient een pre-ALARA briefing te worden gehouden, samen met de uitvoerders van het werk. Op deze briefing worden de genomen dosisredukatiemaatregelen besproken en toegelicht.
- d. de geraamde dosis > 50 man-mSv : bijkomend aan de akties onder c hierboven dient een gunstig advies bekomen van het uitbatingsteam (dit is de directeur samen met zijn afdelingshoofden). Dit team kan eventueel bijkomende dosisredukatiemaatregelen opleggen.

Het spreekt voor zichzelf dat de dosisramingen kunnen worden herzien in functie van eventuele gewijzigde werkmethodes of omstandigheden, in functie van bijkomende beschermingsmaatregelen enz...

3.1.2. ALARA-OPVOLGING

Tijdens de uitvoering van het werk dient een ALARA-opvolging te gebeuren. Dit houdt in dat men het verloop van de opgelopen dosis in functie van de tijd of van de evolutie van de werken opvolgt, en dat men dit verloop vergelijkt met het op voorhand bepaalde verloop van de dosis. Bij vaststelling van belangrijke afwijkingen, d.w.z. afwijkingen groter dan 25 %, dient men actie te nemen (een nieuwe evaluatie, bepaling van de oorzaak van de afwijking, bijkomende dosisredukatie-maatregelen enz...).

3.1.3. POST-JOB REVIEW

Teneinde de ervaringen, opgedaan bij de uitvoering van het werk, niet verloren te laten gaan, dienen deze vastgelegd te worden in post-job reviews.

Dit houdt in :

- a. dat er een vergelijking wordt gemaakt tussen de geraamde dosis en de reëel opgelopen dosis.
 - b. dat het effect van bepaalde dosisredukatiemaatregelen wordt geëvalueerd,
 - c. dat de werkmethode wordt geëvalueerd op haar ALARA-vriendelijkheid.
- De grondigheid van deze post-job review is ook hier afhankelijk van de dosis - hoe hoger de dosis, hoe grondiger de analyse dient uitgevoerd.

3.2. HOE DIT FORMALISME INVOEREN ?

Het is algemeen geweten dat Rome en Parijs niet op één dag gebouwd zijn. Daarom is men er op de Kerncentrale van Doel ook van uit gegaan, dat het formalisme, zoals hierboven beschreven, niet in één maal kon worden ingevoerd. Teneinde de diensten, die dienen in te staan voor de ALARA-evaluaties, toe te laten zich in te werken in de ALARA-methodiek, werd beslist om voorlopig slechts een beperkt aantal werkzaamheden aan deze ALARA-methodiek te onderwerpen.

Momenteel zijn dit volgende kategoriën van werkzaamheden :

1. Onderhoudswerkzaamheden buiten revisie, in een omgevingsstraling van $> 0,5$ mSv/h, en die langer dan één mandag duren,
2. De wijzigingen aan de installatie, waarvoor de ALARA-koördinator oordeelt dat ze aan ALARA onderworpen zijn,
3. De onderhoudswerkzaamheden, waarvoor de ALARA-koördinator beslist dat ze aan ALARA onderworpen zijn.

De uiteindelijke bedoeling is om door verruiming van de aan ALARA onderworpen kategoriën geleidelijk aan alle werkzaamheden in de gecontroleerde zone volgens de hierboven beschreven ALARA-methodiek uit te voeren. Dit streefdoel zou dienen bereikt te worden in de loop van 1994.

Als belangrijkste introductiemaatregel, en voor velen als eerste kennismaking met het begrip ALARA, werden in het voorjaar van 1992 een aantal opleidingssessies georganiseerd voor het kader en het meesterschapspersoneel. In deze lessen kwamen de volgende punten aan bod :

1. welke zijn de stralingsbronnen ?
2. in hoeverre is straling schadelijk (in vergelijking met andere industriële en privé-risico's) ?
3. hoe ziet ICRP het ALARA-gebeuren ?
4. hoe ziet de KCD-direktie het ALARA-gebeuren ?
5. toelichting van de KCD ALARA-werkwijze.
6. Wijze van formele invoering van ALARA op KCD.
7. enkele praktijkvoorbeelden uit het verleden, waaruit blijkt dat de toepassing van ALARA niet altijd geld hoeft te kosten, maar dat het ook geld kan opbrengen.

4. NIET FORMELE ALARA-MAATREGELEN.

Het uitvoeren van een ALARA-beleid is uiteraard niet alleen gestoeld op een formalisme zoals hierboven beschreven, het kan ook weerspiegeld worden in algemene maatregelen die er moeten toe leiden dat er op een meer comfortabele wijze kan gewerkt of uitgebaat worden, of dat de produktie van radioactiviteit beperkt wordt. Op de kerncentrale van Doel werden in het recente verleden een aantal maatregelen genomen, of worden maatregelen overwogen die hieraan tegemoetkomen.

Eén van de maatregelen ter verbetering van de werkomstandigheden was de uitbreiding van de WAB (Water en Afvalbehandeling) van de Kerncentrale. In deze gebouwen gebeurt de behandeling van alle soorten radioactief afval (koncentratie, uitdampen, versnipperen, persen, filteren enz...) die van de reaktoreenheden komt. Onder invloed van gewijzigde bedrijfsomstandigheden en behandelingspolitieken zijn deze installaties en gebouwen na verloop van tijd te klein geworden om de hun toegewezen taak naar behoren te kunnen vervullen. Eén van de gevolgen hiervan was dat men niet meer op een dosisvriendelijke manier de normale werkzaamheden kon uitvoeren, door de opslag van afval op plaatsen waar dit niet geoorloofd was. Ook was er in de reaktoreenheden een sterke noodzaak voor opslag van werktuigen, die alleen tijdens revisies gebruikt worden, en die radioactief besmet waren.

Door de uitbreiding van de WAB-gebouwen kwam er in één keer meer opslagruimte vrij voor het stockeren van radioactief afval, en voor de opslag van besmette werktuigen en uitrustingen. Het is uiteraard moeilijk om te berekenen welk het dosisbesparend effect is van deze wijziging, op lange termijn echter de dosis van de diensten die tewerkgesteld zijn in de WAB dalen als gevolg hiervan.

Een andere maatregel die genomen is geweest teneinde de werkomstandigheden te verbeteren is het vermijden van bezinksel in reservoirs waarin de vloerwaters verzameld worden. Het was namelijk zo dat zich in deze reservoirs na verloop van tijd een slib-laag neerzette. Dit had als gevolg dat de pompen die het water dienden te verpompen naar de behandelings-installaties in de WAB vastliepen. Deze pompen dienden dan hersteld, en de reservoirs dienden gereinigd te worden. Dat dit gepaard ging met de nodige dosis behoeft geen verklaring. Teneinde aan dit probleem te verhelpen, werd beslist in een aantal reservoirs een sproeisysteem te installeren, dat in dienst wordt gesteld tijdens het leegpompen van het reservoir. Hierdoor werd bekomen dat het slib in suspensie bleef, dat dit werd meegenomen met de normale waterstroom en dat de pompen niet beschadigd werden.

Een derde maatregel die genomen werd, is de oprichting van een cel "Afval-Koördinatie". Deze cel heeft tot taak om de geproduceerde hoeveelheid radio-actief afval zo veel mogelijk te beperken. Dit gebeurde onder meer door het gebruik van beschermingsmiddelen, zowel individuele (handschoenen, overschoenen, plastic beschermingskledij enz..) als kollektieve (plastic voor tenten en zones, absorbeermiddelen, enz...) beschermingsmiddelen kritisch te bekijken met de bedoeling om het verbruik ervan op een zo laag mogelijk niveau te brengen. Het is namelijk zo dat de meeste van deze beschermingsmiddelen slechts voor eenmalig gebruik zijn, en dat ze dus na gebruik worden omgezet in radio-actief afval. Door het aanbod van dit afval te verminderen, sloeg men twee vliegen in één klap, men bespaarde dosis door het feit dat de hoeveelheid afval verminderde, en men deed een financiële besparing door het minder verbruik van beschermingsmiddelen.

Een maatregel die werd genomen om de produktie van radioactiviteit te verminderen, is het verhogen van de pH of de zuurtegraad van de primaire kring. Tot op heden werd deze kring uitgebaat op een pH van 6,9. Internationale studies hebben echter aangetoond dat de afzetting van

radioactiviteit op de wanden van de primaire kring kan verminderd worden door met een hogere pH-waarde uit te baten (tot 7,4). Het nadeel van een verhoogde pH is echter dat deze meer aanleiding kan geven tot spanningskorrosie van de buizen van de stoomgeneratoren. Teneinde een evenwicht te bewaren tussen de ALARA-overwegingen (vermindering van afzetting brengt automatisch een vermindering van de kollektieve dosis mee) en de nucleaire veiligheid (kans op pijpbreuk) werd beslist de pH te verhogen tot een waarde van 7,2. Dit zou op halflange termijn een betekenisvolle vermindering van de kollektieve dosis met zich moeten meebrengen.

Een andere maatregel die kan genomen worden om de produktie van radioactiviteit te beperken is het verwijderen van stellieten uit die systemen die in contact komen met het primaire water. Deze stellieten dragen in belangrijke mate bij tot de produktie van radioactiviteit. Het is uiteraard niet vanzelfsprekend om alle stellieten zonder meer te verwijderen. Dit is een kostelijke operatie, die zelf ook dosis vergt. Hier dient dus wel degelijk een afweging gemaakt van de voor- en nadelen van een dergelijke vervanging. In het kader van een eventuele verwijdering van stellieten lopen momenteel onderhandelingen met potentiële leveranciers, teneinde de doenbaarheid van het geheel te bestuderen. Wel wordt er naar gestreefd om bij nieuwe installaties, of bij vervanging van defekte componenten, bij voorkeur stellietvrije of -arme materialen te gebruiken.

5. DOSISOPVOLGING.

Een goede ALARA-opvolging is natuurlijk onmogelijk zonder een goed dosimetrie-systeem. Op KCD wordt hiervoor een geïnformatiseerd systeem gebruikt, dat als benaming "PRODOS" heeft meegekregen.

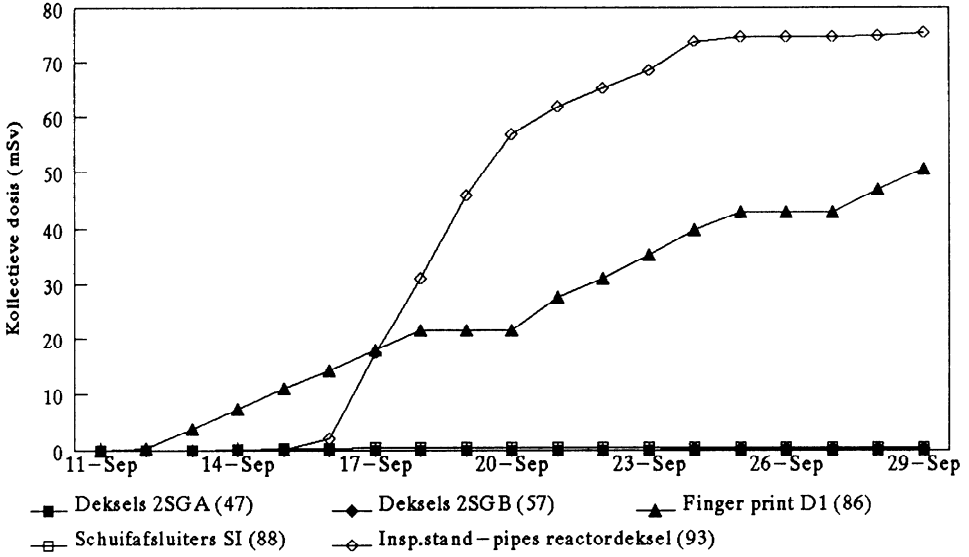
Zonder in technische details te gaan, worden hieronder de voornaamste kenmerken van dit systeem gegeven :

1. gebruik van elektronische dosimeters en van elektronische uitlees-apparatuur,
2. on-line dosimetrie : wanneer, bij het verlaten van de gecontroleerde zone, een dosimeter uitgelezen wordt, dan wordt deze dosis onmiddellijk verwerkt door PRODOS. Bij een volgend betreden van dezelfde of een andere gecontroleerde zone (er zijn er vier in het kernpark van Doel), wordt bij de berekening van de dosisalarmen rekening gehouden met alle

3. mogelijkheid tot het instellen van kollektieve of individuele dosisalarmeren. Kollektieve alarmeren zijn deze gekoppeld aan een bepaalde zone of lokaal, individuele alarmeren zijn deze gebonden aan een persoon,
4. automatische opvolging van het dosiskrediet - dit wordt verminderd naarmate er dosis wordt opgelopen,
5. controle op wettelijke verplichtingen m.b.t. geneeskundige onderzoeken en opleiding in het kader van het K.B. van 28.02.63. Indien hieraan niet voldaan is, wordt de toegang tot de gecontroleerde zone onmogelijk,
6. mogelijkheid tot de opvolging van bepaalde specifieke taken : indien men de dosis van een bepaalde taak wenst op te volgen, kan men hiervoor een taaknummer voorzien. Dit taaknummer dient door de werknemer te worden ingevoerd bij het betreden van de gecontroleerde zone, en de geregistreerde dosis wordt dan automatisch aan dit taaknummer toegekend,
7. controle op het dragen van de juiste filmdosimeter, zowel bij het betreden als bij het verlaten van de gecontroleerde zone,
8. uitgebreide mogelijkheden voor statistische verwerking van de dosimetriegegevens (statistieken per dienst, entiteit, derde firma, periode, taaknummer enz...),
9. mogelijkheid tot on-line raadpleging van PRODOS door de werknemers met betrekking tot hun persoonlijke dosisgegevens, via een zogenaamde praatpaal,
10. mogelijkheid tot on-line raadpleging van PRODOS door de hiërarchie, hiervoor beschikken de diensten over een terminal die toegang geeft tot de dosimetriegegevens van het personeel dat bij hun dienst tewerkgesteld is.

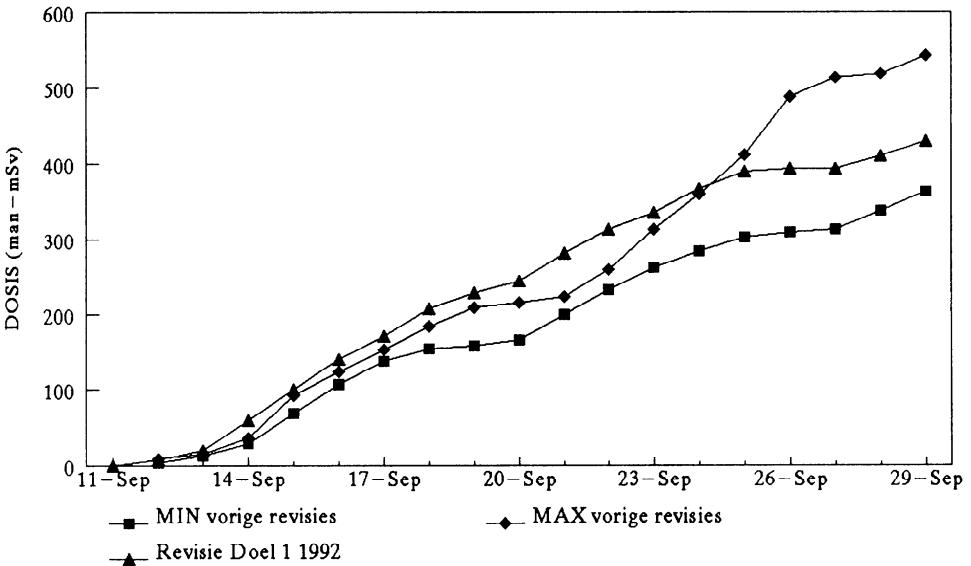
Teneinde het bewustzijn met betrekking tot ALARA aan te moedigen, wordt er voor belangrijke taken een actieve dosisopvolging uitgevoerd door de dienst ALARA. Dit gebeurt onder de vorm van grafieken, die het verloop van de dosis in functie van de tijd weergeven, dit kan zowel gebeuren voor dosissen die betrekking hebben op een taak, als voor dosissen die betrekking hebben op een periode (bijvoorbeeld een revisie).

MW2



GEKUMULEERDE TOTALE REVISIEDOSIS

Revisies 1991-1992



6. BESLUIT

Als algemene konklusie met betrekking tot de invoering van ALARA in de Kerncentrale van Doel kan gesteld worden dat het ALARA-bewustzijn in een groeiende fase zit. Zowel de direktie als het leidinggevend personeel is ervan overtuigd dat de ALARA-aanpak de enige goede is met betrekking tot de beperking van de kollektieve dosis voor het kernpark van Doel. Er werden in het verleden al een groot aantal inspanningen gedaan, om de kollektieve dosis voor bepaalde activiteiten of personeelskategorieën te doen dalen, vanaf nu zal de inspanning meer gekoncentreerd worden op het uitvoeren van werken en wijzigingen op een ALARA-vriendelijke wijze. Hiervoor is het in hoofdstuk 3 geschetste formalisme een degelijk hulpmiddel.

RESUME

Cet article décrit de quelle manière on applique formellement le principe "ALARA" dans les Centrales Nucléaires de Doel. Il décrit le contexte historique ainsi que la prise en compte par "ALARA" de l'évolution des directives de la CIRP et de la CEE et de l'évolution de la législation belge. On examine en détail l'aspect formel de "ALARA" en ce qui concerne la préparation d'un travail, son suivi pendant la phase d'exécution et l'évaluation après achèvement de ce travail. L'article donne aussi un résumé de mesures et précautions prises, précédant l'approche plus stricte de "ALARA".

ABSTRACT

This text describes how ALARA will be introduced in a formalistic way in the Nuclear Power Plants of Doel. It gives the historical context, and the evolution of the ALARA-awareness as a function of the evolution of the ICRP-an EEC-guidelines, and of the Belgian legislation. It speaks also about the formal ALARA-aspects in concern with job-preparation, job-execution and post-job evaluation. It gives a revue about a number of ALARA-measures, which have been taken, before ALARA was approached on a more formalistic way.

DROIT DE REPONSE

L'article du Professeur M. Collard intitulé "De la Radiographie à l'Imagerie Médicale", publié dans les Annales de l'Association belge de Radioprotection, Vol. 17, n° 2-3, pp. 127-144 a suscité une vive réaction de la part de la Société belge de Médecine Nucléaire.

Au nom de la SBMN, le Professeur M. Verhas, secrétaire, a fait parvenir à la rédaction des Annales le texte ci-dessous avec prière de le publier en vertu du droit de réponse. La rédaction des Annales répond volontiers à cette demande.

Afin de dissiper, dans la mesure du possible, des malentendus éventuels, la rédaction des Annales a porté à la connaissance de Monsieur M. Collard le texte du droit de réponse de la SBMN. En réponse, nous avons reçu des éclaircissements que nous diffusons également à l'intention de nos membres.

La Rédaction

RECHT OP ANTWOORD

Het artikel van Professor M. Collard met als titel "De la Radiographie à l'Imagerie Médicale" verschenen in de Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming Vol. 17, n° 2-3, pp. 127-144, heeft een heftige reactie uitgelokt vanwege de Belgische Vereniging voor Kerngeneeskunde.

Professor M. Verhas, secretaris van de BVKN, heeft op de redactie van de Annalen de tekst hieronder laten geworden met verzoek deze tekst in de Annalen te laten verschijnen als recht op antwoord. De redactie van de Annalen stemt hierop grif toe.

Om mogelijke misverstanden uit de weg te ruimen heeft de redactie van de Annalen de brief van Prof. Verhas voorgelegd aan Prof. Collard die ons zijn visie verduidelijkt.

De Redactie



SOCIÉTÉ BELGE de MÉDECINE
NUCLÉAIRE

BELGISCH GENOOTSCHAP voor
NUCLÉAIRE GENEESKUNDE

Aux lecteurs des Annales de l'Association belge de Radioprotection,

La communauté belge de médecine nucléaire a lu avec intérêt et surprise l'article du Docteur Collard paru dans les Annales de l'Association belge de radioprotection (Vol.17, n°2-3, 1992) et voudrait exercer un droit de réponse pour les passages qui concernent sa spécialité. L'article du collègue Collard trouve son origine dans l'inquiétude d'une époque où la politique de santé est remise en question parce que le coût en est élevé et que les technologies médicales nouvelles sont acquises avant même qu'elles aient fait preuve de leur efficacité par rapport aux techniques disponibles. Nous ne pouvons lui donner tort sur ce point. Le problème est par ailleurs mondial et la Communauté Européenne a engagé des programmes de systèmes experts conduisant à des algorithmes décisionnels cliniques. Mais nous avons l'obligation morale de répondre à l'article du docteur Collard en raison de son caractère péremptoire d'un autre âge et fondamentalement non scientifique.

La médecine nucléaire n'est pas suspecte d'avoir négligé l'aspect combien important d'efficacité diagnostique; pour s'en convaincre, il suffit de parcourir les livres d'abstracts des communications de médecine nucléaire aux congrès médicaux: toujours il y est fait mention des paramètres objectifs de sensibilité, spécificité, fiabilité, valeurs prédictives positives et négatives. On ne peut nier cette évidence.

Rappelons que le curriculum de médecine nucléaire comporte cinq années de formation dont deux de médecine interne et une année d'oncologie clinique (3 années de formation clinique); c'est dire que les spécialistes en médecine nucléaire ont une base clinique importante, ont participé au rôle de garde et connaissent donc bien et peut-être mieux que dans d'autres spécialités, la place de chaque examen de leur spécialité dans la problématique clinique. Ceci explique sans doute la prudence et la recherche de l'efficacité lors de l'élaboration de nos techniques de médecine nucléaire.

Avant de décréter qu'une technique médicale est utile ou inutile, il faut en étudier le risque pour le patient, le coût, le temps presté, l'inconfort, la morbidité, la mortalité et la fiabilité c'est à dire le pourcentage de réponses correctes et d'autre part la probabilité d'une réponse fautive et ses conséquences. Rien de cela dans l'article des Annales.

Une pratique médicale, quelle qu'elle soit, est économiquement efficace si ses bénéfices pour la santé sont suffisamment grands pour justifier ses coûts et à condition que de plus grands bénéfices médicaux ne puissent être atteints par une autre pratique moins coûteuse.

Un des aspects particuliers de la médecine nucléaire est qu'elle fait appel à des techniques non invasives, que le risque encouru est nul (quoiqu'en pense notre collègue qui fait appel à un cliché mental de "patient radiateur") à la fois sur le plan de l'irradiation et des réactions anaphylactiques (on peut faire un test à l'iode 123 chez un patient allergique à l'iode parce que la dose traceuse utilisée est pondéralement infinitésimalement faible, mais on ne peut lui injecter des produits de contraste radiologique). Sur le plan de la dosimétrie, la médecine nucléaire a depuis longtemps fait le ménage: abandon des radiopharmaceutiques à dosimétrie défavorable comme l'I 131, le Strontium 85, le mercure 197. Une scintigraphie osseuse classique aux diphosphonates Tc99m délivre au corps entier une dose de 1 millisievert (0,1 rem). Rappelons enfin que bien avant la venue des directives européennes (1987), les cours de radioprotection étaient inscrits au programme du post-graduat en médecine nucléaire.

Mais de plus, la probabilité de faux négatifs dans nos techniques est à ce point faible qu'elles apparaissent comme techniques d'excellence dans l'aborisation du cheminement clinique et permettent d'éviter un enchaînement de la démarche diagnostique vers des techniques plus coûteuses voire plus risquées.

La médecine nucléaire a fait ses preuves dans la pathologie osseuse et plus particulièrement la pathologie péri-sportive, la pathologie myocardique, la pathologie pulmonaire, la pathologie rénale, la pathologie thyroïdienne et même la pathologie hépatique. Une normalité de l'examen ou des examens de médecine nucléaire dans ces régions aussi variées du corps est décisive dans l'orientation du clinicien et ceci explique la présence au rôle de garde d'un médecin nucléariste dans de nombreux hôpitaux et dont notre collègue Collard semble en ignorer l'existence vraisemblablement parce que lui-même ne vit plus la routine d'urgence. Et l'affirmation selon laquelle "...aucune garde n'est nécessaire en médecine nucléaire, démonstration indirecte de l'apport limité des radioisotopes en morphologie..." en dit long sur l'empreinte de l'anatomie dans la préoccupation toute professionnelle de notre radiologue: ramener la pratique de l'urgence à la recherche d'une discontinuité d'un relief anatomique est un raccourci de l'esprit dont nous lui laisserons la responsabilité.

En regard de l' "urgence morphologique" l'état fonctionnel d'un organe ou d'un système est une donnée prépondérante dans la pratique d'un service de garde digne de ce nom: l'embolie pulmonaire, la mort cérébrale, la pyélonéphrite aiguë, l'ischémie ou la nécrose myocardique, la cholécystite aiguë sont des exemples d'utilisation de techniques isotopiques en urgence. Le collègue Collard sait-il, et ceci à titre d'exemple, que la sensibilité et spécificité du diagnostic isotopique de la cholécystite aiguë sont de 95% et nous renvoyons le lecteur s'il le désire à une référence bibliographique actuelle et difficilement contestable: New England J of Medicine 328: 412-421, 1993.

De toute évidence, le collègue Collard inclût la médecine nucléaire dans l'imagerie médicale et donc en technologie concurrente par rapport à la technologie d'imagerie essentiellement radiologique. Qu'on ne s'y méprenne, et on peut se demander si la confusion n'est pas sciemment voulue, la médecine nucléaire n'est pas une technique d'imagerie de plus; basée sur la détection d'un traceur radioactif, elle est un outil d'approche et d'étude du métabolisme et de sa pathologie; sans être un substitut de la technique radiologique, elle apporte au clinicien l'information de la fonction, complément souvent indispensable à l'apport anatomique radiologique et parfois même orientation de région d'intérêt pour le radiologue. Mal informé, sinon désinformé, sur le rôle diagnostic et thérapeutique des radionucléides, l'auteur de l'article en question aurait beaucoup gagné à mettre ses connaissances à jour ou à consulter un confrère compétent en cette matière.

Les rapports de la médecine nucléaire avec la radiologie doivent se comprendre en terme de coopération et non de confrontation car la médecine nucléaire n'est pas une technique d'imagerie de plus. Mais laissons ce cliché à notre amateur de photographies et restons sérieux: la médecine nucléaire apporte chaque jour son concours dans une information médicale précieuse: le diagnostic de myocarde hibernant, d'une extension infectieuse, du degré de perfusion cérébrale, de l'atteinte de la moelle osseuse dans diverses pathologies, sans oublier le développement de nouvelles molécules comme les analogues de la somatostatine ou de la guanidine et de la thérapie ciblée par des anticorps marqués. La médecine nucléaire est fière de son acquis, fière de son apport à la compréhension de la physiopathologie.

Pour le Bureau de la Société belge de Médecine Nucléaire

Bruxelles, le 8 mars 93

Prof.M.VERHAS
Secrétaire général

Prof.P.BLOCKX
Président

Prof. Michel Collard

A nos collègues M. Verhas et P. Blockx.

Chers Collègues,

Le rédacteur en Chef de l'ABR m'a communiqué votre commentaire concernant mon article paru dans le volume 17 2-3 des annales et plus particulièrement le paragraphe relatif à la Médecine Nucléaire.

Il n'entre pas dans les intentions d'un "amateur de photographie" de polémiquer mais, à l'évidence, l'apport significatif de la médecine nucléaire en morphologie est très limité, malgré, et c'est la réalité actuelle, un remboursement favorable de la part de la sécurité sociale, lequel est susceptible d'en accroître les applications.

Mon analyse ne concerne pas les examens fonctionnels, dont je ne conteste pas l'utilité dans certains cas bien sélectionnés, ainsi que je le précise dans mon article.

Enfin, je me réjouis d'apprendre l'existence d'une garde en médecine nucléaire, mais celle-ci doit être bien rare car la réalisation concrète d'investigations radio-isotopiques en urgence est réellement exceptionnelle dans la réalité.

Dans la routine hospitalière d'urgence, les techniques d'imagerie médicale constituent l'élément essentiel avec la charge lourde en personnel médical et paramédical qui en résulte inévitablement.

La différence du mode de remboursement en médecine nucléaire par rapport à l'imagerie médicale ne tient pas toujours compte de l'apport diagnostique réel de chacune de ces disciplines

Il paraît raisonnable de suggérer une étude critique de certaines indications d'examen radio-isotopiques, en morphologie en tout cas, et dans un moindre degré pour les épreuves fonctionnelles.

Prof. Michel Collard
Agrégé
Chargé de cours à l'ULB
CHU Vésale
Montignies le Tilleul.